



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
CHAPINGO**



UNIDAD REGIONAL UNIVERSITARIA DE ZONAS ÁRIDAS

EVALUACIÓN PARTICIPATIVA DE LA DEGRADACIÓN DEL SUELO

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE
EN ZONAS ÁRIDAS

PRESENTA:

HERIBERTO RAMÍREZ CARBALLO



Bermejillo, Durango

Abril de 2008

EVALUACIÓN PARTICIPATIVA DE LA DEGRADACIÓN DEL SUELO

Tesis realizada por Heriberto Ramírez Carballo bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE
EN ZONAS ÁRIDAS

DIRECTOR: _____

Dr. Aurelio Pedroza Sandoval

CO-DIRECTOR: _____

Dr. Juan Guillermo Martínez Rodríguez

ASESOR: _____

Dr. Ricardo Valdez Cepeda

ASESOR: _____

Dr. Ignacio Sanchez Cohén

A QUIEN ME DIO LA VIDA Y LA SALUD DURANTE EL DESARROLLO DE ESTE TRABAJO:

JESUCRISTO

A QUIEN ES Y SEGUIRÁ SIENDO MI APOYO Y MOTIVACIÓN:

CAME

A QUIENES MI ESFUERZO HA SIDO PARA DAR EJEMPLO:

GABY, JAIR Y GAMA

A QUIENES ME BRINDARON SU VALIOSA EXPERIENCIA:

***DR VALDEZ, DR. ZARATE,
DR PEDROZA, DR MARTÍNEZ, DR SÁNCHEZ***

A QUIEN ME BRINDÓ LA OPORTUNIDAD:

ING CRISTINO

A QUIEN SUPO DARME EL EJEMPLO DE CÓMO LOGRARLO:

IVO

A QUIENES ESTUVIERON CONMIGO EN EL TRABAJO DURO:

***OSCAR, JULIAN, BALDOMERO, NETO, MIGUEL,
CIRIACO, REYNALDO, LUIS, RUPERTO***

A LOS QUE DE ALGUNA MANERA COLABORARON EN ALCANZAR LA META

MUCHAS GRACIAS¡¡

RESÚMEN

EVALUACIÓN PARTICIPATIVA DE LA DEGRADACIÓN DEL SUELO

Heriberto Ramírez Carballo. Candidato a obtener el grado de maestro en ciencias dentro del programa de Recursos Naturales y Medio Ambiente de Zonas Áridas en la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas

La evaluación de la degradación de la tierra tiene un papel importante en la implementación de acciones de restauración, ya que permite la identificación de áreas prioritarias para su atención. Sin embargo, los métodos comunes de evaluación de la degradación excluyen la participación de los propietarios de terrenos, a pesar de que son quienes realmente toman las decisiones de uso y manejo del suelo. Por esto, en base a principios de investigación participativa se aplicó una metodología para la caracterización de áreas degradadas en cinco predios ganaderos de la Reserva de la Biosfera Mapimí, a partir de la cual, mediante interpoladores Kriging se generaron mapas de zonificación de la degradación y mediante sistemas de ayuda para la toma de decisiones se estimó la incidencia de criterios sociales y de manejo ganadero en la evaluación de la degradación y en la implementación de acciones de restauración. Los resultados indican que el 67.54% (34,847.19 hectáreas) de la superficie evaluada (51,597.04 hectáreas), ha sido clasificada de regular a prioritaria para su restauración en cuanto a su estado de conservación. Asimismo, la degradación en el área natural protegida está determinada por el manejo actual del pastizal y la implementación de acciones para restauración está determinada por factores sociales, donde la cobertura vegetal es el factor físico más sensible en la degradación de suelos.

Palabras clave: Investigación participativa, evaluación de la degradación, Reserva de la Biosfera Mapimí, Interpolador Kriging, Sistemas de ayuda para la toma de decisiones.

ABSTRACT

PARTICIPATORY ASSESSMENT OF SOIL DEGRADATION

Heriberto Ramírez Carballo. Candidate to obtain the master of science degree in the Program of Natural Resources and Environment of Arid Zones at the Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo

The assessment of land degradation has an important role in the implementation of actions for restoration, as it allows the identification of priority areas for attention. However, common methods of degradation assessment exclude the participation of the landowners, even though they are the ones who really make decisions for use and soil management. Therefore, based on principles of participatory research, a methodology was applied to the characterization of degraded areas in five sites ranchers Biosphere Reserve Mapimi, from which, through Kriging interpolator, zoning maps from the degradation were generated and through decision support systems for decision-making was estimated incidence of social criteria and livestock management in the evaluation of the degradation process and on implementation of actions for restoration. The results indicate that 67.54% (34847.19 hectares) of the evaluated surface (51597.04 hectares), has been classified as regular to priority for restoration in conservation status. Also, degradation in the protected natural area is determined by the current rangeland management and the implementation of actions for restoration is determined by social factors, where the vegetation is the most sensitive physical factor in the degradation of soils.

Key words: Participatory research, degradation assessment, Biosphere Reserve Mapimi, Kriging interpolator, Decision-making Support Systems.

CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. OBJETIVOS	7
1.2. HIPÓTESIS.....	7
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	8
2.1 Marco conceptual de la degradación.....	8
2.2 La degradación de suelo en México.....	11
2.2.1 Cronología	11
2.2.2. <i>La Evaluación de la degradación de suelos.</i>	16
2.2.3. <i>La Estrategia para la restauración de suelos</i>	18
2.2.4. <i>Aspectos Legales sobre Restauración de Suelos</i>	19
2.3. La Degradación de los Suelos en la Reserva de la Biosfera Mapimí.....	20
2.4. Investigación participativa	22
2.5. Sistemas de información Geográfica	26
2.5.1. <i>Análisis geoestadístico</i>	29
2.5.2. <i>Semivariograma</i>	31
2.5.3. <i>Técnicas de interpolación geoestadística: Kriging ordinario e kriging</i> <i>indicador</i>	34
2.6. Análisis multicriterio.....	35
2.6.1. <i>Método de aproximación</i>	35
2.6.2. <i>Identificación del problema</i>	39
2.6.3. <i>Consulta de expertos</i>	39
2.6.4. <i>Generación de alternativas de solución o líneas de acción</i>	40
2.6.5 <i>Identificación de criterios de evaluación y evaluación de alternativas</i>	41
2.6.6. <i>Creando jerarquías</i>	42
2.6.7. <i>Importancia relativa de los criterios</i>	43
2.6.8. <i>Análisis</i>	44

2.6.9. Priorizando las opciones.....	45
2.7. Estadística multivariada	45
2.7.1. Análisis de componentes principales	46
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	50
3.1. Descripción del área de estudio.....	50
3.1.1. Descripción climática	52
3.1.2. Descripción física y biológica.....	53
3.1.3. Tenencia de la tierra, actividades productivas y demografía.....	54
3.1.4. Problemática de los suelos en la Reserva de la Biosfera Mapimí.....	54
3.2. Acción social participativa para la restauración de suelos.....	56
3.2.1. Diagnóstico participativo de las condiciones actuales.....	57
3.3. Selección de predios para la evaluación de áreas degradadas.....	58
3.3.1. Pequeña Propiedad Guadalupe, Mapimí Durango.	58
3.3.2. Ejido La Soledad, Jiménez Chihuahua	59
3.3.3. Vicente Guerrero, Sierra Mojada Coahuila	60
3.3.4. Mohovano de las Lilas, Sierra Mojada Coahuila	61
3.3.5. Nuevo Huitrón, Sierra Mojada, Coahuila.....	61
3.4. Educación para la conservación	62
3.5. Evaluación participativa de la degradación del suelo por erosión	63
3.5.1. Definición de criterios de evaluación	63
3.5.2. Recolección de la información.....	67
3.6. Análisis de la información	98
3.6.1. Jerarquización de sitios por criterio de evaluación	98
3.6.2. Zonificación por categorías de degradación	100
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	104
4.1 Caracterización de áreas degradadas.....	105
4.2 Zonificación por categorías de degradación	125
4.2.1 Análisis de semivarianza y geoestadística	126

4.2.2 <i>Cuantificación de superficie por categoría de degradación</i>	135
4.3 Jerarquización de sitios por criterio de evaluación de la degradación	136
4.3.1 <i>Correlaciones divariadas y análisis de componentes principales</i>	140
V. CONCLUSIONES.....	145
VI RECOMENDACIONES	148
VII IMPLICACIONES DE MANEJO.....	150
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	153
IX. ANEXOS.....	161
Anexo 1. Formato de campo para la caracterización de áreas degradadas	161
Anexo 2. Mapas del estado de conservación de los suelos en 5 predios evaluados en la Reserva de la Biosfera Mapimí.	167
Anexo 3. Ordenamiento de sitios por promedio y por rango de sensibilidad de la toma de decisión para cada uno de los criterios de evaluación de la degradación.....	172

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Elementos y mecanismos de instrumentación de la estrategia del Plan de Acción para la Lucha contra la Desertificación	18
Cuadro 2. Cobertura vegetal y erosión para los sistemas topográficos de la Reserva	21
Cuadro 3 Descripción de funciones para calificar impacto	41
Cuadro 4. Categorías para la clasificación del estado de conservación de sitios en la evaluación de áreas degradadas	68
Cuadro 5. Categorías para la clasificación de la distancia del sitio a la comunidad en la evaluación de la degradación	71
Cuadro 6. Categorías para la clasificación el número de jornaleros potenciales en la evaluación de la degradación	72
Cuadro 7. Categorías para la clasificación de características del terreno en la evaluación de la degradación.....	73
Cuadro 8. Categorías para la clasificación de la pendiente del terreno en la evaluación de la degradación	75
Cuadro 9. Tabla para determinar el coeficiente de escurrimiento	76
Cuadro 10. Volúmenes requeridos de piedra para la construcción de presas filtrantes ...	77
Cuadro 11. Categorías para la clasificación de la calidad de la cobertura vegetal	78
Cuadro 12. Categorías para la clasificación de la cantidad de cobertura vegetal	79
Cuadro 13 Tasas anuales de erosión por sistema topográfico en la Reserva de la Biosfera Mapimí	80
Cuadro 14. Categorías para la clasificación del número de veredas de ganado y la distancia al abrevadero más cercano en la evaluación de la degradación.....	81
Cuadro 15. Valores en unidades animal para la determinación de la carga animal en un predio.....	83

Cuadro 16. Categorías para la clasificación de la carga animal actual con respecto a la capacidad de carga animal en la evaluación de la degradación	84
Cuadro 17. Categorías para la clasificación de la forma de erosión hídrica presente en la evaluación de la degradación	86
Cuadro 18. Categorías para la clasificación de número y tipo de sistemas erosivos presentes en la evaluación de la degradación.....	87
Cuadro 19. Categorías para la clasificación de la oportunidad de riego presente en el sitios en la evaluación de la degradación	88
Cuadro 20. Categorías para la clasificación de la capacidad de revegetación del sitio en la evaluación de la degradación.	89
Cuadro 21. Categorías para la clasificación del tamaño de sistemas erosivos presentes en el sitio en la evaluación de la degradación.....	91
Cuadro 22. Categorías para la clasificación de cárcavas por profundidad y área drenada	91
Cuadro 23. Categorías para la clasificación del grado de erosión en el interior de cárcavas en la evaluación de la degradación.....	92
Cuadro 24. Categorías para la clasificación de obras para la captación de agua y suelo.	94
Cuadro 25. Criterios para la clasificación de estructuras para el control de asolves	96
Cuadro 26. Categorías para la clasificación de estructuras para el control de asolves	96
Cuadro 27. Ordenaciones jerárquicas de los criterios de evaluación de la degradación..	99
Cuadro 28. Escala de valores para los criterios de evaluación considerados para la construcción de la matriz de escores.....	99
Cuadro 29 Número de sitios muestreados por predio evaluado.....	101
Cuadro 30. Rango de valores esperados y obtenidos en la evaluación de la degradación y su respectiva clasificación categórica	105

Cuadro 31. Prueba de normalidad (Shapiro y Wilk) y estimadores estadísticos descriptivos para variables de la caracterización de áreas degradadas en la Reserva de la Biosfera Mapimí.....	111
Cuadro 32. Parámetros estadísticos de la varianza de criterios de evaluación de la degradación	130
Cuadro 33. Parámetros utilizados en interpolaciones por Kriging para la elaboración de mapas de zonificación	132
Cuadro 34. Superficie en hectáreas por estado de conservación de los cinco predios evaluados en la Reserva de la Biosfera Mapimí	136
Cuadro 35. Ordenamiento de sitios evaluados con respecto al criterio de evaluación de la degradación	138
Cuadro 36. Coeficientes de correlación de Pearson para evaluaciones de la degradación con diferentes criterios de jerarquización	142
Cuadro 37. Componentes principales de la varianza de criterios de evaluación de la degradación	143

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Semivariograma típico para temperaturas máximas diarias	32
Figura 2 Estructura de la varianza y sus parámetros.....	33
Figura 3 Presentación de resultados por el análisis de alternativas en <i>Facilitator</i>	44
Figura 4. Ubicación geográfica y vías de acceso a la Reserva de la Biosfera Mapimí....	51
Figura 5. Comportamiento promedio mensual del clima en la Reserva de la Biosfera Mapimí (1981-2006)	53
Figura 6. Tenencia de la tierra en la Reserva de la Biosfera Mapimí	55
Figura 7. Evaluación de la erosión en un perfil de suelo	93
Figura 8 Distribución espacial de sitios de muestreo en predios evaluados para la degradación	103
Figura 9. Frecuencias para los rangos de valores alcanzados en la evaluación de la degradación en la Reserva de la Biosfera Mapimí.....	106
Figura 10. Distribución por categorías de sitios caracterizados para la degradación de suelos en la Reserva de la Biosfera Mapimí	107
Figura 11 Histograma de frecuencias observadas por categoría para distancia del sitio evaluado a la comunidad.....	112
Figura 12 Histograma de frecuencia de observaciones para categorías de número de jornaleros potenciales en el predio evaluado	113
Figura 13 Histograma de frecuencias por categoría de características del terreno	114
Figura 14 Histograma de frecuencias para categorías de pendiente en el terreno	114
Figura 15 Histograma de frecuencia de observaciones para calidad de cobertura vegetal	114
Figura 16. Histograma de frecuencias por categoría de cantidad de cubierta vegetal ...	115

Figura 17 Histograma de frecuencias por categoría de número y caracterización de veredas de ganado doméstico.....	116
Figura 18 Histograma de frecuencias por categoría para la distancia del sitio a los abrevaderos	117
Figura 19 Histograma de frecuencias por categoría para formas de erosión hídrica presente	118
Figura 20 Histograma de frecuencias por categoría para número de sistemas erosivos presentes.....	119
Figura 21 Histograma de frecuencias por categoría para oportunidad de riego en el sitio	120
Figura 22 Histograma de frecuencias por categoría para capacidad de revegetación natural del sitio	120
Figura 23 Histograma de frecuencias por categoría para tamaño de cárcava	121
Figura 24 Histograma de frecuencias por categoría para profundidad de cárcava	121
Figura 25 Histograma de frecuencias por categoría para estabilidad de los bancos en cárcavas	122
Figura 26 Histograma de frecuencias por categoría para el grado de erosión en cárcavas	123
Figura 27 Histograma de frecuencias por categoría para tipo de obra para captación de agua y suelo.....	123
Figura 28 Histograma de frecuencias por categoría para tipo de obra para el control de cárcavas	124
Figura 29 Histograma de frecuencias por categoría para necesidades de exclusión de áreas.....	124
Figura 30 Histograma de frecuencias por categoría para necesidades de resiembra	125
Figura 31. Semivariograma de la degradación combinada considerando un modelo esférico	127

Figura 32. Semivariograma de la respuesta social combinada considerando un modelo lineal hasta el umbral	127
Figura 33. Semivariograma de la susceptibilidad a la erosión combinada considerando un modelo exponencial	128
Figura 34. Semivariograma del potencial de recuperación combinado considerando un modelo esférico	128
Figura 35. Semivariograma de la presión ganadera combinada considerando un modelo exponencial	129
Figura 36. Semivariograma de la capacidad de manejo combinada considerando un modelo exponencial	129
Figura 37. Mapa de zonificación para degradación total combinada de los predios evaluados.....	132
Figura 38. Mapa de zonificación para respuesta social combinada de los predios evaluados.....	133
Figura 39. Mapa de zonificación para susceptibilidad a la erosión combinada de los predios evaluados	133
Figura 40. Mapa de zonificación para presión ganadera combinada de los predios evaluados.....	134
Figura 41. Mapa de zonificación para potencial de recuperación combinado de los predios evaluados	134
Figura 42. Mapa de zonificación para degradación total combinada de los predios evaluados.....	135
Figura 43 Mapa del estado de conservación de los suelos en la PP Guadalupe, Mapimí, Durango.....	167
Figura 44. Mapa del estado de conservación de los suelos en el Ejido Vicente Guerrero, Sierra Mojada Coahuila.....	168

Figura 45. Mapa del estado de conservación de los suelos en el Ejido La Soledad, Jiménez Chihuahua	169
Figura 46. Mapa del estado de conservación de los suelos en el Ejido Mohovano de las Lilas, Sierra Mojada Coahuila.....	170
Figura 47. Mapa del estado de conservación del suelo en el Ejido Nuevo Huitrón, Sierra Mojada Coahuila	171

I. INTRODUCCIÓN

La desertificación definida como la degradación de la tierra en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas es un problema que afecta al 40% de la superficie terrestre y a un 70% de las zonas áridas a nivel mundial (36 millones de km²) (Holtz, 2003). Las causas principales de lo anterior son las actividades antropogénicas (ganadería, agricultura, industria, etc.) y el cambio climático global, los cuales tienen un impacto negativo en el medio ambiente a través de la pérdida de la cubierta vegetal, erosión hídrica, erosión eólica, ensalitramiento, compactación, disminución de la materia orgánica del suelo, pérdida de nutrientes, acumulación de sustancias tóxicas y sequía (Anaya, 2003).

En México, en 1999 se estimó que 30.5 millones de hectáreas (15% del territorio) estaban degradadas, mientras que 95 millones más (49%) podían considerarse dentro del área de influencia de los procesos de degradación. La erosión hídrica constituye la forma más frecuente de degradación (37%), seguida por la erosión eólica (14.9%) y la degradación química (6.8%). De la superficie total afectada, el 70% presenta degradación de moderada a extrema (condición donde la fertilidad del suelo se reduce de manera importante). Las principales causas de la degradación de los suelos en el país son la deforestación (24%), el cambio de uso del suelo (25%), el sobrepastoreo (25%) y las prácticas agrícolas ineficientes (16%) (SEMARNAT, 2005).

De acuerdo con Barral (1988) y Viramontes (1992); la problemática de los suelos en la Reserva de la Biosfera Mapimí, se caracteriza por el incremento de áreas de suelo desnudo por la pérdida de cobertura vegetal a consecuencia de un sobrepastoreo

histórico, con tasas anuales de pérdida de suelos que van desde 0.041 hasta 1.3 toneladas/Ha/Año. Sin embargo, un estudio más reciente realizado por personal del área natural protegida para la determinación de las tasas de pérdida de suelo por erosión mediante métodos directos, indica que en 2005 y 2006 respectivamente, se tuvieron una pérdida promedio de 26.03 y 18.6 toneladas de suelo/Hectárea/Año. Indicando tendencias negativas de la pérdida de suelo en la Reserva.

En este contexto, la evaluación de la degradación de la tierra juega un papel importante para la toma de decisiones, debido a que su objetivo principal es la identificación de áreas de alto riesgo de degradación en una superficie determinada (Castro *et al.*, 2001; FAO, 2002). Una vez identificadas dichas áreas, un razonamiento lógico nos conduciría a la implementación de acciones o programas de restauración de áreas degradadas, en el cual, su efectividad es dependiente de la participación conciente de los actores involucrados en el proceso de degradación. Sin embargo, la mayoría de los estudios sobre degradación de los suelos y los programas de restauración de los mismos, no incluyen la participación de los usuarios, quienes son esenciales en el seguimiento a los programas para prevenir y revertir los procesos de degradación de los recursos naturales (Anaya, 2003).

De acuerdo con los principios establecidos por la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación, se debe garantizar la adopción de procesos de planeación y ejecución de programas de lucha contra la desertificación a nivel comunitario, con el fin de generar las condiciones para la planeación a escalas regionales (UNESCO, 1994). Por su parte la FAO (2002), en base a su experiencia menciona que

en el marco de la lucha contra la desertificación es imprescindible la participación total y equitativa de los beneficiarios en las acciones implementadas.

Desde 1994, el Plan de Acción para el Combate de la Desertificación en México (incluido como sistema nacional de lucha contra la desertificación en la Ley de Desarrollo Rural Sustentable) considera la necesidad de un componente de participación social con estricto involucramiento de las poblaciones locales, debido a que las acciones hasta ahora implementadas se han venido ejecutando en un contexto de escasez de cultura y conocimiento en el uso y manejo de los recursos naturales (Anaya, 2003 y PACD, 1994).

Por su parte, la escasa participación en el contexto del uso racional de los recursos naturales, tiene explicación en su mayoría en los planteamientos expuestos por Hardin (1968), en la teoría de la tragedia de los comunes (The Tragedy of commons). En ella se menciona que dilemas tales como las Guerras o la Degradación de los recursos naturales son problemas que no tienen solución técnica sino que su carácter negativo en el sostenimiento de la humanidad, depende de pobres mecanismos implícitos en el uso de recursos comunes, donde apelar a la conciencia se convierte en un arma de dos filos.

La tragedia de los recursos comunes expuesta por Hardin (1968), se desarrolla de la siguiente manera: Supongamos un pastizal abierto para todos, como es común en propiedades ejidales. Es de esperarse que cada propietario intentará mantener en las tierras de uso común tantas cabezas de ganado como le sea posible. Como un ser

racional, cada pastor busca maximizar su ganancia. Explícita o implícitamente, consciente o inconscientemente, se pregunta, ¿cuál es el beneficio para mí de aumentar un animal más a mi rebaño? Esta utilidad tiene un componente negativo y otro positivo.

1. El componente positivo es una función del incremento de un animal. Como el ganadero recibe todos los beneficios de la venta, la utilidad positiva es cercana a +1.

2. El componente negativo es una función del sobrepastoreo adicional generado por un animal más. Sin embargo, puesto que los efectos del sobrepastoreo son compartidos por todos los pastores, la utilidad negativa de cualquier decisión particular tomada por un ganadero es solamente una fracción de -1.

Al sumar todas las utilidades parciales, el ganadero racional concluye que la única decisión sensata para él es añadir otro animal a su hato, y otro más... Pero esta es la conclusión a la que llegan cada uno y todos los ganaderos sensatos que comparten recursos comunes. Y la consecuencia indudablemente es lo que hoy conocemos como desertificación, pérdida de la biodiversidad y degradación de suelos entre otras, ahí está la tragedia. Cada hombre está encerrado en un sistema que lo impulsa a incrementar su ganado ilimitadamente, en un mundo limitado. Tal situación es evidente en los terrenos de la Reserva de la Biosfera Mapimí, donde a pesar de tener una capacidad de carga de aproximadamente 4,000 unidades animal, pastan en el terreno aproximadamente 8,000 cabezas de ganado. La mayoría de las ocasiones los efectos de este sistema se constituyen en los principales obstáculos para implementar procesos participativos en la conservación de los recursos naturales.

Por ello es necesario que a la parte técnica se añada la parte social, entendida esta como los instrumentos, herramientas y metodologías de comunicación que abran espacios y canales para la comprensión colectiva, participación y apropiación social completa del sistema tecnológico a transferir. En ese sentido, es pertinente integrar a los proyectos de transferencia acciones sociales y de comunicación que promuevan la corresponsabilidad en el uso y manejo de los recursos naturales, desde la planeación hasta la puesta en marcha del proyecto (Mundo, 2001). Por otro lado y de manera complementaria a la parte social, será necesario implementar mecanismos que permitan compensar los efectos negativos por el uso de los recursos comunes.

En el contexto social, la investigación participativa toma importancia, ya que como propuesta metodológica, ofrece por un lado generar los conocimientos técnicos necesarios a través de la acción social participativa con el fin de proveer de soluciones a una problemática determinada y por el otro, implementar procesos de enseñanza-aprendizaje no formales en un marco retroalimentador entre el investigador y el beneficiario de la investigación, que en un futuro resulte en cambios de actitud hacia el uso y manejo de los recursos naturales dentro de sus sistemas productivos (De Schuter, 1983). Además, en el marco de la administración de recursos naturales bajo regímenes de Áreas Naturales Protegidas, permite el contexto adecuado para la implementación de estrategias de educación para la conservación de los recursos naturales.

Desde 2002 en la Reserva de la Biosfera Mapimí ubicada en el vértice de unión de los estados de Chihuahua, Coahuila y Durango, México; se ha venido implementando una estrategia para la lucha contra la desertificación, en la cual mediante el uso de técnicas de educación para la conservación, se ha aplicado una metodología para la evaluación de

la degradación en tierras de pastoreo. Dicha metodología ha sido aplicada en base a principios básicos de Investigación-acción, pero la información generada no ha sido analizada bajo el impacto de criterios técnicos y sociales de la degradación ni se ha traducido la información en términos de superficie afectada por condición de deterioro. (Ramírez *et al.*, 2005). De contar con ello, la estrategia implementada en el área natural protegida podrá incluir los elementos básicos para la toma de decisiones en el manejo de la degradación de los recursos naturales. Esto es, contará con la ubicación geográfica de las áreas prioritarias para su restauración caracterizadas bajo criterios técnicos y sociales, mediante lo cual, estará en condiciones de establecer programas de restauración ecológica y de definir mecanismos de uso y manejo de los recursos del pastizal como recursos comunes de la Reserva de la Biosfera Mapimí.

1.1. OBJETIVOS

- 1) Caracterizar las áreas degradadas en la Reserva de la Biosfera de Mapimí, mediante una acción social participativa e incluyendo criterios técnicos y sociales en la evaluación de la degradación.
- 2) Zonificar predios de uso ganadero por condición de deterioro y su impacto en la ecología regional mediante sistemas de información geográfica, y
- 3) Determinar la importancia relativa de criterios de evaluación de la degradación en la toma de decisiones para la restauración de suelo.

1.2. HIPÓTESIS

La participación sistemática de productores en la evaluación de la degradación de predios ganaderos no afecta los resultados de predicción de la degradación.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Marco conceptual de la degradación

Desertificación

De acuerdo con Dregne (1976); se define a la desertificación “como un proceso de empobrecimiento de los ecosistemas áridos, semiáridos y subhúmedos por el impacto combinado del Hombre y la sequía”; por su parte, Anaya (1985), lo define como “un proceso dinámico de deterioro de la productividad de la tierra”, sin embargo, este concepto ha sido ampliamente discutido y analizado sin alcanzar conclusiones concretas.

No obstante lo anterior, a partir de estos conceptos puede ser rescatada la idea de un cambio con tendencia negativa en los procesos naturales que permiten el equilibrio sistémico, el cual causado por la intervención del hombre provoca la pérdida de la capacidad de resiliencia de los sistemas tanto ecológicos, como productivos y sociales (Gross, 2007).

Degradación de la tierra

Matlock (1976); en el contexto de los debates por definir la desertificación, definió la degradación de la tierra como un proceso insidioso, cualquiera que sea su nombre, que puede ser expuesto como el efecto acumulativo de una serie de acciones que pueden ser o no evidentes según el caso. Estas acciones pueden ser: 1) reducir y finalmente desaparecer la cobertura vegetal, 2) mayor tasa de escurrimiento y menor infiltración de la precipitación; 3) erosión creciente del suelo y consecuente pérdida de la fertilidad; y 4) formación de dunas de arena móviles y superficies desérticas (Ortiz *et al.*, 1994).

En la actualidad, la mayoría de los autores manejan indistintamente el concepto de “Desertificación” y “Degradación de la tierra”; tal es el caso de Becerra (2005) y Zarate (2004); quienes concuerdan en que la desertificación o degradación de la tierra, “es la disminución o destrucción del potencial biológico de los recursos naturales ocasionada por el mal uso y manejo de los mismos, trayendo como consecuencia procesos degenerativos del medio físico, económico y social de las poblaciones involucradas en su entorno”.

Desertización

Ortiz et al (1994), mencionaron que la palabra desertización es un neologismo acuñado (desertification en inglés), con el cual quiere individualizarse en proceso de degradación de zonas áridas y semiáridas.

Esta triada de conceptos realmente no expresan lo suficiente como para determinar la gravedad del fenómeno en un caso determinado, es decir, si está implícito el término deterioro o disminución de la calidad del sistema, su manejo conlleva a la definición de límites de cambio permisibles. Es así como en términos ecológicos, la degradación se define como “el estado de funcionalidad del ecosistema en términos de espacio y tiempo en que los valores de los atributos de los sistemas naturales se salen de su variabilidad natural o de su umbral (Palmer *et al*, 2006).

Restauración

De acuerdo con Urban (2006), la SERI¹ (2002) y Maurer (2006); la restauración se define operacionalmente como el proceso de retorno de un sistema degradado a un

¹ Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica, por sus siglas en el idioma Inglés.

estado de mejor salud, más “normal” o a una configuración que se aproxima a su estado previo a su alteración por las actividades humanas; en este sentido se constituye en una serie de pasos que consiste en definir primeramente un modelo conceptual de comportamiento ecológico del sistema, esto es , definir los umbrales, después realizar una evaluación del estado actual del sistema con el fin de definir los objetivos y metas en términos de la condición deseada. Posteriormente se continua con la implementación de experimentos de manejo que son conducidos hacia la condición deseada a partir de los cuales se establecen programas de monitoreo y se mantiene el manejo de la restauración a través del manejo adaptativo, el cual consiste en un sistema de retroalimentación en base a las experiencias adquiridas durante la restauración. Se considera un ecosistema restaurado cuando este recupera su capacidad de resiliencia o de recuperarse de situaciones estresantes.

Bajo esta premisa, Palmer et al. (2006), menciona que la práctica de la restauración ecológica se fundamenta en tres niveles de conocimiento: 1) Teoría Ecológica, la cual se encarga de proveer la teoría básica contextual de la restauración, donde se generan los conceptos, modelos predictivos y modelos matemáticos para explicar el patrón y procesos inherentes a los sistemas ecológicos; 2) Ecología de la Restauración, como proceso científico de desarrollo de la teoría para guiar la restauración y el uso mismo de la restauración en el avance ecológico, y 3) la Restauración Ecológica en sí, la cual se constituye en la práctica de la restauración de sistemas ecológicos degradados. La estrecha relación entre estas, favorece el desarrollo del conocimiento local y la generación de alternativas adecuadas y pertinentes a cada caso en específico.

El concepto de restauración empleado en nuestro país, se ha establecido desde la misma legislación ambiental, el cual es expresado por la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente como “el conjunto de actividades tendientes a la recuperación y restablecimiento de las condiciones que propician la evolución y la continuidad de los procesos naturales” (SEMARNAT-PROFEPA, 1997). En un sentido estricto dicho concepto se encuentra en el marco lógico establecido por la Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica, sin embargo la aplicación de la restauración ecológica en los ecosistemas de nuestro país, aun carece de una estructura metodológica y estratégica, lo cual será mostrado más adelante en este mismo capítulo.

2.2 La degradación de suelo en México

2.2.1 *Cronología*

De acuerdo con Carabias (1999); se calcula que los procesos de erosión de los suelos en México se iniciaron desde el año 250 a. C., incluso existe la hipótesis de que el deterioro del medio ambiente pudo haber sido decisivo en la decadencia de las culturas Mesoamericanas. En la época prehispánica, la zona Maya tampoco se vio exenta a este problema y se ha llegado a plantear de que a la llegada de los españoles el área era ya selvas secundarias producto de la regeneración de los ecosistemas que habían sido perturbadas por prácticas agrícolas llegando la erosión a niveles más graves. Con la llegada de los españoles, se introdujo una diversidad de instrumentos tecnológicos para la apertura de nuevas áreas de cultivo, para la remoción de suelo; el impulso a la minería con la consecuente deforestación de áreas de bosque aledañas a asentamientos mineros para el abastecimiento de combustible vegetal; introducción de especies exóticas entre

las que destaca el ganado bovino provocando una seria modificación al paisaje agregándolo al deterioro que ya existía por el uso de los recursos naturales en épocas prehispánicas. Para el siglo XVI se sufrían las consecuencias del sobrepastoreo en pastizales naturales siendo esta la causa del estancamiento de la ganadería vacuna en esos años.

El carácter extractivo de las actividades productivas así como la ideología de considerar la tierra como un bien de consumo y no de capital estaba ya arraigado en México, por lo que el deterioro de los recursos no representaba una preocupación considerable como para incorporar medidas preventivas y correctivas (PACD-México, 1994).

Aunado a ello, iniciado el reparto agrario en 1915 e intensificado en la época del General Cárdenas, se establecen políticas como el deber de darle un uso fundamentalmente agrícola a tierras que se habían otorgado que se caracterizaban por ser tierras inclinadas y sin vocación agrícola impulsando un mayor deterioro ambiental. Fue entonces cuando Miguel Ángel de Quevedo hizo un primer llamado para que se prestara atención a la forma en que se estaba dando el proceso de deforestación y de deterioro de los bosques, donde se crea el Departamento Forestal, que después dio origen al fusionamiento con la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). Posteriormente, entre los años de 1945 y 1965, la agricultura tiene un rápido crecimiento, sobre todo en la zona Norte, donde se aplican los sistemas tecnológicos de la Revolución Verde, pero el mayor problema fue cuando se trataron de usar en otras regiones que no se ajustaban a las condiciones que requerían las recetas tecnológicas acelerando los procesos de degradación (Carabias, 1999).

Hasta 1977, la Dirección General de Conservación del Suelo y el Agua, estimó que el 80% de los suelos en México se encontraban bajo diferentes grados de erosión reflejados en una disminución de la productividad y en un incremento del deterioro ecológico. Ante esta problemática se inicio por varias instituciones una serie de acciones tendientes a la conservación y manejo del suelo y el agua, pero estas se vieron limitadas por los diferentes enfoques, criterios y metodologías de acción utilizadas para el control de la erosión entre las diferentes instituciones por los objetivos que particularmente buscaban. Fue así como la antes Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP) a través del Colegio de Postgraduados (CP, Chapingo, México) formula un Manual de Conservación del Suelo y el Agua que permitiera la unificación de los criterios para llevar a cabo este tipo de trabajos. Dicho manual fue diseñado para ser utilizado únicamente por técnicos de campo sin considerar una transferencia de tecnología a los dueños de los terrenos (Colegio de Posgraduados, 1977).

En la década de los 80's, se registran cambios en la política ambiental como la inclusión de la cuestión ecológica en el Programa Nacional de Desarrollo y se crea la Secretaría de Ecología, se introduce un nuevo Plan de Ecología y se promulga la Ley del Equilibrio Ecológico, pero que presenta problemas tales como su falta de aplicación y funcionamiento (Carabias, 1999).

La Universidad Autónoma Chapingo y el Colegio de Postgraduados en 1982, llevaron a cabo diversos trabajos aplicando la Metodología Provisional para la evaluación de la degradación de los suelos a una escala 1:2,000,000 con el fin de apoyar uno de los objetivos de la FAO (1980) de compilar información suficiente para elaborar un Plano Mundial de Degradación de los Suelos. Los resultados mostraban que el 97% del

territorio nacional estaba deteriorado en diferentes grados, que el 60% presentaba un grado de severo a extremo de degradación, que el 85 % estaba afectado por la erosión eólica, que el 80% estaba afectado por una disminución de la materia orgánica y que el 60% estaba afectado por la erosión hídrica. Las causas de deterioro se atribuían en un 13% a factores climáticos y en un 87% a las actividades antropogénicas para la satisfacción de bienes (PACD-México, 1994).

Para 1994, México formuló un documento guía denominado Plan de Acción de Combate a la Desertificación, a través del cual actualmente se orientan las acciones de restauración por cuanto fueron retomados sus planteamientos para la formulación del Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000, pero la SEMARNAT (2005c), considera que requiere ser actualizado por los avances en Diagnóstico, Marco Jurídico e Institucional y Participación Social. Además menciona que el reto de actualizarlo debe incluir mecanismos y compromisos claros para la instrumentación de acciones.

El 1º de Junio de 1995 mediante decreto se promulga en el Diario Oficial de la Federación la ratificación de que México se adhiere a la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación, donde su participación estriba en que forma parte del comité de Ciencia y Tecnología y que en gran medida se ha impulsado que el concepto de la Desertificación sea ampliado hacia otras áreas más allá de las zonas secas (SEMARNAT, 2005).

Según SEMARNAT (2005d); en 1999 se realizó una actualización del estado de degradación de los suelos en México mediante la metodología conocida como

GLASSOD (Global Assessment of Soil Degradation). Los resultados arrojan cifras interesantes debido a los cambios en algunos indicadores de degradación como que la erosión eólica deja de ser el proceso principal de degradación y que disminuye la proporción de territorio degradado en el país pero aún es muy alto. Dichos resultados indican que el 64% del territorio nacional presenta problemas de deterioro en diferentes grados; el principal proceso de degradación es la erosión hídrica (37 % ó 72'465,114 hectáreas); le siguen la erosión eólica con un 23.25% y la degradación química con 13.2 millones de hectáreas. En este mismo año se estimó que desde los 16 años anteriores a 1995, se habían perdido 11 millones de hectáreas de vegetación natural. También se determinó que 99 millones de hectáreas corresponden a zonas áridas en México de las cuales el 41% corresponden a desierto natural sin degradación aparente y el 59% está degradado en diferentes niveles. En esta región el 28% corresponde a degradación por erosión hídrica y el 22.8% a degradación por erosión eólica siendo las causas el sobrepastoreo por mal manejo del ganado (25% ó 24'846,169 hectáreas) y la pérdida de vegetación y cambio de uso de suelo con un 18.4% ó 18 millones de hectáreas (SEMARNAT, 2005c).

Finalmente, en 2002 se estableció el proyecto del Sistema de Monitoreo del Estado de la Tierra (SIMET) como parte del proyecto de Modelo de Indicadores para Ecosistemas en Tierras Secas junto con Chile y Brasil que consistió en el establecimiento de una región piloto donde se impulsó la participación social para el monitoreo del estado de la tierra, pero nuevamente prevaleció la carencia de una estrategia de transferencia de tecnología sustentada en una intensa campaña de concientización y educación enfocadas al problema de la desertificación (Grupo de Estudios Ambientales AC, 2000).

2.2.2. La Evaluación de la degradación de suelos.

La vulnerabilidad de un suelo a la desertificación depende del clima, la topografía, de la condición del suelo y de la vegetación natural o inducida (SEMARNAT, 2005b).

Para combatir la desertificación es necesario evaluar la magnitud de los procesos, las causas y los factores que la ocasionan. Así como su estado actual, velocidad de ocurrencia y riesgo potencial. Para ello existen parámetros precisos para cada proceso y su resultado puede ser clasificado en 4 clases: 1) Nulo o Ligero; 2) Moderado; 3) Severo y 4) Extremo. Lo cual es también útil para cuantificar la recuperación y velocidad de restauración (PACD-México, 1994).

Según PACD-México (1994); en 1980 la FAO publica la metodología Provisional para la Evaluación de la degradación de los suelos y en base a esta se elaboró la Metodología Provisional sobre evaluación y cartografía de desertificación en la que participó México. Esta metodología consideró los rubros de estado actual y velocidad de desertificación de los suelos, para lo cual el Modelo Generalizado fue el siguiente:

$$D = f (C, S, T, V, U, M) \quad (1)$$

Donde: D es la degradación del suelo que está en función de el factor de agresividad climática (C); del factor de suelo (S); del factor topográfico (T); del factor vegetación (V); del factor uso de la tierra (U) y del factor Manejo (M). Este estudio se trabajó a escala 1:2,000,000 y fue publicado a escala 1:5,000,000, sin embargo se requiere de la instrumentación de estudios de la degradación a escalas más grandes y detalladas que permitan apreciar las problemáticas particulares y actualizadas de las regiones afectadas.

En 1999, técnicos de la SEMARNAP con apoyo del Centro de Edafología del Colegio de Postgraduados aplican la Metodología de Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre propuesta por Oldeman (1988) conocida como GLASOD (*Global Assessment of Soil Degradation*) donde se reconocen dos categorías de procesos de degradación: A) Los desplazamientos de material del suelo cuyos tipos son la erosión hídrica y eólica; y B) El deterioro interno del suelo que puede ser físico, químico o biológico. Como resultado se obtuvieron la extensión superficial en la que ocurre cada tipo de degradación y las matrices de datos de campo a nivel estatal y cartografía del tema en coberturas digitales a escala 1:1000,000 en el ámbito nacional y por regiones cartográficas de 8 cartas del INEGI (SEMARNAT, 2005d). Cabe mencionar que esta metodología para el área de estudio reconoce la degradación a esta escala como suelos estabilizados naturalmente o sin degradación aparente; lo que contrasta con los datos reportados por CONANP (2007) en el informe de restauración de áreas degradadas 2002-2006, ya que la tasa de erosión en este periodo fue de 26 ton/Ha/Año, cuando el límite permisible es de 1.5 Ton/Ha/Año (Becerra, 2005).

El Inventario Nacional de Suelos actualmente ha implementado la Evaluación de la Degradación del suelo causada por el Hombre en la República Mexicana (DESUMEX), escala 1:250,000 como base para la planeación estratégica de conservación y restauración de recursos forestales y suelo, por regiones, ecosistemas y cuencas en apoyo a la Lucha contra la Desertificación y sequía en México (SEMARNAT, 2005c).

2.2.3. La Estrategia para la restauración de suelos

A nivel internacional, la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la desertificación da importancia al Método “de abajo-arriba” con amplia participación local en la toma de decisiones (SEMARNAT, 2005b). Sin embargo, la planificación tradicional en nuestro país se ha realizado con demasiada frecuencia “de arriba-abajo”, es decir los expertos externos comienzan el proceso definiendo las metas, actividades y resultados previstos, visitan algunas veces la zona para consultar a las autoridades locales, informar sobre los contenidos del plan e invitar a la comunidad a colaborar en la ejecución del proyecto (SEMARNAT, 2005c).

La estrategia más estructurada con la que cuenta México para el combate a la desertificación es el Plan de Acción para la Lucha contra la Desertificación (PACD-México, 1994) cuyos elementos estratégicos y mecanismos de instrumentación se numeran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Elementos y mecanismos de instrumentación de la estrategia del Plan de Acción para la Lucha contra la Desertificación

ELEMENTOS DE LA ESTRATEGIA	MECANISMOS DE INSTRUMENTACIÓN
1. Integración al Plan Nacional de Desarrollo. 2. Fortalecimiento Institucional. 3. Participación Social. 4. Ordenamiento ecológico. 5. Educación, Capacitación y Comunicación. 6. Ciencia y Tecnología. 7. Marco Legal. 8. Descentralización en regiones, Estados y Municipios. 9. Regulación del crecimiento poblacional. 10. Cooperación Internacional. 11. Financiamiento.	• Establecimiento de una “Ventanilla Única”. • Constitución del Comité Técnico Nacional para el Combate a la Desertificación. • Regionalización.

Dicha estrategia implica un enorme esfuerzo de coordinación intersecretarial, para lo cual no estamos preparados culturalmente en México. Además, por mencionar algo, en

la implementación de este proceso, se concibe que el desarrollo participativo reconoce el derecho que poseen las comunidades locales sobre sus recursos pues son los primeros interesados en aumentar su productividad, velando por mantener el equilibrio ecológico de sus frágiles tierras a largo plazo (SEMARNAT; 2005c), lo cual es un supuesto muy alejado de la realidad, mas bien los recursos naturales son concebidos por sus propietarios como un bien de consumo y no de capital.

2.2.4. Aspectos Legales sobre Restauración de Suelos

En la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), Título primero de las disposiciones generales en su Capítulo I sobre las Normas Preliminares en el Artículo 1º en las fracciones I, V, VII se indica claramente que su fin es garantizar el derecho a toda persona a vivir en un ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar, de modo que todas las actividades de la sociedad deben ser compatibles con la preservación de los ecosistemas y que por ello es necesario garantizar una participación corresponsable en la preservación y restauración del equilibrio ecológico en el territorio mexicano (SEMARNAP-PROFEPA, 1997).

Dicha corresponsabilidad para el caso específico de terrenos forestales fue confirmada a través de la Norma Oficial Mexicana NOM-020-RECNAT-2001, la cual establece con carácter de obligatorio para quienes realicen actividades pecuarias con el aprovechamiento de la vegetación forestal natural o inducida, los procedimientos y lineamientos que se deberán observar para la rehabilitación, mejoramiento y conservación de este tipo de terrenos. De esta manera, define que terrenos con alteración

del suelo deberá ser sometidos a prácticas para su recuperación y conservación (DOF, 2001).

2.3. La Degradación de los Suelos en la Reserva de la Biosfera Mapimí

En la Reserva de la Biosfera Mapimí no existen trabajos científicos relacionados a la evaluación de la degradación de los suelos, algunos comentarios superficiales referente a este tema los hace Barral (1988), quien menciona que los rasgos de degradación que se observa en varios lugares de la RBM parecen más bien ser consecuencia de un sobrepastoreo histórico. Así mismo, citados por el mismo autor, Morello y Camberos (1979) mencionan que en los ejidos de la RBM se reconocen los siguientes indicadores de sobrepastoreo:

- Ampliación de los peladeros y colonización por *Salsola spp.* (Hierba voladora).
- Avance de Gobernadora² en Sabanetales³.
- Retracción de pajonales de *Sporobolus airoides* y Sabanetales
- Poblaciones adultas de mezquite fuera del alcance del ramoneo.
- Alta abundancia de especies con compuestos químicos antihervíboros (Hojasen, Larrea, Candelilla, etc.).
- Suelo desnudo siempre en mayor porcentaje que la cobertura de fitomasa.
- Microrelieve por erosión encausada en una densa red de cárcavamiento. Domina la actividad erosiva lineal sobre la laminar.

² Aquí el autor hace referencia a la especie *Larrea tridentata*

³ Aquí el autor hace referencia a áreas de pastizal de Sabaneta (*Hilaria mutica*).

Datos cuantitativos de la degradación de los suelos por erosión los estima Viramontes (1992), quien determina cobertura vegetal y grado de erosión para los sistemas topográficos más comunes identificados en la RBM, resultados mostrados en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Cobertura vegetal y erosión para los sistemas topográficos de la Reserva

SISTEMA TOPOGRAFICO	COBERTURA VEGETAL (%)	EROSION 1988-1989 (KG/HA)
Zona de relieve	28.6	41
Pié de monte	10.8	696
Bajada superior	17.4	378
Bajada inferior	7.9	1302

Información muy interesante, pero que desgraciadamente durante su desarrollo en ningún momento se participó de los procedimientos, resultados y problemática a los pobladores de la RBM y mucho menos se propusieron alternativas de solución.

Ramírez *et. al.* (2005), realizaron la caracterización de áreas degradadas por erosión en una comunidad de la Reserva de la Biosfera Mapimí con participación de los dueños del predio, los resultados indican que el 43% de los sitios evaluados (35 en total) fueron clasificados dentro de una mala condición, otro 43% fue clasificado como de regular condición y el resto (14%) como de buena condición. Lo interesante en este estudio fue que la metodología aplicada está adaptada para ser aplicada por los mismos productores y que concluye en la determinación de los fundamentos para la toma de decisiones para la restauración de áreas degradadas en base a jornaleros disponibles en la localidad, necesidades de obra y requerimientos de tiempo y recursos financieros para su restauración. Sin embargo dicha metodología aún no ha sido validada científicamente, además de que con la información generada es posible realizar una zonificación por

condición de deterioro para reforzar la toma de decisiones de manejo dentro de programas de restauración de suelos de uso pecuario.

2.4. Investigación participativa

La investigación participativa, ha sido considerada una fuerte herramienta para la educación de los adultos (De Schuter, 1983), la cual implica un dialogo sistemático entre productores y científicos, orientado a solucionar problemas relacionados con sus sistemas productivos y, por ende, a aumentar el impacto de la investigación aplicada. Al tomar en cuenta las inquietudes y las condiciones de los productores, los investigadores pueden desarrollar tecnologías con mayores probabilidades de ser adoptadas y que responden a preocupaciones más relevantes (Bellon, 2002).

La investigación participativa, en su sentido más genérico, puede comprender todas las estrategias en las que la población involucrada participa activamente en la toma de decisiones y en la ejecución de una o más fases de un proceso de investigación (Schuter, 1983).

De acuerdo con Biggs (1989), las formas de enfocar la participación de los productores en la investigación participativa, pueden ser las siguientes:

- a) Contractual.-cuando los científicos celebran con los productores contratos en los que estos se comprometen a proporcionar tierra o servicios.
- b) Consultiva.- cuando los científicos solicitan información a los productores sobre sus problemas y después les plantean soluciones.

- c) Colaborativa.- cuando los científicos y los productores colaboran como socios en la investigación.
- d) De apoyo.- cuando los científicos ayudan a fortalecer los sistemas de investigación y desarrollo de los agricultores en zonas rurales.

De acuerdo con Bellon (2002), quien haya trabajado con productores tanto del sector privado como del medio rural, sabe que estos conocen bien sus sistemas productivos, ya que han generado conocimientos sobre la práctica que los hace ser muy sensibles a su problemática en particular. Los conocimientos adquiridos de los productores, pueden clasificarse en percepciones, taxonomías y reglas empíricas:

- Percepciones.- son imágenes mentales que se producen por mediación de los sentidos. Pueden ser compartidas por un grupo y en algunos casos ser idiosincrásicas. Son importantes en el juicio de tecnologías al momento de clasificarlas en apropiadas o no apropiadas. Es importante saber cómo obtenerlas, traducirlas a criterios para la evaluación de tecnologías.
- Taxonomías.- representan la abstracción de las percepciones y su clasificación en categorías, con nombres y propiedades definidas.
- Reglas empíricas.- son proposiciones lógicas que asocian dos acontecimientos en relación de causa y efecto. Pueden o no ser ampliamente compartidas o aceptadas por un grupo de productores.

La investigación participativa no busca, en primer lugar, producir descripciones sobre la marginalidad, la dependencia y las características de los dominados, sino, conjuntamente

con los marginados, generar los conocimientos necesarios para definir las acciones adecuadas que estén en la línea de las transformaciones para lograr un desarrollo integrado (Schuter, 1983).

El entendimiento de conceptos y procesos se logra con el sometimiento de las percepciones y las expectativas a la prueba de la realidad. El conocimiento de los productores es dinámico, lo más probable es que establezcan nuevas categorías o términos que reflejen los cambios surgidos (Bellon, 2002).

La información y la tecnología pueden difundirse a través de una red social constituida por un grupo de personas unidas por ciertos vínculos, como resultado de compromisos sociales familiares o tradicionales. Sin embargo, existen barreras sociales que limitan los contactos ya que las redes suelen estar formadas solo por miembros de una aldea, grupo étnico o una clase social. La difusión de la información e innovaciones fuera de la red puede resultar difícil y la red misma puede en algunos casos actuar como una barrera y no como un canal (Smale y Ruttan, 1997).

De acuerdo con De Schuter (1983); existen varios métodos de investigación participativa, entre los cuales se puede mencionar a la investigación-acción, la autoinvestigación, la observación militante, la encuesta-participación (participante), la autoevaluación, el autodiagnóstico y la encuesta conscientizante, las cuales son determinadas por la relación que se propone entre el investigador y el productor.

Sobre el caso específico de la investigación acción, esta surge a raíz de la desilusión respecto a la investigación desligada de la realidad y las acciones sociales, además de la necesidad de optimizar las relaciones entre investigadores e investigados. El proceso metodológico consiste en: 1) Insatisfacción con el actual estado de cosas; 2) Identificación de un área problemática; 3) Identificación de un problema específico a ser resuelto mediante la acción; 4) Formulación de varias hipótesis; 5) Selección de una hipótesis; 6) Ejecución de la acción para comprobar hipótesis; 7) Evaluación de los efectos de la acción; 8) Generalizaciones (Moser, 1978).

