CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS DEL NOROESTE, S.C.

Programa de Estudios de Posgrado

INDICADORES PARA EL MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS EN ZONAS ÁRIDAS: ESTUDIO DE CASO CON ENFOQUE HOLÍSTICO EN LA SUBCUENCA LA HACIENDITA, SONORA

TESIS

Que para obtener el grado de

Doctor en Ciencias

Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales
Orientación: Agricultura Sustentable

P r e s e n t a

LEOPOLDO VILLARRUEL SAHAGÚN

LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR, JUNIO DEL 2015

ACTA DE LIBERACION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B. C. S., siendo las 14:00 horas del día 26 del Mes de Junio del 2015, se procedió por los abajo firmantes, miembros de la Comisión Revisora de Tesis avalada por la Dirección de Estudios de Posgrado del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., a liberar la Tesis de Grado titulada:

Indicadores para el Manejo Integral de Cuencas en Zonas Áridas: Estudio de Caso con Enfoque Holístico en la Subcuenca La Haciendita, Sonora.

Presentada por el alumno:

Leopoldo Villarruel Sahagún

Aspirante al Grado de DOCTOR EN CIENCIAS EN EL USO, MANEJO Y PRESERVACION DE LOS RECURSOS NATURALES CON ORIENTACION EN **Agricultura Sustentable**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron su **APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA

DR. ENRIQUE TROYO DIÉGUEZ
DIRECTOR DE TESIS

DRA. ALEJANDRA NIETO GARIBAY
CO-TUTOR

DR. BERNARDO MURILLO AMADOR
CO-TUTOR

DR. MARTIN CANDELARIO ESQUEDA VALLE
CO-TUTOR

DR. FÉLIX ALFREDO BELTRÁN MORALES
CO-TUTOR

DRA. ELISA SERVIERE ZARAGOZA
DIRECTORA DE ESTUDIOS DE POSGRADO
Y FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

CONFORMACIÓN DE COMITÉS

COMITE TUTORIAL

Dr. Enrique Troyo Diéguez	CIBNOR, S.C.	Director de tesis
Dra. Alejandra Nieto Garibay	CIBNOR, S.C.	Co-Tutor
Dr. Bernardo Murillo Amador	CIBNOR, S.C.	Co-Tutor
Dr. Félix Alfredo Beltrán Morales	UABCS	Co-Tutor
Dr. Martin Candelario Esqueda Valle	CIAD, A.C.	Co-Tutor

COMITE REVISOR DE TESIS

Dr. Enrique Troyo Diéguez	CIBNOR, S.C.	Director de tesis
Dra. Alejandra Nieto Garibay	CIBNOR, S.C.	Co-Tutor
Dr. Bernardo Murillo Amador	CIBNOR, S.C.	Co-Tutor
Dr. Félix Alfredo Beltrán Morales	UABCS	Co-Tutor
Dr. Martin Candelario Esqueda Valle	CIAD, A.C.	Co-Tutor

JURADO DE EXAMEN DE GRADO

Dr. Enrique Troyo Diéguez	CIBNOR, S.C.
Dra. Alejandra Nieto Garibay	CIBNOR, S.C.
Dr. Bernardo Murillo Amador	CIBNOR, S.C.
Dr. Félix Alfredo Beltrán Morales	UABCS
Dr. Martin Candelario Esqueda Valle	CIAD, A.C.
SUPLENTES	
Dra. Sara Cecilia Díaz Castro	CIBNOR. S.C.
Dr. Luis Guillermo Hernández Montiel	CIBNOR. S.C.