Así mismo, De Schuter (1983); menciona como ventajas y limitantes en la aplicación de la investigación-acción aspectos tales como:

A) Ventajas

- En la investigación-acción, el quehacer científico consiste no sólo en la comprensión de los aspectos de la realidad existente, sino también en la identificación de las fuerzas sociales y las relaciones que están detrás de la experiencia humana.
- En la investigación-acción no hay mucho énfasis en el empleo del instrumental técnico de estadísticas y de muestreo, lo que permite su aplicación por parte de un personal de formación media.
- Permite la generación de nuevos conocimientos al investigador y a los grupos involucrados; permite la movilización y el reforzamiento de las organizaciones de base y finalmente, el mejor empleo de los recursos disponibles en base al análisis crítico de las necesidades y las opciones de cambio.

B) Limitaciones

- En el campo de la investigación-acción no existe ningún paradigma totalmente estructurado
- El investigador puro (neutro, no consciente de algún compromiso social) encuentra que la investigación-acción es poco seria, que traiciona el árbol del conocimiento por su compromiso con la acción.
- En la investigación-acción, no existe todavía un núcleo propio de principios metodológicos y una epistemología que guíen las muy diversificadas acciones y prácticas investigativas. La acción significa una manera de comunicación donde se cuestiona la realidad social existente, sus reglas, normas y juicios. Este cuestionamiento requiere de un marco teórico-conceptual bien especificado, lo que no está a mano para todas las situaciones, ni para todos los problemas que se presentan

2.5. Sistemas de información Geográfica

Un sistema de información es un conjunto de elementos ordenadamente relacionados entre sí de acuerdo a ciertas reglas. Sus principales componentes son: contenido, equipo básico, equipo lógico, administrador y usuarios (Lantada y Núñez, 2004).

Particularizando este concepto para los sistemas de información geográfica (GIS por sus siglas en Inglés); se han dado multitud de definiciones, lo cual dificulta seleccionar una definición definitiva (Heywood *et al*, 2006).

De acuerdo con Maguire (1991) y Heywood *et al* (2006); la variedad de definiciones de GIS puede ser explicada por el hecho de que dependerá de quien la define, su experiencia y su punto de vista; además, con el desarrollo que han tenido los Sistemas de Información Geográfica, sus definiciones han cambiado en función de la rapidez con que se desarrollan la tecnología y sus aplicaciones (Pickles, 1995). Una definición corta de GIS puede dar idea de lo que esta es, por ejemplo, Rhind (1989); la define como un sistema computarizado que puede tomar y usar datos para describir lugares sobre la tierra. Sin embargo, definiciones más completas pueden dar una mejor idea de lo que puede hacer un GIS. Tal es el caso cuando se define a los Sistemas de Información Geográfica como un sistema para la captura, almacenamiento, consulta, interpretación, manejo, análisis y presentación de datos que están espacialmente referenciados sobre la tierra (Department of Environment, 1987).

Heywood *et al* (2006); mencionan que GIS desde su definición puede ser visto como un simple paquete computacional, sin embargo, se requiere de varias herramientas e insumos para poder interactuar con software y hardware empleados en GIS. Es por ello que se han definido como componentes de los Sistemas de Información Geográfica:

1. Sistemas Computacionales y Software
2. Datos espaciales
3. Procedimientos de análisis y manejo de datos
4. El recurso humano
5. Equipo

Aunque GIS de la impresión de ser aplicaciones meramente prácticas basadas en un programa concreto, trabajan con una metodología propia y poseen un núcleo teórico importante en el que se combinan conceptos de disciplinas tales como: topología, estadística espacial, geometría computacional y geografía entre otras no menos importantes (Lantada y Núñez, 2004).

En GIS, la representación del territorio se realiza adoptando fórmulas bien definidas denominados modelos de datos, entre los que se pueden destacar al modelo raster, el modelo vectorial y el modelo de datos orientado a objetos, el cual es una representación más avanzada (Moreno, 2006).

El modelo raster se caracteriza por adoptar una unidad espacial estándar, el píxel, que no es más que un cuadrado o celda de tamaño elegible por el experto, servirá para representar un fragmento del espacio; un elemento puntual se representa mediante una celda, un elemento lineal mediante una secuencia de celdas alineadas y un elemento poligonal mediante una agrupación de celdas contiguas. El formato raster permite también representar variables que presentan una variación continua sobre el espacio, es decir, superficies e incluso superficies tridimensionales cuando se añade una tercera variable (Z) a las coordenadas X y Y de cada localización (Moreno, 2006; Lantada y Núñez, 2004).

Estos mismos autores mencionan que el modelo vectorial se define por usar las figuras de la geometría convencional, puntos, líneas, curvas, polígonos, círculos, elipses o volúmenes para representar las entidades del mundo real, los cuales son representados de

manera independiente (entidad) en el espacio, codificando explícitamente el límite que lo separa del entorno. Las entidades primitivas o figuras geométricas básicas, se caracterizan de la siguiente manera:

1. Los elementos puntuales se representan mediante un par de coordenadas (X, Y) que definen la posición del punto.
2. Los elementos lineales están formados por uno o más segmentos lineales que se unen en vértices representados mediante coordenadas X y Y.
3. Los elementos superficiales se representan mediante las coordenadas X y Y de los vértices de las líneas que forman su perímetro.

2.5.1. Análisis geoestadístico

El análisis geoestadístico dentro de los sistemas de información geográfica, permite crear modelos de superficies usando métodos deterministas y geoestadísticos. Esta herramienta aporta un apoyo importante para llevar a cabo análisis exploratorios de datos espaciales y un asistente para el análisis estadístico de la variabilidad espacial con el que es posible crear superficies estadísticas a partir de interpolaciones de valores de entidades primitivas conocidas (Moreno, 2006).

De acuerdo con Vann y Guibal (1998), desde el punto de vista geoestadístico; la interpolación no-lineal es una estimación de la *esperanza condicional* y hasta la *distribución condicional* del grado de un sitio, como opuesto a simplemente predecir el grado por sí mismo. En tal caso se puede estimar el grado promedio (*esperanza*) de algún sitio bajo la condición que se conoce de cierto valor de muestra cercano (*esperanza condicional*). Esta esperanza condicional, con pocas excepciones especiales,

no es lineal. Los estimadores geoestadísticos no-lineales son aquellos que usan funciones no-lineales de los datos para obtener o aproximar la esperanza condicional. Obtener la esperanza condicional es posible a través de la distribución de la probabilidad:

$$Pr [Z(X_0) \mid Z(X_i)] \quad (2)$$

Que significa: la probabilidad del grado del sitio X_0 , dada la información conocida de muestras de sitios $Z(X_i)$, por ejemplo: $Z(X_1)$, $Z(X_2)$, $Z(X_3) \dots Z(X_N)$. Esta es la *distribución condicional* del grado de este sitio. Una vez que se conoce o se aproxima la distribución, se puede predecir el grado de relación ponderado.

Según menciona Cañada (2006); la obtención de superficies mediante métodos geoestadísticos implica tres pasos:

1. Análisis exploratorio de datos espaciales
2. Análisis estructural (cálculo y modelado de superficies)
3. Predicción de superficies y valoración de los resultados

En el análisis geoestadístico, se emplean técnicas determinísticas y geoestadísticas. Las técnicas determinísticas o directas no realizan un análisis previo de la variable a interpolar. Se formulan unas superposiciones generales sobre la superficie a interpolar y en función de ellas aplican la función matemática de interpolación. Algunas de ellas son el peso inverso de la distancia (IDW, por sus siglas en Inglés), o interpolaciones polinómicas. Las técnicas geoestadísticas o probabilísticas (métodos analíticos) estudian en primer lugar la autocorrelación espacial de la variable a interpolar, usando para ello los puntos muestrales. Conocido esto, generan en la fase de cálculo una función de interpolación que tiene en cuenta el grado y tipo de autocorrelación existente en la

variable. Utilizan el semivariograma para describir y elaborar modelos espaciales. Como ejemplo se puede mencionar a los diferentes tipos de Kriging con los que se predicen valores en puntos no muestrales proporcionando una medida de valoración de los mismos.

2.5.2. Semivariograma

Uno de los principales objetivos de la variografía es explotar y cuantificar la dependencia espacial de una variable, es decir, su autocorrelación espacial. La autocorrelación asume que las cosas que están más cerca son más parecidas que las cosas que están más lejos. Además, se asume el principio de estacionariedad, que consiste en que si dos lugares están a una misma distancia y dirección similar tendrán similares diferencias al cuadrado entre sus valores (estacionariedad de segundo orden). Para medir la autocorrelación espacial se construye el semivariograma empírico donde se representa en el eje Y la mitad de las diferencias al cuadrado entre cada par de lugares y en el eje X la distancia que los separa. Para calcular las distancias entre dos lugares se utiliza la fórmula de la distancia euclidiana:

$$d_{ij} = [(X_i - X_j)^2 + (Y_i - Y_j)^2]^{1/2} \quad (3)$$

Para calcular la **semivarianza empírica**, se halla la diferencia entre los valores de esos dos lugares, se eleva al cuadrado y se multiplica por 0.5. La fórmula general es: $\gamma = 0.5 * \text{promedio}[(\text{valor del lugar } i - \text{valor del lugar } j)^2]$. En la fórmula figura el promedio, porque lo habitual es agrupar las distancias en un determinado número de intervalos (*lag bins*), y después se halla el promedio de las distancias y el promedio de las semivarianzas entre todos los pares de lugares que hay en el mismo intervalo. Por

ejemplo, un intervalo (*lag*), estaría constituido por todos los pares de lugares cuyas distancias estuvieran comprendidas entre 0 y 1 metros, entre 1 y 2 metros formarían el segundo intervalo y así sucesivamente. Después se halla el promedio de todos los pares de puntos que hay en cada intervalo (promedio de las distancias y promedio de la semivarianza de los valores) y ese promedio se representa por un punto sobre el semivariograma. En la Figura 1 se muestra un ejemplo de semivariograma para temperatura máxima en donde los intervalos de distancia están determinados en días. En el eje horizontal figuran las distancias (h) y en el eje vertical los valores de la semivarianza de la variable en esos lugares $\gamma(h)$. La representación de todos los puntos constituye el semivariograma empírico y de sus características se deduce la autocorrelación espacial de la variable así como la detección de los valores extremos (Cañada, 2006).

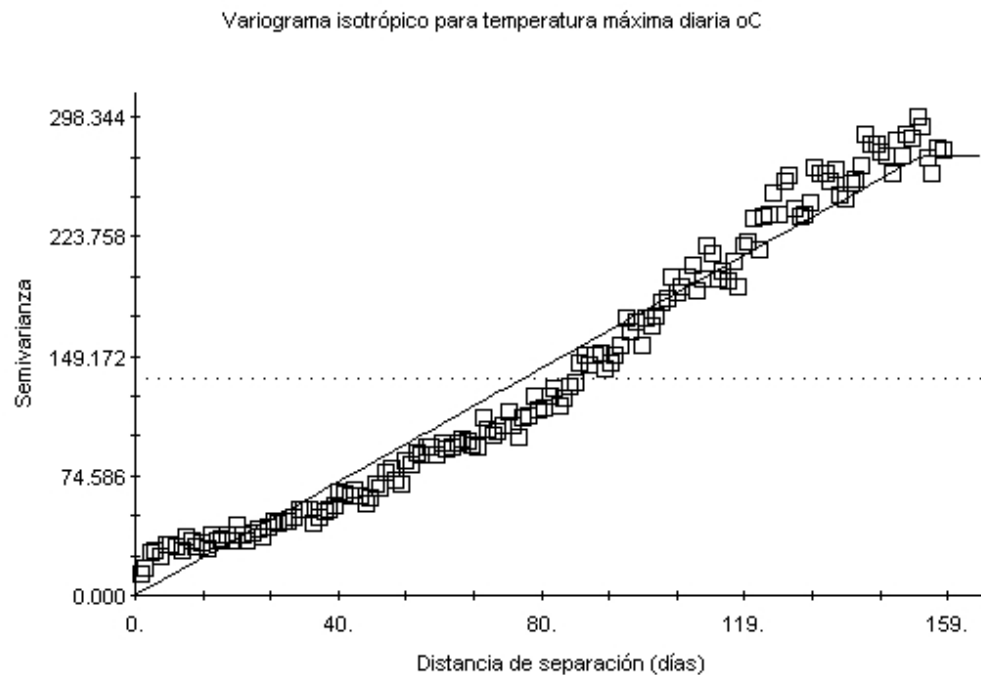


Figura 1 Semivariograma típico para temperaturas máximas diarias

Por su parte Robertson (1998) afirma que a partir de un variograma y con fines de interpretación, los parámetros que describen la estructura de la varianza espacial son:

1. La Varianza Nugget (C_0), entendida como la varianza que no es explicada por el modelo, la cual toma valor de intercepto de la línea del modelo con respecto al origen del eje de las Y en el variograma;
2. La Varianza explicada por el modelo (C), la cual es representada por la semivarianza (en el eje Y) que abarca la línea del modelo predictivo;
3. parámetros determinados en función de la relación entre los dos tipos de varianza anteriores, en donde C_0+C constituye la varianza al umbral o punto en que la varianza es asintótica y la proporción $C/(C_0+C)$ constituye la relación de la varianza explicada con respecto al total de la varianza; y
4. El rango (A), que representa la distancia sobre la cual la dependencia espacial es aparente (Figura 2).

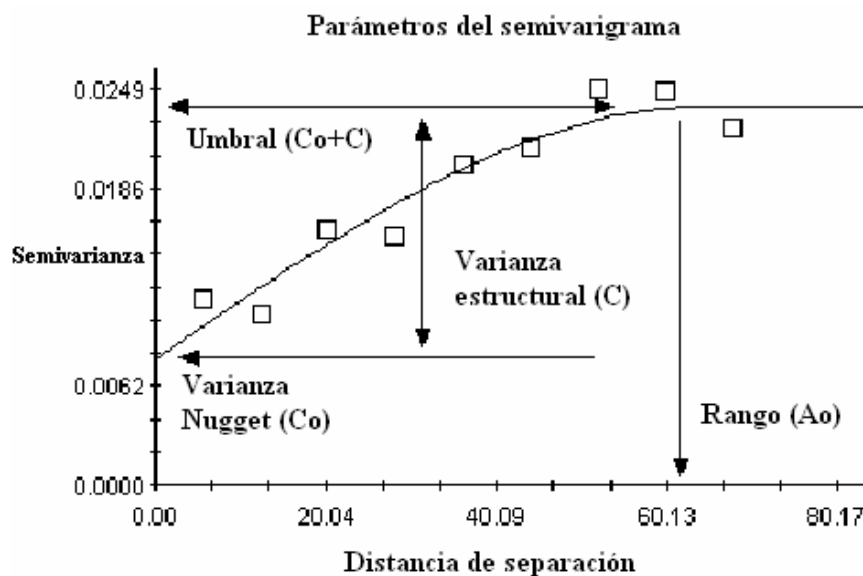


Figura 2 Estructura de la varianza y sus parámetros

2.5.3. Técnicas de interpolación geoestadística: Kriging ordinario e kriging indicador

Los objetivos de las técnicas de interpolación geoestadísticas son generar superficies que incorporen las propiedades estadísticas de los datos muestrales y que proporcionan una medida del error de las mismas, siendo este último un indicador de una buena o mala predicción. Todos los métodos geoestadísticos forman parte de la familia del kriging (nombre derivado de su inventor D. G. Krige) (Cañada, 2006).

La aplicación de kriging se realiza en dos etapas; en la primera se cuantifica la estructura espacial de los datos y, en la segunda, se realiza una predicción. Para cuantificar la estructura espacial primero se calcula el semivariograma empírico y después el teórico mediante el ajuste a los datos de un modelo de dependencia espacial. Para realizar la predicción de un valor no muestral sobre un lugar específico se utilizan el modelo ajustado del semivariograma, la configuración espacial de los datos y los valores de los puntos muestrales que existen alrededor del lugar de predicción (Moreno, 2006 y Smith et al., 1993).

El kriging asume que el fenómeno que se está estudiando, toma valores (no necesariamente medidos) en todas partes del área de estudio, es decir, tiene una continuidad espacial. En cuanto al tipo de datos con los que trabaja el kriging puede ser numérico de tipo continuo o entero, datos categóricos ordenados o sin ordenar e incluso pueden ser datos binarios (0 y 1, como en kriging indicador). Para acomodarse a todos los tipos de valores se han desarrollado las diferentes formas de kriging. Estos métodos se apoyan en modelos matemáticos y estadísticos que incluyen probabilidad. Es decir, que cuando se realiza la predicción, esta va asociada a una probabilidad. Se calcula el

error de predicción. Además, descansan en la noción de autocorrelación que se expresa en función de la distancia (Cañada, 2006 y Valdéz, 1991).

2.6. Análisis multicriterio

Algunas veces tomar una decisión puede ser complicado por muchos factores. Pueden estar muchas gentes involucradas con diferentes puntos de vista sobre lo que es más importante. El análisis multicriterio (AMC) es una técnica que ha sido desarrollada para ayudar con esta situación. Esto implica trabajar con alternativas e identificar algunos factores que por alguien pueden ser considerados importantes (Lawrence *et al*, 2000).

Hay herramientas que pueden ayudar en el análisis de cuales opciones podrían ser mejores y cuales menos prometedoras. *Facilitator* es una de estas herramientas, las cuales algunas veces son denominadas sistemas de ayuda para la toma de decisiones multiobjetivo (MODSS, por sus siglas en el idioma inglés). *Facilitator* es un sistema basado en computadora el cual puede ser usado con un grupo de personas mientras están trabajando en la toma de decisiones. El sistema puede ser usado para capturar la información y los resultados como son obtenidos por el grupo, así como ayudar a mostrar el mérito relativo para cada una de las alternativas (ACIARER-UPTWA, 2000; Sánchez et al, 2006 y Lawrence and Shaw, 2000).

2.6.1. Método de aproximación

En la toma de decisiones, cuando en el proceso se involucra a la sociedad de manera honesta, consistente, ordenada y a tiempo, que conciernen o impactan a los actores de la

unidad de producción; se garantiza la aceptación y desarrollo del proyecto que se trate (USSD, 2003).

De acuerdo con Sánchez *et al* (2006); cualquier proceso de toma de decisiones debe involucrar ciertos componentes esenciales:

- La persona o usuario que tomará la decisión
- El problema
- El método para resolver el problema
- La propia decisión

En este proceso, la persona puede ser un experto con bastante conocimiento de la situación o bien puede poseer un nulo conocimiento, el problema puede ser específico o pobremente definido, con visión mono-objetivo (en vez de multiobjetivo). De igual manera, el método puede ser heurístico o determinístico e implementado con o sin ayuda computacional (Lane *et al.*, 1994).

De acuerdo con el modelo matemático desarrollado por Yakowitz (1993) y utilizado posteriormente por Lawrence *et al* (2000) y Sánchez *et al* (2006); suponiendo que existen n criterios que el tomador de decisiones ha jerarquizado en un determinado orden de importancia, si V_{ij} es el score o calificación de la alternativa j evaluada con respecto al criterio i en el orden de importancia, y W_i es un factor de peso asociado con el criterio i , entonces el score más alto (o bajo) y el mejor (o peor) para la alternativa j , en congruencia con el orden de importancia, se encuentra resolviendo el siguiente problema lineal descrito para los W_j :

$$\text{Max}(\min) V_j = \sum_{i=1}^n W_i V_{ij}$$

$$\text{sujeto a } \sum_{i=1}^n W_i = 1 \quad (4)$$

$$W_1 \geq W_2 \geq \dots \geq W_n \geq 0$$

De la ecuación (4) para ambos casos, minimizar o maximizar, la primera restricción normaliza la suma de los pesos a uno; de igual manera, la segunda restricción hace que la solución sea consistente con el orden de importancia. Así, cualquier vector de pesos consistente con el orden de importancia producirá un score que se ubica entre el mejor y el peor (Lawrence et al., 2000 y Lawrence and Shaw, 2000).

Yakowitz et al. (1993) también mostraron que el peor y mejor score puede ser obtenido en forma cerrada resolviendo los siguientes k problemas, empezando con el criterio de más alto rango, añadiendo criterios hasta que todos sean considerados:

$$V_{kj} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^n V_{ij} \quad (5)$$

Así, el mejor y peor score para la alternativa j seleccionada de los resultados será:

$$\text{Mejor} = MV_j = \max_k \{V_{kj}\},$$

$$\text{Peor} = PV_j = \min_k \{V_{kj}\} \quad (6)$$

En un estudio posterior, Yakowitz y Weltz (1998) mejoraron el algoritmo básico descrito anteriormente, al permitir agrupar subobjetivos bajo categorías más amplias. Este agrupamiento permite introducir posteriormente otros objetivos bajo el criterio que corresponda.

Menciona el ACIARER-UPTWA (2001) que el software *Facilitator* se diseñó para la toma de decisiones estratégicas en casos donde los problemas son de tal carácter que requieren de una solución estructurada y cuando existe suficiente información técnica para apoyar las alternativas que afectan la decisión. Así mismo, Sánchez *et al* (2006); afirma que para la toma de decisiones, usando el software *Facilitator* se requieren de tres pasos esenciales.

1. Crear una matriz de los efectos de cada alternativa para cada criterio, definiendo las variables de decisión, las alternativas de manejo consideradas y la cuantificación de los efectos de las alternativas en los criterios.
2. Uso de modelos de simulación, opinión de expertos o bases de datos para valorar todos los datos de la tabla, eliminando las unidades, normalizando en una escala de 0.0 a 1.0
3. Ordenar las variables de decisión en orden de importancia, examinar gráficamente los resultados y seleccionar las alternativas a implementar o sujetas a un estudio más profundo.

En el primer paso antes anotado, los tomadores de decisiones tienen que excluir aquellas alternativas no aceptables o de difícil implementación. En el segundo paso se deben

seleccionar las funciones de score para cuantificar y normalizar cada variable de decisión. El tercer paso asume una función aditiva simple, como lo señala la ecuación (1) para calcular el valor de V como la suma de los productos de un “peso” W asociado con cada variable de decisión o criterio i y el score v para esa variable de decisión.

2.6.2. Identificación del problema

La primera etapa en el proceso es definir el hecho acerca del cual se realizará la evaluación. No todos los aspectos se adecuan a procesos de toma de decisiones multiobjetivo. Para ser apropiados a este propósito, es necesario tener un número de líneas de acción alternativa entre las cuales se quiere seleccionar. Cuando se define el problema, es útil considerar la escala a la cual se está operando, es decir ¿Cuál es el rango físico de acción del proyecto? Otro factor importante a considerar, es la escala de tiempo. Las consideraciones económicas a diferencia de los impactos ambientales usualmente operan sobre una escala de tiempo más corta. Considerar una escala de tiempo estándar en una evaluación completa puede ayudar a hacer las consideraciones más similares a través de las diferentes disciplinas. Cuando se identifican las opciones, puede ser benéfico consultar con otros grupos de personas expertos con interés en el hecho que se analiza (stakeholders) (ACIARER-UPTWA. 2001).

2.6.3. Consulta de expertos

Definido el problema se consulta con personas especialistas, denominados expertos por el algoritmo. La manera de identificar a dichos expertos generalmente es reunir a las personas involucradas en el problema, especialistas en el área y, en general, a quienes están interesados en el problema en cuestión (Sánchez *et al*, 2006).

Puede ser astuto involucrar a las personas interesadas en el proceso de toma de decisiones si se quiere tener un proceso abierto e inclusivo. En buen caso considerar a quienes quieran estar incluidos y preparados para invertir el tiempo y esfuerzo requerido. En caso de situaciones conflictivas, puede ser desconcertante incluir a gente que no está de acuerdo, pero la gente en desacuerdo puede seguir obstruyendo procesos si no es incluida y seguir en desacuerdo por no ser incluida en el proceso. Una manera de identificar los posibles interesados es realizar entre la gente interesada hasta el momento una lluvia de ideas de personas quienes deberían estar involucradas. Esto incluiría a los propietarios de tierras afectadas, a las organizaciones locales de la comunidad y grupos ambientalistas, grupos religiosos, representantes de la industria y del gobierno a nivel estado y local. Posteriormente a las personas que se hayan invitado, se les puede consultar sobre qué otras personas deberían ser involucradas y así sucesivamente. Es improbable terminar con un número grande de personas debido a que la mayoría estarán muy ocupadas y es usualmente difícil tener bastante gente reunida (ACIARER-UPTWA, 2001).

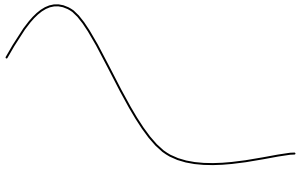
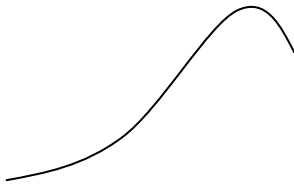
2.6.4. Generación de alternativas de solución o líneas de acción

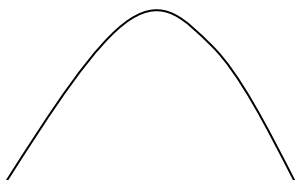
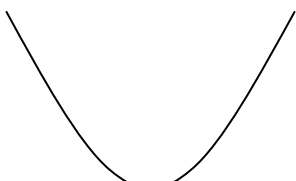
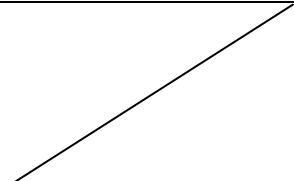
Para el adecuado curso en la toma de decisiones se plantean varias alternativas o cursos de acción por los participantes, con la finalidad de estar en posición de seleccionar la mejor. Se asume que las personas involucradas en el proceso podrían ser capaces de contribuir en alguna de ellas. Una vez que se genera un listado, se procede a documentar cada alternativa con la finalidad de ayudar a aquellas personas no involucradas en las discusiones para saber cómo se generaron (Sánchez *et al*, 2006).

2.6.5 Identificación de criterios de evaluación y evaluación de alternativas

Los criterios se refieren a la manera de evaluar las alternativas. En esta etapa se evalúan las alternativas generadas con los criterios previamente definidos. Como se anotó anteriormente, en el *DSS o Facilitator*, se conforma una tabla con los criterios arriba y a lo largo del encabezado; las alternativas se enlistan en el lado izquierdo. De acuerdo con Lawrence y Shaw (2000); el *software* provee de cuatro funciones para representar el impacto de la alternativa en el objetivo (Cuadro 3). Esta metodología permite eliminar las unidades de las variables (normalizar) para que estas puedan ser comparadas entre sí. Normalmente, para parametrizar variables de decisión se utilizan modelos de simulación. La evaluación consiste en asignar por consenso de los participantes un valor dentro de la escala del 0.0 a 1.0 al impacto que tendría cada alternativa en los objetivos planteados, considerando un valor de 0.5 la alternativa de “continuar con lo usual” o “No hacer nada” (Sánchez *et al*, 2006).

Cuadro 3 Descripción de funciones para calificar impacto

Función de escore	Representación de la variable	Observaciones
Más es peor		Normalmente es usada para representar fenómenos de deterioro como contaminación, erosión, etc.
Más es mejor		Función utilizada para representar incrementos benéficos como rendimiento ingreso, ingreso, bienestar, etcétera.

Rango deseable		Cuando la variable de interés está acotada por un mínimo y un máximo como rangos permisibles de contaminación, desechos, etcétera.
Rango no deseable		Cuando la variable de interés esta acotada por un mínimo y un máximo como rangos no permisibles.
Más es mejor lineal		Función usada cuando existe la opinión del experto.

2.6.6. Creando jerarquías

Los criterios pueden ser contruidos en jerarquías. Esto quiere decir que se puede tener más encabezados bajo criterios sociales, medioambientales o económicos si se desea. Esto es útil para un grupo de ideas relacionadas. Si algunas se traslapan entre criterios es bueno ponerlas bajo un encabezado. Esto previene el traslape de conceptos de medidas que están siendo duplicadas. Por otro lado, si los impactos o las alternativas son diferentes desde dos perspectivas, deberían ser evaluadas de diferente manera. No hay límite de número de criterios los cuales pueden ir bajo algún encabezado, pero si hay demasiada gente podría ser difícil conceptualizar a lo que se refiere el encabezado. Si se tienen 5 criterios bajo un encabezado, las personas podrán ser hábiles para razonar más fácilmente acerca de este. Si existen más de 7 criterios bajo el encabezado, pueden ser para la mayoría de la gente difícil tratar con ellos (Lawrence *et al*, 2000 y ACIARER-UPTWA, 2001).

Los criterios que se seleccionen necesitaran ser cuidadosamente definidos. Esto puede incluir instrucciones sobre cómo ellos serán evaluados. No hay límite de cuantos criterios tiene sentido tener. Pueden tenerse tantos como se quiera, lo cual tomará tiempo y esfuerzo para calificar. Algunos criterios son más importantes que otros. Si se tienen más de 7 criterios bajo algún encabezado, los criterios menos importantes harán muy poca diferencia sobre el todo. Será necesario sopesar los beneficios de incluir cada una de las ideas sobre considerarlas a todas (ACIARER-UPTWA, 2001)

2.6.7. Importancia relativa de los criterios

Los interesados tienen la oportunidad de expresar cual de los factores piensan es más importante que otros mediante el ordenamiento de los criterios. Estos asignan pesos a los criterios, donde aquellos que son ordenados más altos se les asignan más peso que aquellos criterios ordenados más bajos. Es posible para cada criterio ser ordenado individualmente o para varios agrupados como igualmente importantes. Los criterios son ordenados bajo sus encabezados, así los criterios sociales son ordenados separadamente de los criterios económicos por ejemplo. Entonces el criterio encabezado puede ser también ordenado. Así, si hay varios encabezados bajo aspectos económicos por ejemplo, estos pueden ser ordenados también (Lawrence *et al*, 2000 y ACIARER-UPTWA, 2001).

Puede no ser una buena idea ordenar los encabezados al nivel más alto. Entonces estos reflejarán valores fundamentales de la gente y poner unos en contra de otros, que puede poner una gente en contra de otra. Es menos divisivo probar satisfacer algún rango o todos los que necesite la comunidad. Si la gente está en desacuerdo sobre cuales son los

criterios más importantes, es posible crear varios ordenamientos diferentes y compararlos (Lawrence *et al*, 2000).

2.6.8. Análisis

Usando el Software *Facilitator* puede correr un análisis el cual ordenará las alternativas. Esta produce gráficas de las alternativas, las cuales dan una representación visual de su mérito relativo. A la derecha de la gráfica, está la mejor alternativa. Cada alternativa está representada por una barra verde la cual muestra el rango de todas las calificaciones para aquella alternativa. Es claro que una opción es mejor que otra si no hay traslape entre las barras verdes (Figura 3) (Sánchez *et al*, 2006).

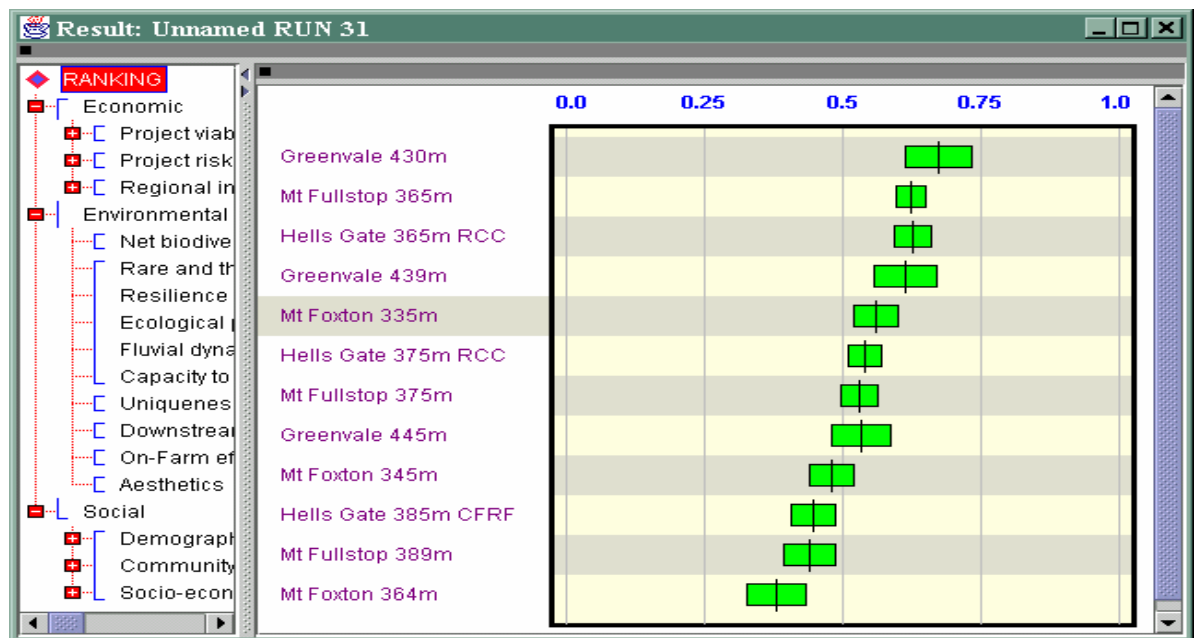


Figura 3 Presentación de resultados por el análisis de alternativas en *Facilitator*

2.6.9. *Priorizando las opciones*

Con una jerarquía de criterios es posible producir un ordenamiento de las opciones desde algún punto en la jerarquía. Una vez que se pueden correr los análisis y mirar a los resultados, se comenzara a tomar sentido por si se tienen incluidos todos los factores y deberá realizarse un análisis sobre los que se esperaba, la necesidad de nuevos criterios, información o la necesidad de nuevas formas de jerarquización. El proceso es iterativo – la primer corrida provee información útil sobre cómo refinar la matriz para desarrollar una herramienta de decisión útil sobre la cual las personas involucradas tendrán confianza. Se podría esperar revisar criterios, opciones, calificaciones y ordenamientos varias veces antes de sentirse seguro de lo que realmente es tiene un manejo sobre el modelo de decisión (ACIARER-UPTWA. 2001).

2.7. Estadística multivariada

En la investigación sobre degradación de la tierra es frecuente coleccionar un gran número de datos (base de datos), los cuales contienen información valiosa. Cuando el conjunto de datos (matriz de observaciones) se encuentra constituido por p -características (p -variables), se tiene un problema p -variado (multivariado). Las técnicas de análisis multivariado describen a un conjunto de individuos mediante la consideración simultanea de las p -características (Zarate y Ramírez, 2004).

En el análisis multivariado pueden ser utilizados diferentes enfoques, esto de acuerdo a los distintos tipos de situaciones que se presentan al obtener los datos y a los objetivos específicos del análisis. Estos enfoques han sido descritos por Kendall (1980) de la manera siguiente:

- a) *Simplificación de la estructura de los datos*, cuyo objetivo es presentar el universo de datos de manera simplificada.
- b) *Clasificación*, donde principalmente se busca asignar una ubicación a las observaciones y variables dentro de un grupo de acuerdo a las relaciones entre estas.
- c) *Análisis de interdependencia*, con el propósito de examinar la interdependencia entre las variables, es decir, la independencia y colinealidad cuando una de ellas es combinación lineal de una o más variables.
- d) *Análisis de la dependencia*, donde se seleccionan del conjunto ciertas variables (una o más) y se estudia su dependencia de las restantes, como en el análisis de regresión múltiple.
- e) *Formulación y prueba de hipótesis*, en la construcción de modelos que permitan formular hipótesis en función de parámetros estimables.

Entre los métodos de análisis multivariado para detectar la interdependencia entre las variables y también entre individuos se incluyen el análisis de factores, el análisis por conglomerados o “clusters”, el análisis de correlación canónica, el análisis por componentes principales, el análisis de ordenamiento multidimensional (scaling) y algunos métodos no paramétricos. Los métodos para detectar dependencia comprenden el análisis de regresión multivariado, el análisis de contingencia múltiple y el análisis discriminante.

2.7.1. Análisis de componentes principales

El análisis de componentes principales fue usado como una herramienta de ordenamiento (Sneath y Sokal, 1973) para revelar un número pequeño de combinaciones

lineales (componentes principales) de un grupo de variables, los cuales retienen la mayor cantidad posible de información contenida en las variables originales (Zárate y Ramírez, 2004).

Según Pla (1986), los objetivos más importantes de todo análisis de componentes principales son:

- Generar nuevas variables que puedan expresar la información contenida en el conjunto original de datos
- Reducir la dimensionalidad del problema que se está estudiando, como paso previo a futuros análisis
- Eliminar, cuando sea posible, algunas de las variables originales si ellas aportan poca información

La literatura acerca de la construcción de los componentes principales, su uso y sus propiedades es muy amplia. Casi en todos los libros de texto sobre análisis multivariado se dedica un capítulo al análisis por componentes principales (Pla, 1986). Sin embargo, Zárate y Ramírez (2004); presentan una descripción simplificada de la aplicación y fundamentos de esta metodología.

Fundamentos

Dado un grupo de observaciones con p -variables numéricas se pueden calcular p -componentes principales (CP). Cada CP es una combinación lineal de las variables originales, con coeficientes iguales a los eigenvectores de la matriz de covarianza o correlación. Los eigenvectores son considerados normalmente como norma unitaria. Los CP son organizados en orden descendente de acuerdo a la magnitud de los

eigenvectores, los que son iguales a la varianza de los componentes (SAS Institute Inc., 1988).

Los componentes principales tienen diversas propiedades útiles que son las siguientes.

- a) Los eigenvectores son ortogonales, de tal forma que los CP representan en conjunto direcciones perpendiculares a través del espacio de las variables originales.
- b) Los pesos (indicadores) de los CP no están correlacionados
- c) El primer CP posee la mayor varianza de cualquier longitud unitaria de la combinación lineal de las variables observadas. El j -ésimo CP tiene la mayor varianza de cualquier longitud unitaria de la combinación lineal, ortogonal al primer CP $j-1$. El último CP tiene la varianza más pequeña de cualquier combinación lineal de las variables originales.
- d) El peso del CP j -ésimo tiene la varianza generalizada más alta posible de cualquier grupo de combinaciones lineales de las variables originales.
- e) El primer CP j -ésimo proporciona una solución mínimo cuadrado para el modelo:

$$Y=XB+E \quad (7)$$

Donde: Y es una matriz de $n \bullet p$, de las variables observadas centradas
 X es la matriz $n \bullet j$ de pesos del primer CP j -ésimo
 B es la matriz $j \bullet p$ de eigenvectores
 E es una matriz de $n \bullet p$ residuales y esto es deseado para minimizar la traza $(E'E)$, la suma de todos los elementos cuadráticos en E .

En otras palabras, el primer CP j -ésimo es el mejor predictor lineal de las variables originales entre todos los posibles grupos de variables j , aunque cualquier transformación lineal no singular del primer CP j -ésimo puede proporcionar igualmente buena predicción. El mismo resultado es obtenido si se desea minimizar la determinante o la norma euclidiana de $E'E$ en lugar de la traza.

En términos geométricos, el subespacio lineal expandido j -dimensional por el primer CP j -ésimo, proporciona el mejor ajuste posible para los datos (puntos), medidos por la suma de las distintas perpendiculares cuadradas de cada uno de los puntos en el subespacio.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción del área de estudio

Localización geográfica

El área de estudio se ubica en la región conocida como la Reserva de la Biosfera Mapimí, la cual es un Área Natural Protegida de competencia federal representativa del Bolsón de Mapimí que abarca una superficie total de 342,387-99-72.25 hectáreas. Geográficamente se localiza en los paralelos 26° 00' y 26° 10' de Latitud Norte y los meridianos 104°10' y 103°20' de Longitud Oeste incorporando de acuerdo al último decreto (DOF, 2000), una porción de los Estados de Chihuahua, Coahuila y Durango (Figura 4) y sobre un rango de altitud sobre el nivel del mar que va de los 1000 a los 2000 metros (CONANP, 2006).

La vía de acceso considerada como principal, es la que se ubica al Oeste del polígono geográfico del área natural protegida. Partiendo de la ciudad de Gómez Palacio Durango sobre la carretera federal libre No. 49 a una distancia de 120 kilómetros, se localiza la ciudad de Ceballos, Mapimí Durango; a partir de la cual se toma con rumbo Este la carretera estatal hacia el poblado de Las Marías, Mapimí Durango; donde cruzando la autopista No. 49 conservando el rumbo Este, a una distancia de 8 kilómetros, se ubica la localidad de La Flor, Mapimí Durango, la cual ya se encuentra en el interior del área natural protegida. Otra vía de acceso de importancia posterior a la anterior, es la que se ubica en la parte Norte del área natural protegida. Partiendo de la ciudad de Escalón Chihuahua la cual se ubica en el kilómetro 150 de la carretera federal Libre No. 49 en el tramo de Gómez Palacio- Jiménez con rumbo Este a una distancia de 50 kilómetros por

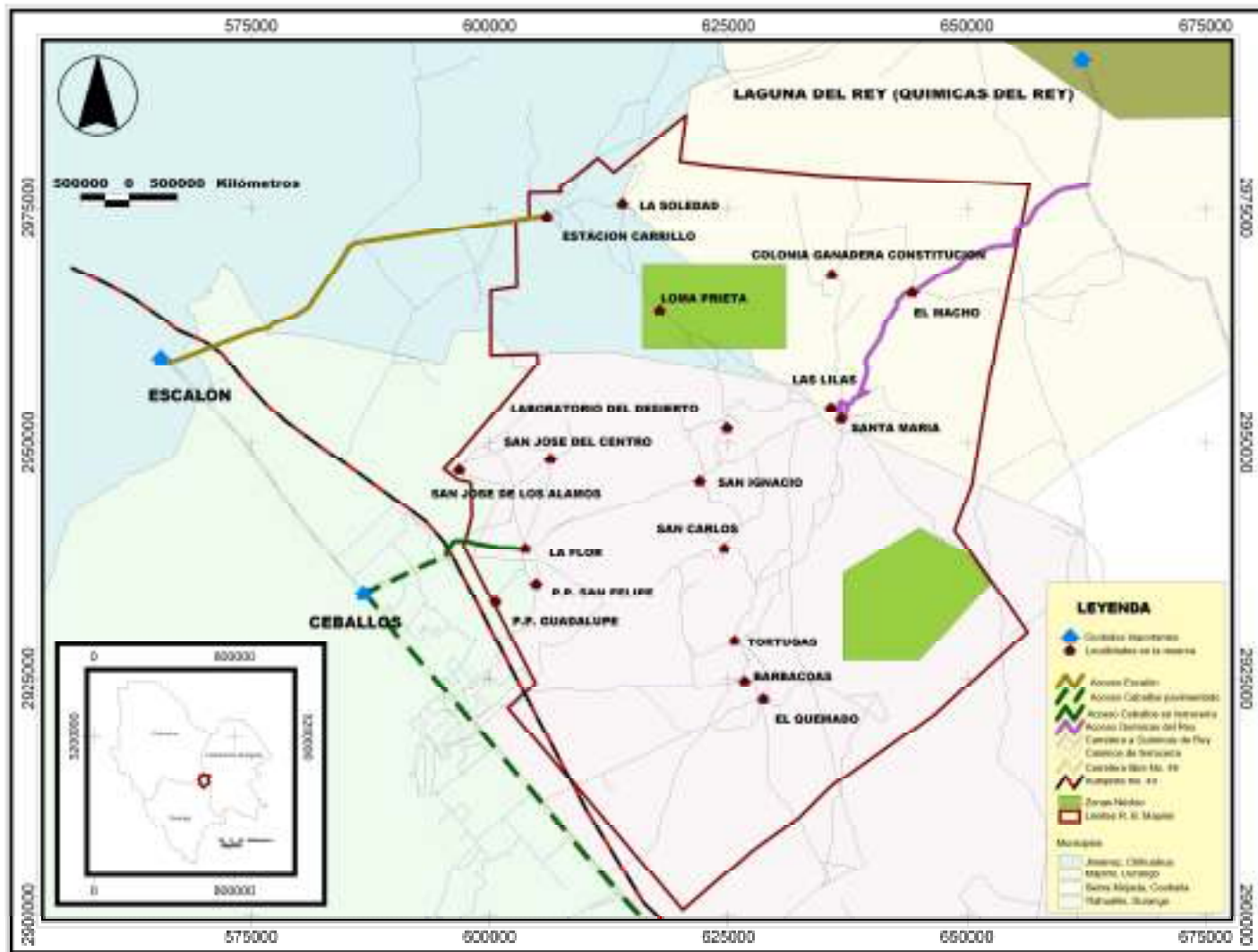


Figura 4. Ubicación geográfica y vías de acceso a la Reserva de la Biosfera Mapimí

Fuente: SIG RB Mapimí, 2007

camino de terracería se localiza el poblado conocido como Estación Carrillo, perteneciente al Ejido de laguna de Palomas, Jiménez Chihuahua ubicado en el interior de la Reserva de la Biosfera Mapimí. El tercer acceso en importancia, es el que se localiza al Este del Área Natural Protegida partiendo de Químicas del Rey municipio de Sierra Mojada Coahuila con rumbo Suroeste y con una distancia de 60 kilómetros hasta la localidad de Las Lilas perteneciente al Ejido Vicente Guerrero, municipio de Sierra Mojada Coahuila (CONANP, 2006).

3.1.1. Descripción climática

De acuerdo con el sistema de clasificación climática de Köppen, modificada por García (1973), citado por CONANP (2006); el clima del área pertenece a un tipo BWhw(e), el cual se interpreta como muy árido, semicálido con lluvias en verano y de amplitud térmica extrema. La precipitación promedio anual es de 199.60 mm. (1981-2006), siendo los meses de Julio y Agosto los más lluviosos con 36.1 y 39.7 mm. respectivamente, así como los meses de Febrero (2.7 mm.) y Marzo (3.1 mm.) los más secos en el año. La evaporación es mucho mayor que la precipitación. En el mes de Mayo se han registrado hasta 324.2 mm. de evaporación, siendo Diciembre con 114.5 mm., el mes de menor evaporación. El promedio de temperatura máxima mensual se presenta en Junio alcanzando hasta 36.3°C y la temperatura mínima mensual media es de 2.8°C registrada normalmente en el mes de Diciembre. Los días con heladas son relativamente frecuentes durante la temporada invernal, con 37 días en promedio al año repartidos en el periodo de Noviembre hasta Abril presentándose generalmente de manera nocturna (Figura 5).

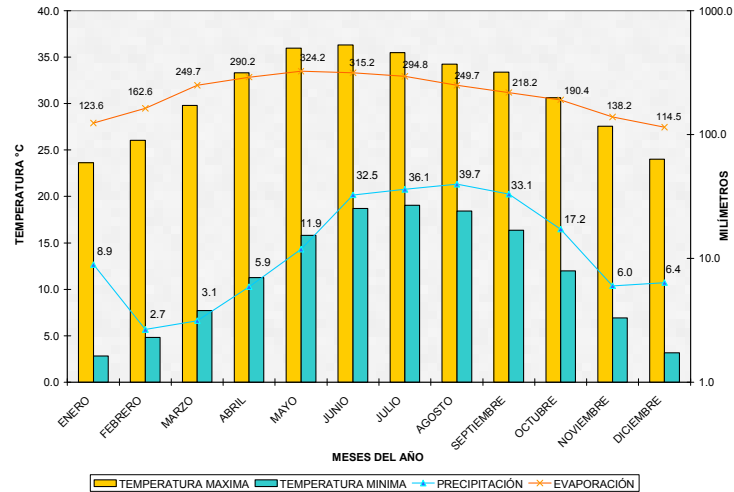


Figura 5. Comportamiento promedio mensual del clima en la Reserva de la Biosfera Mapimí (1981-2006)
Fuente: Comisión Nacional del Agua, 2006

3.1.2. Descripción física y biológica

La fisiografía de la Reserva de la Biosfera Mapimí (RBM), comprende grandes extensiones compuestas de bajadas y planicies con pendientes muy suaves que formando un continuo van del 8 al 1%. El relieve más irregular puede observarse en la parte Norte del área a causa de formaciones de dunas fijas o semifijas. Los tipos de suelo presentes en el área se atribuyen a depósitos aluviales y coluviales, por la extensión que ocupan en el área, destacan el yermosol, xerosol, regosol y litosol. Los tipos de vegetación predominantes son los matorrales rosetófilo y micrófilo, así como vegetación halófila y gypsófila; Su valor en términos de biodiversidad radica en un total 403 especies de plantas que representan aproximadamente el 11% de las reconocidas para el Desierto Chihuahuense, destacando las cactáceas con 29 especies; el 7.6% (31) plantas de las registradas para la RBM son endémicas del Desierto Chihuahuense. Se reconocen en la RBM alrededor de 270 vertebrados: 5 anfibios, 36 reptiles, 28 mamíferos y aproximadamente 200 aves. De estas especies, 75 (27.7%) se encuentran incluidas dentro de las categorías de protección reconocidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-

059-SEMARNAT-2001 (García y Martínez, 2004; CONANP, 2006).

3.1.3. Tenencia de la tierra, actividades productivas y demografía

La tenencia de la tierra en el área natural protegida, se compone de 11 ejidos y 5 propiedades privadas (Figura 6). En dichos predios la actividad productiva más importante bajo el criterio de superficie es la ganadería extensiva. (García y Martínez, 2004). Se estima que el inventario ganadero dentro de la Reserva de la Biosfera Mapimí acumula más de 8,000 mil unidades animal (entre vacas, burros, caballos y mulas), pero la carga animal que los terrenos de la Reserva pueden soportar no sobrepasa las 4,000 unidades animal (COTECOCA, 1979). Este sobrepastoreo se ha practicado intensamente a lo largo de varias décadas afectando todo el ecosistema que incluye las plantas y animales silvestres, agua y el suelo que se esta erosionando rápidamente

Aunque dentro de la reserva existe mucho ganado, la principal actividad humana en el ANP es la extracción de sal, ya que más del 83% (269 habitantes) de la población total de la Reserva práctica esta actividad de forma artesanal, principalmente en la comunidad de Laguna de Palomas del municipio de Jiménez, Chihuahua (INEGI, 2000).

3.1.4. Problemática de los suelos en la Reserva de la Biosfera Mapimí

La problemática de los suelos en la RBM, tiene su origen en la actividad ganadera. La ganadería se práctica de forma extensiva en casi todos los predios, manejándose ganado bovino, caprino, equino y asnal. Se considera que la actividad ganadera que actualmente se practica en el ANP, es la principal amenaza en la Reserva de la Biosfera Mapimí, debido a que las prácticas de manejo pecuario se realizan sin planificación, por causa de

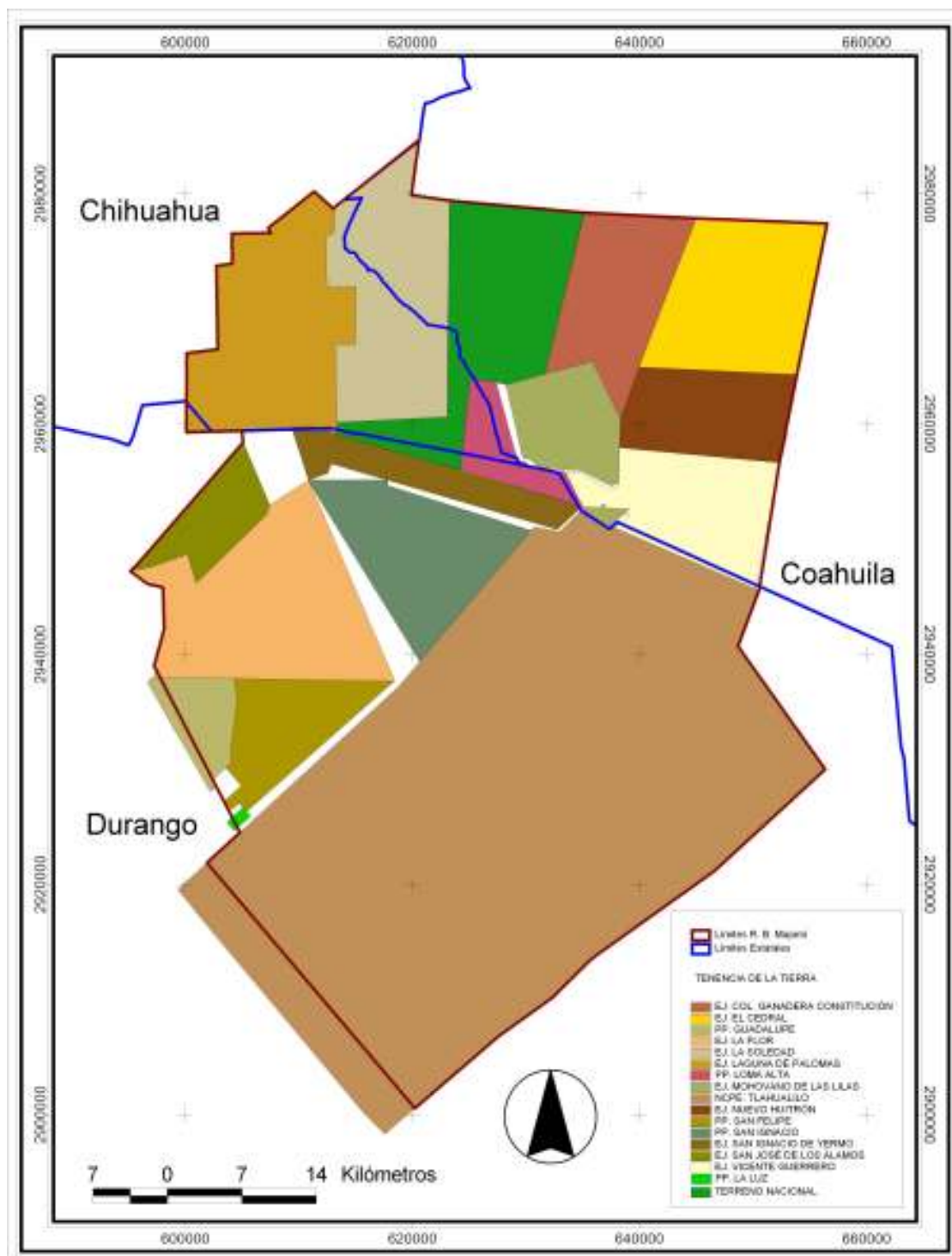


Figura 6. Tenencia de la tierra en la Reserva de la Biosfera Mapimí

una deficiente transferencia de tecnología, desorganización de los productores y escasa cultura ambiental. Aunado a esto, la insuficiente infraestructura para el manejo pecuario en común en los predios de la reserva, debido a que los ganaderos carecen de conocimientos técnicos para su establecimiento y a que los ganaderos consideran que la inversión en infraestructura es poco redituable. Todo esto fomenta el sobrepastoreo, con lo que se pierde cubierta vegetal, se incrementan los procesos de erosión y disminuye la calidad del hábitat para la fauna silvestre, consecuentemente la pérdida de biodiversidad. Además, se producen serios efectos negativos a nivel socioeconómico, reflejados en la baja productividad de la actividad ganadera con lo que se reducen los ingresos para los productores y sus familias (CONANP, 2006).

De acuerdo con Barral (1988) y Viramontes (1992); la problemática de los suelos en la RBM, se caracteriza por el incremento de áreas de suelo desnudo por la pérdida de cobertura vegetal a consecuencia de un sobrepastoreo histórico, con tasas anuales de pérdida de suelos que van desde 0.041 hasta 1.3 toneladas/Ha/Año. Un estudio más reciente realizado por personal de la RBM, indica que en 2005 y 2006 respectivamente, se tuvieron una pérdida promedio de 26.03 y 18.6 toneladas de suelo/Hectárea/Año. Indicando tendencias negativas de la pérdida de suelo en la Reserva.

3.2. Acción social participativa para la restauración de suelos

Los instrumentos financieros con que cuenta la Reserva de la Biosfera Mapimí para la ejecución de acciones de conservación de los recursos naturales son: el Programa de Empleo Temporal (PET) y el Programa de Desarrollo Regional Sustentable (PRODERS). En el marco de estos programas y desde el año 2002, se han llevado a

cabo acciones para la restauración de suelos, las cuales se encuentran consideradas dentro de una Estrategia para la restauración de áreas degradadas de la reserva.

Dicho programa aborda en tres aspectos fundamentales: A) Educación para la conservación; B) Evaluación participativa de la condición del suelo y C) Transferencia de tecnología para la restauración de suelos. Estos componentes están integrados de una manera tal que promuevan a través de una acción social participativa, la sensibilización y participación con conocimiento de causa de los dueños y poseedores de los predios en las acciones de restauración de la RBM. Cada uno de estos aspectos está fundamentado en los principios de la Investigación participativa como una opción metodológica para la educación de los adultos (Budd, 1983; De Schuter, 1983 y Bellon, 2002).

3.2.1. Diagnóstico participativo de las condiciones actuales

En una primera fase de acercamiento a las comunidades del área natural protegida, se realizaron diagnósticos participativos para identificar los recursos y las necesidades existentes en los predios de la Reserva de la Biosfera Mapimí. El diagnóstico fue llevado a cabo en base a las herramientas propuestas por Geilfus (2001) y Morales et al. (2004), para el desarrollo participativo. Las herramienta metodológica utilizada para la identificación de los elementos físicos de importancia en el terreno, la infraestructura existente, los criterios de uso de los agostaderos y la problemática existente fue la actividad denominada “Mapa comunitario”, la cual fue complementada con la actividad denominada “Perfil de transecto” para el reconocimiento de los elementos mencionados en el mapa comunitario. Cabe destacar que la información generada de estas actividades solo fue recavada para la definición de criterios de selección de los predios para la

implementación de actividades de investigación-acción relacionada a la degradación de los suelos, que indudablemente no deja de ser parte de la metodología general para la investigación participativa (Bellon, 2002).

3.3. Selección de predios para la evaluación de áreas degradadas

El universo de trabajo para la implementación de acciones de restauración en la Reserva de la Biosfera Mapimí, lo compone los predios incluidos en su zona de amortiguamiento (11 ejidos y 5 propiedades privadas). Sin embargo, debido a la extensión que esta tiene, no fue posible aplicar la evaluación de la degradación al total de la superficie. Por ello, de acuerdo a los criterios de evaluación sugeridos por De Schuter (1983) para la selección de comunidades ideales para la implementación de estrategias de investigación participativa, se emplearon los siguientes criterios:

- a) La representatividad del predio en cuanto a aspectos de uso y manejo actual del predio, tipo de tenencia de la tierra y número de personas que residen en el interior del predio principalmente.
- b) Necesidades e inquietudes planteadas por la comunidad
- c) Participación en el programa de restauración de suelos de la Reserva de la Biosfera Mapimí y Grado de organización existente en el interior de la comunidad

3.3.1. *Pequeña Propiedad Guadalupe, Mapimí Durango.*

Propiedad privada de 4,573-97-30 hectáreas de la parte Oeste del área natural protegida. El uso ganadero del predio está definido en base a tres potreros debidamente limitados con cercos artificiales, cuenta con dos aguajes de los cuales uno abastece de agua para

abrevadero todo el año. No cuenta todavía con un sistema de pastoreo sistemático, sin embargo, ha establecido un acuerdo de colaboración con la administración del área natural protegida para la implementación de un programa de manejo ganadero en el predio. La carga animal registrada hasta Diciembre de 2006, era de 75.90 unidades animal, siendo la capacidad de carga animal de acuerdo a COTECOCA (1979) de 85 unidades animal. Dentro del predio, no existen residentes permanentes, sin embargo, uno de los cuatro propietarios reside con su familia permanentemente en la localidad de la Flor, Municipio de Mapimí, Durango; predio vecino a la PP Guadalupe. No existe conflicto de intereses entre los propietarios que limite la implementación de las acciones de conservación de los recursos naturales en el predio. La inclusión del predio en acciones de investigación participativa, fue a solicitud expresa de los propietarios del predio. A pesar de que hasta el año 2005, el predio no había sido beneficiado por los programas gubernamentales administrados por la reserva, se implementaron acciones de restauración de suelos con recursos y voluntad propia de los dueños del predio. Lo cual se atribuye a la participación de estas personas en todos los eventos de intercambio de experiencias entre productores sobre aspectos de restauración de suelos.

3.3.2. Ejido La Soledad, Jiménez Chihuahua

Predio ganadero con tipo de tenencia de la tierra ejidal de 19,968-58-60 hectáreas ubicado al Norte de la reserva. No cuenta con programa de manejo ganadero, sin embargo, la presencia de 11 aguajes para abrevadero distribuidos en el predio, indican las intenciones de los propietarios del predio por llevar a cabo un uso razonable del mismo. Sin embargo, la distribución del ganado sobre el terreno está más bien determinada por la distribución de la residencia de los propietarios, es decir, el ejido se compone por 10 ejidatarios, de los cuales, 2 residen con su familia en la localidad

denominada La Soledad y otros dos residen en la localidad de nombre Loma Prieta. El resto reside fuera del predio, lo que implica para estos últimos la posesión de una menor cantidad de ganado –por el alto costo que implica el cuidado del ganado–, pero una mayor posesión de superficie, distribuyendo las cargas por debajo de su capacidad. El caso contrario ocurre con los residentes en Loma Prieta, los cuales poseen un inventario ganadero muy alto en una menor superficie, ganado que esta siendo sostenido bajo el criterio de disponibilidad de agua y no de forraje, ya que incluso las personas residentes en Loma Prieta acarrear agua diariamente para el sostenimiento del ganado. La organización y la toma de decisiones de desarrollo de las comunidades, también está determinado por las características en la distribución de la residencia de la población ejidal

3.3.3. Vicente Guerrero, Sierra Mojada Coahuila

Predio ejidal de 14,162-41-70 hectáreas que posee aproximadamente el 30% de su superficie con una topografía de sierra. Cuenta con infraestructura para la distribución de agua de abrevadero que se compone de seis bebederos colocados cada 2 kilómetros a lo largo del predio y un bordo para la captación de agua de lluvia para abrevadero. Está dividido en tres potreros, de los cuales uno es empleado para el manejo de ganado en la temporada de estiaje. Se ha registrado una carga animal de aproximadamente 325 unidades animal, lo cual considerando que el terreno tiene una capacidad para 235 unidades animal (COTECOCA, 1979) es innegable una carga animal en el terreno por arriba de su capacidad de carga. En la localidad de Las Lilas, residen dos personas con derecho al uso del terreno, sin embargo, conflictos entre ellos limitan el establecimiento

de acuerdos permanentes para el manejo de los agostaderos, no así la ejecución de obras de restauración de suelo financiadas por la administración del área natural protegida.

3.3.4. Mohovano de las Lilas, Sierra Mojada Coahuila

Predio de carácter ejidal con una superficie total de 7,595-27-30 hectáreas que posee para el manejo del agostadero un cerco perimetral, es decir, un solo potrero y un solo abrevadero. Se ha estimado una carga animal que rebasa las 700 unidades animal, cuando el terreno solo tiene capacidad para aproximadamente 180 unidades animal (COTECOCA, 1979). Sin embargo, será interesante conocer la condición de los agostaderos, ya que la mayoría de este ganado pastorea en los predios vecinos. En la Localidad de Santa María, reside permanentemente solo uno de los cuatro propietarios del terreno, el resto se presenta en el ejido en la temporada de la cosecha de becerros para comercialización y en la temporada de estiaje para la provisión de forraje henificado. La organización de los propietarios para la producción y uso de los agostaderos es muy precaria, de hecho se han identificado conflictos personales entre ellos, sin importar incluso el parentesco que se tiene.

3.3.5. Nuevo Huitrón, Sierra Mojada, Coahuila

Predio ejidal de 10,593-40-20 hectáreas en el cual no existe alguna población, sino que los propietarios tienen su domicilio en la Ciudad de Cuatrociénegas Coahuila. Tampoco poseen ganado dentro del predio, por lo que no se cuenta con aguajes artificiales, solo los naturales que se forman en el área de dunas existente al norte del predio, ni se cuenta con infraestructura para el manejo ganadero. A pesar de ello, el uso ganadero que se le da al predio responde más bien al ganado que ingresa al ejido perteneciente a los ejidos

vecinos de Vicente Guerrero, Mohovano de las Lilas, Colonia Ganadera Constitución y el Cinco del municipio de Sierra Mojada Coahuila. Esta situación no permite calcular las cargas reales existentes en el predio.

3.4. Educación para la conservación

La investigación participativa, ha sido considerada una fuerte herramienta para la educación de los adultos (De Schuter, 1983), más aún cuando es sustentada con un programa de educación bien establecido con metas y acciones precisas. Por lo anterior, se han desarrollado, diseñado y adaptado diferentes materiales educativos para los ganaderos de la Reserva y sus familias, cubriendo temas como biodiversidad del ecosistema desértico y el pastizal, uso de los recursos y sustentabilidad, erosión, función e importancia de la cubierta vegetal, capacidad de carga, análisis económico de la ganadería, planeación de los recursos, manejo del pastizal entre otros, que suman un total de 13 actividades incluidas en un manual para productores pecuarios y una serie de actividades y materiales para el tema de ecología del pastizal. Con la implementación de dichos programas educativos, no se pretende dar a conocer expresamente conceptos y procesos ecológicos, sino que mediante breves demostraciones se busca generar la reflexión de dichos conceptos y procesos en la experiencia vivencial de los educandos. Este proceso educativo, es el que permite posteriormente unificar los criterios de evaluación de áreas degradadas y el entrenamiento de los investigadores-participantes.

3.5. Evaluación participativa de la degradación del suelo por erosión

Para dar cumplimiento al primer objetivo de la investigación, se realizó la descripción detallada y la justificación teórico-técnica de la metodología utilizada por Ramírez *et. al.* (2005), para la evaluación participativa de la degradación por erosión.

3.5.1. Definición de criterios de evaluación

Un estudio realizado para la evaluación de zonas con problemas de erosión realizado en el Área de Protección de Flora de Fauna “Maderas del Carmen” (comunicación personal, 1999), define cinco criterios para la clasificación por condición de deterioro y priorización de áreas degradadas, que son:

- Potencial de recuperación
- Capacidad de manejo
- Respuesta social
- Manejo y capacidad de carga
- Uso actual y estado de conservación

Estos criterios fueron revisados y adecuados considerando las condiciones fisiográficas y sociales para la caracterización de áreas degradadas en la Reserva de la Biosfera Mapimí. De esta manera, fueron definidos los siguientes criterios:

1. Identificación del sitio y respuesta social.- Criterio que incluye factores que permiten evaluar las posibilidades de involucramiento de los pobladores y usuarios en la construcción y mantenimiento de las obras de restauración de suelos. Los factores definidos son:

- Ubicación genérica del sitio, la cual considera aspectos informativos para personas externas al predio incluyendo su ubicación en coordenadas geográficas.
- Nombre local del sitio, registrado para retomar el conocimiento de los pobladores para la identificación del sitio. Generalmente los nombres de los parajes registran sucesos históricos y vivenciales del área.
- Distancia del sitio a la comunidad, con el que se evalúa la disponibilidad y disposición de los pobladores de las comunidades para el traslado y participación en la implementación de acciones de restauración de suelos.
- Número de jornaleros potenciales, permitiendo con ello la capacidad real de respuesta en relación a la mano de obra disponible para llevar a cabo la construcción de obras de conservación de suelo y agua.
- Identificación del transecto y sitio evaluado, establecido con el fin contar con información para asignar un consecutivo producto de la implementación de la caracterización de áreas degradadas.

2. Susceptibilidad a la erosión.- Este criterio específicamente permite la evaluación de la presencia de condiciones fisiográficas naturales para el desencadenamiento de procesos erosivos en un determinado sitio. Se define por factores tales como:

- Características del terreno o ubicación del sitio con respecto a la cuenca, identificando así de manera general la esperanza del funcionamiento y utilidad de la implementación de obras de restauración de suelos particularmente en el sitio que es evaluado.
- Pendiente del terreno, como factor principal para el incremento de niveles de escurrimiento.

- Calidad de la cobertura vegetal, valorada con respecto a la capacidad conocida que tienen las especies presentes para la retención de suelo y humedad.
- Relación cobertura vegetal / suelo desnudo, como factor cuantitativo de la abundancia de vegetación que permite la protección del suelo contra el efecto erosivo de las gotas de lluvia y los escurrimientos.

3. Presión ganadera.- Este criterio fue integrado a la evaluación de la degradación como causa principal de la pérdida de cobertura vegetal y la consecuente pérdida del suelo. Permite evaluar el impacto de la actividad ganadera en el sitio y se definirá en base a los siguientes factores:

- Número y caracterización de veredas de ganado doméstico, como medida de la intensidad de uso ganadero del sitio, evaluado en base a las evidencias del tránsito de ganado por el sitio.
- Distancia del sitio a los abrevaderos, establecido con el propósito de evaluar el impacto sobre el suelo por establecimiento de áreas de sacrificio para abrevar ganado doméstico.
- Carga animal actual, como indicador para evaluar la presión ganadera con respecto a su capacidad natural de mantenimiento de ganado doméstico.
- Infraestructura actual para el manejo de los agostaderos, como forma de evaluar la intención de los productores ganaderos para el uso planeado y ordenado de los agostaderos.
- Estado general de la infraestructura, para considerar la funcionalidad de la infraestructura actual para el uso de los agostaderos.

4. Potencial de recuperación.- Son cuestiones inherentes a las características del terreno que faciliten o dificulten la recuperación del sitio. Este criterio se define en base al levantamiento en campo de las características siguientes:

- Forma de erosión hídrica presente, planteada esta en términos de la severidad del proceso erosivo.
- Tipo y número de sistemas erosivos presentes, medida que permite establecer la densidad de sistemas erosivos en el sitio
- Oportunidad de riego, valorada en términos de la capacidad logística o natural para proveer de agua a la implementación de prácticas de revegetación futuras.
- Capacidad de revegetación, basada en el conocimiento que tienen los pobladores respecto a la capacidad de respuesta natural del sitio posterior a eventos de precipitación.

5. Capacidad de manejo.- Son las condicionantes y características que influyen en el establecimiento de acciones de restauración de suelos; entre las que se consideran:

- Caracterización de los sistemas erosivos, donde se evalúa superficie afectada y profundidad, pendiente, estabilidad y grado de erosión dentro del mismo para la estimación de necesidades de obra.
- Tipo de obra recomendada para la captación de agua y suelo, considerando los materiales y medios disponibles para su implementación.
- Tipo de obra recomendada para el control de cárcavas, establecida en términos de su dificultad, economía y factibilidad técnica de construcción.

- Necesidades de exclusión de áreas a la ganadería, para el caso de casos extremos donde el terreno debe ser excluido al uso ganadero por la severidad del proceso erosivo presente y para propiciar la rapidez de su recuperación.
- Necesidades de revegetación artificial, como medida para acelerar el proceso de restitución de la vegetación perdida en el sitio.

3.5.2. Recolección de la información

De acuerdo con De Schuter (1983), el total de los criterios y factores que fueron evaluados, se elaboraron de una manera tal que la información pudo ser levantada por los productores y usuarios de los predios a los que en lo sucesivo llamaremos “investigadores-participantes”. De modo que se requiera la menos especialización y equipo posibles; y que con la práctica el investigador-participante pueda adquirir habilidades en la evaluación de la degradación de áreas, tomar decisiones de manejo y formular una propuesta. Para ello, cada uno de los investigadores-participantes fue entrenado en los métodos de medición en campo de cada uno de los factores, sin perder de vista el concepto o proceso ecológico que se evalúa. Para ello se emplean las actividades de educación para la conservación en un primer taller de capacitación y posteriormente, se reafirma el conocimiento mediante la aplicación de la metodología de evaluación en algún sitio cercano a la localidad. En esta última fase, se realiza la unificación de criterios de evaluación previo al inicio formal del trabajo de levantamiento de la información. La información fue levantada utilizando como guía el formato anexo al presente documento (Anexo 1).

La caracterización o evaluación de sitios se realizó con el fin de obtener un expediente y una categoría para cada sitio. La categoría fue definida en base a un resultado final de puntuación, es decir, para cada factor se realizó una medición, la cual fue categorizada y calificada; la calificación de cada factor fue acumulada para cada criterio y la suma de los valores obtenidos para cada criterio dió como resultado la puntuación final correspondiente al sitio.

La aplicación de la metodología de evaluación de áreas degradadas, de manera normal arrojaría valores que van desde los 23 puntos alcanzados para los sitios más degradadas hasta 110 puntos alcanzados por los sitios menos degradados. Este rango general fue utilizado para la formación de rangos específicos uniformes para la definición de categorías por condición de deterioro. Existen muchas formas y términos para clasificar o categorizar la degradación de suelos, pero en su mayoría reflejan aspectos muy tecnocráticos de la degradación (Ortiz *et al*, 1994; Zarate y Ramírez, 2004), por lo que, siguiendo los principios de la investigación participativa de facilitar la fusión del conocimiento científico con el conocimiento empírico y de generar la definición de prioridades, se utilizaron 5 categorías que reflejan principalmente el estado de conservación de los sitios y las prioridades para la implementación de acciones de restauración de sitios de menor calidad (Cuadro 3).

Cuadro 4. Categorías para la clasificación del estado de conservación de sitios en la evaluación de áreas degradadas

RANGO	CATEGORÍA
De 94 a 110 puntos	Prioritario para su conservación
De 77 a 93 puntos	Bueno
De 60 a 76 puntos	Regular
De 43 a 59 puntos	Malo
De 23 a 42 puntos	Prioritario para su restauración

Método de muestreo

La metodología fue diseñada para su aplicación en condiciones de las comunidades de la Reserva de la Biosfera Mapimí. En la cual se aplicaron dos tipos de muestreo para el levantamiento de la información.

- 1) Sobre los caminos con mediciones cada kilómetro por el método de intercepción de línea (Canfield, 1954). Se establece una línea por cada lado de forma perpendicular al camino y con una longitud de 50 metros por línea.
- 2) Sobre una cuadrícula geográfica cada 2 kilómetros sobre el predio evaluado con mediciones por el método de intercepción de línea de 50 metros con rumbo Norte franco (Canfield, 1954).

El primer método se define como premuestreo para obtener un panorama general de la situación de degradación de los predios y sobretodo porque es más práctico y más rápido el levantamiento de la información de campo. Pero la limitante es que no permite llegar a todas las áreas para su evaluación.

El segundo método se define por la necesidad de realizar un mapeo para la zonificación de áreas degradadas, es más sistemático y permite llegar a todas las áreas, pero la limitante es que en ocasiones es necesario llegar hasta áreas menos accesibles, lo cual hace más lento el proceso de caracterización.

Medición de factores de degradación y su justificación técnica

El formato de campo empleado se compone de 5 partes que corresponde a cada una de los criterios de evaluación, los cuales se describieron anteriormente. Cada parte se compone de apartados, uno por cada factor y cada apartado se compone de: 1) el nombre

del factor que se califica, 2) las categorías para cada factor, 3) la calificación para cada categoría y 4) un espacio para rescatar en el mismo apartado la calificación que obtuvo el factor evaluado en el sitio, espacio que se presenta de manera sombreada. El número escrito en ese espacio al final de la evaluación, es el que se tomará en cuenta para la alimentación de la base de datos y para el cálculo final de la puntuación del sitio.

La base de datos fue diseñada en formato de hoja de cálculo de Microsoft® Office Excel 2003, lo que permite su clasificación inmediata por criterio y por orden descendente en el resultado final de la puntuación.

I. Identificación del sitio y respuesta social

Ubicación genérica del sitio

La información registrada en este caso fue la Fecha de levantamiento de campo, el Estado, Municipio y Comunidad a la que pertenece el sitio, así como sus coordenadas geográficas.

Nombre local del sitio

Se definieron con los pobladores el nombre del sitio, retomando el nombre conocido para ellos o nombrándolo en base a algún suceso anterior que les permita familiarizarse y ubicar inmediatamente el sitio evaluado.

Distancia a la comunidad

Se determinó la distancia que existe entre el sitio evaluado y la comunidad en kilómetros y se calificó el sitio según las siguientes categorías (Cuadro 5):

Cuadro 5. Categorías para la clasificación de la distancia del sitio a la comunidad en la evaluación de la degradación

Distancia a la comunidad	Valor
0 a 2 Km	5
2 a 4 Km	4
4 a 6 Km	3
6 a 10 km	2
Más de 10 km.	1

Es importante determinar la distancia real en la medida de lo posible, ya que este dato es utilizado en el cálculo posterior de necesidades de combustible para traslado. La medición en algunas ocasiones se realizó con el odómetro de un vehículo o mediante el uso de un Geoposicionador Satelital (GPS). El criterio utilizado para la determinación de las categorías y su calificación es el siguiente:

“A mayor distancia, menor puntuación”...definido en base a que generalmente a mayor distancia disminuye la disposición de los productores para trasladarse a realizar trabajos de restauración, ya que genera necesidades de mayor inversión de tiempo y de recursos económicos.

Jornaleros potenciales

Se determinó con los productores el número de personas con los que se cuenta realmente para trabajar. Esta información es importante definirla porque en base a esta se determina el tiempo requerido en días para la ejecución de obras de restauración de suelos, considerando que se cuenta con información de rendimiento por jornal para las

diferentes actividades. Definir el tiempo estimado para la ejecución de obras de restauración es básico para la programación de la restauración de suelos. Las categorías y puntuación para cada una de las mismas se establecieron de la siguiente manera (Cuadro 6):

Cuadro 6. Categorías para la clasificación el número de jornaleros potenciales en la evaluación de la degradación

Jornaleros potenciales	Valor
0 jornaleros	1
1 a 5 jornaleros	2
6 a 10 jornaleros	3
Más de 11 jornaleros	4

El criterio utilizado define que:

“A mayor número de jornaleros potenciales, mayor puntuación”... debido a que un mayor número de personas representa un avance físico de obra mayor en menor tiempo.

La justificación de incluir este factor es que en la mayoría de las comunidades del medio rural y sobretodo en las de la Reserva de la Biosfera Mapimí, los fenómenos migratorios han afectado las poblaciones humanas, de modo que en algunos casos se dará la necesidad de trasladar jornaleros de otros lugares, lo que implica un incremento en los costos de mantenimiento y traslado de mano de obra, lo cual fue importante valorarlo con los pobladores definiendo claramente su capacidad real de trabajo, sin afectar sus actividades productivas básicas.

Identificación del transecto y sitio evaluado

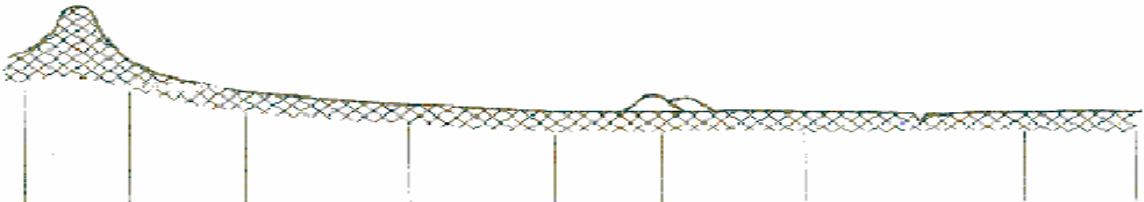
Depende de la metodología de muestreo empleada en el levantamiento de la información, en este caso se propuso trabajar el levantamiento de campo sobre los caminos (definidos como transectos en el formato) para muestrear en una banda de 100 metros de ancho, donde a cada kilómetro sobre el transecto fueron realizadas mediciones por el método de intercepción de línea de 50 metros, una por el lado izquierdo y otra por el lado derecho y sobre las mismas se levantó la información correspondiente a cada factor (Canfield, 1954). Dicho de otra manera, el transecto se refiere al nombre del camino más conocido localmente. El sitio se refiere al lugar donde se realizan las mediciones, al cual se le da un número consecutivo sobre el transecto y el lado se refiere obviamente al que le corresponde, obteniendo así un formato o expediente completo por cada lado.

II. Susceptibilidad a la erosión

Características del terreno

En este apartado se busca caracterizar el sitio ubicándolo en una topoforma con respecto a la cuenca, las cuales se denominan y califican de la siguiente manera (Cuadro 7):

Cuadro 7. Categorías para la clasificación de características del terreno en la evaluación de la degradación

Características del Terreno:								
								
Pie de Monte	4	Bajada Superior	3	Bajada Inferior	2	Bajada/playa		1

En campo esta fue definida con respecto al conocimiento del comportamiento de los escurrimientos en el lugar, información que generalmente los dueños del predio manejan muy bien. Sin embargo, este conocimiento fue reforzado con el concepto de “cuenca” en la fase de entrenamiento mediante actividades de educación para la conservación.

La denominación empleada de las categorías en el formato para cada topoforma, fue tomada de una clasificación hecha por Delhoume (1983), citado por Montaña (1988), sobre un perfil topográfico característico de la Reserva de la Biosfera Mapimí, clasificado en base a pendiente, cobertura vegetal, composición geológica, textura del suelo, salinidad y tipo de suelo. La cual fue adecuada para mayor facilidad de aplicación y entendimiento por los productores en base a los factores de topografía del terreno, pendiente y pedregosidad superficial.

La justificación técnica considerada en este factor dentro de la evaluación de áreas degradadas fue tomar en cuenta la ruta normal que siguen los escurrimientos, de las partes altas a las partes bajas de la cuenca, considerando que técnicamente es más recomendable iniciar obras de restauración de suelos en las partes altas y concluir en las partes bajas. Esto debido a la velocidad y densidad que el agua adquiere en los escurrimientos por la acumulación de partículas de suelo y las distancias de recorrido en terrenos desprovistos de cobertura vegetal. Controlar los escurrimientos desde su origen, puede ser un factor importante para evitar la ruptura de las estructuras de restauración de suelos e incrementar la vida útil de las mismas (CP, 1977).

Por otro lado, la susceptibilidad a la erosión siempre es mayor en las partes media y baja de la cuenca, que es donde hay menor pedregosidad superficial en el terreno y donde

inician los problemas de erosión lineal (formación de cárcavas) y arrastre laminar de suelo (Viramontes, 1992). Por lo tanto, el criterio utilizado para calificar a cada topoforma es el siguiente:

“El sitio ubicado en la parte alta de la cuenca tiene menor susceptibilidad a la erosión y su puntuación será mayor o viceversa”

Pendiente del terreno

La determinación de la pendiente se realizó mediante la técnica de nivelación de albañil con manguera transparente o nivel de agua como lo describe el manual de captación de agua de lluvia producido por la FAO y la sociedad mexicana de la ciencia del suelo (1997). Donde básicamente se determinó el desnivel en un tramo de 20 metros de distancia paralelo a la pendiente mediante el uso de una manguera delgada y transparente de 30 metros llena de agua y dos varas marcadas a una misma altura. El desnivel en metros obtenido en la medición, fue multiplicado por 5 (porque en 100 metros cabe 5 veces un tramo de 20 metros), resultando el desnivel que se tiene en 100 metros, que corresponde a la pendiente del terreno expresada en porcentaje (%). El dato de pendiente se registra y clasifica en el formato en el apartado siguiente (Cuadro 8):

Cuadro 8. Categorías para la clasificación de la pendiente del terreno en la evaluación de la degradación

Pendiente del terreno	Valor
6-25 %	1
2-6 %	2
1-2 %	3
0-1 %	4

El valor numérico asignado se determinó en base al siguiente criterio:

“Un terreno con mayor pendiente tendrá mayor susceptibilidad de erosión por escurrimientos, mayor necesidad de obra y por tanto menor puntuación”...El indicador para pendiente es el de mayor importancia en este apartado del formato de campo, debido a que incrementa proporcionalmente las probabilidades de arrastre de partículas de suelo (Colegio de Posgraduados, 1977) y determina el número de obras de conservación a implementar en un futuro (FAO, 1997).

Según el Colegio de Posgraduados (1977), la determinación de la pendiente del terreno es importante para la clasificación de los suelos por su capacidad de uso y para la selección de prácticas de conservación de suelos. Así como para determinar el coeficiente de escurrimiento el cual es el indicador del arrastre de partículas de suelo por pendientes más pronunciadas (Cuadro 9).

Cuadro 9. Tabla para determinar el coeficiente de escurrimiento

TOPOGRAFÍA (Pastizales)	Pendiente	Textura del suelo		
		Gruesa	Media	Fina
Plano	0 – 5 %	0.10	0.30	0.40
Ondulado	5 – 10 %	0.16	0.36	0.55
Escarpado	10 – 40 %	0.23	0.46	0.63

Además, de acuerdo con FAO (1997), la pendiente es determinante para el cálculo del espaciamiento entre obras de conservación o intervalo horizontal mediante la fórmula:

$$HI = (VI \times 100) / \% \text{ pendiente}, \quad (8)$$

Donde:

HI = Intervalo horizontal (m).

VI = Intervalo vertical (m) o altura efectiva de la obra

$\% \text{ pendiente} = \text{gradiente expresado como un porcentaje.}$

En el Cuadro 10, se presenta un ejemplo de la aplicación de dicha fórmula.

Cuadro 10. Volúmenes requeridos de piedra para la construcción de presas filtrantes

Pendiente del terreno (%)	Espaciamiento entre presas (m)	Volumen de piedra por Ha (m³)
0.5	140	70
1.0	70	14
1.5	47	208
2.0	35	280

En este caso IV es constante con un valor de 0.7 mts.

Para la caracterización de áreas degradadas en la RBM, los rangos de pendiente fueron definidos en base a las clasificaciones de pendiente característicos de la RBM identificados por Delhoume (1983) citado por Montaña (1988) y reagrupados en base a la variabilidad que se tiene en el intervalo horizontal por el efecto de diferencias mínimas en la pendiente del terreno a un intervalo vertical constante. Esto último considerando la fórmula para la determinación del número de estructuras requeridas para la restauración de suelos.

Calidad de la cobertura vegetal

Para realizar la evaluación cualitativa de la cobertura vegetal, fue necesario en el sitio de muestreo hacer detenidamente una evaluación ocular tratando de definir los siguientes aspectos:

- Presencia de vegetación
- Presencia de Horizonte orgánico o mantillo
- Pedregosidad en el terreno

- Presencia de arbustos y su distribución
- Presencia de pastos y su distribución
- Presencia de herbáceas y su distribución

Una vez realizada la observación, se revisaron las categorías impresas en el formato y se indica sobre el valor numérico la categoría que más se aproxima a las condiciones reales del sitio. El apartado se muestra en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Categorías para la clasificación de la calidad de la cobertura vegetal

Cobertura Vegetal:					
Vegetación Nula Sin Horizonte orgánico	Sin horizonte orgánico, raíces expuestas de arbustivas dispersas, sin estrato herbáceo, afloramientos rocosos	Horizonte orgánico evidente con presencia de pastos no abundantes o solo rodeando arbustos, evidencia de pedregosidad	Horizonte orgánico presente, estrato arbustivo continuo, áreas dispersas con herbáceas y pastos	Presencia abundante de pastos, hierbas y arbustos.	
1	2	3	4	5	

Fuente: CONANP, 1999.

Relación cobertura vegetal / suelo desnudo (*evaluación cuantitativa*)

Para su determinación se aplicó el método de intercepción de línea (Canfield, 1954). Hacia uno de los lados en dirección perpendicular al transecto o camino o rumbo al norte para muestreo fuera de los caminos, se tiende una cinta o cuerda de 50 metros de longitud, donde se realizarán mediciones de la distancia de intersección de formas de cobertura vegetal. La medición en metros fue registrada en el formato de manera continua, para finalmente hacer la sumatoria de la distancia total interceptada por cobertura vegetal, que multiplicada por 2, resulta en el dato de cobertura vegetal en porcentaje, el cual se clasifica en el siguiente apartado:

Cuadro 12. Categorías para la clasificación de la cantidad de cobertura vegetal

Relación Suelo desnudo (SD): Cobertura Vegetal (CV)											
	Mediciones									SUMA	
CV ⁴											
CV											
CV											
CV											
CV											
CV											
CV											
CV											
CV											
CV											
							SUMA TOTAL				
							X 2	% COBERTURA			
							=	VEGETAL			
1-5 %	1	5-10 %	2	10-25 %	3	25-50 %	4	50-100%	5		

Para la evaluación de cobertura vegetal ya sea cuantitativa o cualitativa, el criterio utilizado es el siguiente:

“A mayor cobertura vegetal es menor la susceptibilidad a la erosión y por lo tanto tiene mayor puntaje el sitio”...

La mayoría de los manejadores de agostaderos, centran su atención en la capa superficial del suelo, especialmente en conservar una buena cobertura vegetal para prevenir la erosión. Una buena cubierta vegetal asegura protección del suelo del impacto de las gotas de lluvia y del arrastre posterior de las partículas desagregadas (Pellant *et al.*, 2005 y Ortiz *et al.*, 1994). La evaluación cualitativa permite conocer en este caso el tipo de plantas o elementos que protegen el suelo como por ejemplo:

Un tipo de vegetación arbustiva ayuda a proteger el suelo del impacto de las gotas de lluvia, pero no asegura en su parte basal la retención del mismo ante el flujo de

⁴ Cobertura vegetal en metros de intersección de la planta sobre la línea.

corrientes. Por el contrario, los pastos en la mayoría de los casos pueden contribuir mayormente para la protección de suelo para pérdidas tanto por salpicamiento como por flujo de corrientes. Por otro lado, superficies rocosas o con alta pedregosidad en cierta manera disminuyen procesos erosivos (Ortiz *et al*, 1994).

La evaluación cuantitativa de la cobertura vegetal busca definir de manera porcentual y puntual la cantidad de superficie de suelo protegida de procesos erosivos, lo cual puede ser clasificado en los rangos propuestos por Montaña (1988), que son los utilizados en el formato para la caracterización de áreas degradadas. Cabe destacar que Barral (1988), identifica el incremento de áreas desnudas y la contracción de comunidades vegetales, así que factible es tomar como indicador el porcentaje de cobertura vegetal en el monitoreo participativo de la degradación de los suelos.

Por otro lado, Viramontes (1989), determina cobertura vegetal y grado de erosión para los sistemas topográficos más comunes identificados en la RBM, de lo cual obtiene los siguientes resultados:

Cuadro 13 Tasas anuales de erosión por sistema topográfico en la Reserva de la Biosfera Mapimí

SISTEMA TOPOGRAFICO	COBERTURA VEGETAL (%)	EROSION 1988-1989 (Kg*Ha⁻¹)
Zona de relieve	28.6	41
Pié de monte	10.8	696
Bajada superior	17.4	378
Bajada inferior	7.9	1302

En el cuadro anterior, es posible observar que la relación entre la cobertura vegetal y la erosión es inversamente proporcional, es decir, a menor cobertura vegetal, mayor

erosión. Además cabe mencionar que en este trabajo, los resultados de cobertura vegetal son la media para cada sistema topográfico, que puede ser considerado comparativamente con el sitio donde se realiza el levantamiento preestimando una susceptibilidad a la erosión o la estabilidad del terreno.

III. PRESION GANADERA

Número y caracterización de veredas de ganado doméstico y distancia del sitio a los abrevaderos

Para la caracterización del sitio, la información se registró en el siguiente apartado del formato:

Cuadro 14. Categorías para la clasificación del número de veredas de ganado y la distancia al abrevadero más cercano en la evaluación de la degradación

Número y caracterización de veredas de ganado doméstico										Uso	
No. vereda		Profundidad (cm.)		Ancho (m)		Profundidad de suelo desprendido (cm.)		Actual	Antiguo		
0 a 2	4	3 a 4	3	5 a 6	2	> 6	1				
Ubicación del aguaje más próximo:											
Nombre:					Distancia (km.):						
0-2 km	1	2-4 km	2	4-6 km	3	6-10 km.	4	Mas de 10 km.	5		

Para ello, primeramente se realizó un conteo de las veredas de ganado doméstico que se interceptan en la línea (Canfield, 1954) y se registraron, caracterizando cada una de ellas, midiendo su profundidad, el ancho, la profundidad de suelo desprendido dentro de ella y si su uso es actual o antiguo. Posteriormente se consulta con los productores el

nombre del aguaje más cercano al sitio, si actualmente está en uso y la distancia aproximada del sitio a dicho abrevadero. Finalmente la información se clasifica para número de veredas de ganado doméstico y para distancia en kilómetros al aguaje más próximo.

La utilización actual o antigua de aguajes y la distancia al sitio nos indica las áreas con mayor presión por pisoteo de ganado y utilización del agostadero, que también puede ser evaluado en base al número de veredas encontradas en el sitio. La puntuación y los rangos de distancia asignados para cada categoría es definida en base a que:

- 1) Un animal no deberá recorrer más de 4 kilómetros de distancia diarios para tomar agua y forraje, de modo que estos sean debidamente aprovechados para producción y mantenimiento. Sin embargo, en la RBM, por la mala distribución de los aguajes y la mala planeación en la utilización de los agostaderos, los animales recorren más de 6 kilómetros para abastecer dichas necesidades.
- 2) Las áreas más cercanas a los aguajes generalmente son las que mayor condición de deterioro presentan, por ser estas áreas de sacrificio.

Carga animal actual

Para evaluar presión ganadera en base a la carga animal, primeramente fue necesario actualizar con el apoyo de los productores la carga animal en base al inventario ganadero, clasificando los animales por tamaño y especie, así como el registro del dato de la superficie total del predio. Luego se obtienen las conversiones de cabezas de ganado en unidades animal, basándose en la información del Cuadro 15.

Cuadro 15. Valores en unidades animal para la determinación de la carga animal en un predio

Bovinos	Unidades Animal	Equinos	Unidades Animal	Caprinos y Ovinos	Unidades Animal
Vaca	1.00	Yeguas	1.25	Hembras	0.20
Semental	1.25	Potrancas	1.00	Triponas	0.17
Vaquillas	0.75	Caballos	1.30	Semental	0.20
Becerras	0.50	Potrillos	1.0	Crías	0.14
		Burros	0.25		

Posteriormente se obtuvieron las sumatorias para cabezas de ganado y para unidades animal. Con el dato de unidades animal y la superficie total del predio, se calcula la carga animal actual, (se calcula dividiendo la superficie total del predio sobre el total de unidades animal), el cual es comparado con la capacidad de carga del predio reportada por las guías de COTECOCA (1979). La información finalmente se registró en el apartado siguiente impreso en el formato para caracterización de áreas degradadas (Cuadro 16).

Cuadro 16. Categorías para la clasificación de la carga animal actual con respecto a la capacidad de carga animal en la evaluación de la degradación

Superficie total del predio				Inventario ganadero (carga animal):														
Especie	Clasificación														Cabezas	U. A.		
Bovinos	Vacas				Vaquillas				Semental				Crías/año					
Equinos	Yeguas			Potras			Caballos			potros			Burras			Burros		
Caprinos	Cabras				Triponas				Sementales				Crías/año					
CA ⁵		CAR ⁶			CA < CAR	1		CA = CAR	2		CA > CAR	3	Suma					

⁵ Coeficiente de agostadero en Hectáreas determinado por COTECOCA (1979) o actualizado

⁶ Coeficiente de agostadero en Hectáreas real. Se calcula dividiendo la superficie total del predio sobre el total de unidades animal

El criterio para clasificar los resultados es el siguiente:

“Si el predio tiene un valor de coeficiente de agostadero real en hectáreas mayor que el coeficiente de agostadero reportado por COTECOCA (1979) o actualizado, es un predio con baja presión ganadera y por lo tanto obtendrá un mayor puntaje”

Infraestructura pecuaria

En este apartado lo que se pretende evaluar es la suficiencia de la infraestructura para el manejo de ganado, el número total de infraestructura disponible para el manejo de agostaderos como potreros y aguajes; y el estado general de la infraestructura pecuaria considerado desde el punto de vista del productor.

IV. POTENCIAL DE RECUPERACIÓN

Forma de erosión hídrica presente

El potencial de recuperación de un sitio, está en función de que tan deteriorado se encuentra, para ello una de las cuestiones que hay que observar es el tipo de erosión que existe en el sitio, dado que el proceso de erosión de acuerdo al Manual de conservación de suelos (Colegio de Posgraduados, 1977), responde a los siguientes tipos según su severidad:

1.- Salpicamiento.- el impacto de las gotas de lluvia provoca primeramente la desagregación de las partículas de suelo.

2.- Formación de canales y canalillos.- la acumulación de agua en los escurrimientos con el paso del tiempo va provocando la formación de pequeñas redes de drenaje superficial en el suelo, donde comienzan a perderse las primeras capas del suelo.

3.- Carcavamiento.- Las redes de canales van incrementando su amplitud, sugiriendo una mayor pérdida de suelo. Son canales mayores a un metro de ancho.

4.- Formación de pedestales.- en ocasiones no es posible apreciar en el terreno la formación de canalillos o cárcavas, obviando que el proceso erosivo aun esta en la fase de salpicamiento. Sin embargo, al observar las plantas a nuestro alrededor nos percatamos de que es común en la base de las mismas la formación de montículos de tierra, lo cual significa que la perdida de suelo es más de tipo laminar que por redes de canales.

5.- Formación de pináculos.- Es el grado máximo de erosión de suelo, cuando es evidente en el terreno la formación pináculos dentro de arroyos de más de dos metros de profundidad.

En base a lo anterior, se observa detenidamente el terreno y se determina la etapa del proceso de erosión en la que se encuentra el sitio a evaluar. Para facilitar la identificación de los tipos de erosión presente, se incluyeron en el formato figuras similares a lo que se esperaría en el momento de la evaluación (Cuadro 17).

Cuadro 17. Categorías para la clasificación de la forma de erosión hídrica presente en la evaluación de la degradación

Forma de erosión hídrica			
	Erosión por salpicamiento		5
	Erosión por canales		4
	Erosión por cárcavas		3

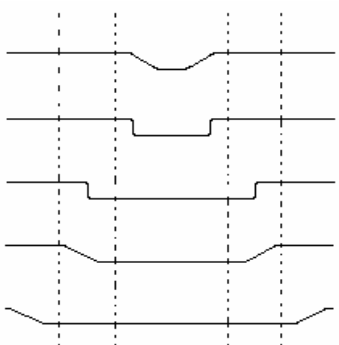
	Erosión en pedestales	2
	Erosión en pináculos	1

Lógicamente, “al inicio del proceso erosivo, se tiene mayor potencial de recuperación del sitio”

Tipo y número de sistemas erosivos presentes

En este apartado se busca establecer una clasificación del sitio en base a la frecuencia de sistemas erosivos y su clasificación en base a sus dimensiones y características. Los rangos de frecuencia para la clasificación del sitio son arbitrarios y acumulativos para los diferentes tipos de sistemas erosivos; y los valores asignados para cada clase se definen en base a la aseveración de que “*a mayor frecuencia de sistemas erosivos, mayor deterioro del sitio y menor potencial de recuperación*”.

Cuadro 18. Categorías para la clasificación de número y tipo de sistemas erosivos presentes en la evaluación de la degradación

Sistemas erosivos presentes:										
Figura			Nombre		Ancho		Talud		No.	
			Canalillo		Menos de 1 metro		Suave			
			Canal		Menos de un metro		Pared			
			Cárcava		Más de un metro		Pared			
			Arroyuelo		Entre 1 y 2 metros		Suave			
			Arroyo		Más de 2 metros		Suave			
			Camino							
							Suma Total			
0 a 2		4	3 a 4		3	5 a 6		2	Mas de 6	1

El apartado en el formato se presenta en el Cuadro 18 y el levantamiento en campo solo se realiza cuantificando y clasificando los sistemas erosivos que se interceptan con la línea de Canfield (1954).

Oportunidad de riego

En este aspecto, lo que se observó en el sitio, son las posibilidades de administrar mejor el agua de lluvia, ya sea derivada de algún sistema erosivo o arroyo natural; de la captación y retención del agua por precipitación o por escurrimientos superficiales ligeros. Si el agua que se puede aprovechar es derivada, en algunos casos fue necesario identificar en el sistema erosivo el sitio adecuado para derivar la corriente y realizar una medición de la distancia de ese punto al sitio que se evalúa. Esto para estimar posteriormente costos de obra necesarios.

Para calificar este factor, lo que se consideró fue que la captación de agua *in situ* es más barata que derivar agua y esta más barata que establecer una forma para irrigar artificialmente (Cuadro 19).

Cuadro 19. Categorías para la clasificación de la oportunidad de riego presente en los sitios en la evaluación de la degradación

Oportunidad de riego:				
Por captación In-situ	3	Por agua derivada	2	Riego artificial
Superficie (Ha): _____		Distancia (KM): _____	Superficie (Ha): _____	Distancia: _____ Superficie: _____

Capacidad de revegetación

Posteriormente se realizó una valoración en base a la evaluación cuantitativa y cualitativa de la cobertura vegetal para definir las posibilidades de revegetación y

clasificarla si es artificial o natural; además, se realizó una lista con ayuda de los productores de las plantas que se observan actualmente en el sitio y una lista de plantas que históricamente había en el lugar, como se pide en el Cuadro 20.

Cuadro 20. Categorías para la clasificación de la capacidad de revegetación del sitio en la evaluación de la degradación.

Capacidad de revegetación:			
Natural	2	Artificial	1
¿Qué plantas se observan?		¿Qué plantas había antes aquí?	

La revegetación natural se recomienda cuando existe buena cobertura vegetal o cuando la evaluación cualitativa es mayor o igual que 4 y/o la evaluación cuantitativa es menor o igual que 2. La revegetación artificial, entendida esta como la necesidad de realizar plantaciones o resiembras de gramíneas, se recomienda cuando existe menor cobertura vegetal y es necesario mencionar las especies de recomendación para resiembra o plantación basada en la observación de las especies presentes en el sitio o las que había anteriormente.

Comúnmente, por el precario manejo de los escurrimientos en áreas degradadas, el agua de lluvia toma su corriente por los arroyos naturales y/o inducidos dándoles más profundidad cada vez y privando a las áreas aledañas del aniego. Esto además de ocasionar mayor deterioro del suelo dentro de la cárcava, provoca la muerte de comunidades vegetales en las áreas aledañas disminuyendo la cobertura vegetal por la muerte de plantas y promoviendo la erosión posterior del suelo. En muchas ocasiones es fácil emitir un dictamen técnico y corregir el problema dentro de la cárcava a través de

derramaderos, derivadoras o presas filtrantes para irrigar las áreas aledañas, pero por la poca cobertura que en estas existe, hay una baja estabilidad en el suelo provocando nuevas cárcavas cambiando solo el patrón de escurrimiento sin corregir la pérdida de suelo.

De acuerdo con el Colegio de Postgraduados (1977), lo recomendable es hacer una combinación de las prácticas de conservación de suelos que permita disminuir efectivamente el problema, de modo que complementario a las obras físicas de conservación de suelos y agua dentro y fuera de la cárcava, habrá que realizar prácticas vegetativas mediante el establecimiento de especies nativas del sitio promoviendo una mejor infiltración del agua, una mayor cobertura vegetal y en términos generales una adecuada restauración del sitio.

V.- CAPACIDAD DE MANEJO

Caracterización de los sistemas erosivos

En este aspecto, lo que se buscó fue dimensionar el problema ocasionado por la presencia de sistemas erosivos, de modo que permita realizar comparaciones entre los diferentes sitios evaluados y generar los datos básicos para el cálculo de los requerimientos en volúmenes de obra para restauración y conservación de suelos. Además, en este apartado se permite caracterizar el problema de la erosión al interior del sistema erosivo, evaluando aspectos tales como la estabilidad del suelo estimada en base a la evaluación cualitativa de la cobertura vegetal, la pendiente y el grado de erosión. Para el registro de los datos en campo, se utilizó el apartado del Cuadro 21.

Cuadro 21. Categorías para la clasificación del tamaño de sistemas erosivos presentes en el sitio en la evaluación de la degradación

Caracterización de sistemas erosivos							
No. de sistema erosivo	Longitud total (m)		Ancho Medio(m)	Profundidad media (m)			Pendiente (%)
	< 2 Has	2 a 5 Has	> 5 Has.	< 1m	1 a 5 m	> 5 m	
	3	2	1	3	2	1	

Para el levantamiento de la información en campo, fue necesario dar un número consecutivo por cada tipo de sistema erosivo localizado sobre la línea de Canfield (1954). En cada sistema erosivo se midió la longitud total en metros, el ancho promedio en metros, la profundidad media y la pendiente. El ancho y profundidad media se determina midiendo en varias ocasiones sobre la cárcava y promediando las medidas, o de otra manera, si la profundidad es más uniforme a lo largo del sistema erosivo, registrar la profundidad y amplitud de mayor magnitud. La pendiente se determina con el nivel de manguera con la metodología descrita en el apartado de pendiente del criterio de susceptibilidad a la erosión. Además, para la evaluación de estabilidad del sistema erosivo, se realizó la evaluación ocular de la cobertura vegetal siguiendo la metodología descrita para la evaluación cualitativa de la misma.

De acuerdo con el Colegio de Postgraduados (1977), las cárcavas por su tamaño se clasifican de la siguiente manera:

Cuadro 22. Categorías para la clasificación de cárcavas por profundidad y área drenada

Cárcava	Tamaño en base a profundidad	Área drenada
Pequeña	Menor a un Metro	Menor a 2 hectáreas
Mediana	Entre 1 y 5 metros	Entre 2 y 5 hectáreas
Grande	Mayor a 5 metros	Mayor a 2 hectáreas

Del Cuadro 22 se tomaron los criterios para la clasificación de sistemas erosivos, dando un menor valor a las cárcavas pequeñas por tamaño y área drenada por su facilidad en el control de la erosión. Área drenada se determina con el producto de la longitud total y por el ancho medio de la cárcava y se clasifica en hectáreas. En caso de existir en la línea de Canfield (1954) más de un sistema erosivo, se realiza una sumatoria de la superficie en hectáreas afectada por cada sistema erosivo y posteriormente se clasifica la superficie afectada total.

Para determinar el grado de erosión en el sitio, los terrenos se valoraron en función de la cantidad y daño por efecto de la erosión. Para esto se considera la erosión laminar, en canales y por cárcavas, ya sea en forma parcial o combinada. (Colegio de Posgraduados, 1977).

El Colegio de Posgraduados (1977), propone una clasificación para grado de erosión medido en un perfil de suelo, la cual se especifica en el formato de acuerdo al Cuadro 23.

Cuadro 23. Categorías para la clasificación del grado de erosión en el interior de cárcavas en la evaluación de la degradación

Grado de erosión al interior del sistema erosivo:					
Nula	Normal	Ligera	Moderada	Severa	Muy severa
No existente	Hasta 25 % de A	Hasta 50 % de A	Hasta 100 % de A	Hasta 50 % de B	Hasta 100% de B
6	5	4	3	2	1

Para cuantificar el factor erosión por perfil de suelo, es necesario que en las inspecciones del área de estudio, se ubique un perfil de suelo no erosionado y en esta forma se establezca la relación existente con el sitio evaluado. (Colegio de Posgraduados, 1977). En un perfil de suelo para reconocer los horizontes A, B y C en el campo es necesario recordar que estos se presentan en el perfil, tal como se muestran en la Figura 7.

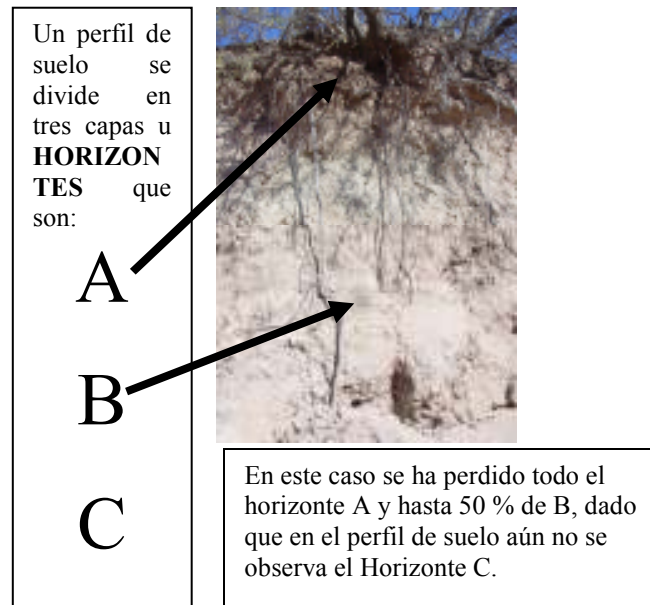


Figura 7. Evaluación de la erosión en un perfil de suelo

Donde:

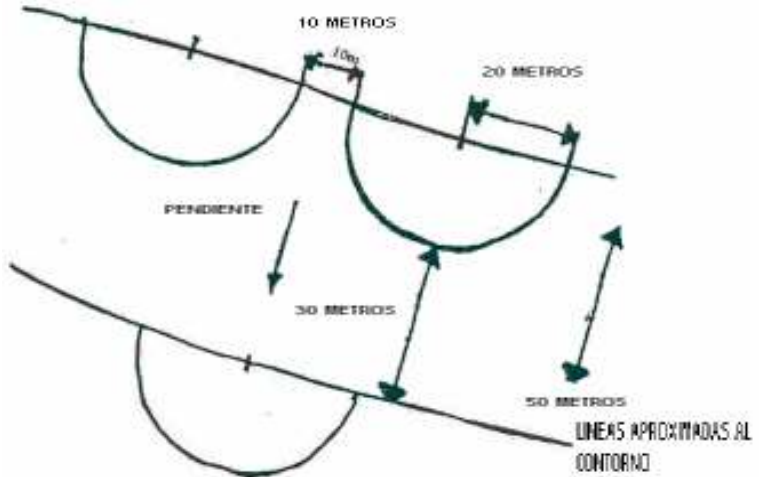
- A. Es el horizonte de acumulación de materia orgánica expuesto a lavado continuo.
- B. Es el horizonte de acumulación de materiales en solución y suspensión transportados de la capa superior.
- C. Es el horizonte proveniente del material madre que se encuentra en vías de alteración y descomposición, y que conserva parte de sus características.

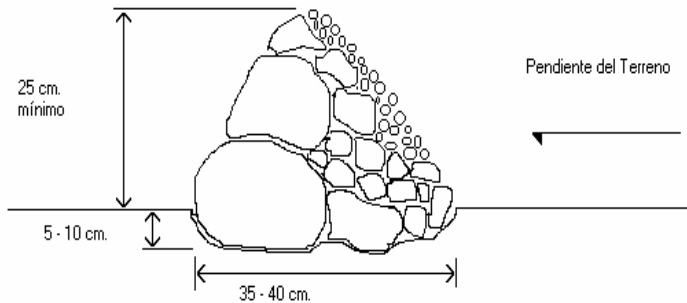
Tipo de obra recomendada para la captación de agua y suelo.

De acuerdo con FAO, 1997; la captación de agua de lluvia es la colección del escurrimiento superficial para propósitos productivos. En lugar de que el escurrimiento provoque erosión, este se capta y utiliza. En las zonas áridas y semiáridas, donde se está practicando la captación de agua de lluvia, se tiene una forma permanentemente productiva con conservación del suelo y agua. Los sistemas apropiados deberían idealmente ser desarrollados con la experiencia de las técnicas tradicionales donde estas existen. También deberían estar basados en lecciones aprendidas de los errores de proyectos previos. Pero por encima de todo es necesario que los sistemas sean apreciados por las comunidades donde se han introducido. Sin la participación popular y apoyo a los proyectos, estos difícilmente tendrán éxito.

Una amplia variedad de técnicas sobre captación de agua y suelo son conocidas, sin embargo para la región y para la caracterización de áreas degradadas por la disponibilidad de materiales y costo, se sugirieron las siguientes técnicas (Cuadro 24):

Cuadro 24. Categorías para la clasificación de obras para la captación de agua y suelo

Captación de agua y suelo		
	Bordos semicirculares de tierra	2

	Bordos de piedra al contorno	1
--	------------------------------	---

Los bordos semicirculares son terraplenes de tierra en forma de semicírculo con las represas de los bordos sobre el contorno, son recomendados como un método rápido y fácil para el mejoramiento de pastizales en zonas semiáridas y su principal limitante es que la construcción no puede mecanizarse fácilmente y requieren de mantenimiento regular. A diferencia de los bordos de piedra al contorno, los cuales son utilizados para reducir el escurrimiento superficial, favorecer la infiltración y capturar sedimentos; requieren de mucho menos mantenimiento pero su construcción es más laboriosa y más costosa (FAO, 1977). Es por ello que en la capacidad de manejo, los bordos de piedra tienen menor puntuación, considerando su costo de inversión inicial.

Tipo de obra recomendada para el control de cárcavas

La disponibilidad de materiales localmente o externa evaluada en el sitio, permitió determinar la posibilidad de seleccionar el tipo de estructura para el control de asolves de acuerdo a su vida útil y a la magnitud del problema erosivo en el sitio y así aumentar la efectividad y reducir costos en su construcción posterior. Los tipos de presas para el

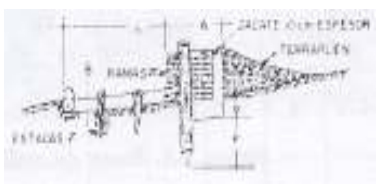
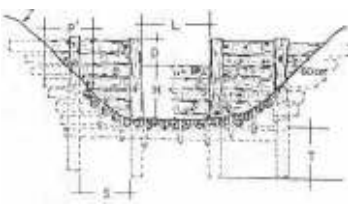
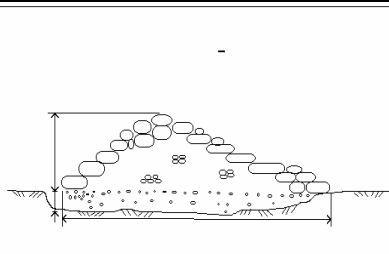
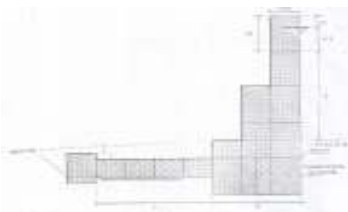
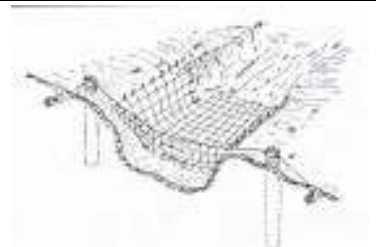
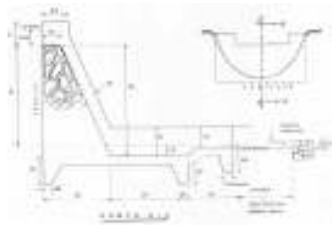
control de asolves de acuerdo con el Colegio de postgraduados (1977), se clasifican de la siguiente manera:

Cuadro 25. Criterios para la clasificación de estructuras para el control de asolves

Carácter de la presa	Tipo de presa por su material de construcción	Tipo de cárcava que controla.
Temporales	Presa de ramas	Pequeñas y medianas
	Presa de malla de alambre	Pequeñas
	Presa de morillos o durmientes	Pequeñas y medianas
Permanentes	Presa de piedra acomodada	Pequeñas y medianas
	Presa de gaviones	Cualquier tamaño
	Presas de mampostería	Cualquier tamaño y cuando se requiere de almacenamiento de agua.

Las consideraciones anteriores son las que fueron utilizadas para dar los valores a cada categoría, las cuales ayudaron a recomendar en campo el tipo de obra adecuada para el sitio, lo cual se registra en el apartado siguiente del formato:

Cuadro 26. Categorías para la clasificación de estructuras para el control de asolves

Control de cárcavas				
	Presas de ramas	6		Presas de morillos
	Presas de piedra acomodada	5		Presas de gaviones
	Presas de malla de alambre	4		Presas de mampostería

La técnica para la construcción de cada una de las anteriores, se encuentra en el Manual de Conservación del suelo y el agua (Colegio de Posgraduados, 1977).

Necesidades de revegetación artificial.

La revegetación artificial, entendida esta como la necesidad de realizar plantaciones o resiembras de pastizales, se recomienda cuando existe menor cobertura vegetal y es necesario mencionar las especies de recomendación para resiembra o plantación basada en la observación de las especies presentes en el sitio o las que había anteriormente, esto con el fin de no caer en el error de recomendar especies introducidas al área y recuperar el sitio hacia lo que en un pasado se tenía. La siembra de pastos y arbustos adaptados a las condiciones de clima y suelo de cada región, es sin lugar a duda, la práctica más conveniente para recuperar la cubierta vegetal e incrementar la producción de forraje y carne en los agostaderos.

En el formato, solo se registró a criterio del evaluador si existe la necesidad de realizar una resiembra con pastos nativos o la replantación lo cual se califica en dos opciones: 1, cuando si se requiere y 2, cuando no se requiere. Cuando no se requiere, es obvio que en el sitio existe la posibilidad de una recuperación natural, lo cual no genera un incremento en los costos de restauración y por ello, tiene una mayor puntuación.

Necesidades de exclusión de áreas a la ganadería

Las áreas sembradas artificialmente y las restauradas naturalmente, deben protegerse del pastoreo hasta que las especies estén bien establecidas, lo que generalmente ocurre dos veranos después de la siembra (Martín *et al*, 2003).

En el formato, en este caso hace una evaluación similar a la evaluación de la necesidad de una revegetación artificial, ya que solo se pide a criterio del evaluador si existe la necesidad de construir un cerco para proteger las obras de restauración, lo cual se califica en dos opciones: 1, cuando si se requiere y 2, cuando no se requiere. Cuando se requiere, es obvio que esto indica que en el área existe mucha presión ganadera, lo cual genera un incremento en los costos de restauración y por ello, tiene una menor puntuación.

3.6. Análisis de la información

3.6.1. Jerarquización de sitios por criterio de evaluación

La información generada en campo, fue ingresada al sistema de auxilio para la toma de decisiones multiobjetivo (MO-DSS por sus siglas en Inglés) denominado *Facilitator* versión 1.3.4 (2002), generado por Netstorm Pty Ltd (<http://www.netstorm.net.au>) y el departamento de recursos naturales Queensland Australia (<http://www.dnr.qld.gov.au>). Dicho software utiliza reglas de decisión, un sistema jerárquico para la ponderación de criterios, funciones de puntuación y la programación lineal; de modo que fue empleado para la clasificación de los sitios en base a cambios de ordenación jerárquica de los criterios de evaluación de la degradación de los sitios. Las ordenaciones jerárquicas se conformaron simplemente cambiando el orden de los criterios de evaluación, ya que la evaluación de la degradación inicial, considera que cada criterio tiene la misma importancia que el resto de los criterios. De modo que dando importancia a cada uno de los criterios de evaluación, se evaluaron cinco ordenaciones jerárquicas, donde el nombre de la ordenación jerárquica corresponde al criterio de mayor ponderación (Cuadro 27).

Cuadro 27. Ordenaciones jerárquicas de los criterios de evaluación de la degradación

1) RESPUESTA SOCIAL	4) SUSCEPTIBILIDAD A LA EROSIÓN
Respuesta social	Susceptibilidad a la erosión
Susceptibilidad a la erosión	Potencial de recuperación
Potencial de recuperación	Capacidad de manejo
Presión ganadera	Presión ganadera
Capacidad de manejo	Respuesta social
2) PRESIÓN GANADERA	5) CAPACIDAD DE MANEJO
Presión ganadera	Capacidad de manejo
Capacidad de manejo	Respuesta social
Respuesta social	Presión ganadera
Susceptibilidad a la erosión	Susceptibilidad a la erosión
Potencias de recuperación	Potencial de recuperación
3) POTENCIAL DE RECUPERACIÓN	
Potencial de recuperación	
Susceptibilidad a la erosión	
Capacidad de manejo	
Respuesta social	
Presión ganadera	

Además de las ordenaciones jerárquicas, el Software *Facilitator* versión 1.3.4 (2002), demanda la construcción de una matriz de escores de los efectos de cada uno de los criterios sobre la calidad del sitio. Para ello, dichos escores fueron traducidos a valores entre 0 y 1 en base a las escalas de valores esperados para cada uno de los criterios en la evaluación de la degradación (Cuadro 28).

Cuadro 28. Escala de valores para los criterios de evaluación considerados para la construcción de la matriz de escores

CRITERIO DE EVALUACIÓN	ESCALA DE VALORES DEL SITIO (puntos)
Respuesta social	De 2 a 9
Susceptibilidad a la erosión	De 4 a 18
Presión ganadera	De 5 a 29
Potencial de recuperación	De 4 a 17
Capacidad de manejo	De 8 a 37

Fuente: Generada de la metodología mencionada por Ramírez *et al*, (2005).

Debido a que la evaluación fue realizada con la participación de los dueños del predio y de manejadores del área natural protegida, las funciones de score se determinaron como “Mas es mejor lineal”, entendido como el sitio que obtiene mayor puntuación en el criterio que se evalúa es el mejor con respecto a los demás y considerando que se cuenta al momento de la evaluación con los expertos en la materia (Sánchez *et al*, 2006).

Las listas de sitios priorizados obtenidos de cada uno de los órdenes jerárquicos para los criterios de evaluación de la degradación fueron ingresados como variables al módulo de matrices de correlación del programa STATISTICA Kernel release 5.5 (Stat soft Inc. 2000), con el fin de identificar los cambios en el orden de prioridad de los sitios que se obtiene cuando es cambiado el orden jerárquico de los criterios de evaluación.

3.6.2. Zonificación por categorías de degradación

El cálculo de las superficies por categoría de deterioro o zonificación en este caso fué realizado mediante sistemas de información geográfica. De la amplia gama de funciones que dichos sistemas opera, se trabajó específicamente con interpoladores no-lineales.

De acuerdo con Vann y Guibal (1998), desde el punto de vista geoestadístico; la interpolación no-lineal es una estimación de la *esperanza condicional* y hasta la *distribución condicional* del grado de un sitio, como opuesto a simplemente predecir el grado por sí mismo. En tal caso se puede estimar el grado promedio (*esperanza*) de algún sitio bajo la condición que se conoce de cierto valor de muestra cercano (*esperanza condicional*). Esta esperanza condicional, con pocas excepciones especiales, no es lineal. Los estimadores geoestadísticos no-lineales son aquellos que usan

funciones no-lineales de los datos para obtener o aproximar la esperanza condicional. Obtener la esperanza condicional es posible a través de la distribución de la probabilidad:

$$Pr [Z(X_0) \mid Z(X_i)] \quad (9)$$

Lo cual se lee como: la probabilidad del grado del sitio X_0 , dada la información conocida de muestras de sitios $Z(X_i)$, por ejemplo: $Z(X_1)$, $Z(X_2)$, $Z(X_3)$... $Z(X_N)$. Esta es la *distribución condicional* del grado de este sitio. Una vez que se conoce o se aproxima la distribución, se puede predecir el grado de relación ponderado.

De este modo, los sitios caracterizados en base a los 36 indicadores mencionados anteriormente, fueron utilizados para la estimación de la distribución condicional en el área de estudio, es decir, se construyó el modelo que permita conocer el valor de degradación de sitios que no fueron evaluados para formar gráficamente el mapeo de distribución de los niveles de degradación en el área de estudio. Esto último fue realizado mediante el software denominado GS+TM Geostatistics for the Environmental Sciences Versión 3.1.7. El Cuadro 29; muestra el número de sitios de muestreo evaluados en cada predio. Del mismo modo, la Figura 8 muestra la distribución de los sitios de muestreo en cada una de los predios evaluados.

Cuadro 29 Número de sitios muestreados por predio evaluado

PREDIO	No. DE SITIOS MUESTREADOS
La Soledad, Jiménez, Chihuahua	114
Mohovano de las Lilas, Sierra Mojada, Coahuila	21
Nuevo Huitrón, Sierra Mojada, Coahuila	26
P. P. Guadalupe, Mapimí, Durango	36
Vicente Guerrero, Sierra Mojada, Coahuila	80

La zonificación fue realizada mediante Indicador Kriging, que consiste en transformar la base de datos a valores de 0 y 1, donde “0” corresponde a las categorías de prioritario para su restauración, malo y regular y “1” corresponde a las categorías de bueno y prioritario para su conservación para cada uno de los criterios de evaluación y para la construcción de un valor total combinado para cada sitio. Cada criterio fue sometido a un análisis de semivarianza para su posterior mapeo mediante kriging (Smith et al., 1993; Valdéz, 1991).

Los archivos con extensión GRD producto de la interpolación fueron exportados a Surfer Versión 7.00 (Golden Software Inc., 1999) para poder convertirlos a archivos de tipo Shapefile (SHP) y obtener mapas de contorno. Posteriormente los archivos SHP fueron exportados al Programa Carta Linx Versión 1.2 (Clark Labs, 1999) para la construcción de polígonos que integran los mapas de zonificación. El archivo SHP generado en este último software, finalmente fue exportado al programa ArcView GIS 3.2 (ESRI, 1999), donde mediante la extensión *Spatial Analyst*, se calcularon las superficies para cada estado de deterioro.

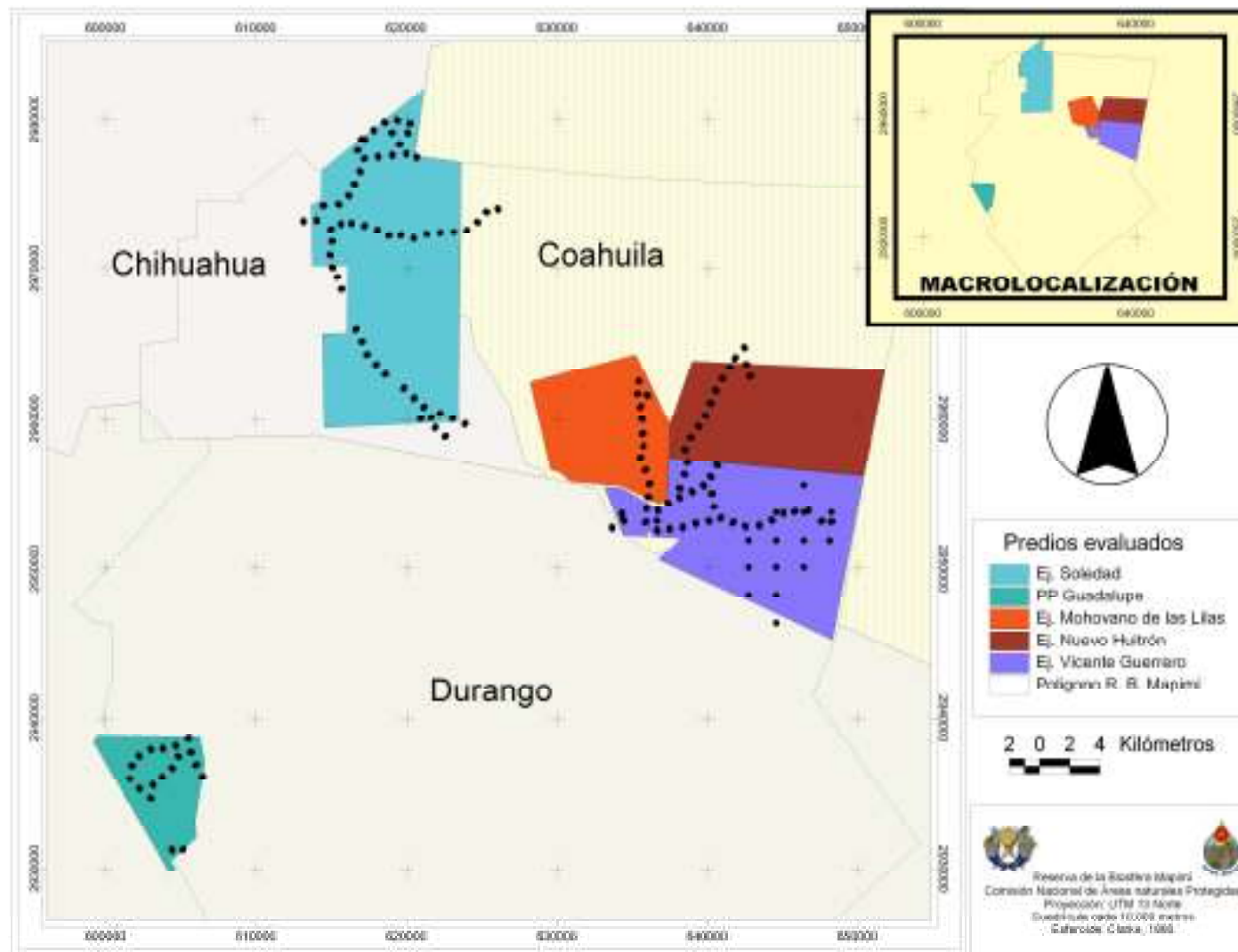


Figura 8 Distribución espacial de sitios de muestreo en predios evaluados para la degradación

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El uso y manejo inadecuado de los recursos naturales promueve que su deterioro sea cada vez más grave, donde uno de sus principales procesos es la erosión del suelo. Por lo tanto, todas las acciones tendientes a provenir y/o controlar este problema adquieren gran importancia, toda vez que se comprenda que el suelo es la base para el sostenimiento de la vida silvestre incluyendo a los diferentes sistemas de producción de alimentos para la humanidad (Becerra, 2005).

Por otro lado, los usuarios, dueños o poseedores de estos recursos naturales y la sociedad en general, no están fuera de este contexto sino que son los responsables del inicio y mantenimiento de procesos de deterioro pero también en un momento dado pueden convertirse en agentes que promuevan su restauración y conservación a tal grado de ser indispensables para la implementación de estrategias para frenar la desertificación (Bunning, 2002).

En este marco, los resultados del presente trabajo serán expuestos de tal manera que se pueda tener un panorama general de las relaciones sociales, productivas y ecológicas existentes en el área de estudio como producto de la evaluación de la degradación llevada a cabo. Posteriormente, se presentará un análisis de las metodologías empleadas y de los resultados obtenidos de la caracterización de la degradación, considerando que el aporte principal en estas, es la inclusión de los dueños y poseedores en el proceso de evaluación. Finalmente, se destacará el valor de considerar la inclusión de factores

sociales en la toma de decisiones para la implementación de acciones de restauración de áreas degradadas.

4.1 Caracterización de áreas degradadas

La información recavada en campo producto de la caracterización de áreas degradadas integra una base de datos que incluye 275 sitios evaluados sobre 19 variables en un total de 5 predios dentro de la Reserva de la Biosfera Mapimí. El rango de valores acumulado por sitio fue de 48 hasta 90 puntos. Lo cual difiere de los valores esperados desde el diseño de la metodología. Una reclasificación puede ser útil para la determinación de las condiciones reales de deterioro en el área de estudio (Cuadro 30).

Cuadro 30. Rango de valores esperados y obtenidos en la evaluación de la degradación y su respectiva clasificación categórica

RANGO ESPERADO	CATEGORÍA	RANGO OBTENIDO
De 94 a 110 puntos	Prioritario para su conservación	De 83 a 90 puntos
De 77 a 93 puntos	Bueno	De 75 a 82 puntos
De 60 a 76 puntos	Regular	De 66 a 74 puntos
De 43 a 59 puntos	Malo	De 57 a 65 puntos
De 23 a 42 puntos	Prioritario para su restauración	De 48 a 56 puntos

En general se puede afirmar que la Reserva de la Biosfera Mapimí, presenta áreas de una condición regular basado esto en las categorías de degradación presentadas en el cuadro anterior y en base a los estadísticos descriptivos de distribución de los valores alcanzados en la evaluación de la degradación tales como la media aritmética ($\mu=73$), la Mediana = 74 y la Moda = 73 (Figura 9).

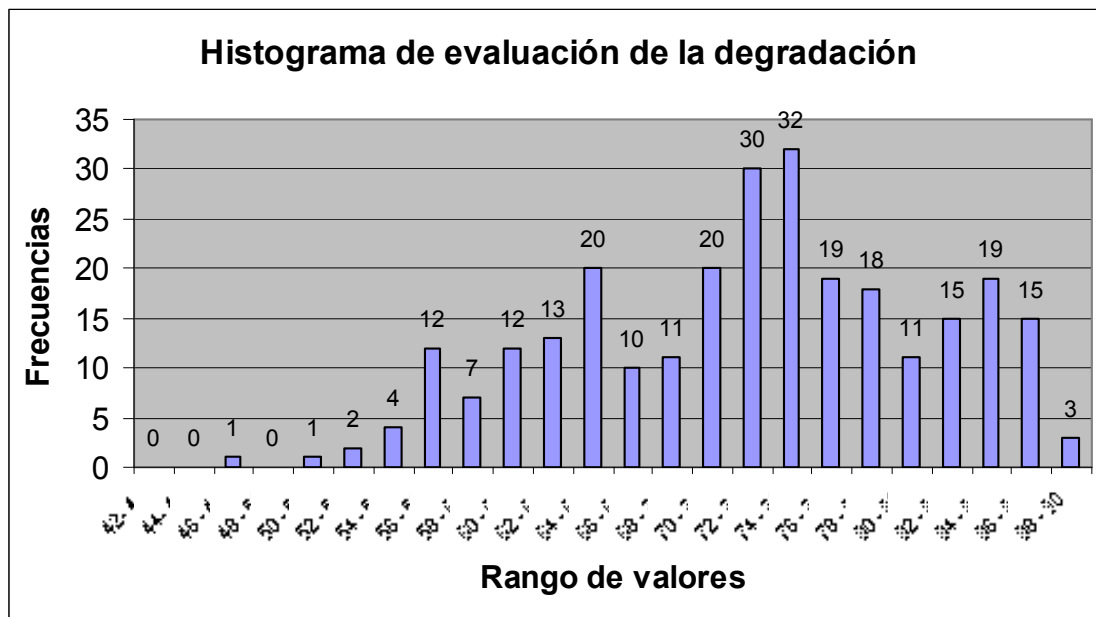


Figura 9. Frecuencias para los rangos de valores alcanzados en la evaluación de la degradación en la Reserva de la Biosfera Mapimí

A partir de la figura anterior, se puede observar una acumulación de frecuencias hacia a valores altos. Esto puede ser confirmado con base a una representación porcentual por categorías, donde se obtiene que 52 (18.9%) de los sitios evaluados han sido clasificados como prioritarios para su conservación, 80 sitios (29.1%) han sido clasificados como de buena calidad, 86 sitios (31.3%) fueron clasificados como regulares en su estado de conservación, 50 sitios (17.8%) se clasificaron como malos en su estado de conservación y 8 sitios (2.9%) han sido considerados como prioritario para su restauración. De ahí que concluimos una condición regular con tendencia a una buena condición. Esta aseveración puede ser tomada como referencia promedio para establecer las condiciones de deterioro a nivel de predio evaluado, de modo que la misma información categórica es representada a nivel de predio (Figura 10).

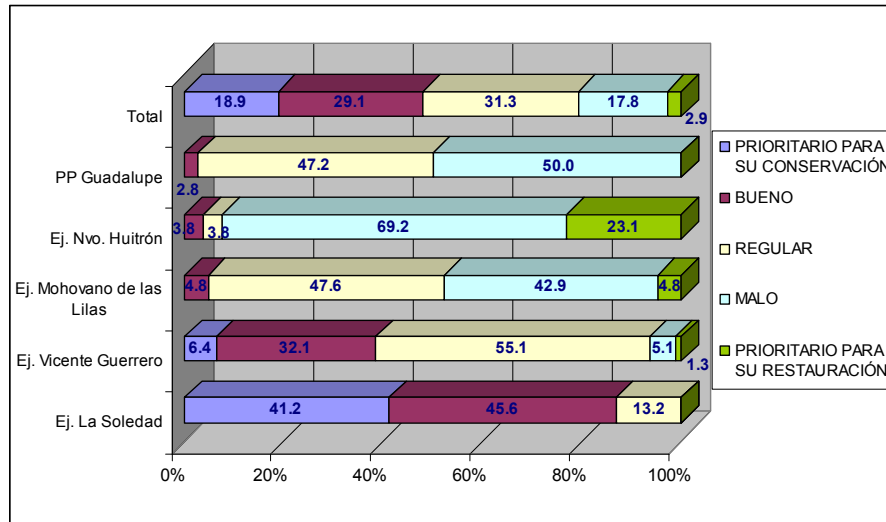


Figura 10. Distribución por categorías de sitios caracterizados para la degradación de suelos en la Reserva de la Biosfera Mapimí

En el Ejido La Soledad, Municipio de Jiménez Chihuahua, se evaluaron 114 sitios, de los cuales el 41% (47 sitios) se clasificaron como prioritarios para su conservación, otro 46% (52 sitios) se clasificaron como buenos en su estado de conservación, el 13% (15 sitios) se consideraron como regulares en el estado de conservación y no se identificaron sitios bajo las categorías de malo y prioritario para su restauración. La condición general del terreno es buena, ya que más del 80% de los sitios evaluados se encuentran dentro de sitios clasificados dentro de las mejores categorías. Lo anterior es atribuido a la forma de distribución del pastoreo en el predio, el cual se concentra la parte sur del mismo, donde precisamente se localizan las más elevadas cargas de animales domésticos en el predio, no así en el resto del predio donde pastorea un número de animales que no rebasa la capacidad de carga del agostadero. En este predio se localiza el sitio de mejor estado de conservación de la Reserva, además es el predio que cuenta con mayor infraestructura para la distribución y manejo de ganado y con el mayor número de jornaleros potenciales para la implementación de obras de restauración de suelos (Figura 10).

En la Propiedad Privada Guadalupe, Municipio de Mapimí, Durango; el estado de conservación de los suelos es regular con tendencia mala, ya que no se clasificaron sitios como prioritarios para su conservación. El 3% de los sitios (un sitio), fue clasificado como Bueno, el 47% (17 sitios) como regulares y el 50% (18 sitios) de los sitios fue incluido bajo la categoría de los Malos. De la misma manera, no se identificaron sitios como prioritarios para su Restauración. Los sitios evaluados en el predio se caracterizaron por tener baja calidad y cantidad en su cobertura vegetal, además de un número regular de jornaleros potenciales para la implementación de obras de restauración de suelo. La carga animal en el predio no sobrepasa en mucho a la capacidad de carga del terreno, sin embargo, cuenta con poca infraestructura para la distribución del pastoreo provocando la sobreutilización de algunas áreas y la subutilización de otras. Aunado a ello, la temporada de lluvias limita el acceso de ganado a ciertas áreas del agostadero, dado que por el predio cruza el arroyo denominado “La India”, el cual anega una parte de la superficie del predio limitando el pastoreo y permitiendo la recuperación de las especies utilizables. No obstante, es muy reducida el área beneficiada por este proceso.

Por otra parte, en el Ejido Vicente Guerrero, Municipio de Sierra Mojada Coahuila, se puede apreciar que el 6% de los sitios evaluados (5 sitios) se clasificaron como Prioritarios para su conservación, el 32% de los sitios evaluados (25 sitios) se clasificaron como Buenos en su estado de conservación, el 56% de los sitios evaluados (43 sitios) se han clasificado como Regulares, el 5% como malos (4 sitios) y el 1% (un sitio) como prioritarios para su restauración. Cabe mencionar que en este predio se evaluaron un total de 36 sitios, entre los cuales se localizó el sitio de peor condición a

nivel del área de estudio. De manera general, el predio tiene una regular condición, lo cual es determinado en base a que más del 50% de estos sitios se encuentran en esta categoría. Los sitios identificados como prioritarios para su restauración se ubican en las cercanías de una presa para captación de agua de lluvia que por tener una ruptura en la cortina principal, incrementa la velocidad de escurrimiento en las áreas cercanas provocando procesos erosivos acelerados en forma de cárcavamientos amplios, profundos formando pináculos. No obstante lo anterior, la condición regular de los terrenos es atribuida a la inadecuada distribución del pastoreo en el predio, ya que a pesar de tener infraestructura para este objetivo, no está en condiciones de ser utilizada provocando la concentración del ganado en ciertas áreas del predio donde existe disponibilidad de agua para abrevadero. Las coberturas vegetales son bajas, excepto en las áreas de serranía y de lejanía donde no tiene acceso el ganado. En éstas últimas es donde se localizan sitios clasificados dentro de los mejores en cuanto a su estado de conservación. En el aspecto social es muy pobre, solo cuenta con 2 jornaleros potenciales y la localidad se ubica en un extremo del predio, limitando los traslados para la ejecución de obras de restauración de suelo.

El Ejido Mohovano de las Lilas municipio de Sierra Mojada Coahuila, es uno de los peores predios en cuanto a su estado de conservación, ya que de un total de 21 sitios evaluados, ninguno fue clasificado como Prioritario para su Conservación, el 5% de los sitios (un sitio) fue clasificado como Bueno en su estado de conservación, el 47% de los sitios evaluados (10 sitios) fueron clasificados como Regulares. Como Malos se clasificaron el 43% de los sitios evaluados (9 sitios) y únicamente el 5% de los sitios evaluados (un sitio), fueron clasificados como prioritarios para su restauración (Figura

10). La degradación identificada en el predio es atribuida al poco sentido de manejo de pastizales que existe en el uso del predio ya que solo cuenta con un cerco perimetral y un abrevadero, además de que la carga animal duplica la capacidad de carga del predio. Solo cuenta con tres personas disponibles para la ejecución de obras de restauración de suelo y la capacidad de revegetación del predio es muy baja.

Con respecto al Ejido de Nuevo Huitrón ubicado en el Municipio de Sierra Mojada Coahuila, se tiene que de 26 sitios evaluados para la caracterización de áreas degradadas, ninguno fue clasificado bajo la categoría de Prioritario para su conservación, solo el 4% (un sitio) fue clasificado en las categorías de Bueno y Regular respectivamente, el 69% de los sitios (18 sitios) fue clasificado como Malo en su estado de conservación y el 23% (6 sitios) fue clasificado como Prioritario para su Restauración. Este predio es el que sobrepasa al resto de los predios en cuanto a porcentaje de sitios prioritarios para su restauración y su condición es mala debido a que casi el 70% de los sitios se clasifica en esta categoría. La condición actuales de deterioro en este predio es un indicador de las elevadas cantidades de ganado que poseen predio ejidales tales como Mohovano de las Lilas, El cinco y Colonia Ganadera Constitución; ya que los propietarios de estos predios permiten al ganado pastorear el predio evaluado. Esto considerando que la presión ganadera actual se suma a la presión de pastoreo ejercida históricamente.

De manera general, son evidentes las diferencias en cuanto al estado de conservación de los predios evaluados, los cual esta determinado principalmente por las diferencias en las formas de uso ganadero de los pastizales y en la disponibilidad de mano de obra para la restauración de suelo.

Para todas la variables consideradas en la evaluación de la degradación, se realizó la prueba de normalidad considerando el estadístico de Shapiro y Wilk haciendo uso del módulo estadísticas descriptivas del programa STATISTICA Kernel release 5.5 (Stat soft Inc., 2000). También se realizó el cálculo de los estimadores estadísticos básicos, mismos que se aprecian en el Cuadro 31. Sin excepción, todas las variables presentaron un valor de W significativo, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula de que se distribuyen normalmente.

Cuadro 31. Prueba de normalidad (Shapiro y Wilk) y estimadores estadísticos descriptivos para variables de la caracterización de áreas degradadas en la Reserva de la Biosfera Mapimí

Variable	Prueba de normalidad		Media	Mediana	Rango		Varianza	Desviación estándar	Error estándar	Kurtosis
	W	p<x			Mínimo	Máximo				
Distancia a la comunidad	0.885	0.000	2.836	3.000	1.000	5.000	1.991	1.411	0.085	-1.297
Jornaleros potenciales	0.733	0.000	2.145	2.000	1.000	3.000	0.315	0.561	0.034	-0.015
RESPUESTA SOCIAL	0.930	0.000	4.982	5.000	2.000	8.000	2.719	1.649	0.099	-1.100
Ubicación en la Cuenca	0.878	0.000	2.582	3.000	1.000	4.000	0.952	0.976	0.059	-0.968
Pendiente	0.564	0.000	3.633	4.000	1.000	4.000	0.511	0.715	0.043	2.110
Calidad de cobertura vegetal	0.884	0.000	2.622	2.000	1.000	5.000	0.988	0.994	0.060	-0.320
Cantidad de Cobertura vegetal	0.896	0.000	2.724	3.000	1.000	5.000	1.595	1.263	0.076	-1.036
SUSCEPTIBILIDAD A LA EROSIÓN	0.965	0.000	11.560	12.000	7.000	16.000	5.437	2.332	0.141	-0.797
Presencia de veredas	0.805	0.000	3.524	4.000	1.000	5.000	1.447	1.203	0.073	-0.058
Distancia al abrevadero	0.750	0.000	1.989	2.000	1.000	5.000	1.551	1.245	0.075	0.743
Número de aguajes	0.815	0.000	5.880	5.000	0.000	10.000	14.471	3.804	0.229	-1.528
PRESIÓN GANADERA	0.897	0.000	17.451	15.000	7.000	27.000	33.256	5.767	0.348	-1.449
Forma de Erosión hídrica	0.845	0.000	3.476	4.000	1.000	6.000	1.528	1.236	0.075	-1.418
Número de cárcavas	0.845	0.000	3.462	4.000	1.000	5.000	1.220	1.105	0.067	-0.004
Oportunidad de riego	0.358	0.000	2.916	3.000	1.000	4.000	0.106	0.326	0.020	11.725
Capacidad de revegetación	0.613	0.000	1.375	1.000	1.000	2.000	0.235	0.485	0.029	-1.741
POTENCIAL DE RECUPERACIÓN	0.968	0.000	11.229	11.000	7.000	17.000	4.133	2.033	0.123	-0.567
Tamaño de cárcava	0.694	0.000	2.735	3.000	1.000	4.000	0.634	0.796	0.048	0.695

Profundidad de cárcava	0.396	0.000	3.069	3.000	1.000	4.000	0.108	0.329	0.020	9.766
Pendiente en cárcava	0.564	0.000	3.633	4.000	1.000	4.000	0.511	0.715	0.043	2.110
Estabilidad en cárcavas	0.872	0.000	2.331	2.000	1.000	5.000	1.040	1.020	0.061	-0.012
Grado de erosión	0.662	0.000	4.978	5.000	1.000	6.000	0.445	0.667	0.040	7.626
Captación de agua	0.719	0.000	2.018	2.000	0.000	5.000	0.324	0.570	0.034	3.043
Control de asolves	0.545	0.000	6.535	7.000	1.000	7.000	0.848	0.921	0.056	12.688
Necesidad de exclusión	0.636	0.000	1.505	2.000	1.000	2.000	0.251	0.501	0.030	-2.014
Necesidad de resiembra	0.548	0.000	1.262	1.000	1.000	2.000	0.194	0.440	0.027	-0.819
CAPACIDAD DE MANEJO	0.953	0.000	28.065	28.000	12.000	37.000	8.696	2.949	0.178	3.308
PONDERACIÓN TOTAL	0.978	0.000	73.287	74.000	48.000	90.000	81.330	9.018	0.544	-0.591

1) Identificación del sitio y respuesta social

Distancia del sitio a la comunidad

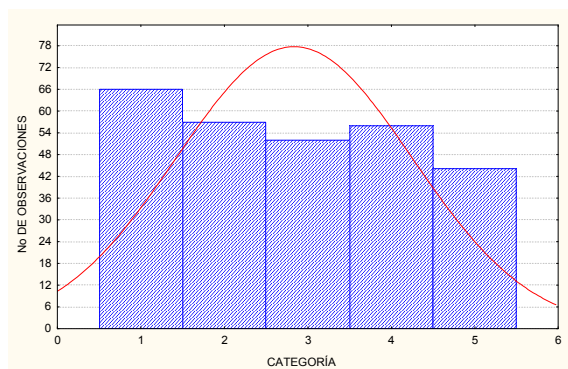


Figura 11 Histograma de frecuencias observadas por categoría para distancia del sitio evaluado a la comunidad.

Sobre los predios evaluados se encuentran un total de 6 localidades establecidas, en las cuales residen parte de los propietarios de los terrenos. Los sitios evaluados se ubican en rangos de distancia que va desde un kilómetro hasta más de 10 kilómetros. Lo anterior implica diferencias

significativas en la disposición y disponibilidad de productores para participar en la restauración bajo el criterio de distancia del sitio, lo cual provoca que sitios alejados tengan menor oportunidad de ser restaurados. En la aplicación de recursos gubernamentales para la restauración, una opción para reducir este efecto puede ser el establecimiento (por consenso) de tarifas de pago de jornales en base a la distancia del sitio a restaurar, lo cual puede incrementar la disposición de los jornaleros para el empleo temporal. La categoría que predomina es la “1”, la cual implica traslados de más

de 10 kilómetros para la implementación de obras de restauración y la categoría de menos frecuencia fue la “5”, que representa los sitios de no más de 2 kilómetros de distancia a la comunidad (Figura 11).

Número de jornaleros potenciales

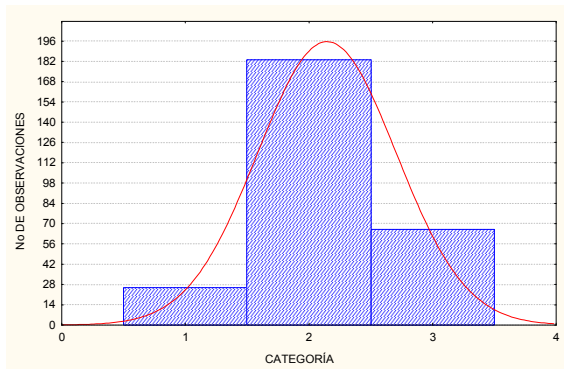


Figura 12 Histograma de frecuencia de observaciones para categorías de número de jornaleros potenciales en el predio evaluado

En cuanto a la disponibilidad de mano de obra para ejecutar obras de restauración de suelo, se tiene que potencialmente de 1 a 10 jornaleros están disponibles en los predios evaluados. Esto indica que en caso de la construcción de obras que requieran un mayor número de jornaleros, será

necesaria la contratación de personas ajenas a los predios evaluados. Este factor es importante considerarlo al momento de realizar compromisos de restauración de áreas mediante subsidio, de modo que se puedan evitar metas mayores a la capacidad de avance y cumplimiento de obra. La categoría que más frecuencia de observaciones fue aquella que corresponde al rango de 1 a 5 jornaleros (Figura 12).

2) Susceptibilidad a la erosión

Características del terreno o ubicación del sitio con respecto a la cuenca

La evaluación de la degradación de áreas fue aplicada en las cuatro partes que componen la cuenca (Pie de monte, bajada, superior, inferior y playa), predominando la parte de bajada superior. Esto es importante en el sentido de que técnicamente el establecimiento

de obras de restauración de suelos debe estar dirigido hacia la parte alta de la cuenca, lo

cual disminuye las probabilidades de ruptura de las estructuras para la conservación de suelo y agua (Figura 13).

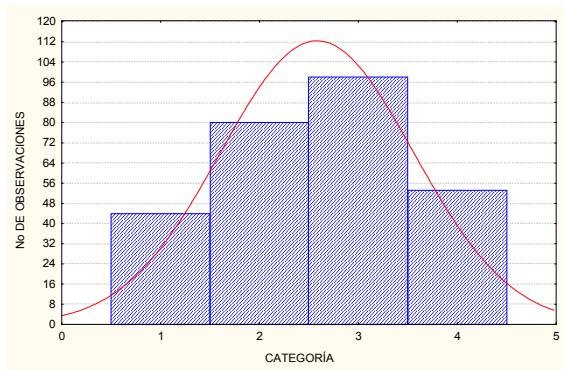


Figura 13 Histograma de frecuencias por categoría de características del terreno

Pendiente del terreno

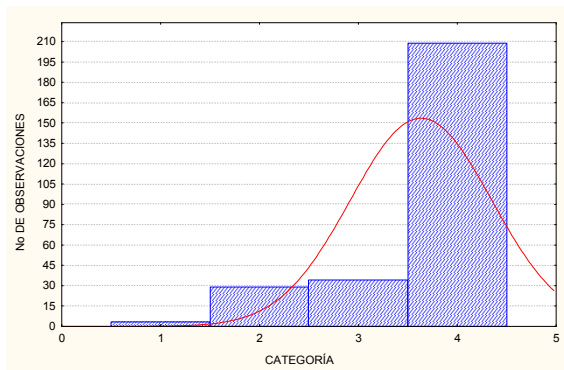


Figura 14 Histograma de frecuencias para categorías de pendiente en el terreno

El rango de pendiente de los sitios evaluados es de 0 a 25 grados, con una muy fuerte concentración en valores de 0 a 1% de pendiente. Lo cual indica que el terreno en la Reserva es predominantemente plano con pendientes muy suaves, indicando que el factor

pendiente, como indicador físico, no es determinante para la construcción de obras de restauración de suelo ni un factor que incida en los incrementos de erosión de suelo (Figura 14).

Calidad de la cobertura vegetal

Durante la evaluación se localizaron sitios con presencia nula de vegetación (muy

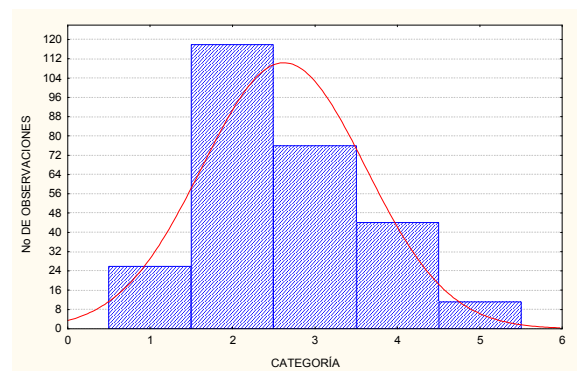


Figura 15 Histograma de frecuencia de observaciones para calidad de cobertura vegetal

mala calidad) hasta sitios con presencia abundante de pastos, hierbas y arbustos (muy buena calidad), sin embargo predomina la categoría de calidad de vegetación caracterizada por la ausencia de horizonte orgánico con evidencia de raíces de plantas expuestas, afloramientos rocosos y sin estrato herbáceo (mala calidad). La escasa presencia de pastos es un indicador de alta susceptibilidad a la erosión debido a que este tipo de plantas por su tipo de enraizamiento permite una mayor retención y estabilidad de suelo evitando el desarrollo de procesos erosivos (Figura 15).

Relación cobertura vegetal / suelo desnudo

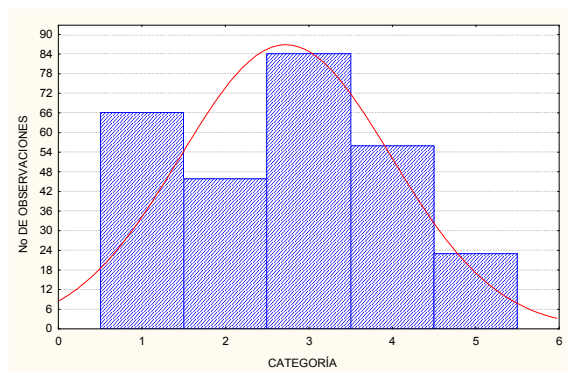


Figura 16. Histograma de frecuencias por categoría de cantidad de cubierta vegetal

La cantidad de cobertura vegetal expresada en porcentaje muestra un rango de 0 a 100%, donde el rango de 10 a 25% de cobertura vegetal ocupa el mayor número de observaciones. Esta información complementada con la información del indicador anterior,

muestra una escasa protección del suelo contra los efectos erosivos de la lluvia y el viento. En una intención por mejorar la calidad de los pastizales en la Reserva, habrá que considerar primordialmente la promoción del establecimiento de vegetación nativa para incrementos tanto en calidad como en cantidad de la misma. Una alternativa adecuada es la revegetación artificial a base de resiembras de zacates nativos tales como: Toboso (*Hilaria mutica*), Navajita anual (*Bouteloua simplex*), Mota chico (*Chloris virgata*) y Pajón o alcalino (*Sporobolus airoides*) principalmente (Figura 16).

En base a lo anterior, los valores de calidad y cantidad de cobertura deben ser considerados como indicadores del estado de conservación de los agostaderos dado que este indicador es factor que determina por un lado la infiltración y escurrimiento en el sitio afectando significativamente el ciclo hidrológico y por el otro es determinante en el desarrollo de procesos erosivos bajo condiciones del área de estudio (Ortiz et al. 1994). Por otro lado, es también determinante de la capacidad productiva del predio dado que determina la capacidad de carga de los agostaderos y con ello los rendimientos dentro del proceso productivo.

3) Presión ganadera

Número y caracterización de veredas de ganado doméstico

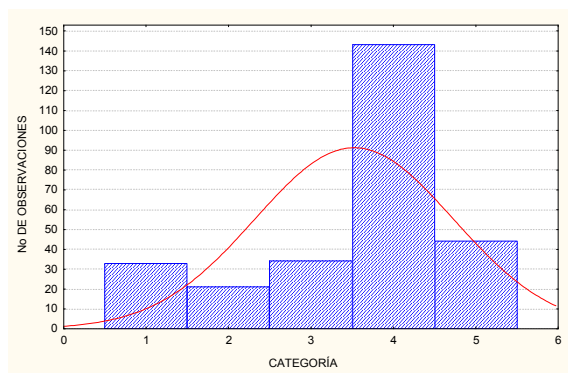


Figura 17 Histograma de frecuencias por categoría de número y caracterización de veredas de ganado doméstico

La presencia de veredas en sitios de la Reserva es muy variable. Muestra un rango amplio que va de 0 a más de 6 veredas que cruzan en una línea de 50 metros, sin embargo, las veredas no se distribuyen en el terreno ampliamente.

Esto es un indicador de que el ganado no transita de manera uniforme sobre el terreno ya que la categoría que presentó mayor número de observaciones fue de 0 a 2 veredas (Figura 17).

Distancia del sitio a los abrevaderos

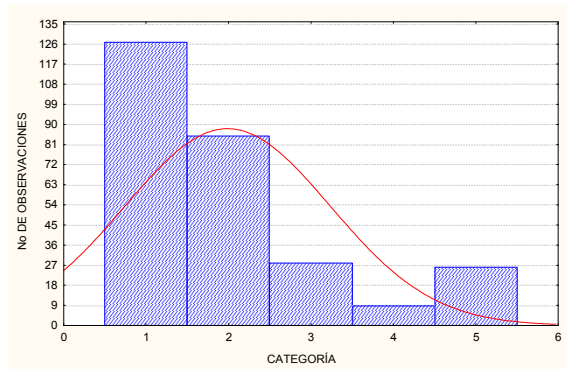


Figura 18 Histograma de frecuencias por categoría para la distancia del sitio a los abrevaderos

La distancia en kilómetros del sitio evaluado al aguaje más próximo mostró rangos que van de los cero a más de 10 kilómetros. El valor de la moda estadística le corresponde a la categoría “1” (0 a 2 kilómetros) y el valor de la mediana estadística le corresponde a la categoría 2

(2 a 4 kilómetros), lo cual indica que los sitios evaluados en su mayoría se localizaron en un rango de 0 a 4 kilómetros de distancia al aguaje más próximo (Figura 18). La presencia de veredas se relaciona significativamente ($p < 0.05$) de manera negativa con la distancia al abrevadero más próximo ($r = -0.4$). Esto significa que el mayor número de veredas se localiza a menor distancia de los aguajes, de lo cual deducimos que las áreas de mayor presión ganadera se encuentran alrededor de los aguajes. Esta aseveración fue establecida por (Barral y Hernández, 2001). Los modelos de regresión para el número de veredas con respecto a la distancia al abrevadero más próximo y viceversa se representan como:

$$N_v = 3.6005 - 0.0387(D_{ap}) \dots \dots \dots (10)$$

Donde:

N_v = Número de veredas registradas en el sitio

D_{ap} = Distancia al aguaje más próximo

A partir de esta; se deduce que después de 3 kilómetros de distancia de los abrevaderos, comienza a disminuir el número de veredas a partir de 6 en una línea de 50 metros. En base a lo anterior es posible estimar que el área de mayor impacto por el pisoteo de ganado representa una superficie de 2802 hectáreas aproximadamente por abrevadero con el manejo y cargas de ganado actuales. Así mismo, el número de veredas es el mínimo (2 veredas que cruzan una línea de 50 metros) a partir de los 8 kilómetros de distancia al abrevadero, de lo que se estima que el área efectiva de uso actual de los agostaderos por aguaje representa un total de 20,000 hectáreas aproximadamente.

Lo anteriormente expuesto no indica realmente que los animales que pastorean en el terreno tienen un amplio rango de uso por animal, sino que más bien es el reflejo de la elevada carga animal que existe en los predios evaluados, ya que de acuerdo a la información que proporcionaron los dueños de los predios, sin excepción, el total de estos sobrepasan la capacidad de carga establecida por COTECOCA (1979). Aunado a lo anterior, la escasa, precaria y el mal estado de la infraestructura ya existente, implican que la presión de pastoreo esté localizada en las áreas de sacrificio por abrevadero (Barral y Hernández, 2001).

4) Potencial de recuperación

Forma de erosión hídrica presente

El tipo de erosión hídrica presente fue clasificada en seis categorías: 1) por pináculos, 2) por pedestales, 3) por

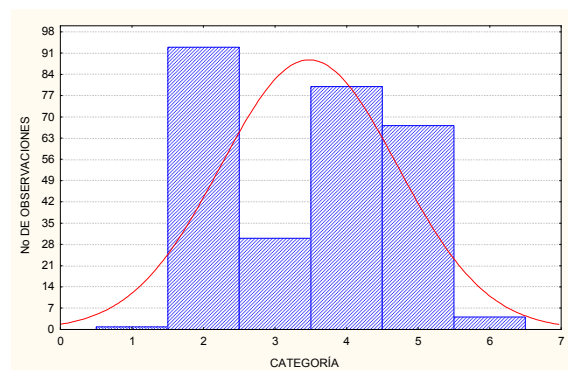


Figura 19 Histograma de frecuencias por categoría para formas de erosión hídrica presente

cárcavas, 4) por canales, 5) por salpicamiento y 6) sin erosión presente (Colegio de posgraduados, 1977). La forma que más predomina en la Reserva es la erosión hídrica por pedestales, lo cual es evidente en los montículos de tierra que se observan al pie de las plantas, que realmente nos indica la presencia de un tipo de erosión hídrica laminar asociada con erosión eólica. Las frecuencias en el resto de las categorías (5, 4, y 3), representan realmente procesos erosivos ya iniciados en la mayoría de los sitios evaluados, que de continuar el uso de los predios bajo las mismas condiciones de manejo, los procesos erosivos ya iniciados seguirán avanzando, sobretudo por la elevada presión de pastoreo y la escasa protección de la superficie del suelo (Figura 19).

Tipo y número de sistemas erosivos presentes

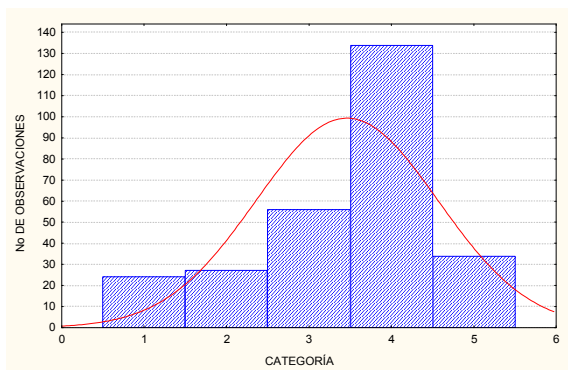


Figura 20 Histograma de frecuencias por categoría para número de sistemas erosivos presentes

Los sistemas erosivos comúnmente conocidos como cárcavas o arroyos, fueron cuantificados por sitio sobre la línea de muestreo. Los resultados muestran que se encontraron sitios con ninguna cárcava presente hasta sitios donde se encontraron más de seis

cárcavas. Entre 0 y 2 cárcavas presentes fue la categoría que más se presentó durante la evaluación. Esto indica que son bajas las densidades de cárcavas en terrenos del área de estudio, lo cual es indicador de que el tipo de erosión hídrica es laminar más que lineal (Figura 20).

Oportunidad de riego

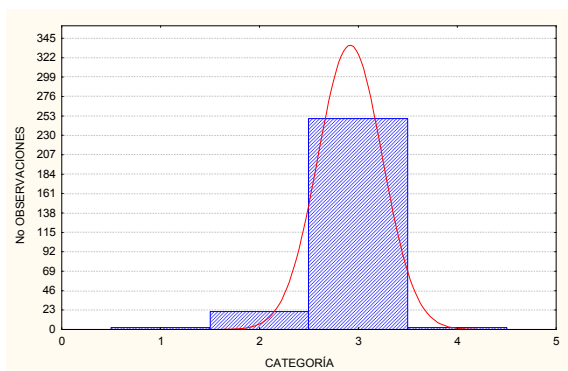


Figura 21 Histograma de frecuencias por categoría para oportunidad de riego en el sitio

En prácticas de revegetación futuras, es importante identificar las formas alternativas para proveer humedad por lo menos en los primeros años de establecimiento de la plantación o resiembra. Para esto, las formas alternativas en el área son: la captación *in*

situ de agua de lluvia, la derivación de escurrimientos y el riego artificial. La forma más viable de proveer humedad en prácticas de revegetación es la captación *in-situ* de agua de lluvia, por lo que las estructuras de restauración de suelos deben incluir estructuras para tal fin (Figura 21).

Capacidad de revegetación

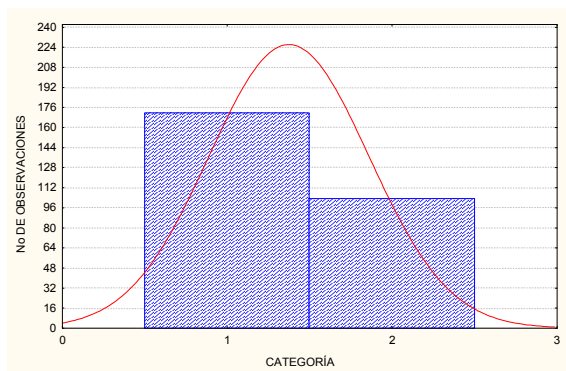


Figura 22 Histograma de frecuencias por categoría para capacidad de revegetación natural del sitio

Retomando la experiencia de los productores en el conocimiento de sus terrenos, les fueron consultados datos sobre la respuesta natural que tiene cada sitio a eventos de precipitación, lo cual fue clasificado en dos categorías: 1) buena capacidad natural de revegetación y 2)

mala capacidad de revegetación. Como resultado se obtuvo que la mayoría de los sitios evaluados muestra una mala capacidad de revegetación natural y por lo tanto se requiere de la implementación de prácticas de revegetación artificial (Figura 22).

5) Capacidad de manejo

Tamaño de cárcava

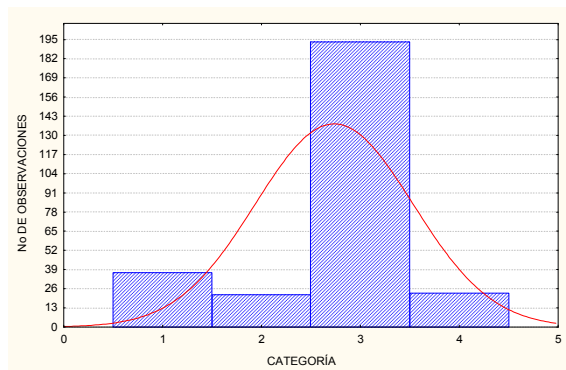


Figura 23 Histograma de frecuencias por categoría para tamaño de cárcava

El tamaño de cárcava fue determinado por la superficie que afecta calculado en base a la longitud y amplitud de la cárcava. De esta manera, se determinaron las categorías: 1) Mayor a 5 hectáreas, 2) de 2 a 5 hectáreas, 3) menor a 2 hectáreas y 4) en ausencia de cárcavas. De la evaluación

de la degradación se obtuvo que las cárcavas de mayor frecuencia son aquellas que afectan menos de 2 hectáreas, lo cual es un indicador de la presencia de cárcavas de bajo impacto, predominando un tipo de erosión laminar más que lineal (Figura 23).

Profundidad de cárcava

Otro indicador de tamaño de cárcava es la profundidad de la misma, el cual es de importancia considerar ya que de acuerdo a la profundidad del sistema erosivo, los requerimientos técnicos de construcción y

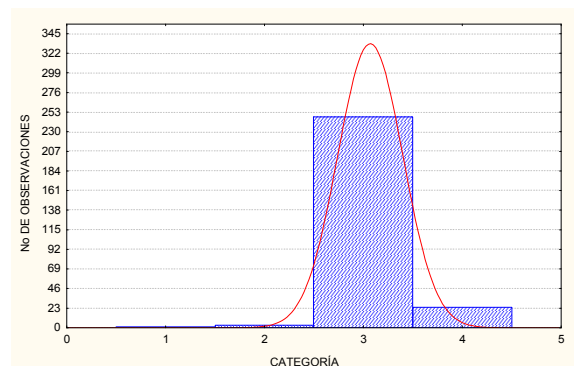


Figura 24 Histograma de frecuencias por categoría para profundidad de cárcava

diseño, de disponibilidad de materiales y mano de obra diferirá, es decir, conforme se incrementa la profundidad de la cárcava se incrementan los requerimientos técnicos para su control. El resultado obtenido en la evaluación en este aspecto muestra que la mayor frecuencia corresponde a cárcavas de tamaño pequeño, donde la profundidad de la cárcava es de menos de un metro de profundidad, lo cual facilita su control mediante el uso de materiales de la región tales como ramas y piedra para su construcción (Figura 24).

Estabilidad de los bancos

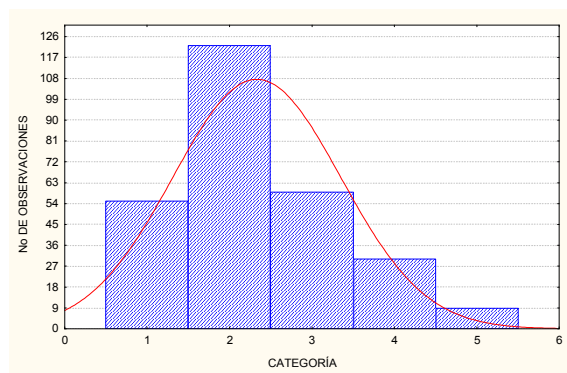


Figura 25 Histograma de frecuencias por categoría para estabilidad de los bancos en cárcavas

La estabilidad de los bancos determinada en base a la calidad de la cobertura presente en el interior de cárcavas mostró condiciones no adecuadas, ya que las cárcavas se caracterizan por superficies sin horizonte orgánico, raíces expuestas de arbustivas dispersas, sin estrato herbáceo,

afloramientos rocosos. Esto prueba que los sistemas erosivos o cárcavas presentes en el área de estudio son producto de escurrimientos inducidos más que naturales. Dicho de otra manera, las cárcavas presentes en el área de estudio son parte de los procesos erosivos instaurados a nivel local (Figura 25).

Grado de erosión

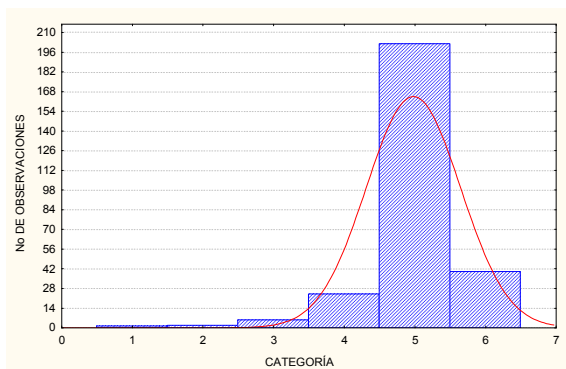


Figura 26 Histograma de frecuencias por categoría para el grado de erosión en cárcavas

El grado de erosión en el interior de cárcavas también puede ser determinado en base al desgaste que ha tenido el suelo en términos de los horizontes de suelo perdido en la cárcava. En relación a esto,

se tiene que la categoría predominante es la que corresponde a un normal grado de

erosión, lo que implica la pérdida de hasta el 25% del horizonte A. Esto principalmente es atribuido a que el tipo de suelo predominante en la Reserva es de Aluvión o deposiciones frecuentes de suelo, los cuales se caracterizan por ser suelos profundos y por lo tanto, el desgaste de suelo alcanza solamente las primeras capas del suelo (Figura 26).

Tipo de obra recomendada para la captación de agua y suelo

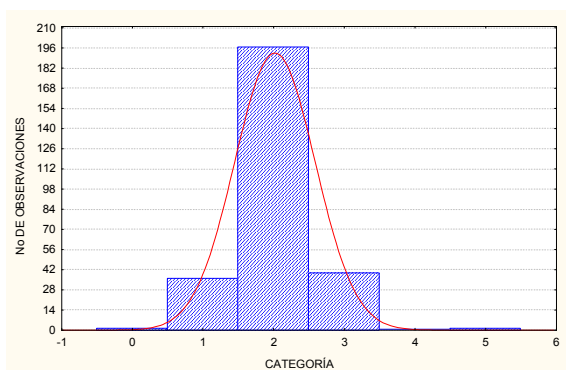


Figura 27 Histograma de frecuencias por categoría para tipo de obra para captación de agua y suelo

Los bordos semicirculares de tierra y de piedra al contorno, fueron las obras de conservación de suelo y agua alternativa que cuya factibilidad de implementación fue evaluada en los sitios. De estos, la práctica más recomendable para la captación de agua de lluvia y suelo fue la

construcción de bordos semicirculares de tierra. Esto indica que la disponibilidad de

piedra para la construcción de obras de restauración de suelo es muy baja, por lo que se recomienda la construcción de obras en base a remociones de suelo considerando las curvas de nivel en el terreno (Figura 27).

Tipo de obra recomendada para el control de cárcavas

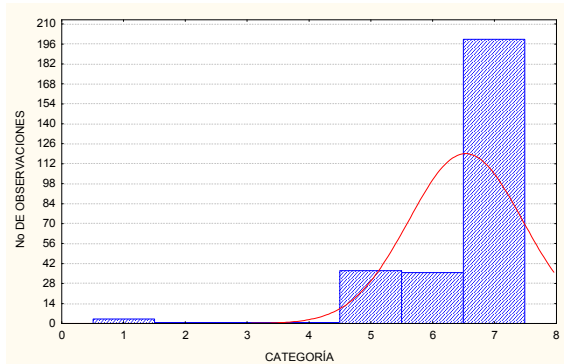


Figura 28 Histograma de frecuencias por categoría para tipo de obra para el control de cárcavas

En este aspecto habrá que considerar que no es muy común el tipo de erosión lineal en el área de estudio, por lo que la mayoría de los sitios evaluados no requieren de la construcción de estructuras para el control de asolves debido a que simplemente no hay cárcavas en el sitio.

Sin embargo, en los casos en que se identificaron cárcavas, la estructura más viable para su restauración son las presas de ramas primeramente y luego las presas de piedra acomodada, aunque estas últimas dependen de la disponibilidad de piedra en el sitio (Figura 28).

Necesidades de exclusión de áreas a la ganadería

En cada sitio fue analizada la situación de la presión ganadera, lo cual fue traducido en términos de la necesidad de excluir el sitio por lo menos mientras se establecen

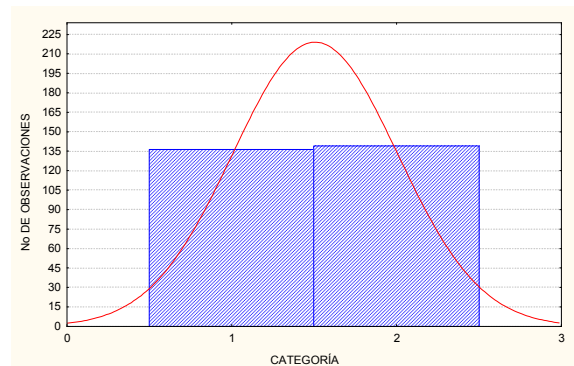


Figura 29 Histograma de frecuencias por categoría para necesidades de exclusión de áreas

las especies empleadas en prácticas de revegetación artificial. De ello se obtuvo que prevalece la opción de no excluir los sitios que se destinen a la restauración, excepto aquellos muy cercanos a los abrevaderos (Figura 29).

Necesidades de Resiembra

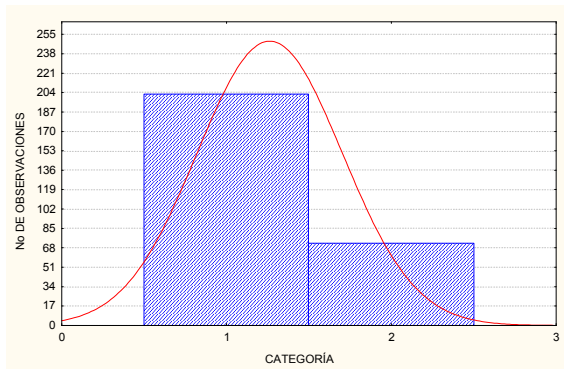


Figura 30 Histograma de frecuencias por categoría para necesidades de resiembra

De igual manera que para la determinación de las necesidades de exclusión, se determinaron las necesidades de resiembra de pastos nativos, solo que en este caso el criterio empleado fue la capacidad de revegetación natural del sitio. Los resultados muestran que es más

frecuente la necesidad de revegetación en base a resiembras de pastos nativos. Esto evidentemente a la escasa cobertura vegetal existente en la superficie de los sitios evaluados (Figura 30).

4.2 Zonificación por categorías de degradación

El proceso metodológico llevado a cabo para la zonificación por categorías de degradación, arrojó dos productos principales: a) Variogramas que muestran el comportamiento de la variabilidad espacial de las variables (Análisis de semivarianza) y Mapas de zonificación, producto de la aplicación de modelos geoestadísticos (Indicador Kriging) y b) Mapas de zonificación, contruidos para la estimación de superficies por categoría de degradación. En el primer caso, los análisis fueron realizados considerando

a los criterios de evaluación como variables. En el último de los casos, los mapas de zonificación fueron generados a nivel de predio evaluado. El aspecto de trascendencia en este apartado, es obtener una zonificación que permita soportar las decisiones de manejo de áreas prioritarias para su conservación y restauración.

4.2.1 Análisis de semivarianza y geoestadística

Mediante el uso del apartado de análisis de semivarianza del software GS+™ Geostatistics for the Environmental Sciences for Windows Versión 3.1.7, se realizó la construcción de variogramas para la variable del valor de puntuación total combinado y para cada uno de los criterios establecidos en el evaluación de la degradación.

A partir de un variograma y con fines de interpretación, habrá que rescatar aspectos tales como: 1) el modelo que mejor explica la variabilidad espacial, mediante el cual es posible predecir la variabilidad espacial con respecto al incremento de la distancia a partir de sitios evaluados, y 2) parámetros que describen la estructura de la varianza espacial entre los cuales se encuentra la Varianza Nugget (C_0), entendida como la varianza que no es explicada por el modelo, la cual toma valor de intercepto de la línea del modelo con respecto al origen del eje de las Y en el variograma; la Varianza explicada por el modelo (C), la cual es representada por la semivarianza (en el eje Y) que abarca la línea del modelo predictivo; parámetros determinados en función de la relación entre los dos tipos de varianza anteriores, en donde C_0+C constituye la varianza al umbral o punto en que la varianza es asintótica y la proporción $C/(C_0+C)$ constituye la relación de la varianza explicada con respecto al total de la varianza; así como el rango (A), que representa la distancia sobre la cual la dependencia espacial es aparente. En las

figuras 31-36, se muestran los variogramas estimados para cada uno de los 5 criterios considerados en la evaluación de la degradación y para la degradación total combinada y para complementar esta información, en el Cuadro 32, se muestran los parámetros estadísticos que describen los variogramas.

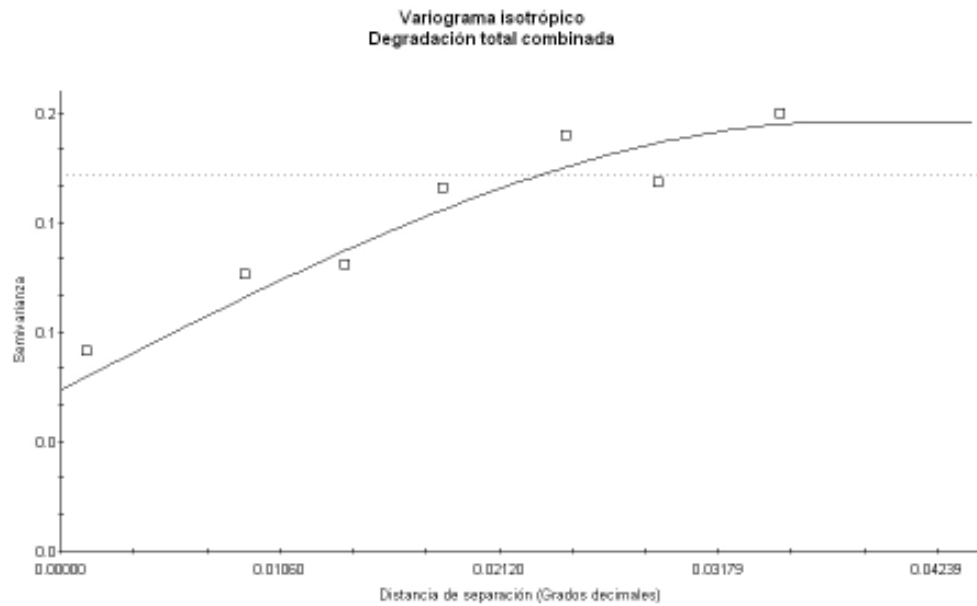


Figura 31. Semivariograma de la degradación combinada considerando un modelo esférico

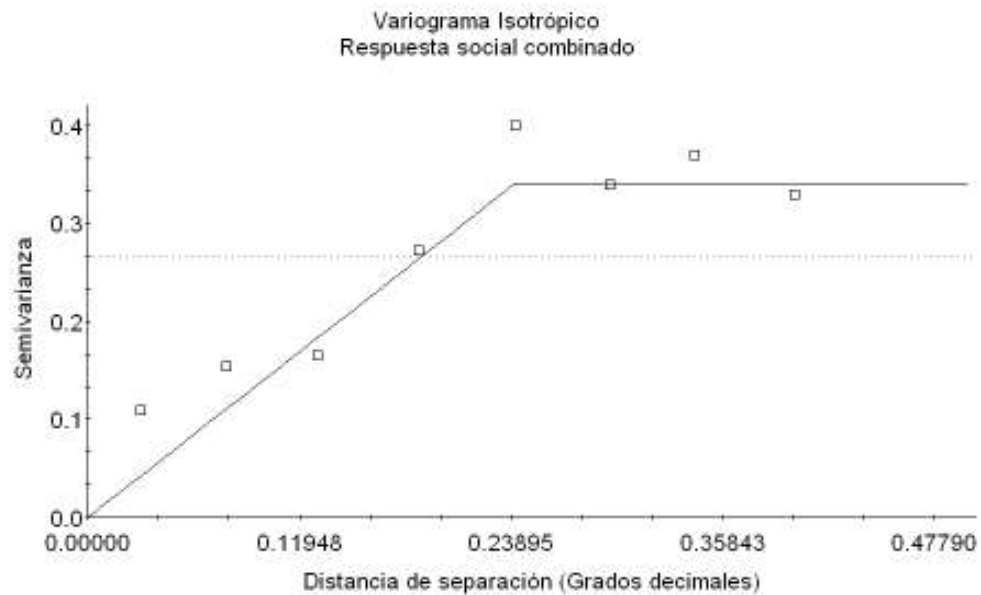


Figura 32. Semivariograma de la respuesta social combinada considerando un modelo lineal hasta el umbral

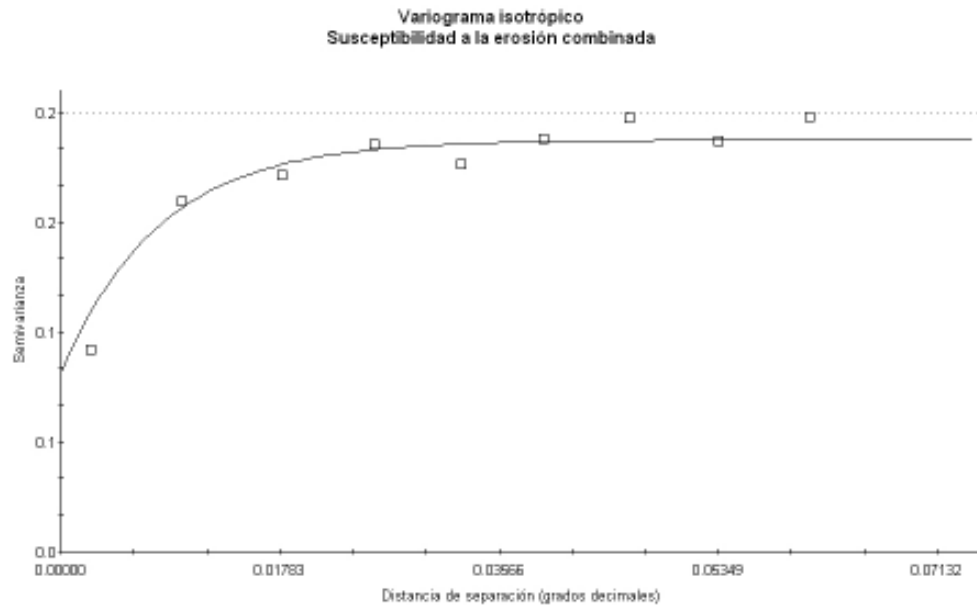


Figura 33. Semivariograma de la susceptibilidad a la erosión combinada considerando un modelo exponencial

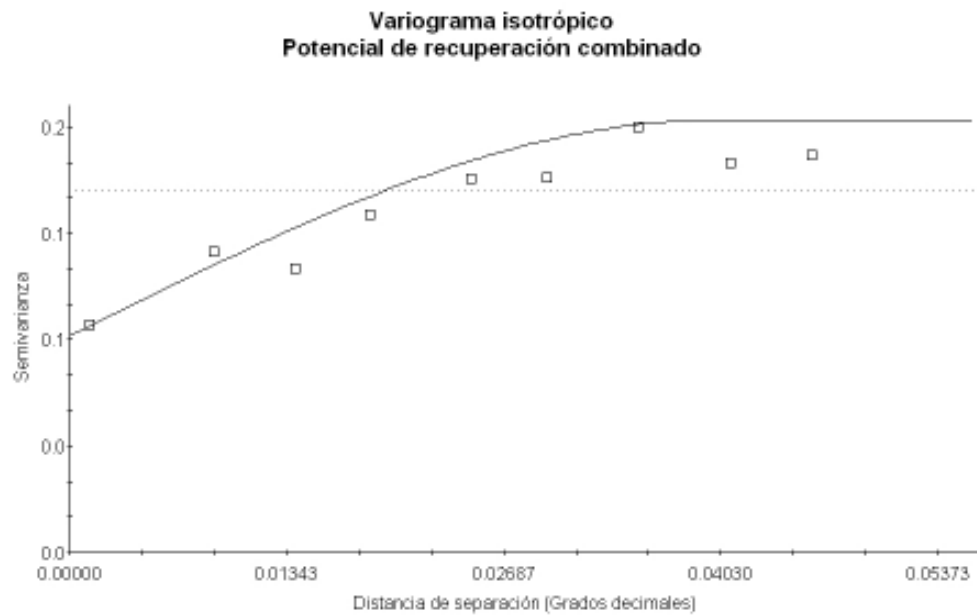


Figura 34. Semivariograma del potencial de recuperación combinado considerando un modelo esférico

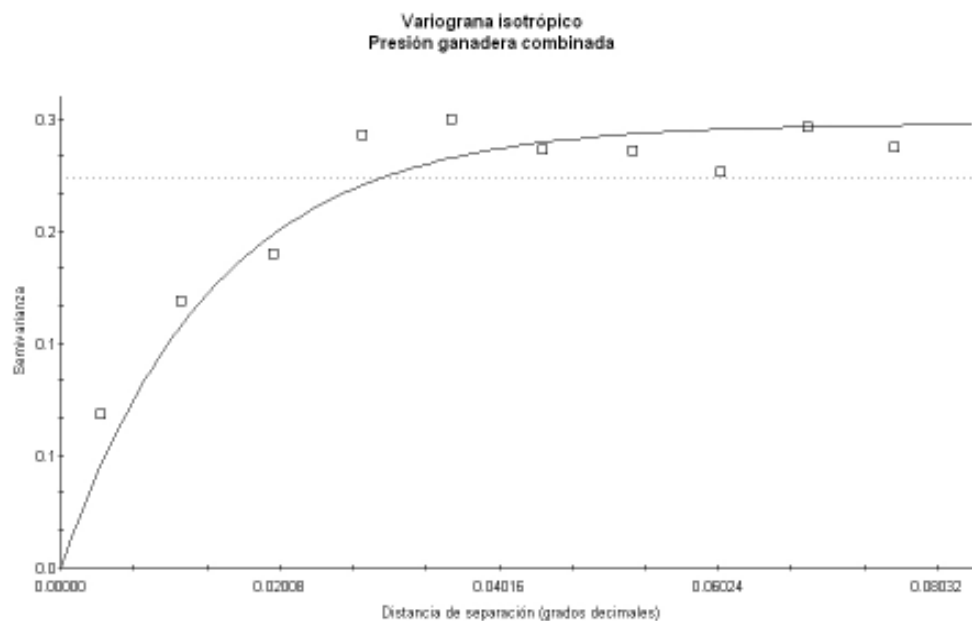


Figura 35. Semivariograma de la presión ganadera combinada considerando un modelo exponencial

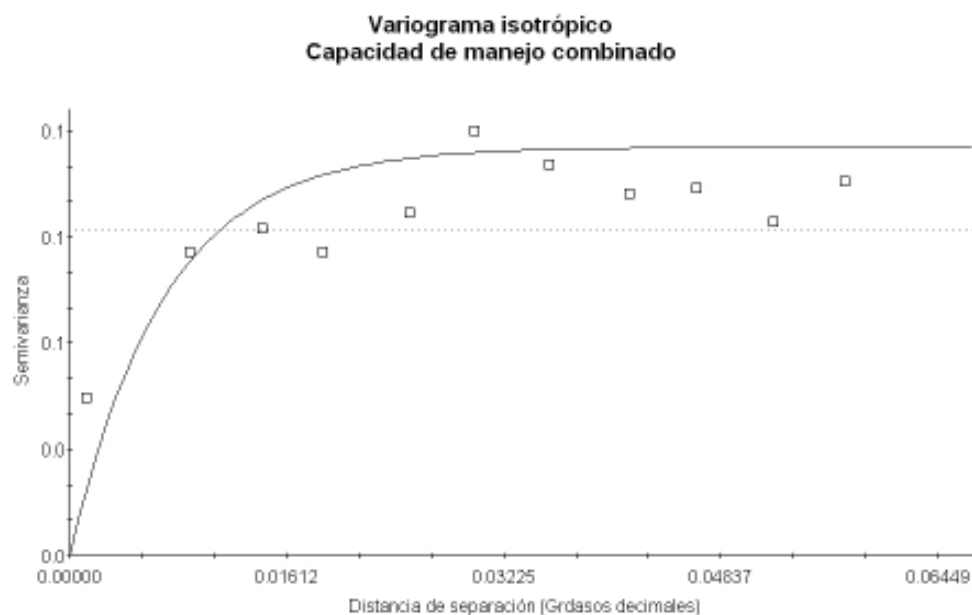


Figura 36. Semivariograma de la capacidad de manejo combinada considerando un modelo exponencial

La respuesta social combinada es explicada por un modelo lineal hasta el umbral, que significa un incremento proporcional de la varianza con respecto a la distancia. Esto es razonable en el sentido de que dentro de los factores evaluados para respuesta social, se

incluye la distancia del sitio en kilómetros con respecto a la comunidad, el cual tiene mayor variabilidad comparado con el número de jornaleros potenciales el cual más bien tiene variabilidad entre predios, pero no varía entre sitios dentro de predio. Por otra parte, el total de la varianza es explicada por el modelo, dado que $C_0 = 0$, de lo cual podemos concluir que la variable distancia del sitio a la comunidad, determina la variabilidad en el criterio de respuesta social.

Cuadro 32. Parámetros estadísticos de la varianza de criterios de evaluación de la degradación

Variable	Parámetros estadísticos						
	Intervalo Máxima Distancia	Intervalo Distancia entre clases	Varianza nugget= C_0	Varianza al umbral $C+C_0$	Proporción $C/(C_0+C)$	Rango= A	Coefficiente de determinación. R^2
Degradación total combinada	0.0423	0.0053	0.06	0.16	0.625	0.0381	0.92
Respuesta social combinado	0.47790	0.05312	0.00	0.3	1	0.241	0.927
Susceptibilidad a la erosión combinado	0.07132	0.00713	0.1	0.23	0.565	0.024	0.959
Presión ganadera combinado	0.08032	0.00803	0.0	0.28	1	0.042	0.921
Potencial de recuperación combinado	0.05373	0.005418	0.1	0.2	0.5	0.04	0.93
Capacidad de manejo combinado	0.06449	0.00550	0.0	0.1	1	0.021	0.83

La degradación total y el potencial de recuperación, muestran un modelo esférico, lo cual significa un incremento en la varianza con respecto a la distancia pero no necesariamente tan uniforme como en el caso de un modelo lineal, sino que la relación entre las variables distancia y varianza no es tan estrecha. Por otro lado, la susceptibilidad a la erosión, la presión ganadera y la capacidad de manejo, muestran un modelo exponencial, el cual se caracteriza por rápidos incrementos en la varianza en

cortas distancias. De los anteriores solo en presión ganadera y en capacidad de manejo se alcanza a explicar el total de la varianza ($C=1$), sin embargo, en las variables de degradación total combinada, susceptibilidad a la erosión y en potencial de recuperación solo el 62.5, 56.5 y el 50% de la varianza es explicada por el modelo respectivamente. Esto significa que para poder incrementar la varianza explicada (C), será necesario incrementar la intensidad de muestreo, sin embargo, debido a los altos coeficientes de determinación (R^2), es posible emplear los modelos para realizar las interpolaciones respectivas.

La degradación total puede estar determinada por el comportamiento en el potencial de recuperación en el sitio, debido a las similitudes que existen en los variogramas en cuanto al modelo, pero la varianza en la degradación, puede estar determinada por factores físicos tales como la susceptibilidad a la erosión y el potencial de recuperación, lo cual se deduce en base a las similitudes en los valores de proporción de la varianza explicada ($C/(C_0+C)$).

De lo anterior, se concluye que factores sociales, de manejo de ganado y de manejo de áreas degradadas, son más factibles de poder explicar en términos de su variabilidad, no así los factores físicos tales como la cobertura vegetal, los tipos de erosión o la densidad de cárcavas, las cuales por la variabilidad en su comportamiento en el terreno son más difíciles de representar. Sin embargo, la mayoría de los estudios relacionados a la evaluación de la degradación, solo consideran factores físicos en sus determinaciones.

Tomando de base los modelos que explican la varianza en cada uno de los criterios de evaluación, se realizaron las interpolaciones puntuales mediante kriging. Para ello la definición de vecindad de primera aproximación y el radio acción en grados decimales,

fueron manipulados para la construcción de mapas de zonificación. Los resultados se muestran en valores de Z distribuidos en un rango de 0 a 1, lo cual se interpreta como la probabilidad de encontrar un sitio con buena capacidad de manejo para la restauración (Cuadro 33, Figuras 37-42).

Cuadro 33. Parámetros utilizados en interpolaciones por Kriging para la elaboración de mapas de zonificación

Variable	Parámetro estadístico	
	Número de vecinos (Vecindad)	Radio de acción (grados decimales)
Degradación total combinada	16	0.539
Respuesta social combinado	7	0.539
Susceptibilidad a la erosión combinado	64	0.539
Presión ganadera combinado	64	0.539
Potencial de recuperación combinado	64	0.539
Capacidad de manejo combinado	16	0.539

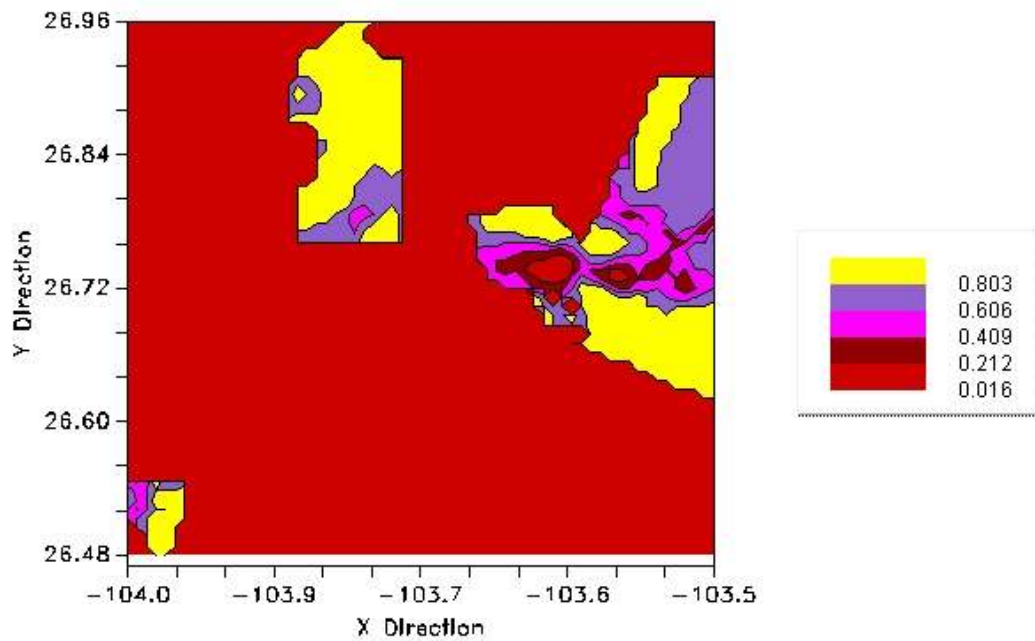


Figura 37. Mapa de zonificación para degradación total combinada de los predios evaluados

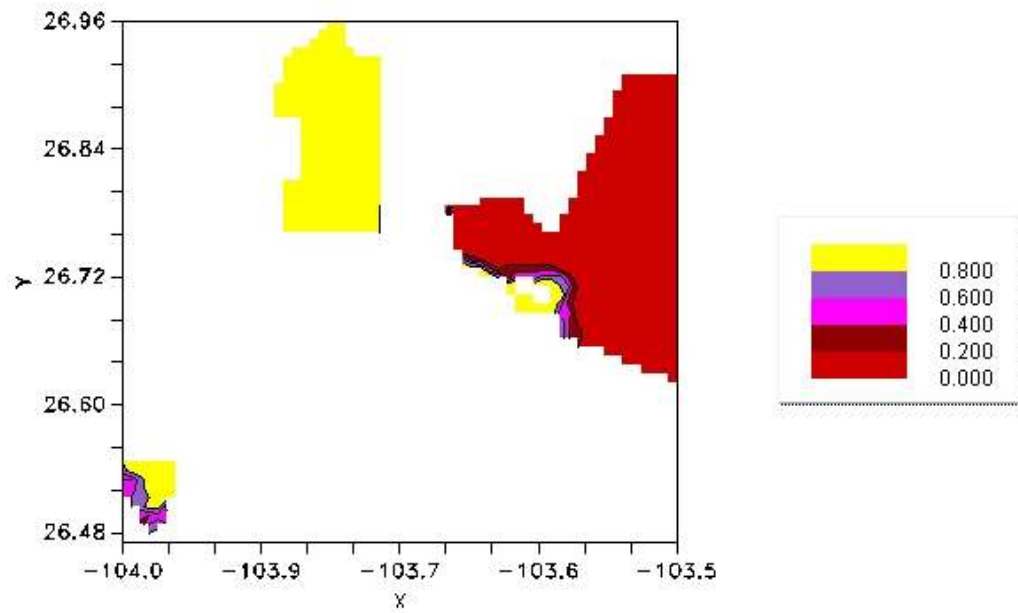


Figura 38. Mapa de zonificación para respuesta social combinada de los predios evaluados

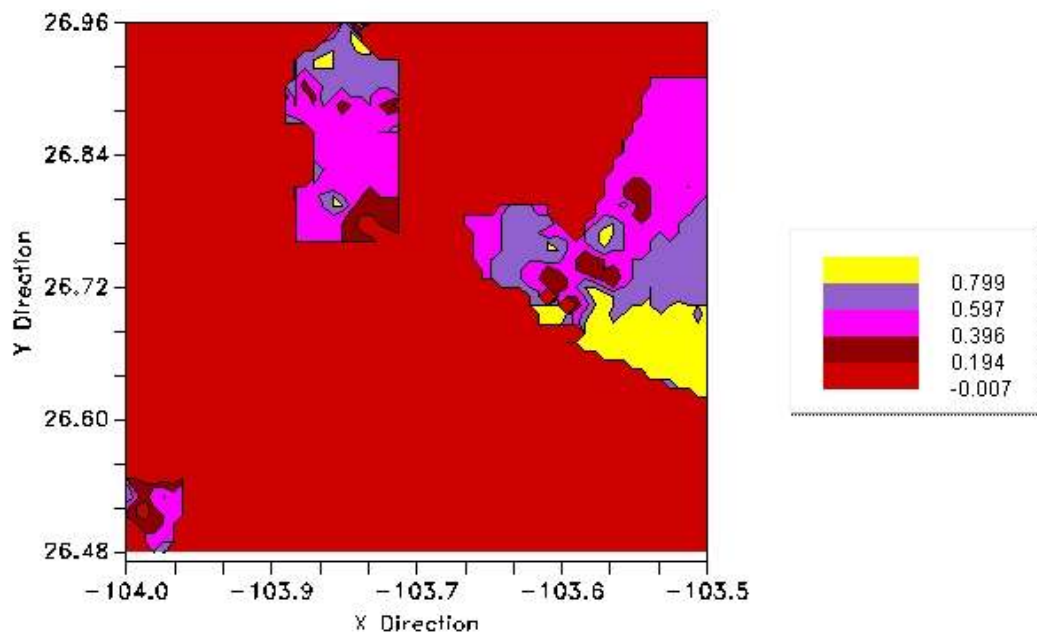


Figura 39. Mapa de zonificación para susceptibilidad a la erosión combinada de los predios evaluados

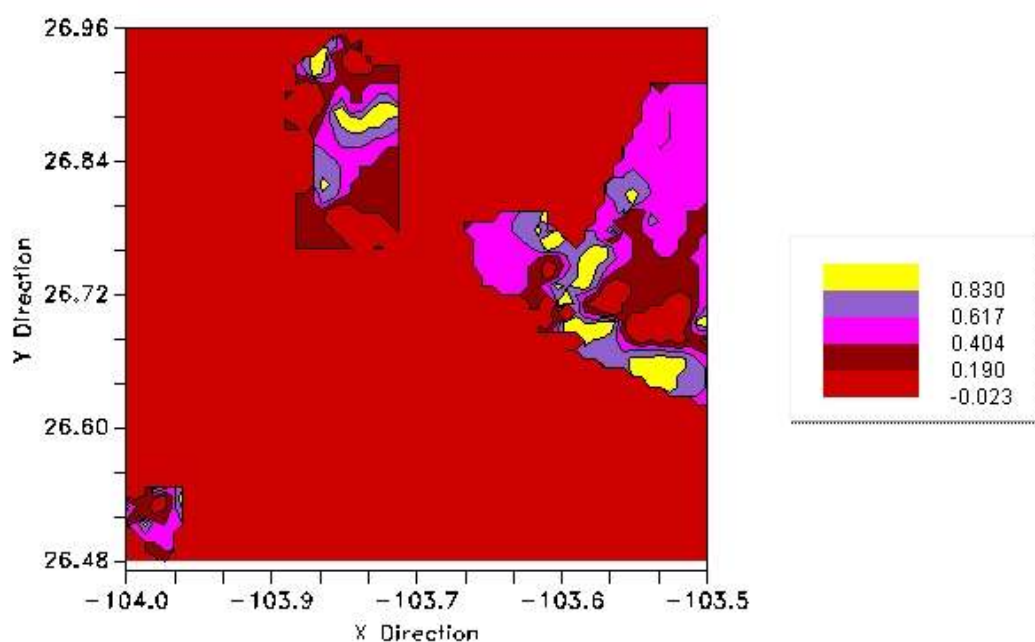


Figura 40. Mapa de zonificación para presión ganadera combinada de los predios evaluados

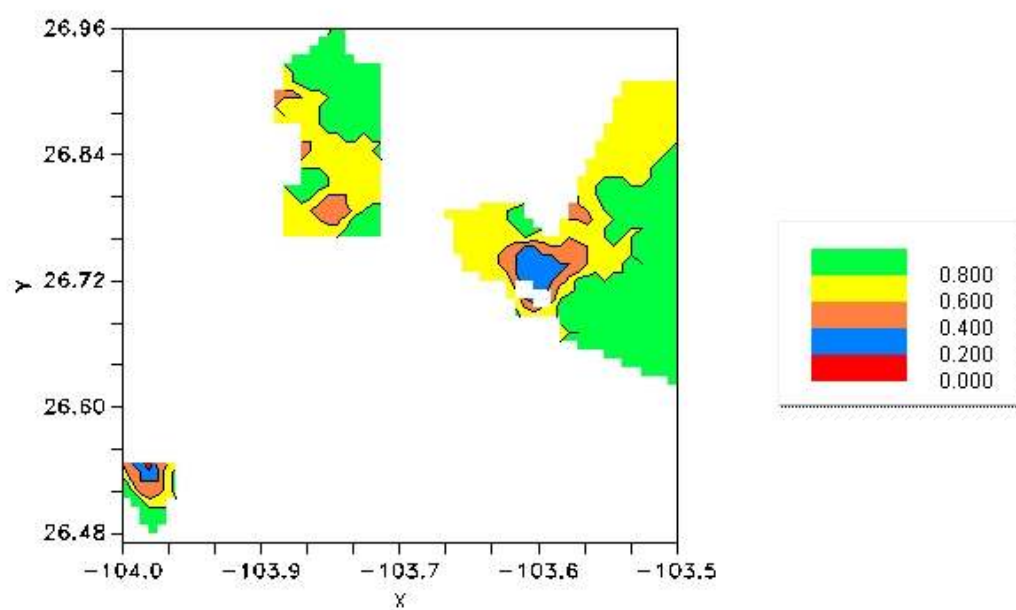


Figura 41. Mapa de zonificación para potencial de recuperación combinado de los predios evaluados

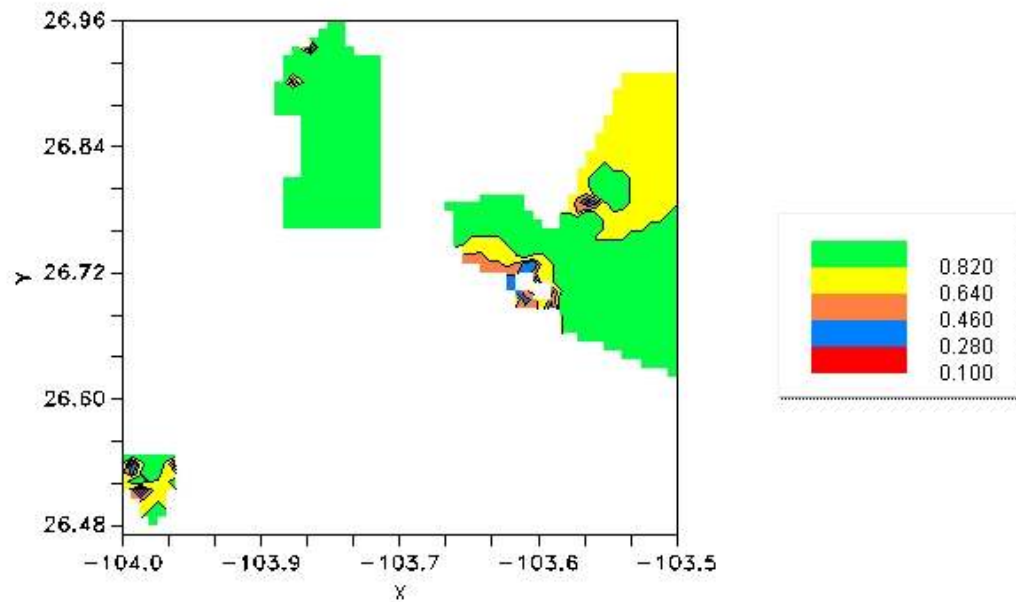


Figura 42. Mapa de zonificación para degradación total combinada de los predios evaluados

4.2.2 Cuantificación de superficie por categoría de degradación

Mediante la aplicación de la metodología para la evaluación de la degradación de suelos por erosión en 5 predios de la Reserva de la Biosfera Mapimí, se alcanzó a cubrir una superficie total de 51,597.04 hectáreas, lo que corresponde al 15.07% de la superficie total del área natural protegida. Con respecto a dicha superficie evaluada, se tiene que el 3.5% (1,807.03 hectáreas) fueron clasificadas como prioritarias para su conservación, el 28.96% (14,942.82 hectáreas) se consideraron en buen estado de conservación, el 44.45% (22,934.50 hectáreas) presentaron un estado regular de conservación, el 19.08% (9,844.83 hectáreas) resultaron en un mal estado de conservación y el 4.01% (2,067.86), fueron clasificadas como prioritarias para su restauración (Cuadro 34).

Cuadro 34. Superficie en hectáreas por estado de conservación de los cinco predios evaluados en la Reserva de la Biosfera Mapimí

ESTADO DE CONSERVACIÓN	PP Guadalupe	Ej. Vicente Guerrero	Ej. Mohovano de las Lilas	Ej. Nuevo Huitrón	Ej. La Soledad	Total por Estado de Conservación	Porcentaje
<i>Prioritario para su Conservación</i>	1,352.83	0	0	0	454.2	1,807.03	3.50 %
<i>Bueno</i>	1,175.91	8,270.33	37.34	177.35	5,281.89	14,942.82	28.96 %
<i>Regular</i>	987.56	3,519.76	3,299.97	3,855.42	11,271.79	22,934.5	44.45 %
<i>Malo</i>	244.45	755.2	3,389.34	3,442.77	2,013.07	9,844.83	19.08 %
<i>Prioritario para su Restauración</i>	0	272.94	418.62	719.16	657.14	2,067.86	4.01 %
<i>Total de superficie evaluada por predio</i>	3,760.75	12,818.23	7,145.27	8,194.7	19,678.09	51,597.04	100.00 %
<i>Porcentaje</i>	7.29 %	24.84 %	13.85 %	15.88 %	38.14 %	100.00 %	

De igual manera en el Cuadro anterior puede observarse que el predio con mayor superficie evaluada es el Ejido La Soledad (19,678.09 hectáreas), quien además acumula la mayoría de dicha superficie (11,271.79 hectáreas) en la categoría de regular estado de conservación. Por otro lado, el predio que cuenta con una menor superficie evaluada es la PP Guadalupe (3,760.75 hectáreas), quien además acumula una superficie de 1,352.83 hectáreas en la categoría de prioritario para su conservación. La representación gráfica de los mapas de zonificación para cada predio se muestran en el *Anexo 1*.

4.3 Jerarquización de sitios por criterio de evaluación de la degradación

Para el presente apartado, solo fueron tomados los datos generados para la Propiedad Privada Guadalupe, Municipio de Mapimí Durango. Los valores totales resultantes de la evaluación de la degradación fueron ordenados de manera descendente y analizados posteriormente conforme a los órdenes jerárquicos propuestos en el apartado de jerarquización de sitios por criterio de evaluación del Capítulo de Materiales y Métodos.

El ordenamiento resultante de los sitios con respecto a la aplicación de los criterios tales como Respuesta social, Susceptibilidad a la erosión, Presión ganadera, Potencial de recuperación, capacidad de manejo, así como el ordenamiento sin la aplicación de sistemas para la toma de decisiones, se muestra en el Cuadro 35. Esta misma información es detallada en la interpretación de las figuras del 1 al 15 citadas en el Anexo 3. En este se pueden apreciar claramente las diferencias en el orden de prioridad que toman los diferentes sitios evaluados con respecto al criterio de evaluación, incluyendo cuando se emplean los valores promedio resultantes para el sitio, así como el rango de sensibilidad para la decisión. Los sitios ordenados con mayor promedio fueron considerados los de mejor estado de conservación, lo que indica que los sitios ubicados al final de cada lista serán considerados como prioritarios para su restauración. Por lo tanto, los valores de orden más altos corresponden a sitios prioritarios para su restauración.

Cuadro 35. Ordenamiento de sitios evaluados con respecto al criterio de evaluación de la degradación

Sitio	Lado	Jerarquización Sin criterio Específico	Respuesta social		Susceptibilidad a la erosión		Presión ganadera		Capacidad de manejo		Potencial de recuperación	
			Promedio	Rango	Promedio	Rango	Promedio	Rango	Promedio	Rango	Promedio	Rango
El del rancho	Izquierdo	27	31	30	21	13	32	25	32	14	22	28
El del rancho	Derecho	31	33	34	24	20	33	28	33	15	26	31
Camino viejo del bajío	Derecho	24	6	7	29	9	10	2	4	6	29	11
Camino viejo del bajío	Izquierdo	28	9	3	35	4	25	9	15	8	35	4
Camino candelillero de teban	Izquierdo	8	2	15	8	17	13	11	3	23	13	9
Camino candelillero de teban	Derecho	13	12	17	14	24	16	15	6	18	27	5
Mogotito de juanito talegas	Derecho	7	4	33	7	14	11	10	12	26	6	20
Mogotito de juanito talegas	Izquierdo	10	10	25	10	29	6	20	11	28	20	16
El rebozero	Derecho	32	20	13	27	23	23	22	28	24	30	23
El rebozero	Izquierdo	33	23	12	34	21	34	13	31	19	32	18
El barreal	Izquierdo	35	27	23	30	34	29	34	34	34	11	7
El barreal	Derecho	34	28	24	31	35	30	35	35	35	12	8
El de la libertad	Derecho	3	32	2	4	2	14	12	9	2	4	10
El de la libertad	Izquierdo	6	35	5	5	3	24	8	13	1	7	14
La puerta de la libertad	Derecho	1	29	1	1	1	1	26	10	4	1	3
La puerta de la libertad	Izquierdo	5	34	4	6	6	2	29	19	7	5	6
La palma caída	Derecho	9	1	11	13	15	17	3	1	12	16	12

La palma caída	Izquierdo	17	3	9	26	10	3	14	5	11	25	17
La vaca gateada	Derecho	16	19	16	23	16	7	21	16	20	23	21
La vaca gateada	Izquierdo	15	16	20	19	27	9	23	18	27	19	29
Arrollitos del ombligo	Derecho	20	14	22	17	31	21	18	21	30	14	34
Arrollitos del ombligo	Izquierdo	23	17	18	22	32	22	19	22	29	21	32
Los venados	Derecho	26	25	35	25	22	26	27	23	16	28	27
Los venados	Izquierdo	30	26	32	28	25	27	30	30	21	31	33
El veintiúnico	Derecho	4	11	14	2	7	28	1	2	3	2	15
El veintiúnico	Izquierdo	22	22	28	11	12	35	5	27	13	8	22
El ultimo	Derecho	2	24	10	3	5	8	7	8	5	3	13
El ultimo	Izquierdo	19	30	27	15	19	20	33	29	22	17	30
Puerta a san Felipe	Izquierdo	12	21	31	9	30	4	32	24	31	9	25
La loma norte	Derecho	14	8	29	12	26	12	24	25	33	10	26
La loma norte	Izquierdo	21	13	26	18	33	15	31	26	32	18	35
Entronque a la india	Derecho	11	15	21	16	18	5	17	7	17	15	24
Entronque a la india	Izquierdo	18	18	19	20	28	18	16	20	25	24	19
Curva a la flor	Izquierdo	25	5	8	32	8	19	6	14	9	33	1
Curva a la flor	Derecho	29	7	6	33	11	31	4	17	10	34	2

4.3.1 Correlaciones divariadas y análisis de componentes principales

La matriz de correlaciones divariadas se muestran en el Cuadro 36. La evaluación de sitios sin ordenamiento jerarquizado de los criterios está correlacionado significativamente ($p < 0.05$) con las evaluaciones jerarquizadas en base a los criterios de Susceptibilidad a la erosión, Capacidad de manejo, Potencial de recuperación y Presión ganadera, lo cual se aprecia debido a los coeficientes de correlación de Pearson con valores de 0.90, 0.71, 0.70 y 0.69 respectivamente. La evaluación de la degradación tomando como criterio preponderante a la respuesta social, no se correlaciona significativamente con la evaluación de la degradación sin jerarquización. Esto muestra que la degradación total es afectada por factores físicos principalmente, posteriormente por criterios de manejo ganadero y no es afectada por factores sociales.

Por su parte, el criterio de respuesta social se relaciona significativamente ($p = 0.001$) con el criterio de capacidad de manejo ($r = 0.56$), indicando claramente que la implementación de obras de restauración depende principalmente de factores sociales como disponibilidad de jornaleros o la lejanía del sitio mas que por factores físicos y de manejo. El criterio de susceptibilidad a la erosión se relaciona significativamente ($p < 0.05$) con los criterios de Potencial de recuperación, Presión ganadera y Capacidad de manejo expresado en los coeficientes de correlación de Pearson con valores de 0.84, 0.47 y 0.44 respectivamente; mostrando que la condición de variables físicas de degradación de suelo, está determinada por la misma capacidad de recuperación de estos, por la forma de uso y por el manejo que se les proporcione para su recuperación.

El criterio de Presión ganadera se relaciona significativamente ($p = 0.000$) con Capacidad de Manejo ($r = 0.56$) y el criterio de Capacidad de manejo se relaciona significativamente

($p=0.006$) con Potencial de recuperación ($r=0.46$). Solamente el criterio de Capacidad de manejo ordenado por promedio se relaciona significativamente ($p=0.001$) con su ordenamiento basado en el rango ($r=0.53$), lo que indica que únicamente este criterio conserva su sensibilidad a pesar de las modificaciones en la jerarquización de los criterios.

Cuadro 36. Coeficientes de correlación de Pearson para evaluaciones de la degradación con diferentes criterios de jerarquización

	Jerarquización sin criterio específico	Respuesta social promedio	Respuesta social por rango	Susceptibilidad a la erosión promedio	Susceptibilidad a la erosión por rango	Presión ganadera promedio	Presión ganadera por rango	Capacidad de manejo promedio	Capacidad de manejo por rango	Potencial de recuperación promedio
Respuesta social promedio	0.09 p=.606									
Respuesta social por rango	0.31 p=.073	0.11 p=.529								
Susceptibilidad a la erosión promedio	0.91 p=.000	-0.13 p=.454	0.06 p=.742							
Susceptibilidad a la erosión por rango	0.45 p=.007	-0.04 p=.838	0.65 p=.000	0.30 p=.077						
Presión ganadera promedio	0.69 p=.000	0.25 p=.155	0.25 p=.146	0.47 p=.004	0.15 p=.383					
Presión ganadera por rango	0.29 p=.091	0.54 p=.001	0.52 p=.001	0.12 p=.509	0.59 p=.000	-0.05 p=.793				
Capacidad de manejo promedio	0.71 p=.000	0.56 p=.001	0.56 p=.001	0.44 p=.008	0.54 p=.001	0.56 p=.000	0.69 p=.000			
Capacidad de manejo por rango	0.36 p=.032	-0.12 p=.498	0.65 p=.000	0.23 p=.190	0.94 p=.000	0.03 p=.856	0.60 p=.000	0.53 p=.001		
Potencial de recuperación promedio	0.70 p=.000	-0.27 p=.117	0.02 p=.915	0.84 p=.000	0.18 p=.306	0.33 p=.052	-0.06 p=.752	0.19 p=.265	0.0653 p=.710	
Potencial de recuperación por rango	0.1927 p=.267	0.1703 p=.328	0.707 p=.000	0.0101 p=.954	0.5174 p=.001	0.119 p=.496	0.4157 p=.013	0.46 p=.006	0.4784 p=.004	0.0583 p=.740

Por otro lado, fue realizado el análisis por el método de componentes principales empleando como variables a los criterios de evaluación jerarquizados, los resultados se muestran en el Cuadro 37.

Cuadro 37. Componentes principales de la varianza de criterios de evaluación de la degradación

	Factor 1	Factor 2
Respuesta social	-0.358	0.839
Susceptibilidad a la erosión	0.934	0.195
Presión ganadera	0.479	0.640
Capacidad de manejo	0.276	0.871
Potencial de recuperación	0.938	-0.046
Varianza explicada	2.189	1.915
Proporción de la varianza	0.437	0.383

Se obtienen dos componentes principales denominados factores, los cuales explican el 82% de la varianza. El factor 1, que por sus características denominaremos “factores físicos de la degradación” se compone de las variables de potencial de recuperación y susceptibilidad a la erosión explicando el 44% de la varianza y el factor 2, que en este caso denominaremos “factores sociales de la degradación”, se compone de las variables de capacidad de manejo y de respuesta social. Finalmente, aunque la presión ganadera no es considerado dentro de alguno de los factores, se establecerá un factor denominado “factores de uso ganadero”, considerando que en el análisis de la incidencia del uso de criterios de evaluación para la selección de sitios para restauración solo se emplearon

valores de degradación de un solo predio y por lo tanto la presión ganadera en el predio tiende a ser más uniforme dentro del predio.

La información producto del análisis por componentes principales, se sistematiza en índices como se muestra a continuación:

$$FF(0.44) = -0.358RS + 0.934SE + 0.479PG + 0.276CM + 0.938PR \dots\dots\dots(11)$$

$$FS(0.38) = 0.839RS + 0.195SE + 0.640PG + 0.871CM - 0.046PR \dots\dots\dots(12)$$

$$ID = 0.44FF + 0.38FS \dots\dots\dots(13)$$

Donde:

ID.- Índice de degradación

FF.- Índice de factores físicos en la evaluación de la degradación

FS.- Índice de factores sociales en la evaluación de la degradación

RS.- corresponde al valor que toma la variable de respuesta social

SE.- corresponde al valor que toma la variable de susceptibilidad a la erosión

PG.- corresponde al valor que toma la variable de presión ganadera

CM.- corresponde al valor que toma la variable de capacidad de manejo

PR.- corresponde al valor que toma la variable de potencial de recuperación

Expresamente se entiende a partir de estos índices que la degradación está determinada por dos aspectos importantes, los factores físicos de la degradación y los factores sociales; donde en este caso los factores físicos tienen un valor de ponderación del 44% y los factores sociales tiene un valor de ponderación del 38%. En evaluaciones futuras, la degradación de un sitio puede determinarse con los índices expuestos anteriormente, después de la aplicación de la metodología de la evaluación de la degradación expuesta en el presente trabajo.

V. CONCLUSIONES

La degradación de suelos en la Reserva de la Biosfera Mapimí está influenciada en un 38% por factores sociales tales como la disposición y disponibilidad de productores para la restauración de áreas degradadas, así como el patrón de uso de los recursos del pastizal. Otro 43% de la degradación esta influenciada por factores físicos tales como la cantidad y calidad de la cobertura vegetal.

La Reserva de la Biosfera Mapimí presenta una condición regular con tendencia buena en el estado de conservación de los suelos, lo cual es afirmado en base a un predominio de frecuencias en estas categorías, sin embargo, el manejo actual de los agostaderos es una situación que pone en riesgo el estado de conservación de suelos.

La acción social participativa como principio de la investigación participativa, es una alternativa viable para la inclusión y educación de dueños y poseedores de tierras de pastizal en la evaluación de la degradación para la elaboración de programas comunitarios de restauración de suelos.

La baja cobertura tanto en calidad como en cantidad son los factores físicos que indican una mayor susceptibilidad a la erosión de los terrenos de la Reserva, donde su pérdida es atribuida a la elevada carga animal concentrada en la periferia de fuentes de abastecimiento de agua para el ganado.

El área de mayor impacto por un abrevadero es de aproximadamente 2800 hectáreas y el área efectiva uso de pastoreo por abrevadero es de aproximadamente 20,100 hectáreas. Esto se debe a las condiciones actuales de manejo, donde el área de impacto por abrevadero se ve incrementada por una asociación entre la alta carga animal y la inadecuada distribución de los abrevaderos. En la implementación de acciones de manejo ganadero, la efectividad se verá reflejada en una disminución del área de impacto.

El predio que tiene las mejores condiciones en el estado de conservación del suelo es el Ejido la Soledad, Jiménez, Chihuahua, posteriormente y en orden descendente le siguen los Ejidos Vicente Guerrero, Mohovano de las Lilas, Nuevo Huitrón en el municipio de Sierra Mojada, Coahuila y finalmente la PP Guadalupe, Mapimí Durango.

De manera general, son evidentes las diferencias en cuanto al estado de conservación de los predios evaluados, los cual esta determinado principalmente por las diferencias en las formas de uso ganadero de los pastizales y en la disponibilidad de mano de obra para la restauración de suelo.

La variabilidad de la respuesta social a la implementación de acciones de restauración de suelos está determinada por la distancia del sitio a la comunidad, la variabilidad en el aspecto de susceptibilidad a la erosión está determinada por la vegetación, principalmente en la cantidad presente en los sitios evaluados.

La cobertura vegetal es un indicador sensible tanto a aspectos ecológicos como a aspectos productivos, ya que por un lado, una buena condición en esta, asegura la retención de humedad en el suelo incrementando la resiliencia del ecosistema y por el otro, permite la producción de materia seca disponible para el mantenimiento de ganado, lo cual incrementa la capacidad de carga del agostadero y con ello la productividad en el sistema productivo.

Los sistemas erosivos presentes provocados tanto por el agua y el viento, indican procesos erosivos ya iniciados en la mayoría de los sitios evaluados, que de continuar el uso de los predios bajo las mismas condiciones de manejo, seguirán avanzando, sobretodo por la elevada presión de pastoreo y la escasa protección de la superficie del suelo. El tipo de erosión en la Reserva es más laminar que lineal. El tipo de formación de suelo en la Reserva (depósitos de aluvión) permite suelos profundos y con ello, el desgaste lento de los horizontes del suelo (grado de erosión normal).

VI RECOMENDACIONES

La distribución del pastoreo en predios ganaderos puede ser promovida a través de la implementación de sistemas de pastoreo supeditados al manejo del agua de abrevadero o al establecimiento de potreros que permitan el descanso de áreas en periodos cíclicos determinados.

Una acción que puede ser viable para la promoción de la restauración de predios muy alejados de las localidades de residencia de los jornaleros potenciales, es el establecimiento de tarifas de pagos de jornales en base a la distancias de traslado de personal para la construcción de obras de restauración de suelo.

Los compromisos para la construcción de obras de restauración de suelo que puedan contraer los predios de la Reserva, están supeditados a la capacidad de avance de obra de un máximo de 10 jornaleros, compromisos mayores a este implicarían la contratación de personas externas a las comunidades de la Reserva. Lo anterior, por número de pobladores, no aplica para la localidad de Laguna de Palomas, Jiménez, Chihuahua.

La mala calidad de la cobertura vegetal de suelo está determinada por la escasa presencia de pastos nativos, por lo que las alternativas de manejo viables para la restauración de suelo en la Reserva son por un lado, la promoción del incremento de la cobertura vegetal a través de las resiembras de pastos nativos, además de el mejoramiento en la distribución del pastoreo en los predios ganaderos tomando como indicador estándares para calidad y cantidad de la cobertura vegetal. Un estándar recomendable para cantidad de cobertura vegetal es no permitir que el porcentaje de cobertura vegetal disminuya por

debajo del 25% y donde la calidad de la cobertura vegetal incluya la presencia de pastos al menos rodeando arbustos.

La variabilidad espacial de factores físicos de la degradación presenta mayor dificultad para ser modelada y solo implica el 44% en la toma de decisiones de restauración; por el contrario, los factores sociales y de manejo del predio presentan mayor facilidad para su modelación implicando un 38% más en la toma de decisiones. Sin embargo, la toma de decisiones utilizando ambos criterios implica un 82% de la probabilidad de tomar decisiones acertadas. Por lo tanto, la recomendación en este caso es considerar factores de manejo del predio y de participación social en la toma de decisiones para la restauración de áreas degradadas.

VII IMPLICACIONES DE MANEJO

Siendo objetivos con la realidad que acontece en los predios ganaderos de la Reserva de la Biosfera Mapimí, una **propuesta manejo técnico de la degradación** se integra por dos componentes principales: 1) Manejo preventivo y 2) Manejo Correctivo.

El manejo preventivo parte del conocimiento de las causas de la degradación del suelo a nivel de unidad por categoría de degradación, las cuales tienen efecto principalmente en la pérdida de la cobertura vegetal. Por ello, el objetivo central de conservación de áreas menos degradadas, se concentra en el mantenimiento y de ser posible, en la promoción de incrementos en la cobertura vegetal. Esto significa, que el manejo del resto de los elementos naturales y productivos, deberán estar en función de lo que sucede con la estructura y función de la cobertura vegetal en la unidad por categoría de degradación. Lo anterior implica el establecimiento de las siguientes acciones de manejo:

1. Establecer un sistema de indicadores para estructura y función de la cobertura vegetal por categoría de degradación, esto es establecer sitios de monitoreo permanente de la vegetación para variables tales como: composición botánica, frecuencia por especie, densidad por especie, producción de materia seca por especie, cobertura vegetal por especie y número de especies presentes.
2. Establecer un programa de manejo de ganado en función de la disponibilidad de forraje, estableciendo límites de uso. Esto implica claro, ajustar la carga animal a la capacidad de carga actualizada y el desarrollo de infraestructura para el manejo y uso del agostadero.
3. Establecer un sistema de manejo de escurrimientos con enfoque de cuenca. Para ello, habrá que determinar la disponibilidad de agua en los terrenos con el fin de

establecer las capacidades de sostenimiento de ganado y de promoción de la cobertura vegetal.

Por otro lado, el manejo correctivo tiene sustento en un programa de restauración de áreas degradadas, donde las actividades principales serían las siguientes:

1. Exclusión al uso ganadero de las áreas clasificadas como prioritarias para su restauración y según la disposición de los dueños del predio, incluir las áreas clasificadas como de mala condición. Lo anterior, al menos por 5 años para descanso de los terrenos.
2. Establecer un programa permanente de recolección, almacenamiento, tratamiento y siembra de semilla de plantas nativas del predio, sobre todo aquellas que presumiblemente se están perdiendo, hubo en el sitio y con potencial de uso ecológico y productivo. Pueden ser gramíneas preferentemente o de arbustos y hierbas. Así como un programa de producción de plantas nativas en vivero rústico para restauración. En la medida de lo posible, se busca no mover plantas de un sitio a otro para restauración.
3. Construcción de obras de conservación de suelo y agua en las áreas excluidas.
4. Construcción de un sistema de irrigación de áreas degradadas basado en el uso de los escurrimientos aledaños.
5. Establecer sitios de monitoreo permanente de la pérdida de suelo y de la cobertura vegetal.

Sin embargo, volviendo a la realidad de los predios ganaderos de la Reserva de la Biosfera Mapimí, una propuesta de manejo técnico de la degradación, de acuerdo a este estudio, tendría solo un 43% de impacto sobre la degradación de suelos. Otro 38% de

impacto, se ganaría con una **propuesta de manejo social de la degradación**. La cual es la más complicada incluso desde su estructuración y la que definitivamente tomará mucho más tiempo en concretarla. Sin embargo, si se definen claramente los objetivos a corto, mediano y largo plazo será posible alcanzarlos de manera satisfactoria.

En este caso, la estrategia de manejo social de la degradación, tiene por objetivo romper los esquemas de uso de los agostaderos basados en el uso únicamente extractivo de los recursos del pastizal. Para ello habrá que establecer nuevos esquemas de uso consensuados plenamente con los propietarios de tierras ejidales o privadas. Esquemas que se pueden diversificar en función de las condiciones sociales de los propietarios, de los conflictos internos entre poseedores, del arraigo a la tierra que poseen los usuarios de terrenos, de los regímenes de propiedad, del estado de la estructura organizativa entre los propietarios, entre otras que se pueden ir identificando sobre la marcha.

La estrategia deberá plantearse considerando los principios básicos de la investigación participativa, generando procesos de aprendizaje en el uso y manejo de los recursos del pastizal en un ambiente de retroalimentación permanente entre el manejador y el productor, hasta alcanzar el establecimiento de una autoreglamentación en el uso de los pastizales basados en tarifas de uso para reinversión en el pastizal.

Finalmente, podemos considerar algunos elementos de apoyo a la estrategia tales como el uso diversificado de los pastizales, la gestión de recursos económicos para inversión, la capacitación para el manejo de los agostaderos y del ganado, la asistencia técnica permanente y considerando como medio principal, la educación para la conservación.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACIARER-UPTWA. 2001.** Australian Centre for International Agricultural Research Enhanced Resource-Use Planning in Tropical Woodland Agroecosystems Facilitator: Multi-criteria Decision Support Tool. User's Manual and Applications Listing. Harare, Zimbabwe. 25 Págs.
- Anaya G., M. 2005.** Problemas de erosión y desertificación en suelos de América Latina. Conferencia Magistral. X Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Calñi Colombia. Departamento de Suelos. Universidad Autónoma Chapingo, México, México, 36 pp.
- Anaya G., M. 2003.** La desertificación en México: Lineamientos estratégicos para su prevención y control. Trabajo presentado en: "Diálogo Internacional sobre Políticas en Materia de Vulnerabilidad al Cambio Climático" Junio 17-18, 2003, Zacatecas, Zacatecas. 16 p. Encontrado el día 22 de Febrero de 2006 en <http://www.semarnat.gob.mx/dinternacional/PONENCIA%20DESERTIFICACION1.doc>
- Barral H. 1988.** El Hombre y su Impacto en los Ecosistemas a través del Ganado. En Montaña, C. (Editor) Estudio Integrado de los recursos vegetación, suelo y agua en la Reserva de la Biosfera Mapimí. I. Ambiente natural y humano. Instituto de Ecología A. C. México D. F. Pp. 241-268.
- Barral H. y Hernández L. 2001.** Los ecosistemas pastoreados desérticos y sus diversas formas de aprovechamiento: análisis de tres casos. En: Hernández, Lucina (Comp.). Historia Ambiental de la Ganadería en México. Instituto de Ecología, A. C., Xalapa, México. Pp: 85-97
- Becerra M., A. 2005.** Escorrentía, erosión y conservación de suelos. Primera reimpresión. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México. 375 pags.
- Bellon, M. R. 2002.** Métodos de investigación participativa para evaluar tecnologías: Manual para científicos que trabajan con agricultores. México, D. F.: CIMMYT.
- Biggs, S.D. 1989.** Resource-poor farmer participation in research: A synthesis of experiences from nine national agricultural research systems. OFCOR Comparative Study Paper No. 3. La Haya, Holanda. Servicio Internacional para la Investigación Agrícola Nacional (ISNAR).
- Budd L., H. 1983.** Investigación participativa, Conocimiento popular y Poder: Una reflexión personal. En: Vejarano M., G. Compilador. La investigación participativa en América Latina. Antología. CREFAL. Michoacán, México. 341 Págs. Acervo en línea de la biblioteca digital del CREFAL.

- Bunning S. 2002.** Land Degradation Assessment in Drylands. *In*: UNESCO (Ed). Combating Desertification. Rehabilitation of Degraded Drylands and Biosphere Reserves. Proceedings of the Internacional Workshop Aleppo Syria 2-3 May 2002. UNESCO-MAB Drylands Series No. 2: 77-80.
- Cañada T., M. R. 2006.** Análisis exploratorio de datos espaciales: Gráficos de distribución. *In*: A. Moreno J. (Ed). Sistemas y análisis de la información geográfica. Manual de autoaprendizaje con ArcGIS. Ed. Alfaomega Ra-Ma Impreso en México D. F.
- Carabias, J. 1999.** La Historia del deterioro de los recursos naturales en México. En Universidad Autónoma Chapingo (Editor) La destrucción de las Indias y sus recursos renovables 1492-1992. Chapingo México. Pp. 43-54.
- Castro Filho, C., Cochrane, T. A., Norton, L. D., Caviglione, J. H., and Johansson, L. P. 2001.** Land degradation Assessment: Tools and techniques for measuring sediment load. 3rd International Conference on Land Degradation and Meeting of the IUSS Subcommittee C – Soil and Water Conservation. September 17-21, 2001-Rio de Janeiro-Brazil. 20 p. Encontrado el día 22 de Febrero de 2006 en <http://www.civil.canterbury.ac.nz/staff/./%5Cpubs%5CCochraneICLD3KS-02.pdf>
- Clark Labs. 1999.** Carta Linx: The Spatial Data Builder Version 1.2
- Colegio de Postgraduados. 1977.** Manual de Conservación del Suelo y del Agua. Chapingo México.
- CONANP. 2006.** Programa de Conservación y Manejo Reserva de la Biosfera Mapimí. Primera edición. SEMARNAT/CONANP. México D. F. 178 Págs.
- CONANP. 1999.** (No Publicado). Metodología para la evaluación de la degradación en el Área de Protección de Flora y Fauna Maderas del Carmen. Saltillo Coahuila.
- COTECOCA 1979** Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, subsecretaria de ganadería Durango, Comisión Técnico Consultiva para la Determinación Regional de los Coeficientes de Agostadero, Ed. Calypso, S.A., México 13, D.F. 200 Págs.
- De Schuter, A. 1983.** Investigación participativa: una opción metodológica para la educación de los adultos. CREFAL. Michoacán México. Acervo en línea de la biblioteca digital del CREFAL.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 2001.** Norma Oficial Mexicana NOM-020-RECNAT. Que establece los procedimientos y lineamientos que se deberán observar para la rehabilitación, mejoramiento, y conservación de los terrenos

forestales de pastoreo. Diario Oficial de la Federación del 10 de diciembre de 2001.

Diario Oficial de la Federación (DOF). 2000. Decreto por el cual se declara como área natural protegida, con el carácter de reserva de la biosfera, la región denominada Mapimí, ubicada en los municipios de Mapimí y Tlahualilo, en el Estado de Durango; Jiménez, en el Estado de Chihuahua, y Francisco I. Madero y Sierra Mojada, en el Estado de Coahuila, con una superficie total de 342,387-99-17.225 hectáreas. Diario Oficial de la Federación del 17 de noviembre de 2000.

Dregne H., E. 1976. Desertication: Symptom of a Ccrisis. *In: Desertification Process, Problems, perspectives.* The Univerity of Arizona, Tucson, Arizona, pp. 11-24

ESRI. 1999. ArcView GIS 3.2. Environmental Systems Research Institute, Inc.

Facilitator versión 1.3.4 2002. Generado por Netstorm Pty Ltd (<http://www.netstorm.net.au>) y el departamento de recursos naturales Queensland Australia (<http://www.dnr.qld.gov.au>).

FAO. 2002. Evaluación de la degradación de tierras en Zonas Áridas (LADA: Land Degradation Assessment in Drylands). 20 p. Encontrado el día 22 de febrero de 2006 en <http://www.medioambiente.gov.ar/archivos/web/DCSyLD/File/documentolada.pdf>

FAO. 1997. Manual de Captación de Agua de Lluvia. Versión 1991. Traducción de: Manuel Anaya Garduño. Primera Edición en Español, 1997. Publicación especial 6. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo (S.M.C.S.). Chapingo, México. 128

García I., J. G. Martínez J. (2004) Caracterización de la Reserva de la Biosfera Mapimí Mediante el uso de sistemas de información geográfica. *In: Memorias del IV Simposio Internacional sobre la Flora Silvestre en Zonas Áridas.* Universidad Autónoma de Chihuahua-Universidad de Sonora. Pp: 369-377.

Geilfus, F. 2001. 80 Herramientas para el desarrollo participativo. Diagnóstico. Planificación. Monitoreo. Evaluación. SAGARPA-INCA RURAL-IIICA. 208 Págs.

Golden Software Inc. 1999. Surfer Version 7.00. Surface Mapping System. Golden Colorado E.U.A.

Gross, M. 2007. Restoration and the Origins of Ecology. *Restoration Ecology* Septiembre: 375-376.

- Grupo de Estudios Ambientales A. C., 2000.** Memoria del Taller de trabajo en Saltillo Proyecto de Indicadores de la Desertificación “Indicadores de relevancia local”. Universidad Autónoma de Coahuila. Saltillo, Coahuila, México. 3 y 4 de Agosto del 2000. México, D. F.
- GS+TM Geostatistics for the Environmental Sciences** for Windows Version 3.1.7 Professional edition. Gamma design software.
- Hardin G. 1968.** The Tragedy of Commons. *Science* 162:1243-1248.
- Heywood D., I; Cornelius, S.; Carver, S. 2006.** An introduction to geographical information systems. 3ed ed. Pearson Prentice Hall. Artes Gráficas Spain. 426 Pags.
- Holtz U. 2003.** La Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNULD) y su dimensión política. Quinta mesa redonda de parlamentarios. Bonn, 26 de Mayo 2003. 14 p. Encontrado el día 22 de febrero de 2006 en [http://www.unccd.int/parliament/data/bginfo/PDUNCCD\(spa\).pdf](http://www.unccd.int/parliament/data/bginfo/PDUNCCD(spa).pdf)
- INEGI, Censo de población y vivienda 2000.** Resultados definitivos. Tabulados básicos. Chihuahua, Coahuila, Durango. Aguascalientes, Ags.
- Lane, J., Yakowitz, D. S., Stone, J. J., Hernández, M., Heilman, P., IMAM, B., Masterson, J. y Abolt, J. 1994.** A multiple objective Decision Support System for the USDA Water Quality Initiative. Overview of a Decision Support System. USDA ARS SWRC. Tucson Az, Pp. 1-8.
- Lantada Z., N y Núñez A., M. A. 2004.** Sistemas de Información Geográfica: Prácticas con ArcView. Ed. Alfaomega. Colombia.
- Lawrence, P. and Shaw, R. 2000.** A framework evaluating options for water resource infra structure development. Department of Natural Resources. Resources Science and knowledge. Australia. 13 Pags.
- Lawrence, P.; Shaw, R.; Lane, L. and Eisner, R. 2000.** Participatory multiple objective decision making processes: Emerging approaches with new challenges. American Society for civil engineering (ASCE). Watershed Management 2000 Symposium. 20-24 June, 2000. Ft Collins Colorado USA. 12 Pags.
- Maguire D. J. 1991.** An overview and definition of GIS. In: Maguire D. J., Goodchild M. F., Rhind D. W. (eds.) Geographical Information Systems: Principles and Applications. Longman, London, vol. 1, pp. 9-20.

- Martín R., M. H.; Ibarra F., F. A.; González, M. H.; González V., E.; Ortega S., A. 2003.** Alternativas de rehabilitación de agostaderos en el Norte de México. In: Memorias del I Simposio Internacional de Manejo de Pastizales. Noviembre 24-28 del 2003. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, Ags.
- Matlock W., G. 1976.** Segments of vicious circle: land desertification: process, problems, and perspectives. The University of Tucson, Arizona, pp 40-44.
- Maurer B. A. 2006.** Ecological Restoration from a Macroscopic Perspective. In: A. Donald A. Falk, Margaret A. Palmer and Joy B. Zedler (Eds), foreword by Richard J. Hobbs. Foundations of restoration ecology. Society for Ecological Restoration International (SERI). Washington D.C. USA. Pp:303-314.
- Montaña, C. 1988.** Las formaciones vegetales. In: C. Montaña (Ed.). Estudio integrado de los recursos vegetación, suelo y agua en la Reserva de la Biosfera Mapimí. I. Ambiente Natural y Humano. Publ. No. 23. Pp: 167-197. Instituto de Ecología, A. C. 290 Pág.
- Morales F., H.; Vilchis B., C. A.; Cancino R., J. ; Carreto S., B.; Muñoz S., A. M.; Sánchez L., G.; González G., G. 2004.** De Campesino a Campesino: Dinámicas y herramientas para promotores ambientales rurales. SEMARNAT-CECADESU. México D. F. 117 Págs.
- Moreno J., A. 2006.** Sistemas y análisis de la información geográfica. Manual de autoaprendizaje con ArcGIS. Ed. Alfaomega Ra-Ma Impreso en México D. F. 895 Pags.
- Moser H. 1978.** La investigación-acción como nuevo paradigma en las ciencias sociales. En: Crítica y política en ciencias sociales. Simposio mundial de Cartagena. Tomo I. pp. 117-140. Editorial Punta de Lanza, Bogotá, Colombia.
- Mundo M., M. D., P. Martínez A., R. Ballinas A. y L. M. Rodríguez. 2001.** La importancia de las ciencias sociales y de comunicación en la transferencia de tecnología, caso de estudio: Construcción de un colector de agua de lluvia en la comunidad indígena Tzotzil de Yalentay, Chiapas. In: Memoria de la VII reunión nacional sobre sistemas de captación de agua de lluvia. Chapingo México 2001.
- Ortiz S., M. de la L. M., Anaya G., M.; Estrada B. W., J. W. 1994.** Evaluación, cartografía y políticas preventivas de la degradación de la tierra. Colegio de Posgraduados-Universidad Autónoma Chapingo-Comisión Nacional de Zonas Áridas. Primera Ed. en Español. ISBN-968-839-186-7. México D. F. 161 Págs.
- Palmer M. A., Falk D. A., Zedler J. B. 2006.** Ecological Theory and Restoration Ecology. In: A. Donald A. Falk, Margaret A. Palmer and Joy B. Zedler (Eds),

foreword by Richard J. Hobbs. Foundations of restoration ecology. Society for Ecological Restoration International (SERI). Washington D.C. USA. Pp:1-10.

Pellant, M., P. Shaver, D.A. Pyke, and J.E. Herrick. 2005. Interpreting indicators of rangeland health, version 4. Technical Reference 1734-6. U.S. Department of the Interior, Bureau of Land Management, National Science and Technology Center, Denver, CO. BLM/WO/ST-00/001+1734/REV05. 122 pp.

Pickles, J. (Ed) (1995). Ground truth: the social implications of Geographical Information Systems. Guilford Press, New York

Plan de Acción para Combatir la Desertificación en México (PACD-México). 1994. CONAZA-SEDESOL. Primera Edición, 1994. México. 150 Págs.

Ramírez C., H., I. García G. y J. G. Martínez R. 2005. Caracterización participativa de agostaderos degradados en un predio de la Reserva de la Biosfera Mapimí. *In:* Memorias del II Simposio Internacional de Manejo de Pastizales. Trabajos in extenso Zacatecas, Zacs. Pp. 274-280.

Robertson, G.P. 1998. *GS+: Geostatistics for the Environmental Sciences*. Gamma Design Software, Plainwell, Michigan USA.

Sánchez, I., Macías, H., Heilman, P., González, G., Mendoza, S. F., Inzunza, M. A., Estrada, J. 2006. Planeación multiobjetivo en los distritos de riego de México. Aplicación de un sistema de auxilio para la toma de decisiones. Ingeniería hidráulica en México, vol. XXI, núm. 3, Pp: 101-111, Julio-Septiembre de 2006.

SEMARNAT. Informe de la situación del Medio Ambiente en México 2002 encontrada el día 17 de Mayo del 2005. En http://www.semarnat.gob.mx/estadisticas_2000/informe_2000/03_suelos/index.shtml

SEMARNAT. Metodología de la evaluación de la degradación en México. Encontrada el día 16 de Mayo de 2005b. En http://www.semarnat.gob.mx/estadisticas_2000/03_suelos/3.2_degradacion/recuadro_III.3.3.3/index.shtml

SEMARNAT. La degradación de suelos en México encontrada el día 16 de Mayo de 2005c. En http://www.semarnat.gob.mx/estadisticas_2000/informe_2000/03_suelos/3.2_degradacion/recuadro_III.3.3.2/index.shtml.

SEMARNAT. Metodología de la evaluación de la degradación en México. Encontrada

el día 16 de Mayo de 2005d. En http://www.semarnat.gob.mx/estadisticas_2000/03_suelos/3.2_degradacion/recuadro_III.3.3.3/index.shtml

SEMARNAP-PROFEPA. 1997. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente – Delitos Ambientales. Primera Edición, Enero de 1997. México DF. 244 Pags.

Smale, M. y V. Ruttan. 1997. Social capital and technical change: The groupements Naam of Burkina Faso. En: C. Clague (ed.), Institutions and Economic Development. Baltimore, Maryland: Johns Hopkins. Pp. 183-200.

Smith et al. 1993. Using Multiple-Variable Indicator Kriging for Evaluating Soil Quality. Soil Sci. Soc. Am. J., Vol. 57, May-June. Pp: 743-749.

Society for Ecological Restoration International (SERI). 2002. The SERI primer on ecological restoration. www.ser.org/.

Stat soft Inc. 2000. STATISTICA Kernel release 5.5 A Copyright © 1984-2000.

UNESCO. 1994. Asamblea General A/AC.241/27 12 de septiembre de 1994. Elaboración de una Convención Internacional de Lucha Contra la Desertificación en los países afectados por sequía grave o desertificación, en particular en África. 66 p. Encontrado el día 22 de febrero de 2006 en <http://www.gmu-unced.org/Spanish/Docs/conveng.pdf>

Urban D. L. 2006. A Modeling Framework for Restoration Ecology. In: A. Donald A. Falk, Margaret A. Palmer and Joy B. Zedler (Eds), foreword by Richard J. Hobbs. Foundations of restoration ecology. Society for Ecological Restoration International (SERI). Washington D.C. USA. Pp:238-256.

USSD. 2003. United Status Society on Dams. Planning Processes for the development of Dams and Reservoirs. Public involvement and alternative Analysis. A framework for successful decision-making. Denver. 6 págs.

Valdez-Cepeda, R. D. 1991. Estimación del agua en el suelo. TERRA Vol. 9, Num. 2. Pp: 114-121.

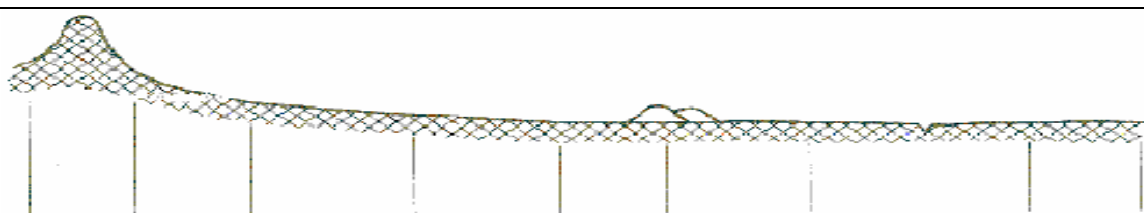
Vann J. y Guibal G., D. 1998. Beyond Ordinary Kriging – An Overview of Non-Linear Estimation. In: The Geostatistical Association of Australiasa. Beyond Ordinary Kriging: Non-Linear Goestatistical in Practice. West Perth WA Australia Pp: 6-25.

- Viramontes P., D. 1992.** Redistribución espacial del agua en el paisaje, escurrimiento y erosión hídrica a través de una toposecuencia. En: J. P. Delhoume y M. E. Maury (Editores). 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 Pp. 143-159 Instituto de ecología, A. C., Instituto Francés de Investigaciones científicas para el Desarrollo en Cooperación (ORSTOM), Centro de estudios Mexicanos y Centro americanos. 396 Págs..
- Yakowitz, D. S. and Weltz, M. 1998.** An algorithm for computing multiple attribute additive value measurement ranges under a hierarchy of the criteria: application to farm or rangeland management decisions. Multicriteria Analysis for Land Use Management. Beinat, E. y Nijkamp P. (Ed.) Boston: Kluwer Academic Publishers. Pp. 163-167.
- Yakowitz, D. S.; Lane, L. J. and Szidarovszky, F. 1993.** Multi-attribute decision making: dominance with respect to an importance order of the attributes. Appl. Mathem. And Comput. 54:167-181.
- Zárate Z., R. y Ramírez G., M. E. 2004.** Metodología estadística para la interpretación de datos sobre degradación de la tierra. Universidad Autónoma Chapingo. México D. F. 118 Págs.

IX. ANEXOS

Anexo 1. Formato de campo para la caracterización de áreas degradadas

IDENTIFICACION DEL SITIO Y RESPUESTA SOCIAL						FECHA:						
Estado:			Municipio:			Comunidad:						
Nombre del sitio:						Distancia a la comunidad:						
0 a 2 Km.		5	2 a 4 Km.		4	4 a 6 Km.		3	6 a 10 km.	2	Más de 10 km	1
Latitud:		Longitud:		Altitud:		Jornaleros potenciales:						
0 jornaleros		1	1 a 5 jornaleros		2	6 a 10 jornaleros		3	Más de 11 jornaleros		4	
Transecto:						No. de sitio:		Lado:				

SUSCEPTIBILIDAD A LA EROSION:									
Características del Terreno:									
									
Pie de Monte	4	Bajada Superior	3	Bajada Inferior	2	Bajada/playa			1
Pendiente del terreno:									
(6-25 %)	1	(2-6 %)	2	(1-2 %)	3	(0-1 % ⁷)			4
Cobertura Vegetal:									
Vegetación Nula Sin Horizonte orgánico	Sin horizonte orgánico, raíces expuestas de arbustivas dispersas, sin estrato herbáceo, afloramientos rocosos		Horizonte orgánico evidente con presencia de pastos no abundantes o solo rodeando arbustos, evidencia de pedregosidad		Horizonte orgánico presente, estrato arbustivo continuo, áreas dispersas con herbáceas y pastos		Presencia abundante de pastos, hierbas y arbustos.		
1	2		3		4		5		
Relación Suelo desnudo (SD): Cobertura Vegetal (CV)									

⁷ Rango de pendiente del terreno

	Mediciones								SUMA
CV ⁸									
CV									
CV									
CV									
CV									
CV									
CV									
CV									
CV									
						SUMA TOTAL			
						X 2 % COBERTURA			
						= VEGETAL			
1-5 %	1	5-10 %	2	10-25 %	3	25-50 %	4	50-100%	5

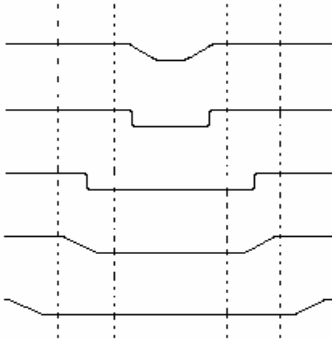
PRESION GANADERA:														
Número y caracterización de veredas de ganado doméstico										Uso				
No. vereda		Profundidad (cm.)		Ancho (m)		Profundidad de suelo desprendido (cm.)				Actual		Antiguo		
0 a 2	4	3 a 4	3	5 a 6	2	> 6	1							
Ubicación del aguaje más próximo:														
Nombre:						Distancia (km.):								
0-2 km.	1	2-4 km.	2	4-6 km.	3	6-10 km.	4	Mas de 10 km.	5					
Superficie total del predio				Inventario ganadero (carga animal):										
Especie	Clasificación											Cabezas	U. A.	
Bovinos	Vacas			Vaquillas			Sementales			Crías/año				
Equinos	Yeguas			Potras			Caballos			Burros				
Caprinos	Cabras			Tripas			Sementales			Crías/año				
CA ⁹		CAR ¹⁰		CA < CAR	1	CA = CAR	2	CA > CAR	3	Suma				
Infraestructura para el manejo de ganado:														
Suficiente				2	Insuficiente							1		

⁸ Metros de intersección de la planta sobre la línea.

⁹ Coeficiente de agostadero en Hectáreas determinado por COTECOCA (1979)

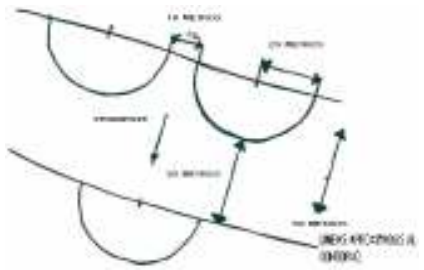
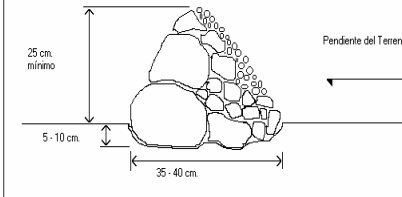
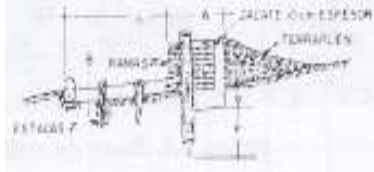
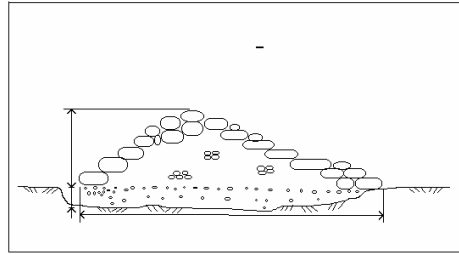
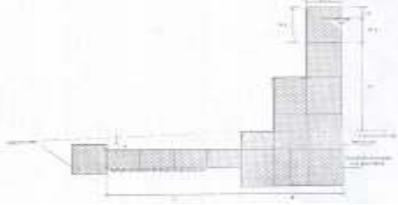
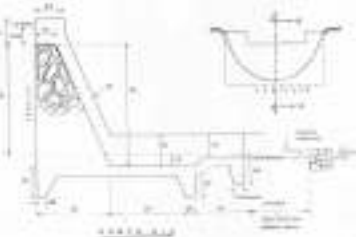
¹⁰ Coeficiente de agostadero en Hectáreas real o actual. Se calcula dividiendo la superficie total del predio sobre el total de unidades animal

Infraestructura para el manejo de agostaderos:									
Número de potreros					Número de agujajes				
Estado general de la infraestructura:									
Bueno	3	Regular	2	Malo	1				

POTENCIAL DE RECUPERACIÓN								
Forma de erosión hídrica								
		Erosión por salpicamiento	5					
		Erosión por canales	4					
		Erosión por cárcavas	3					
		Erosión en pedestales	2					
		Erosión en pináculos	1					
Sistemas erosivos presentes:								
<i>Figura</i>	<i>Nombre</i>	<i>Ancho</i>	<i>Talud</i>	<i>No.</i>				
	Canalillo	Menos de 1 metro	Suave					
	Canal	Menos de un metro	Pared					
	Cárcava	Más de un metro	Pared					
	Arroyuelo	Entre 1 y 2 metros	Suave					
	Arroyo	Más de 2 metros	Suave					
	Camino							
Suma Total								
0 a 2	4	3 a 4	3	5 a 6	2	Mas de 6	1	
Oportunidad de riego:								
Por captación In-situ	3	Por agua derivada	2	Riego artificial	1			

Superficie (Has): _____	Distancia (KM): _____	Superficie (Ha): _____	Distancia: _____ Superficie: _____
Capacidad de revegetación:			
Natural	2	Artificial	1
¿Qué plantas se observan?		¿Qué plantas había antes aquí?	

CAPACIDAD DE MANEJO														
Caracterización de sistemas erosivos presentes:														
No. de sistema erosivo	Longitud total (m)		Ancho Medio (m)		Profundidad media (m)			Pendiente (%)	Cobertura Vegetal al interior del sistema erosivo:					
									Vegetación	Sin horizonte orgánico, raíces expuestas de arbustivas dispersas, sin estrato herbáceo, afloramientos rocosos	Horizonte orgánico evidente con pastos no abundantes o solo rodeando arbustos, evidencia de pedregosidad	Horizonte orgánico presente, estrato arbustivo continuo, áreas dispersas con herbáceas y pastos	Presencia abundante de pastos, hierbas y arbustos.	
									1	2	3	4	5	
									Grado de erosión al interior del sistema erosivo2:					
									Nula	Normal	Ligera	Moderada	Severa	Muy severa
	No existente	Hasta 25 % de A	Hasta 50 % de A	Hasta 100 % de A	Hasta 50 % de B	Hasta 100% de B								
	3	2	1		3	2	1		6	5	4	3	2	1

Tipo de Obra a realizar					
Captación de agua y suelo					
	Bordos semicirculares de tierra	2		Bordos de piedra al contorno	1
Control de cárcavas					
	Presas de ramas	6		Presas de morillos	3
	Presas de piedra acomodada	5		Presas de gaviones	2
	Presas de malla de alambre	4		Presas de mampostería	1
Construcción de áreas de exclusión	1		Resiembra con pastos nativos	1	

Anexo 2. Mapas del estado de conservación de los suelos en 5 predios evaluados en la Reserva de la Biosfera Mapimí.

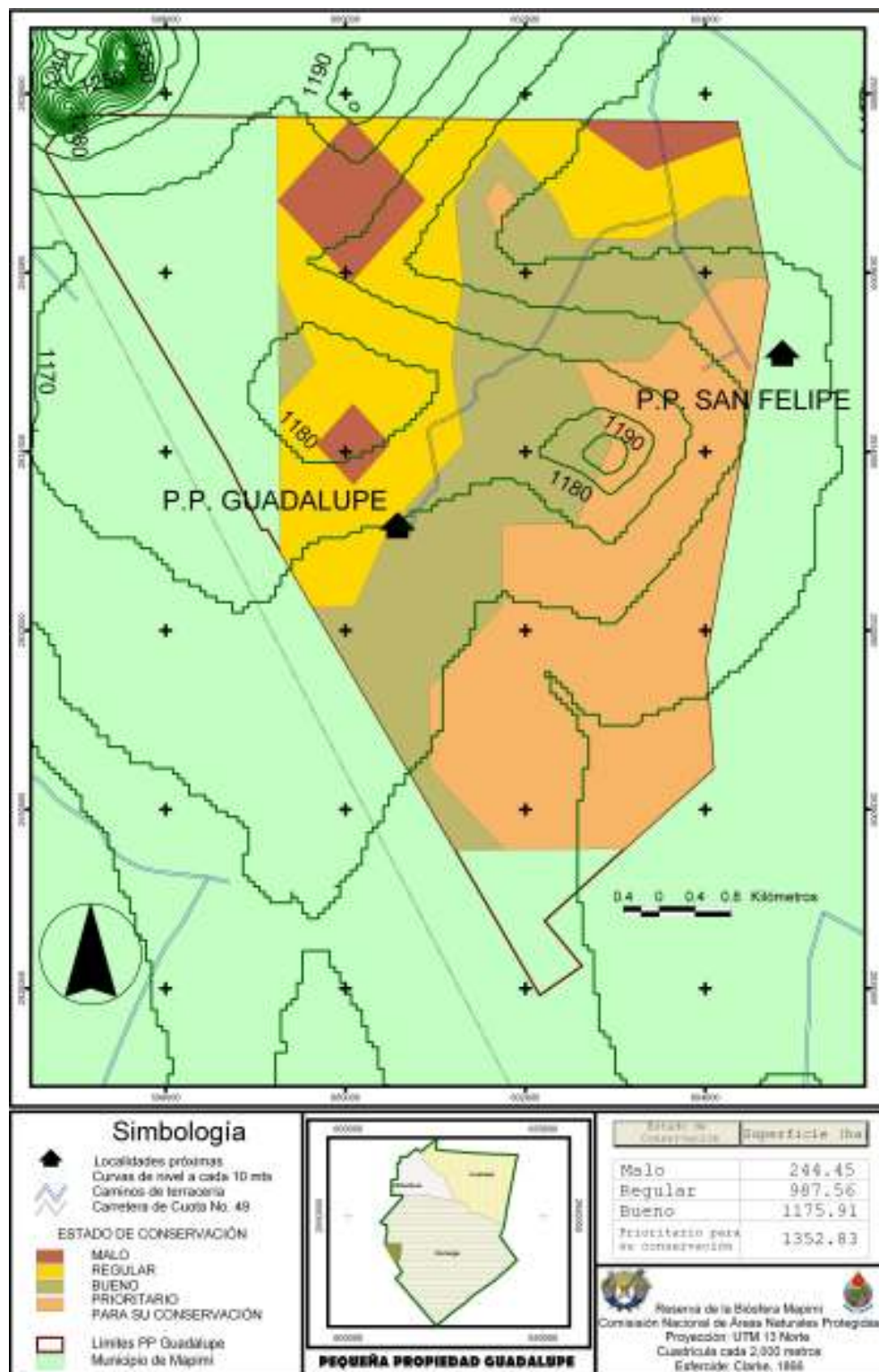


Figura 43 Mapa del estado de conservación de los suelos en la PP Guadalupe, Mapimí, Durango.

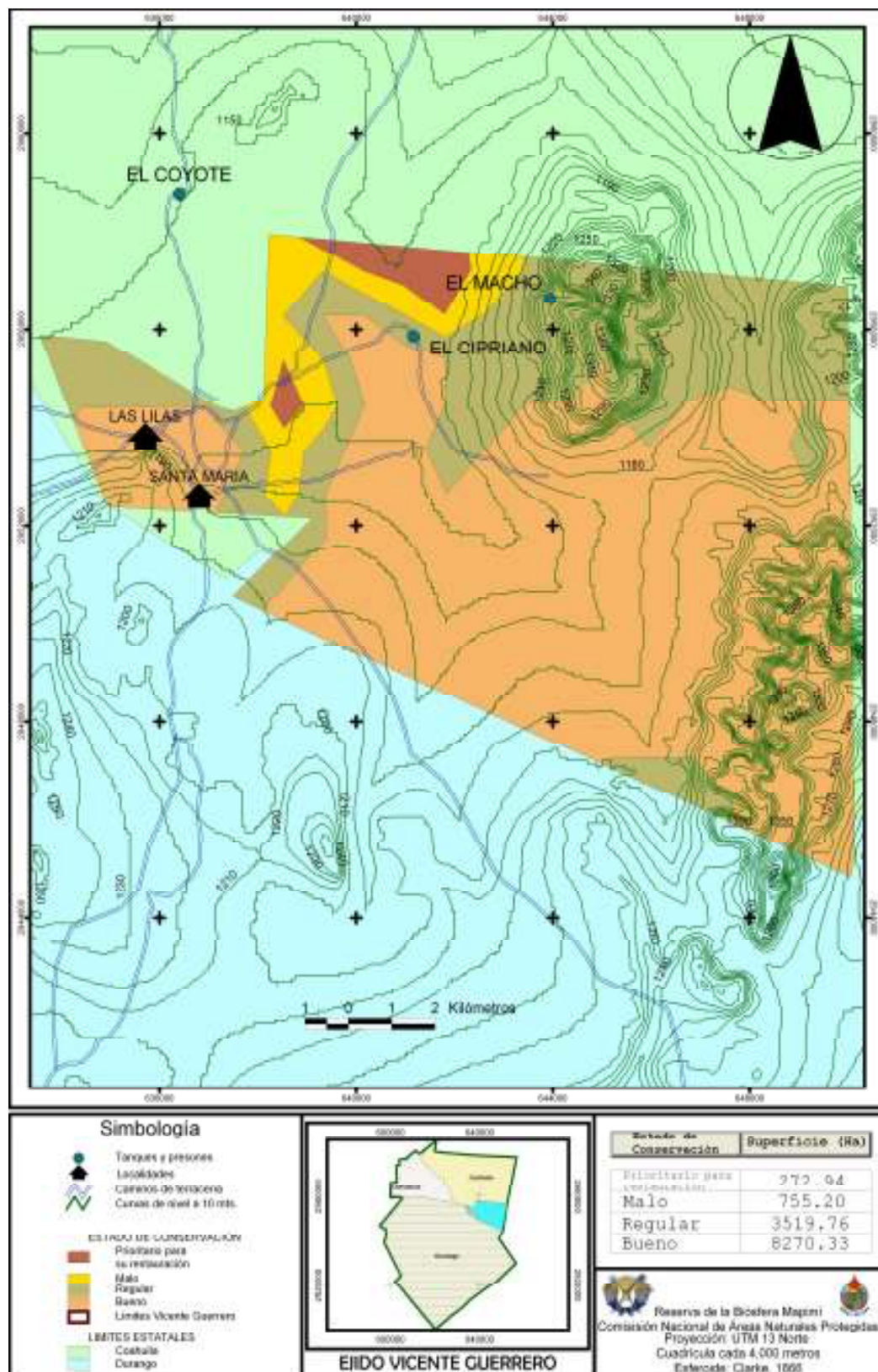


Figura 44. Mapa del estado de conservación de los suelos en el Ejido Vicente Guerrero, Sierra Mojada Coahuila

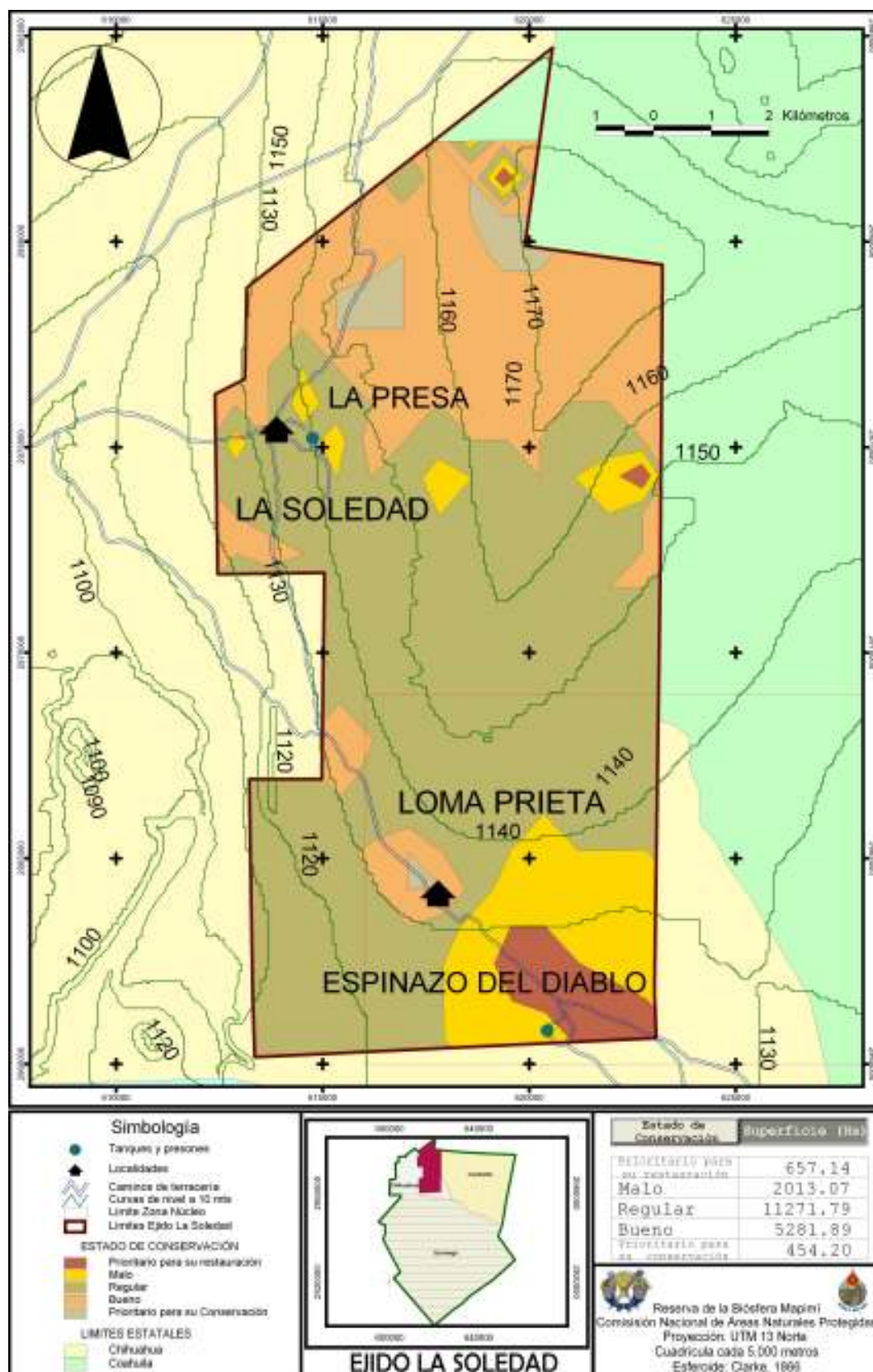


Figura 45. Mapa del estado de conservación de los suelos en el Ejido La Soledad, Jiménez Chihuahua

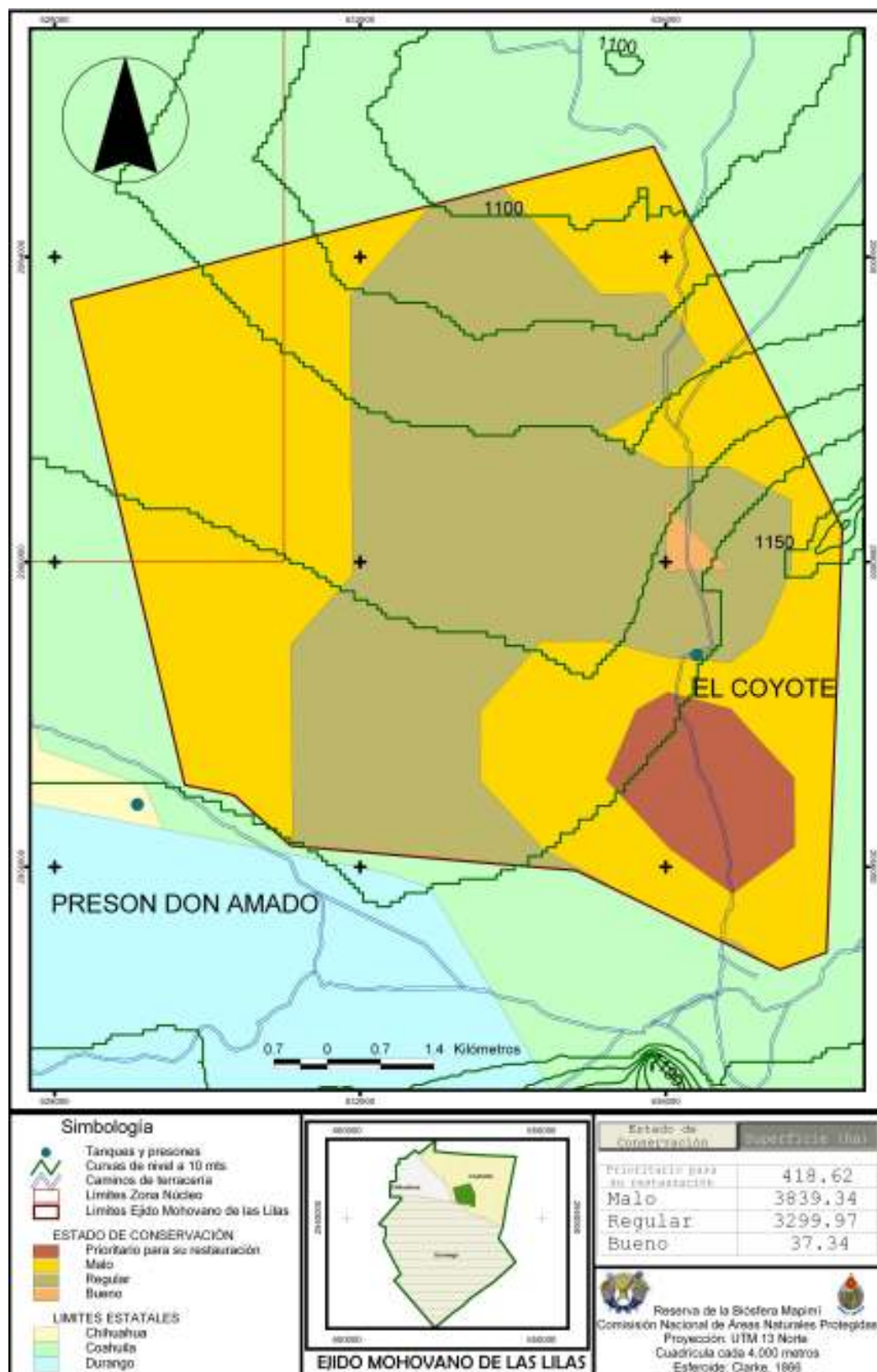


Figura 46. Mapa del estado de conservación de los suelos en el Ejido Mohovano de las Lilas, Sierra Mojada Coahuila

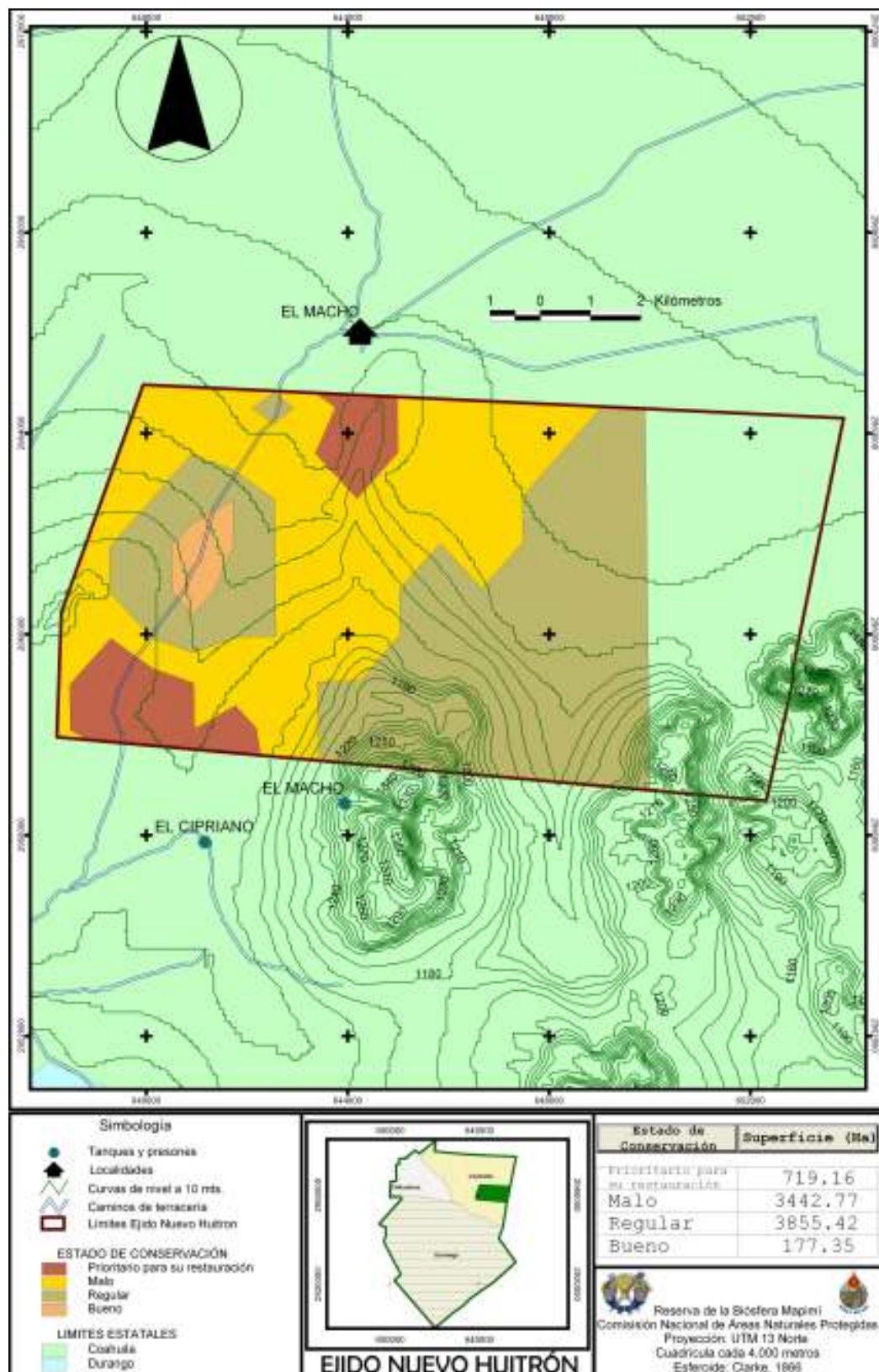


Figura 47. Mapa del estado de conservación del suelo en el Ejido Nuevo Huitrón, Sierra Mojada Coahuila

Anexo 3. Ordenamiento de sitios por promedio y por rango de sensibilidad de la toma de decisión para cada uno de los criterios de evaluación de la degradación.

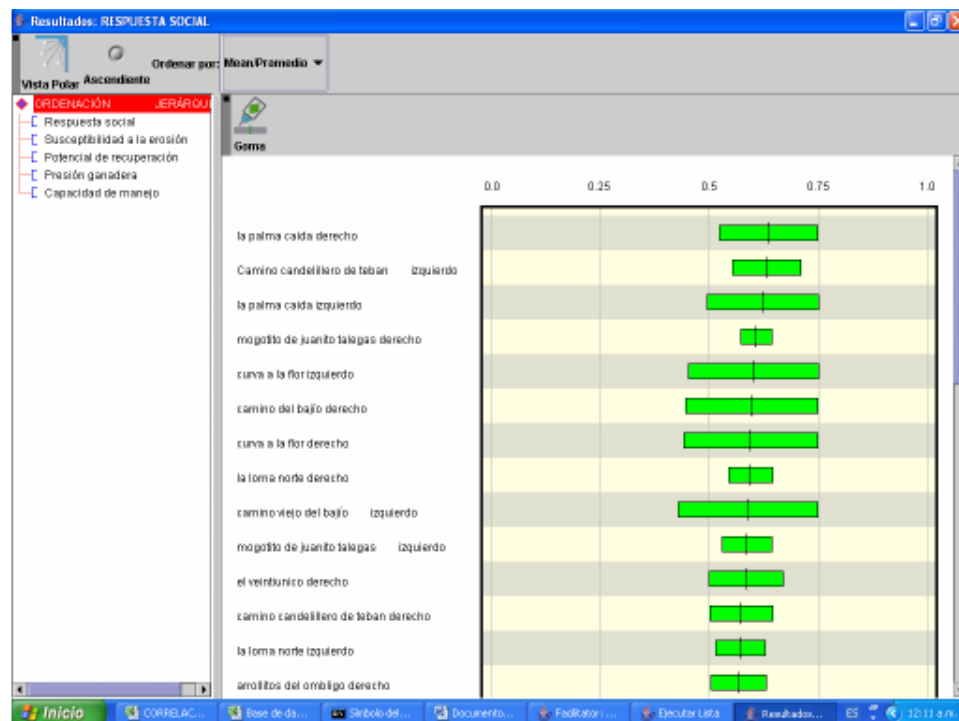


Figura 1a. Orden ascendente por promedio de los sitios para la ordenación jerárquica de respuesta social.

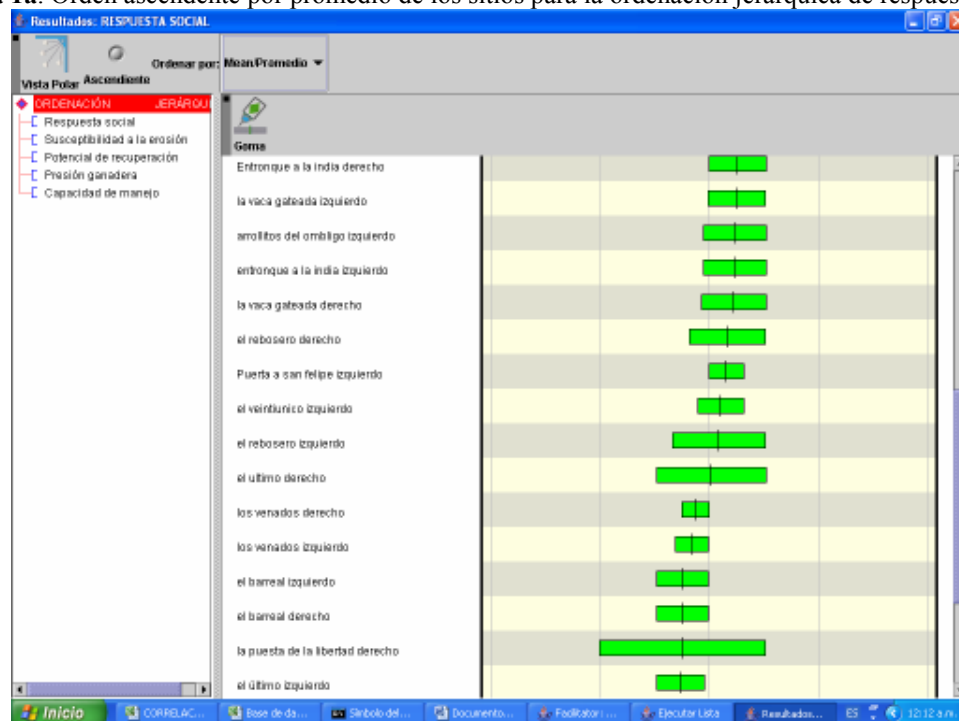


Figura 1b. Orden ascendente por promedio de los sitios para la ordenación jerárquica de respuesta social (continuación).

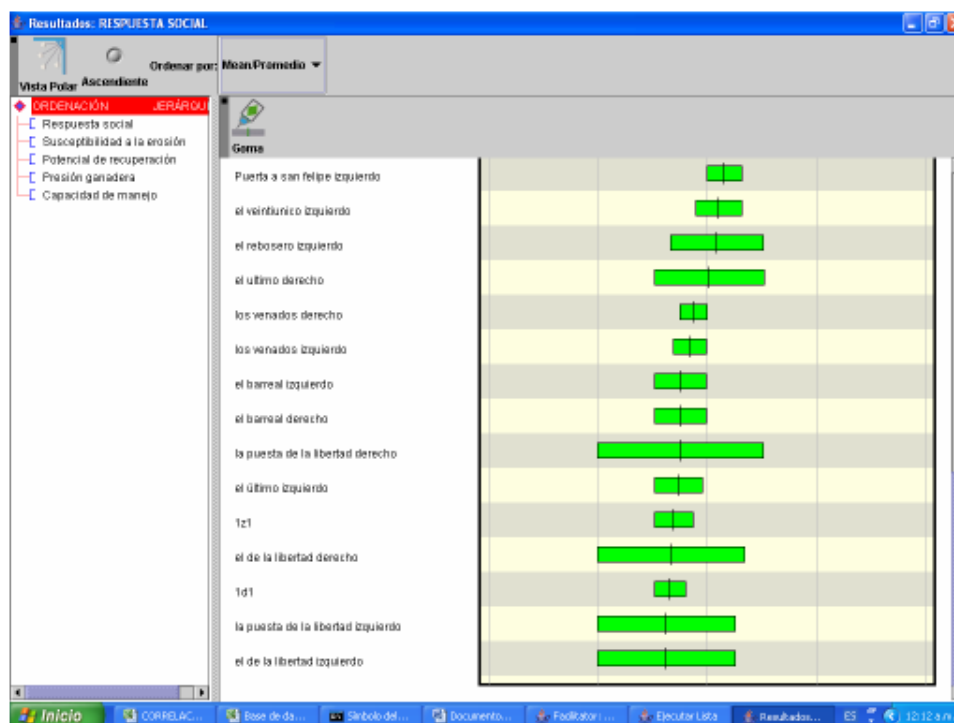


Figura 1c. Orden ascendente por promedio de los sitios para la ordenación jerárquica de respuesta social (continuación).

La **Figura 1c**, muestra que los sitios prioritarios para su restauración utilizando como criterio preponderante la respuesta social del predio hacia la ejecución de trabajos de restauración son el de la libertad izquierdo traslapado con la puerta de la libertad izquierdo (0.4147), El del rancho derecho (0.4204), el de la libertad derecho (0.4261), el del rancho izquierdo (0.4318) y el último izquierdo (0.4431).

Así mismo, se puede observar en la **Figura 2a**, que los sitios con mayor sensibilidad (por la dimensión de la barra que los representa) al criterio de respuesta social son: la puerta de la libertad derecho, el de la libertad derecho, el camino viejo del bajío izquierdo, el sitio de la puerta de la libertad izquierdo y el de la libertad izquierdo.

El rango de posibles escores para los sitios de la puerta de la libertad derecho, el de la libertad derecho e izquierdo son mayores que los posibles escores que pueden tomar los sitios del rancho derecho e izquierdo, esto en virtud de que los valores mínimos registrados en la matriz de escores para los sitios del rancho derecho e izquierdo (0.32) correspondientes al criterio de presión ganadera son mayores que los mínimos registrados para los sitios de la libertad derecho e izquierdo (0.25) en el criterio de respuesta social.

Cabe destacar que los sitios considerados como prioritarios para su restauración considerando como criterio preponderante la respuesta social, no son similares a los registrados como prioritarios para su restauración a partir de la suma simple de los puntos acumulados en cada criterio, es decir, sin considerar a ningún criterio como preponderante, ya que solo se coincide en el sitio del rancho derecho.

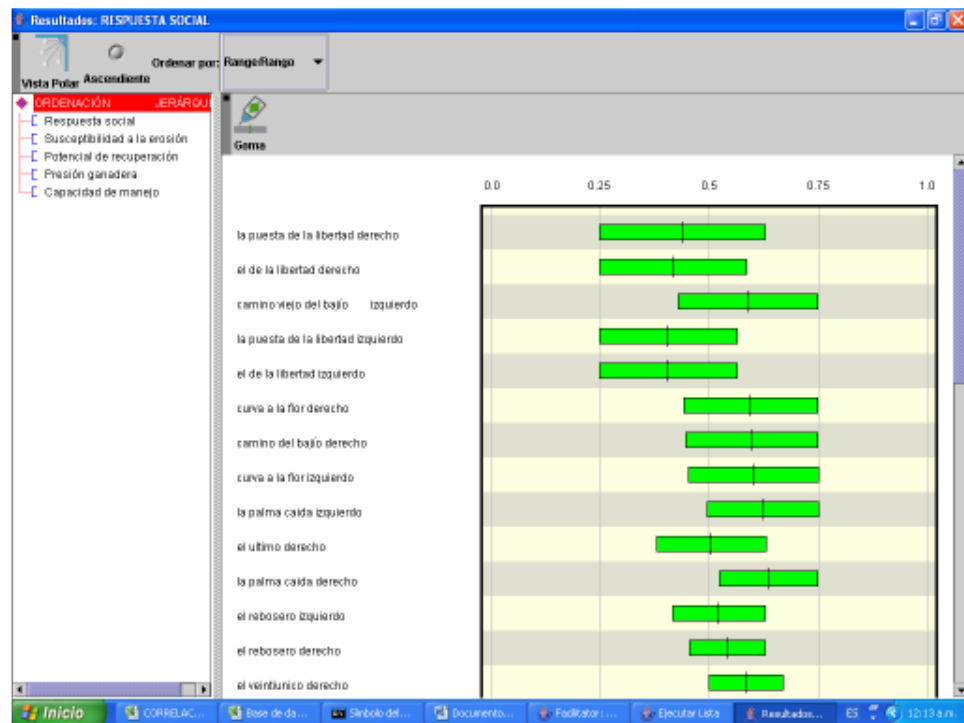


Figura 2a. Orden ascendente por rango de los sitios para la ordenación jerárquica de respuesta social.

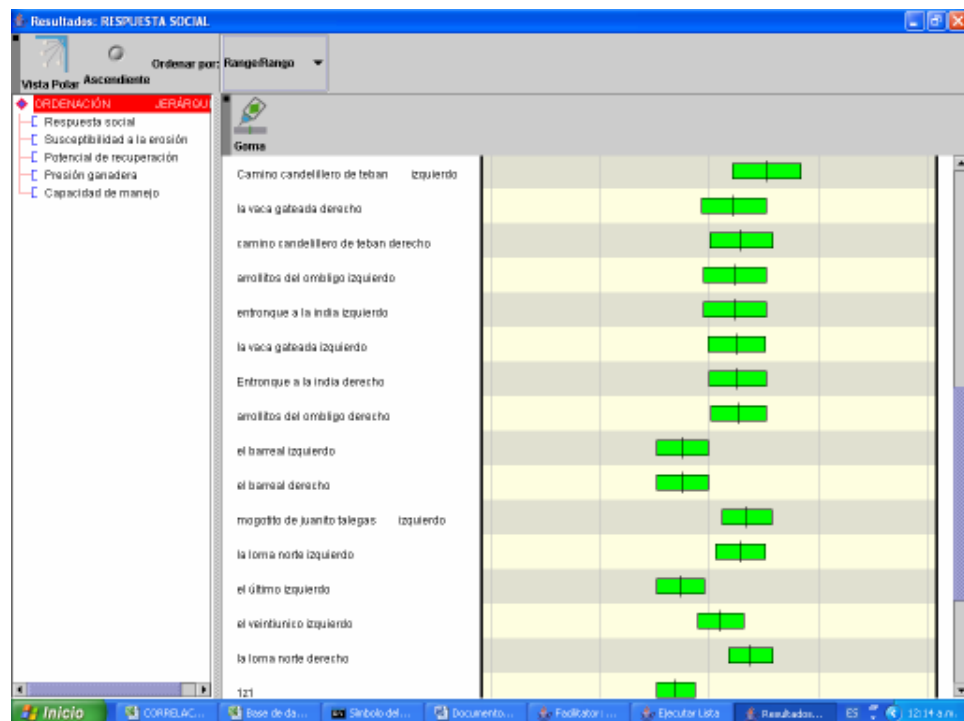


Figura 2b. Orden ascendente por rango de los sitios para la ordenación jerárquica de respuesta social (continuación).

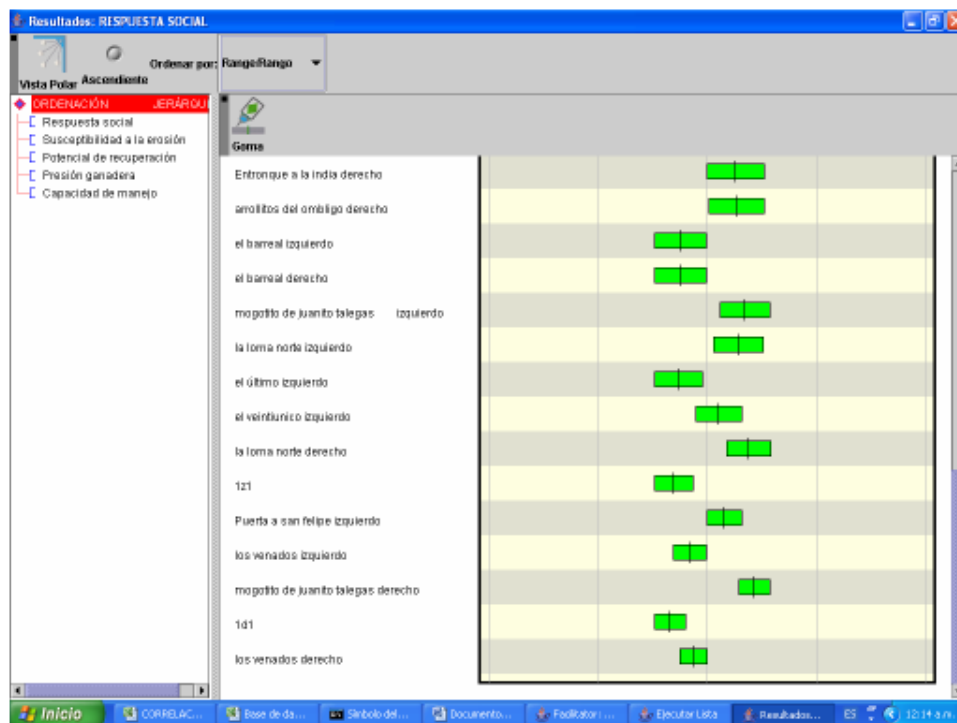


Figura 2c. Orden ascendente por rango de los sitios para la ordenación jerárquica de respuesta social (continuación).

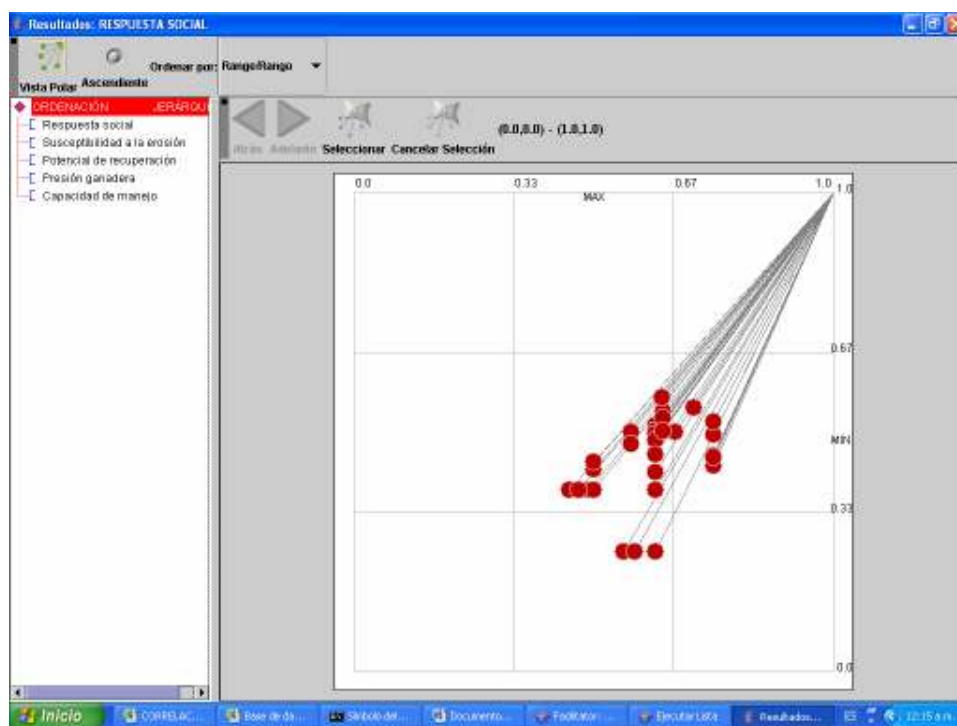


Figura 3. Vista polar de los sitios evaluados para la ordenación jerárquica de respuesta social.

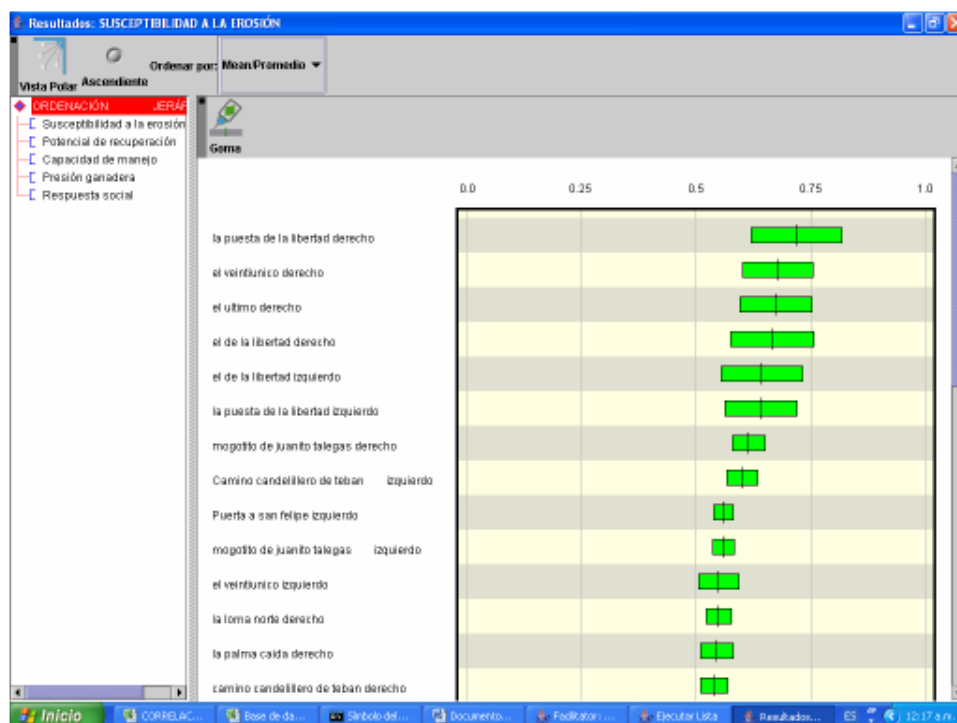


Figura 4a. Orden ascendente por promedio de los sitios para la ordenación jerárquica de susceptibilidad a la erosión.

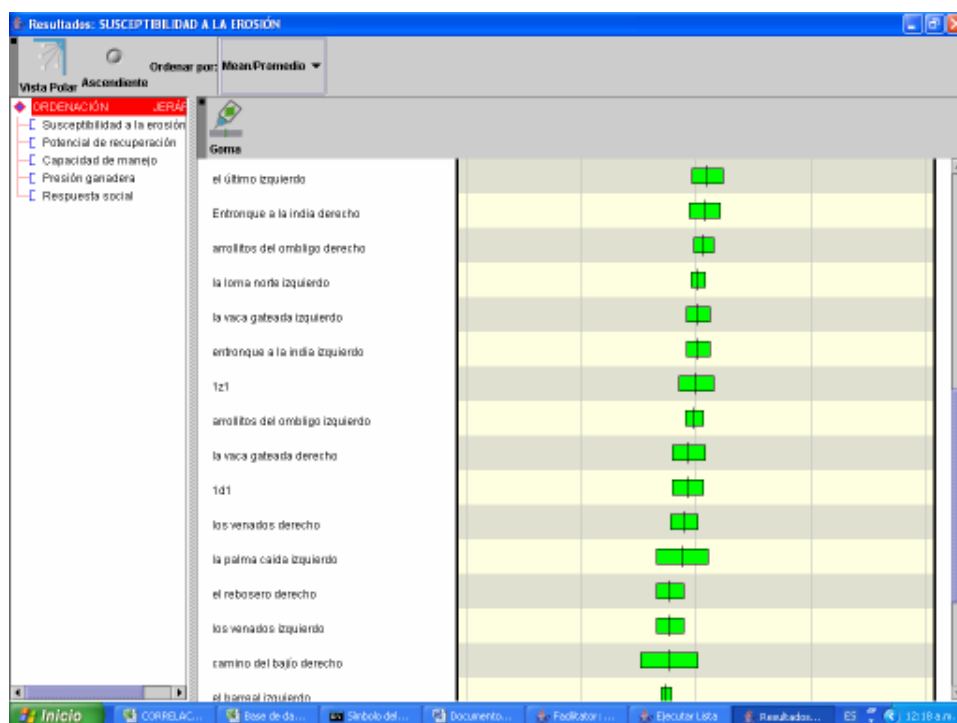


Figura 4b. Orden ascendente por promedio de los sitios para la ordenación jerárquica de susceptibilidad a la erosión (continuación).

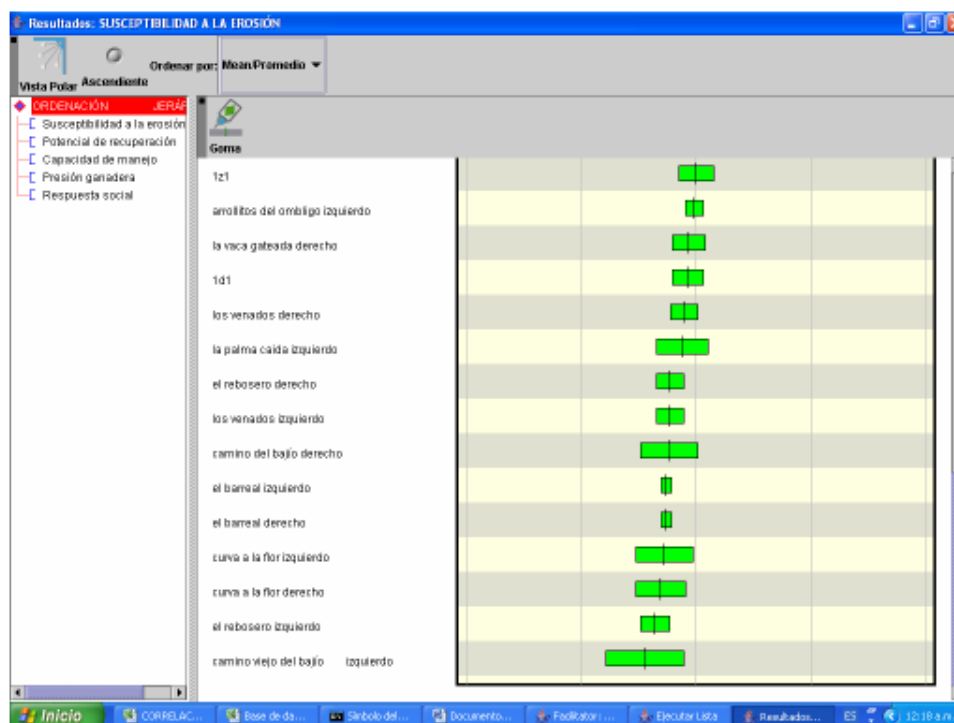


Figura 4c. Orden ascendente por promedio de los sitios para la ordenación jerárquica de susceptibilidad a la erosión (continuación).

La **Figura 4c**, muestra que los sitios prioritarios para su restauración utilizando como criterio preponderante la susceptibilidad a la erosión del sitio son: El camino viejo al bajo izquierdo (0.3977), el rebozero izquierdo (0.4147), la curva a la flor derecho (0.4375), la curva a la flor izquierdo (0.4431) y traslapados el barreal derecho e izquierdo (0.4488).

Así mismo, se puede observar en la **Figura 5a**, que los sitios con mayor sensibilidad (por la dimensión de la barra que los representa) al criterio de susceptibilidad a la erosión son: la puerta de la libertad derecho, el sitio de la libertad derecho, el sitio de la libertad izquierdo, el camino viejo del bajo izquierdo y el último derecho.

El rango de posibles escores para el sitio del camino viejo del bajo izquierdo es mayor que los posibles escores que pueden tomar los sitios del barreal izquierdo y derecho, esto en virtud de que los valores mínimos y máximos registrados en la matriz de escores para los sitios del barreal derecho e izquierdo (0.26 – 0.64) correspondientes al criterio de susceptibilidad a la erosión y potencial de recuperación respectivamente, son más estrechos que los valores registrados para el sitio del camino viejo del bajo izquierdo (0.28 – 0.75) en los criterios de potencial de recuperación y respuesta social respectivamente.

Cabe destacar que los sitios considerados como prioritarios para su restauración considerando como criterio preponderante la susceptibilidad a la erosión, son regularmente similares a los registrados como prioritarios para su restauración a partir de la suma simple de los puntos acumulados en cada criterio, es decir, sin considerar a

ningún criterio como preponderante, ya que se coincide en 4 de 7 sitios, los cuales son el barreal derecho e izquierdo, el sitio de la curva la flor derecho y el del rebozero izquierdo.

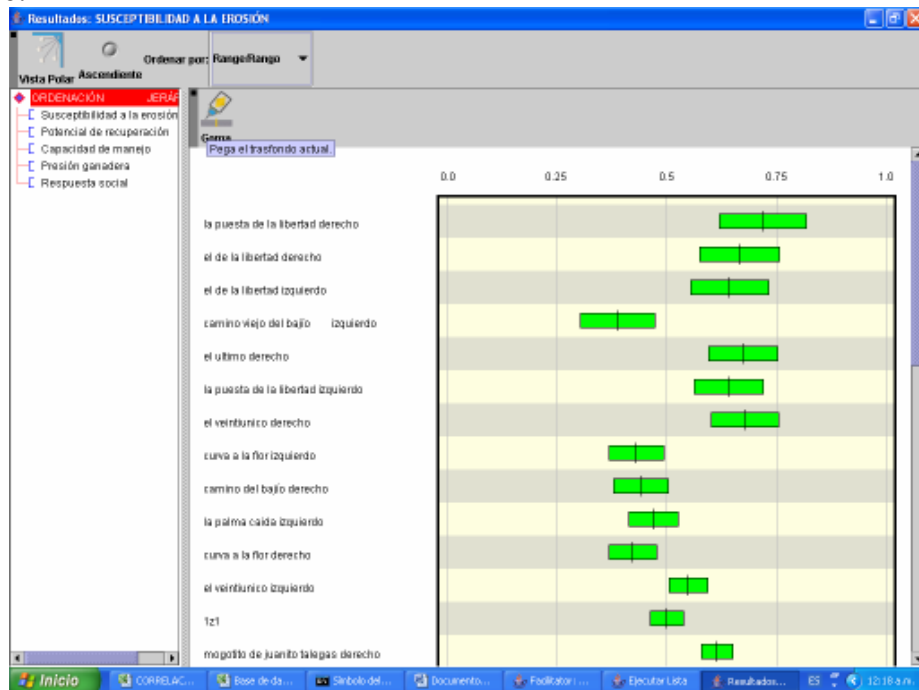


Figura 5a. Orden ascendente por rango de los sitios para la ordenación jerárquica de susceptibilidad a la erosión.

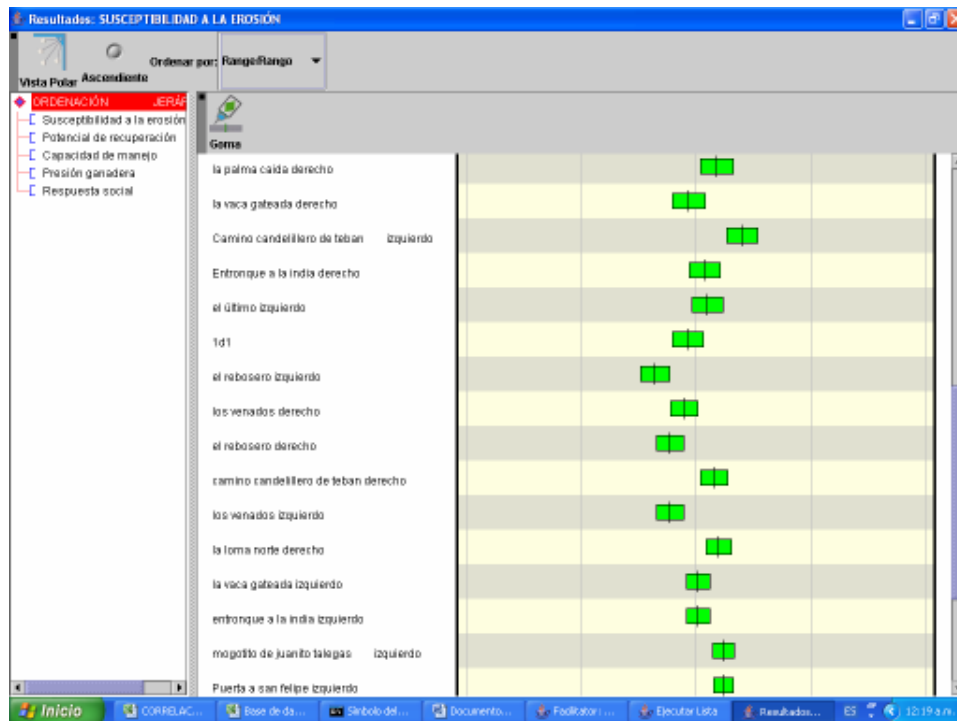


Figura 5b. Orden ascendente por rango de los sitios para la ordenación jerárquica de susceptibilidad a la erosión (continuación).

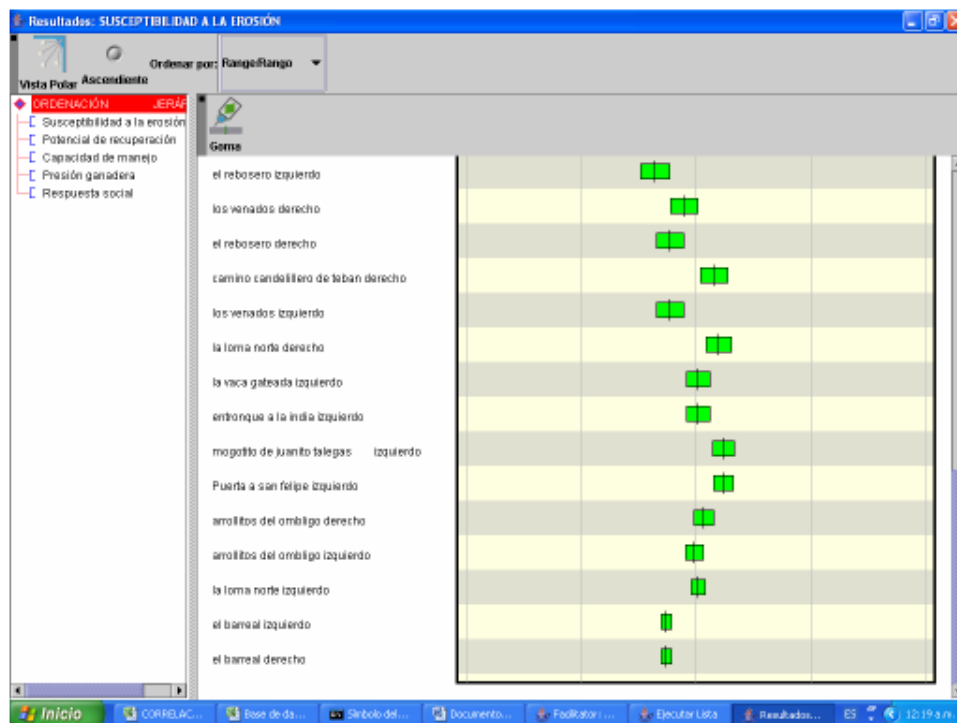


Figura 5c. Orden ascendente por rango de los sitios para la ordenación jerárquica de susceptibilidad a la erosión (continuación).

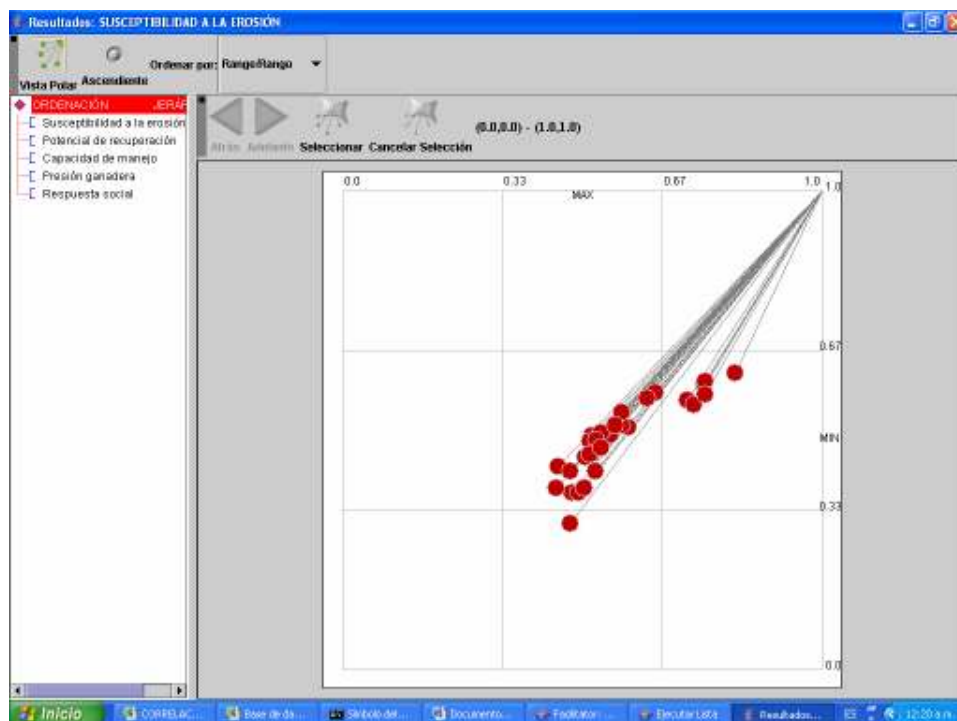


Figura 6. Vista polar de los sitios evaluados para la ordenación jerárquica de susceptibilidad a la erosión.

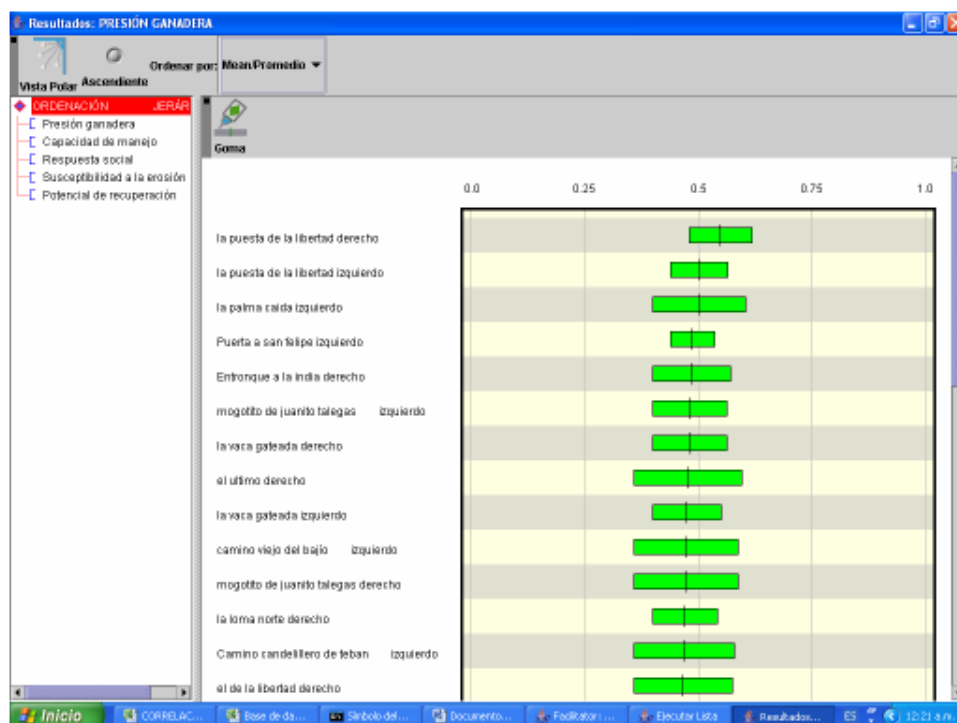


Figura 7a. Orden ascendente por promedio de los sitios para la ordenación jerárquica de presión ganadera.

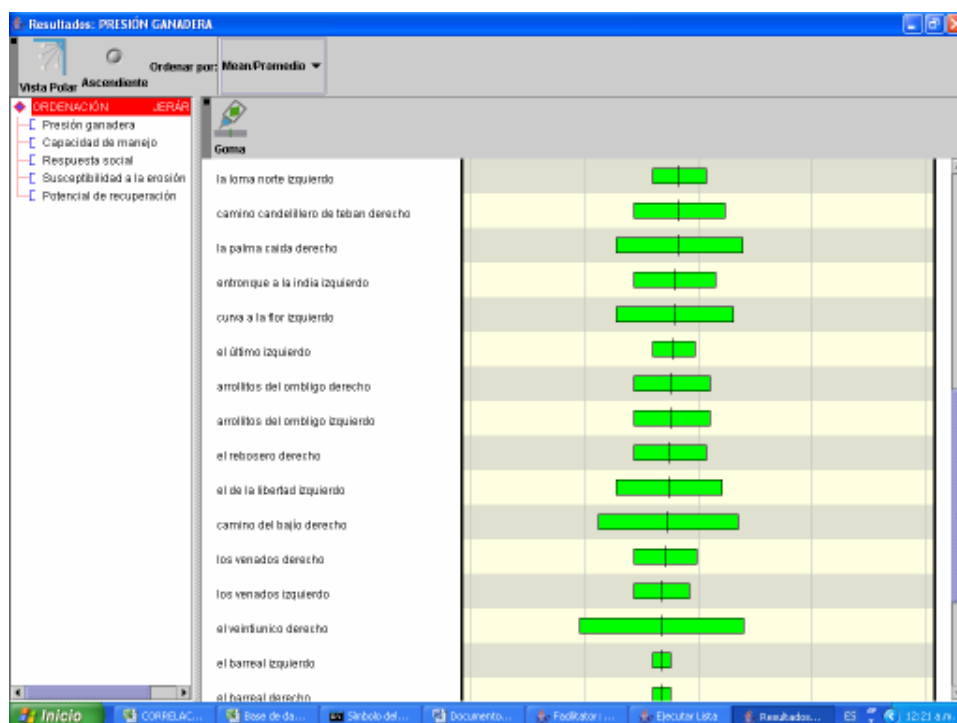


Figura 7b. Orden ascendente por promedio de los sitios para la ordenación jerárquica de presión ganadera (continuación).

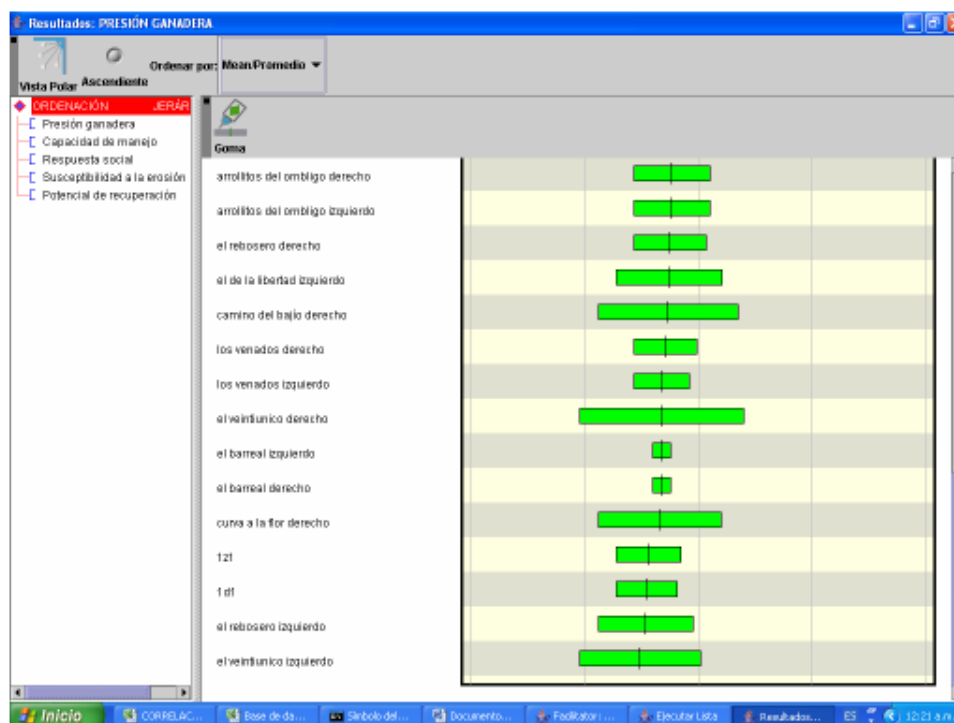


Figura 7c. Orden ascendente por promedio de los sitios para la ordenación jerárquica de presión ganadera (continuación).

La **Figura 7c**, muestra que los sitios prioritarios para su restauración utilizando como criterio preponderante la presión ganadera existente en el sitio son: El veintinueve izquierdo (0.375), el rebozero izquierdo (0.3863), el del rancho derecho (0.392), el del rancho izquierdo (0.3977) y el sitio de la curva a la flor derecho (0.4261).

Así mismo, se puede observar en la **Figura 8a**, que los sitios con mayor sensibilidad (por la dimensión de la barra que los representa) al criterio de presión ganadera son: el veintinueve derecho, el sitio del camino viejo del bajío derecho, el sitio de la palma caída derecho, el sitio de la curva a la flor derecho y el veintinueve izquierdo.

El rango de posibles escores para el sitio del veintinueve izquierdo es mayor que los posibles escores que puede tomar el sitio del rancho derecho, esto en virtud de que los valores mínimos y máximos registrados en la matriz de escores para el sitio del rancho derecho (0.32 – 0.59) correspondientes al criterio de presión ganadera y capacidad de manejo respectivamente, son más estrechos que los valores registrados para el sitio del veintinueve izquierdo (0.24 – 0.66) en los criterios de presión ganadera y susceptibilidad a la erosión respectivamente.

Cabe destacar que los sitios considerados como prioritarios para su restauración considerando como criterio preponderante la presión ganadera, son regularmente similares a los registrados como prioritarios para su restauración a partir de la suma simple de los puntos acumulados en cada criterio, es decir, sin considerar a ningún criterio como preponderante, ya que se coincide en 3 de 7 sitios, los cuales son el del rebozero izquierdo, el del rancho derecho y el de la curva a la flor derecho.

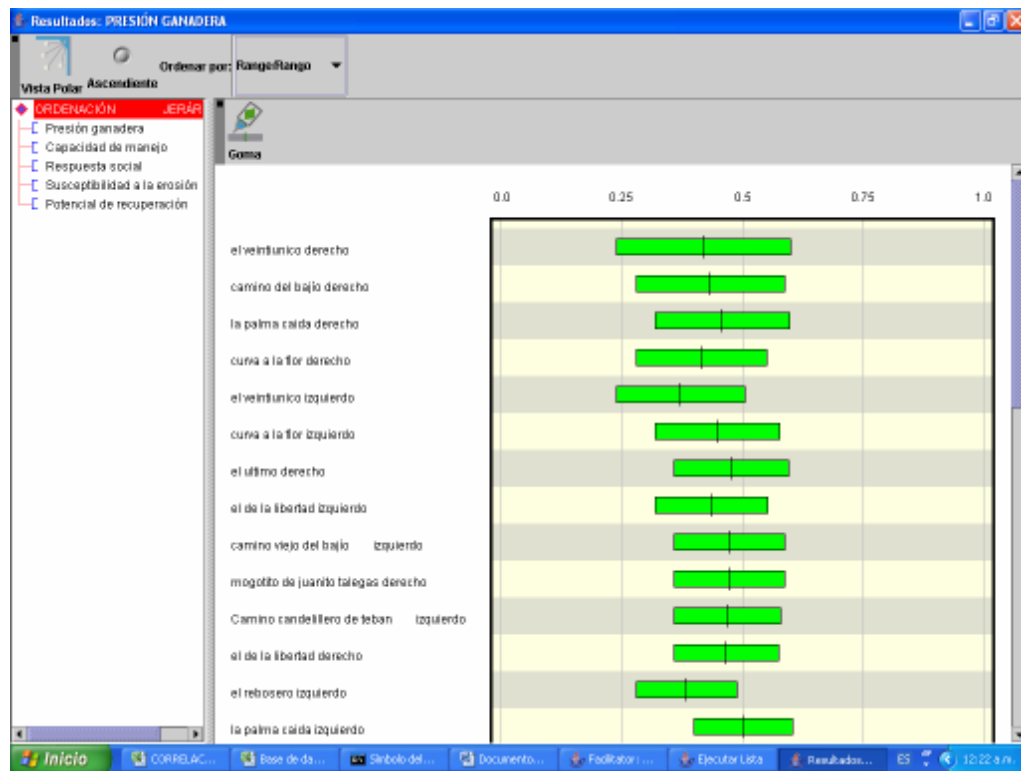


Figura 8a. Orden ascendente por rango de los sitios para la ordenación jerárquica de presión ganadera.

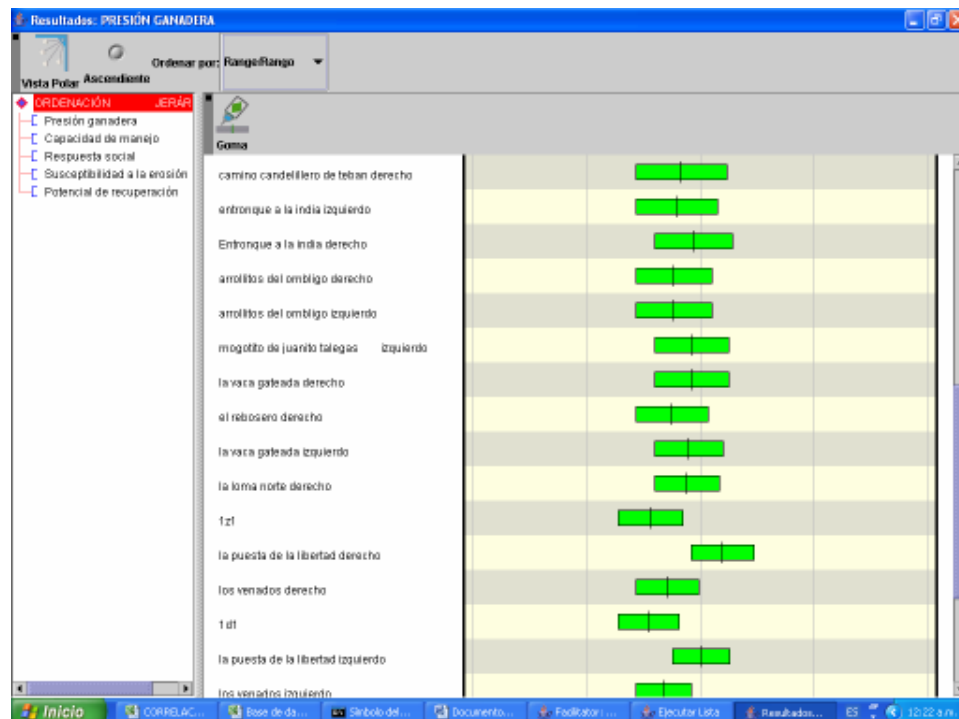


Figura 8b. Orden ascendente por rango de los sitios para la ordenación jerárquica de presión ganadera (continuación).

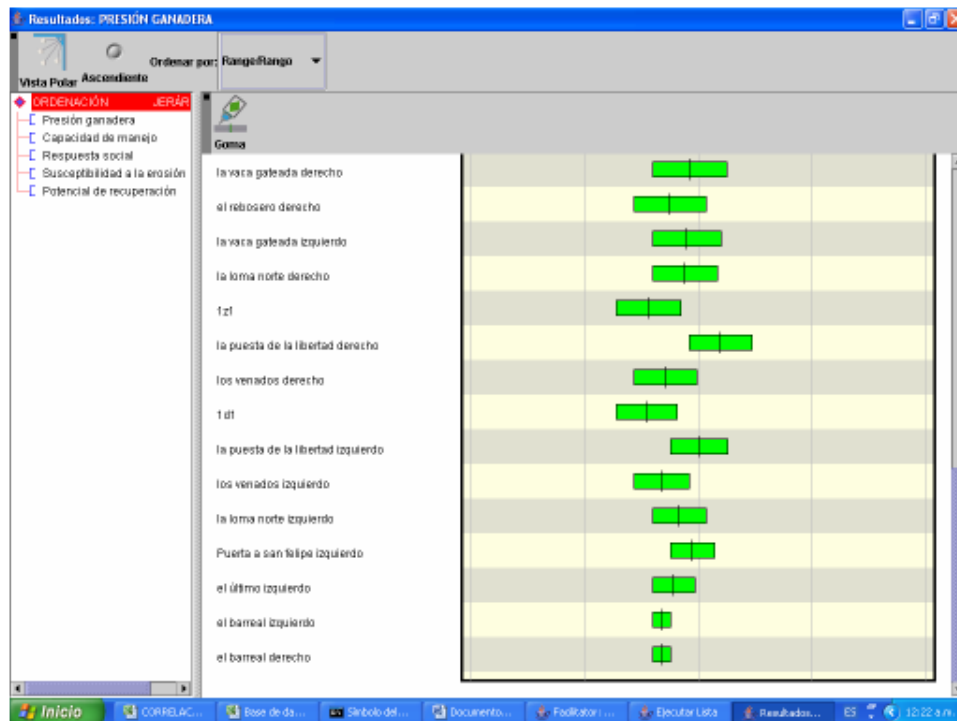


Figura 8c. Orden ascendente por rango de los sitios para la ordenación jerárquica de presión ganadera (continuación).

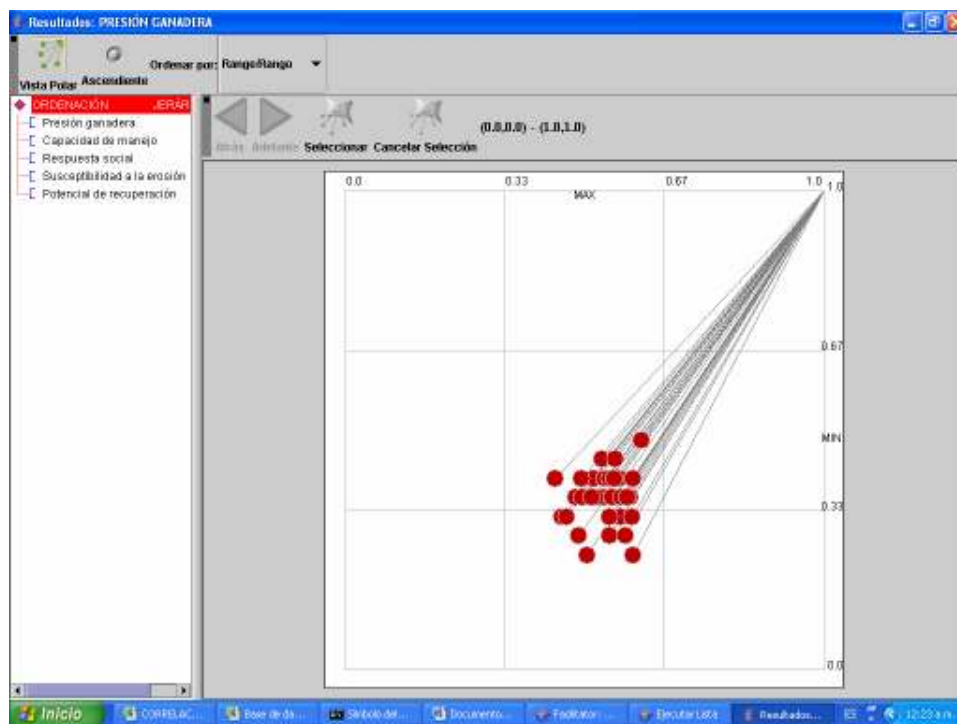


Figura 9. Vista polar de los sitios evaluados para la ordenación jerárquica de presión ganadera.

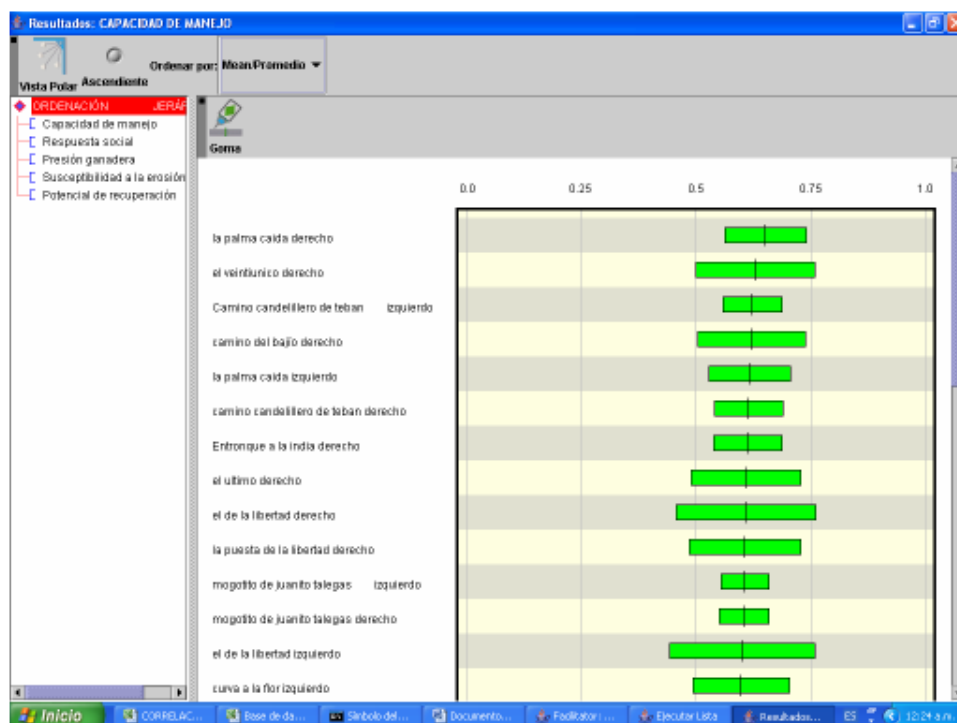


Figura 10a. Orden ascendente por promedio de los sitios para la ordenación jerárquica de capacidad de manejo.

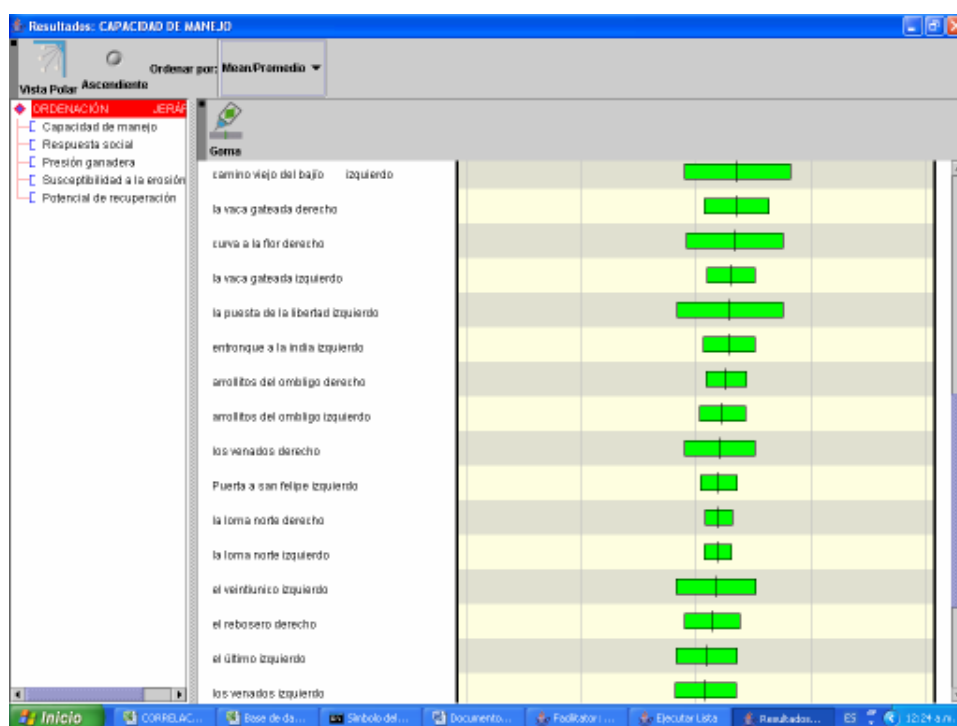


Figura 10b. Orden ascendente por promedio de los sitios para la ordenación jerárquica de capacidad de manejo (continuación).

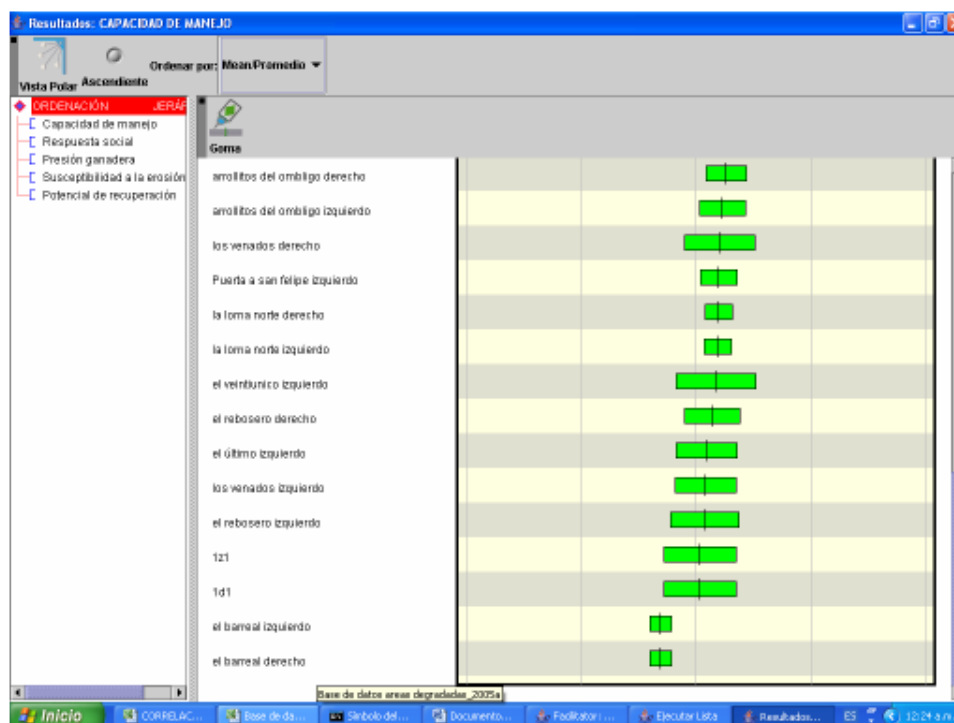


Figura 10c. Orden ascendente por promedio de los sitios para la ordenación jerárquica de capacidad de manejo (continuación).

La **Figura 10c**, muestra que los sitios prioritarios para su restauración utilizando como criterio preponderante la capacidad de manejo para restauración del sitio son: En traslape el barreal derecho e izquierdo (0.4318), en traslape el del rancho derecho e izquierdo (0.5227), el rebozero izquierdo (0.534), en traslape el de los venados izquierdo y el último izquierdo (0.5454) y el rebozero derecho (0.5681).

Así mismo, se puede observar en la **Figura 11a**, que los sitios con mayor sensibilidad (por la dimensión de la barra que los representa) al criterio de capacidad de manejo del sitio son: el sitio de la libertad izquierdo, el de la libertad derecho, el veintinueve derecho, el sitio de la puerta de la libertad derecho y el último derecho.

El rango de posibles escores para los sitios del barreal derecho e izquierdo es menor que los posibles escores que pueden tomar los sitios del rancho derecho e izquierdo, esto en virtud de que los valores mínimos y máximos registrados en la matriz de escores para los sitios del rancho derecho e izquierdo (0.32 – 0.59) correspondientes al criterio de presión ganadera y capacidad de manejo respectivamente, son menos estrechos que los valores registrados para los sitios del barreal derecho e izquierdo (0.26 – 0.64) en los criterios de susceptibilidad a la erosión y potencial de recuperación respectivamente.

Cabe destacar que los sitios considerados como prioritarios para su restauración considerando como criterio preponderante la capacidad de manejo del sitio, son muy similares a los registrados como prioritarios para su restauración a partir de la suma simple de los puntos acumulados en cada criterio, es decir, sin considerar a ningún

criterio como preponderante, ya que se coincide en 5 de 7 sitios, los cuales son el del barreal derecho e izquierdo, el del rancho derecho, el rebozero izquierdo y el de los venados izquierdo.

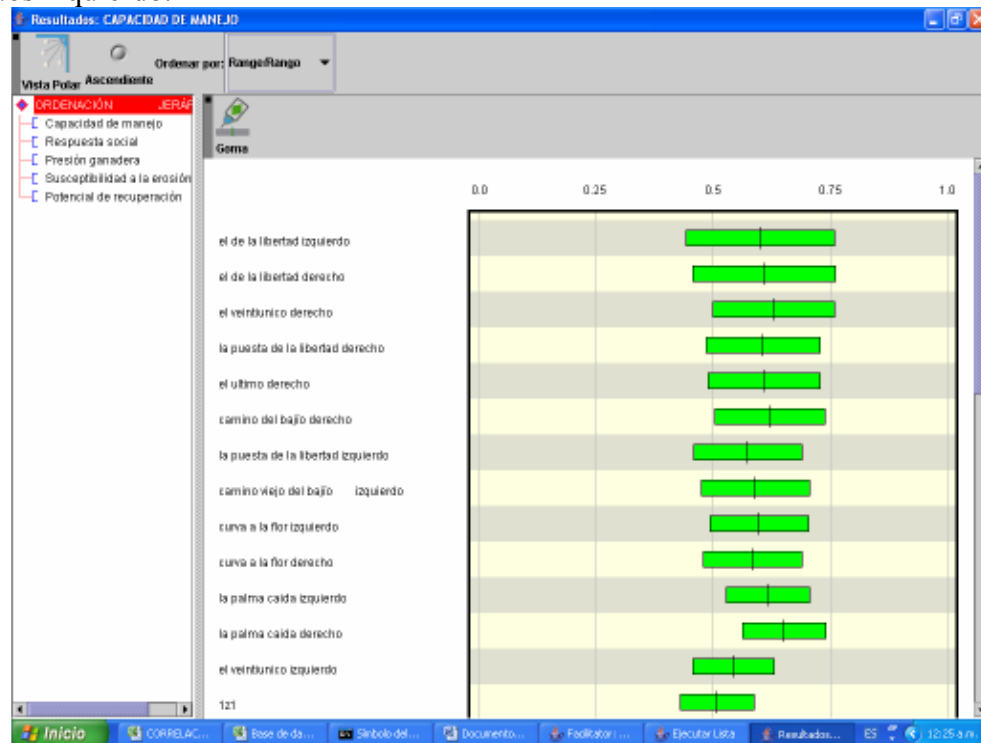


Figura 11a. Orden ascendente por rango de los sitios para la ordenación jerárquica de capacidad de manejo.

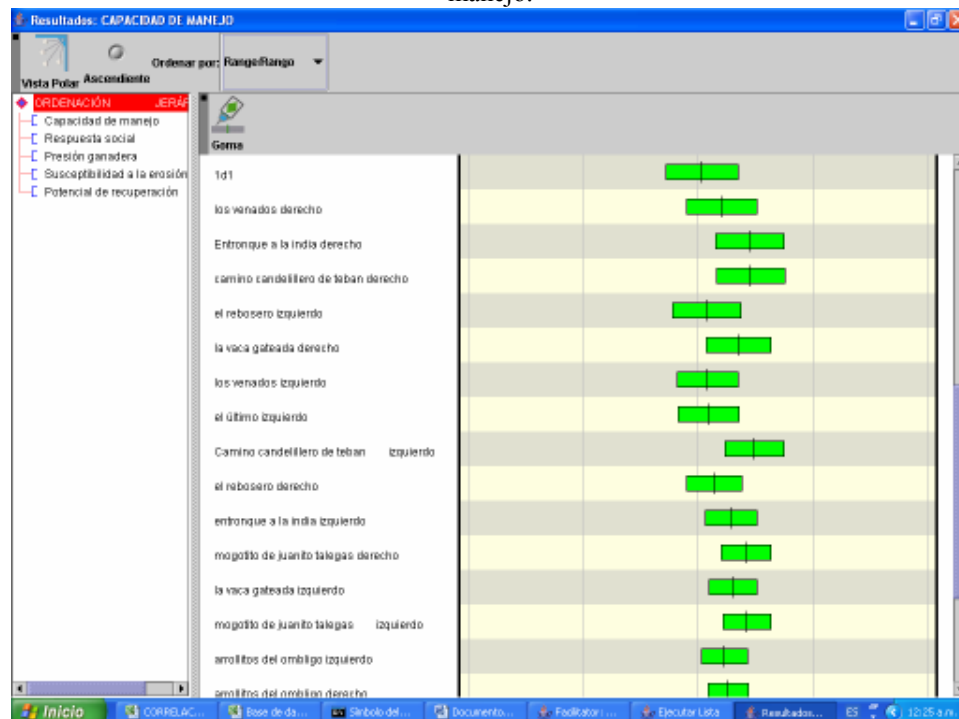


Figura 11b. Orden ascendente por rango de los sitios para la ordenación jerárquica de capacidad de manejo (continuación).

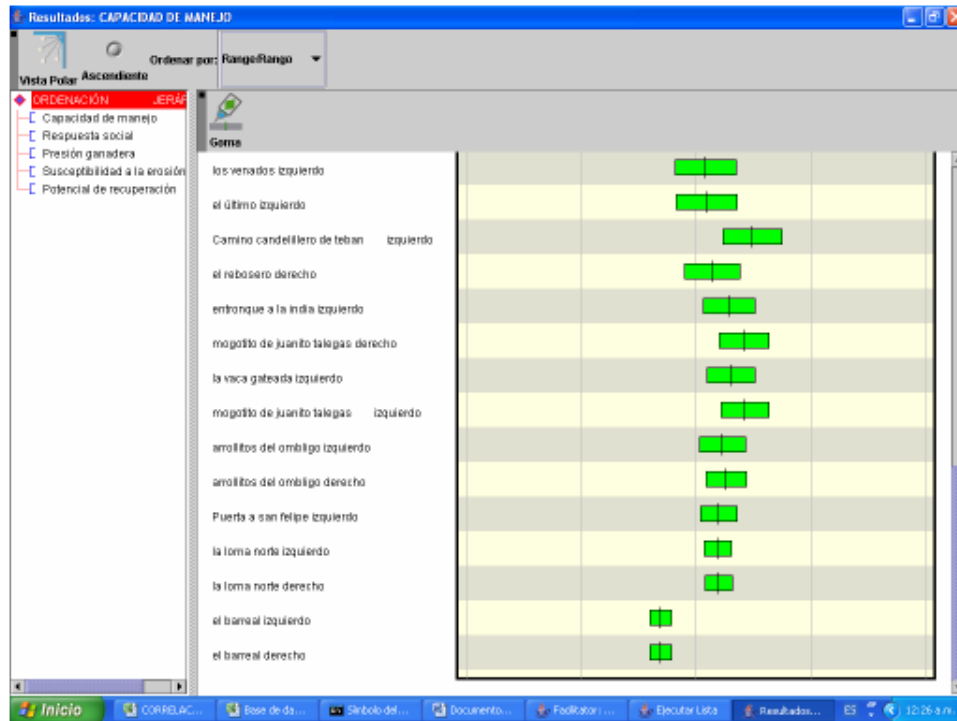


Figura 11c. Orden ascendente por rango de los sitios para la ordenación jerárquica de capacidad de manejo (continuación).

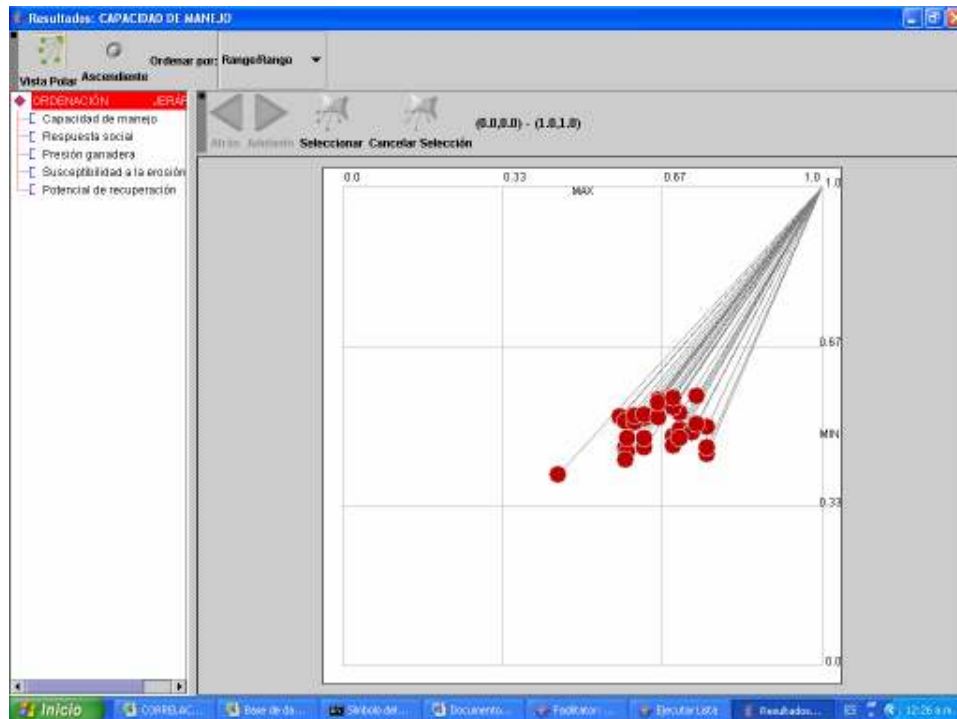


Figura 12. Vista polar de los sitios evaluados para la ordenación jerárquica de capacidad de manejo.

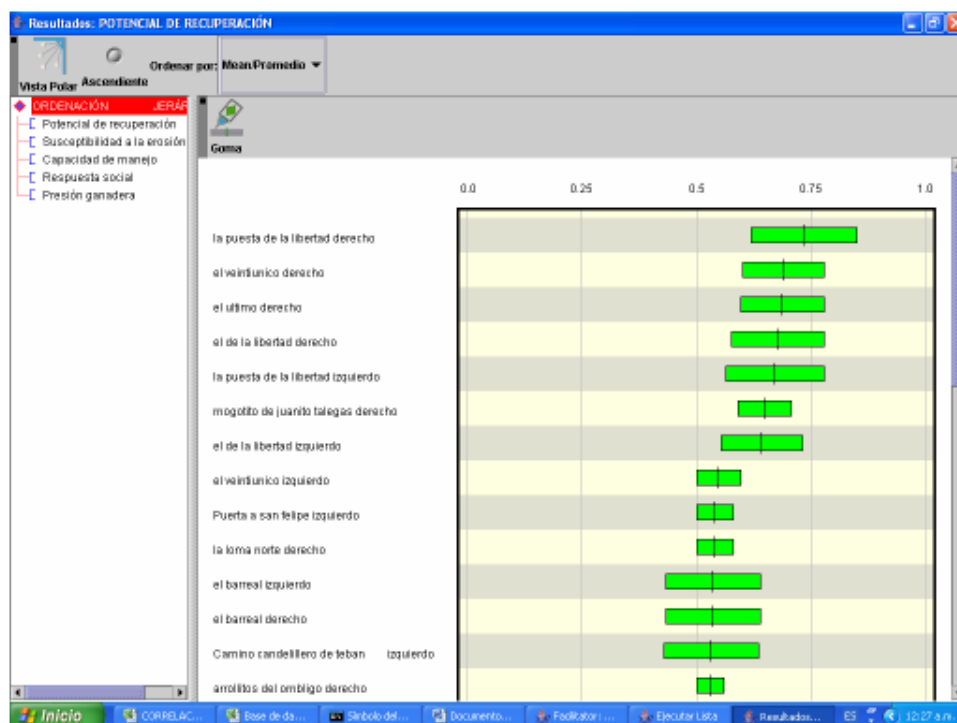


Figura 13a. Orden ascendente por promedio de los sitios para la ordenación jerárquica de potencial de recuperación.

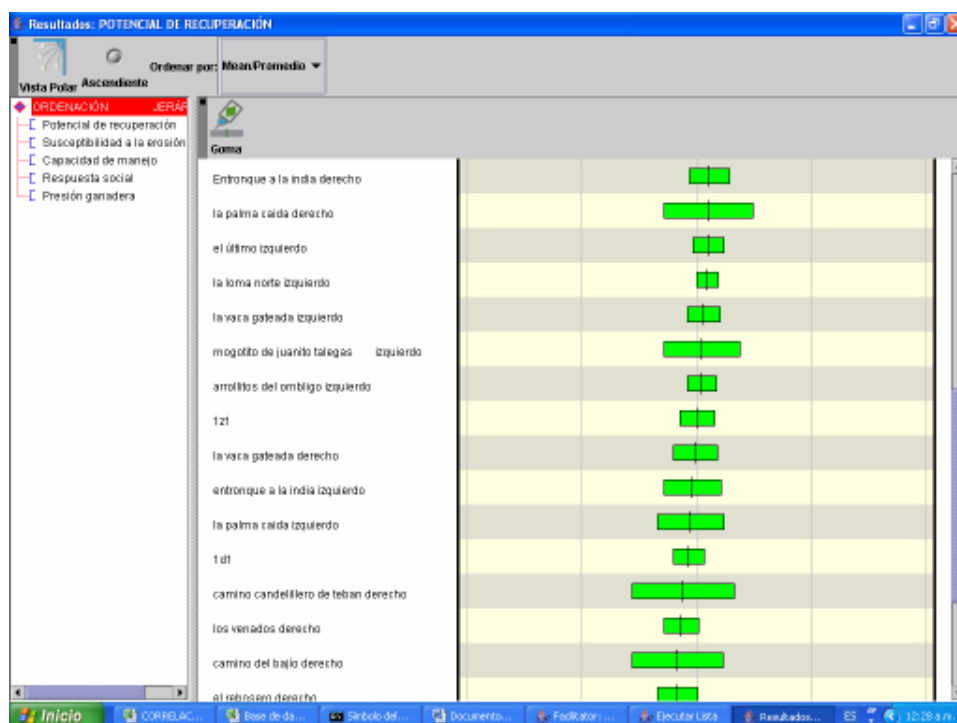


Figura 13b. Orden ascendente por promedio de los sitios para la ordenación jerárquica de potencial de recuperación (continuación).

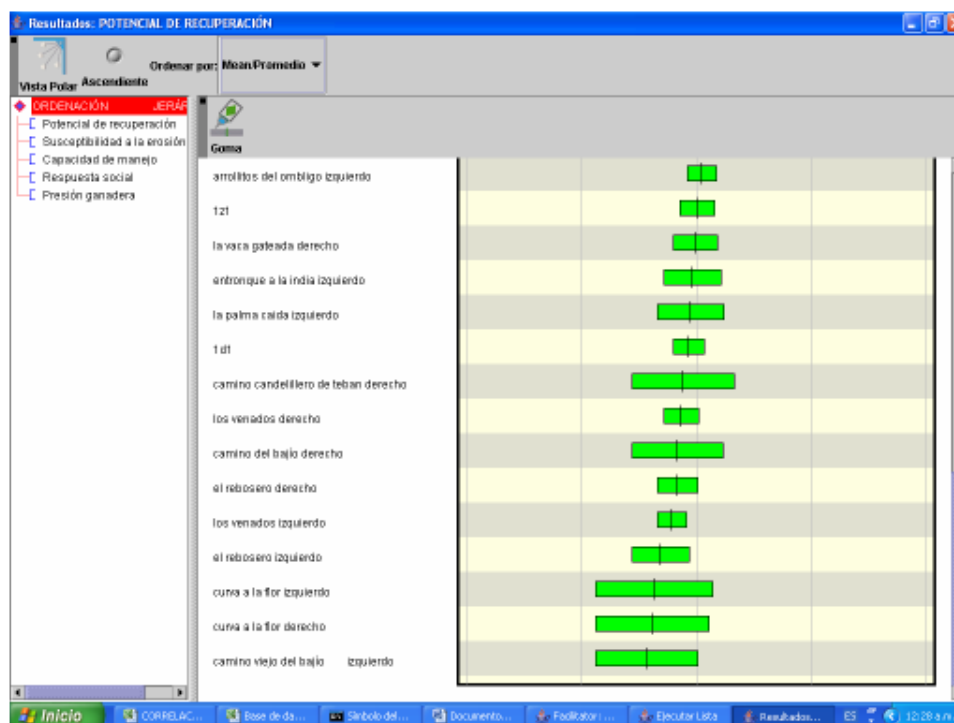


Figura 13c. Orden ascendente por promedio de los sitios para la ordenación jerárquica de potencial de recuperación (continuación).

La **Figura 13c**, muestra que los sitios prioritarios para su restauración utilizando como criterio preponderante el potencial de recuperación del sitio son: El camino viejo del bajo izquierdo (0.3977), el sitio de la curva la flor derecho (0.409), el sitio de la curva la flor izquierdo (0.4147), el rebozero izquierdo (0.4318) y el sitio de los venados izquierdo (0.4545).

Así mismo, se puede observar en la **Figura 14a**, que los sitios con mayor sensibilidad (por la dimensión de la barra que los representa) al criterio de potencial de recuperación del sitio son: los sitios de la curva a la flor izquierdo y derecho, el sitio de la puerta de la libertad derecho, el sitio del camino viejo del bajo izquierdo, y el camino candelillero de Teban derecho.

El rango de posibles escores para el sitio de la curva a la flor izquierdo es mayor que los posibles escores que puede tomar el sitio de los venados izquierdo, esto en virtud de que los valores mínimos y máximos registrados en la matriz de escores para el sitio de los venados izquierdo (0.36 – 0.59) correspondientes al criterio de presión ganadera y capacidad de manejo respectivamente, son más estrechos que los valores registrados para el sitio de la curva a la flor izquierdo (0.28 – 0.75) en los criterios de potencial de recuperación y respuesta social respectivamente.

Cabe destacar que los sitios considerados como prioritarios para su restauración considerando como criterio preponderante el potencial de recuperación del sitio, son regularmente similares a los registrados como prioritarios para su restauración a partir de la suma simple de los puntos acumulados en cada criterio, es decir, sin considerar a

Resultados: POTENCIAL DE RECUPERACIÓN

Ordenar por: Rang/Rango

Vista Prior: Ascendente

ORDENACIÓN JERAR

- Potencial de recuperación
- Susceptibilidad a la erosión
- Capacidad de manejo
- Respuesta social
- Presión ganadera

Goma

Localidad	Potencial de recuperación	Susceptibilidad a la erosión	Capacidad de manejo	Respuesta social	Presión ganadera
el ventanico derecho	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio
mogrito de juanito talegas izquierdo	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
la palma caída izquierdo	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
el rebosero izquierdo	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
entronque a la india izquierdo	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
mogrito de juanito talegas derecho	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
la vaca galeada derecho	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
el ventanico izquierdo	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
el rebosero derecho	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
Entronque a la india derecho	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
Puerta a san filipe izquierdo	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
la loma norte derecho	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
los venados derecho	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
tzl	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
la vaca galeada izquierdo	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
el último izquierdo	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio

190

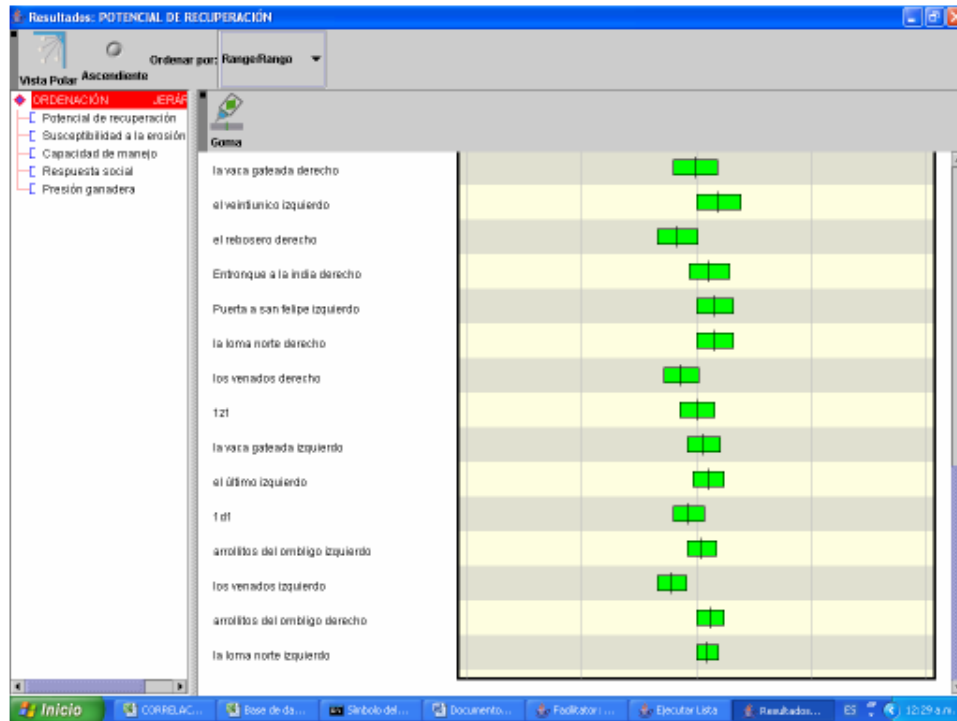


Figura 14c. Orden ascendente por rango de los sitios para la ordenación jerárquica de potencial de recuperación (continuación).

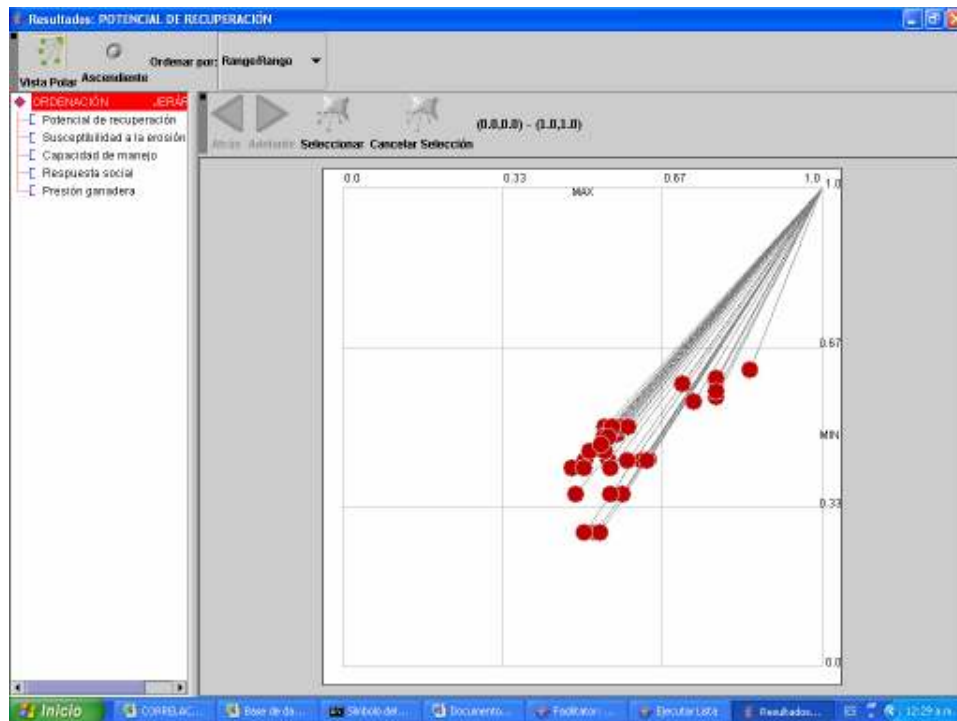


Figura 15. Vista polar de los sitios evaluados para la ordenación jerárquica de potencial de recuperación