Resumen

Desde hace varias décadas se ha identificado el reto de satisfacer los requerimientos de la comunidad y la necesidad de hacer perdurar los recursos que los satisfagan en el tiempo y en el espacio. Además, se visualiza que tales necesidades aumentan con el crecimiento poblacional y que la producción de esos satisfactores no se produce en la cantidad y calidad esperada. La actividad ganadera en agostaderos de cuencas de zonas áridas y semiáridas ha generado beneficios económico-productivos; sin embargo, el manejo no planificado y la sobreexplotación de los recursos naturales han ocasionado erosión, agotamiento del agua y en algunos casos desertificación irreversible. Así, las actividades productivas mal planeadas y sin prácticas de conservación son una amenaza, por su efecto en la degradación de los recursos naturales. Se hace necesario avanzar en el diseño de opciones de manejo de los recursos naturales que garanticen el desarrollo sustentable en las zonas rurales del país y en el Estado de Sonora. La planeación para el manejo integral de los recursos naturales de una cuenca, a través del manejo holístico, determina la mejor combinación de recursos y actividades que optimicen un conjunto de metas para beneficio del hombre. El objetivo fue diseñar y establecer un procedimiento de formulación, evaluación y selección de: Los indicadores y criterios de sostenibilidad; con fundamento en el Índice de Sostenibilidad de Cuencas Hidrográficas (Chaves y Alipaz, 2007); y una gama de opciones de manejo de los recursos naturales de la Subcuenca La Haciendita, Mátape, Sonora, para el manejo integral de la misma y lograr la sostenibilidad en su uso. La metodología consiste en: Descripción del área de estudio; Inventario de recursos (naturales, humanos y materiales), verificación y corroboración de campo; actualización de la información en los planos de infraestructura, edafología, geología, vegetación y fisiografía; análisis de la Información obtenida de campo (clima, infraestructura, vegetación, fauna y encuesta socioeconómica); análisis de los Índices de Aridez, indicadores de hidrología (cantidad y calidad), ambiental, de vida humana y políticas (modificados de acuerdo a las condiciones de la Subcuenca y a la disponibilidad de información), para obtener el Índice de Sostenibilidad de Cuencas; Ordenamiento Ecológico del Territorio (identificación de Unidades de Gestión Ambiental (UGA), a través del Análisis de Aptitud del Uso del Suelo); determinación del catálogo de opciones de manejo por UGA. La superficie de la Subcuenca La Haciendita, es de 12,552.5110 ha. Se describieron todos los atributos físicos, biológicos y socioeconómicos, los cuales serán utilizados para desarrollar la Planeación Biológica (agrícola, pecuaria, forestal, cinegética y ecoturística), Financiera y de Infraestructura o material de acuerdo a las condiciones descritas. **El WSI fue de 0,67,** considerado como un nivel de sostenibilidad intermedio. Se encontró un total de 16 UGA's y un catálogo de 493 opciones de manejo, además de la apicultura, acuacultura y actividades recreativas.

Palabras clave: Manejo de Cuencas Hidrológicas, Índice de Sostenibilidad de Cuencas Hidrográficas, Unidades de Gestión Ambiental, Opciones de Manejo.

Resumen Aprobado por: Dr. Enrique Troyo Diéguez

Abstract

For several decades has identified challenged to meet the needs of the community and the need to make persist the resources that satisfy in time and space. Also is displayed such requirements increase with population growth and the production of these satisfiers is not produced in quantity and quality expected. Livestock activity in rangeland watershed of arid and semiarid areas has generated economic-productive benefits; however, unplanned management and exploitation of natural resources has caused erosion, depletion of water sources and in some cases irreversible desertification. Thus, poorly planned without conservation practices productive activities are a threat because of its effect on the degradation of natural resources. It is necessary to advance the design options management of natural resources to guarantee sustainable development in rural areas of the country and in the state of Sonora. Planning for the integrated management of natural resources in a basin, through holistic management determines the best combination of resources and activities that optimize a set of goals for the benefit of man. The objective was to design and establish a procedure for formulation, evaluation and selection: Indicators and sustainability criteria; on the basis of Sustainability Index Watershed (Chaves y Alipaz, 2007); and a range of options for managing natural resources subwatershed The Haciendita, Mátape, Sonora, for the integral management of it and achieve sustainability in their use. The methodology consists of: Description of the study area; inventory (natural, human and material), field verification and corroboration; updating information on the plans of infrastructure, soil science, geology, vegetation and physiography; analysis of information obtained from field (climate, infrastructure, vegetation, wildlife and socioeconomic survey); analysis of aridity indices, hydrology (quantity and quality), environmental, human life and political indicators (modified according to the conditions of subwatershed and availability of information), to obtain the Watershed Sustainability Index; Ecological Ordering of the Territory (identification of Environmental Management Units (EMU), through Aptitude Analysis of Land Use); determination of catalog management options for EMU. The surface of subwatershed The Haciendita, is 12552.5110 hectares. All physical, biological and socioeconomic attributes were described, which will be used to develop Biological Planning (agriculture, livestock, forestry, hunting and ecotourism), Finance and Infrastructure or material according to the conditions described. The **WSI was 0.67**, considered as an intermediate level of sustainability. A total of 16 EMU's and a catalog of 493 management options in addition to beekeeping, aquaculture and recreational activities found.

Keywords: Watershed Management, Watershed Sustainability Index, Environmental Management Units, Management Options.

Abstract approved by: Dr. Enrique Troyo Diéguez

Dedicatoria

Con mucho amor dedico esta tesis al pilar más importante de mi vida, a Dios y a mi familia.

A mi esposa Irma y a mi hija Erika.

En especial a mis padres:

Leopoldo Villarruel Moreno† y María Guadalupe Sahagún Romo

A mis hermanos:

Angélica, Roció, José Ángel y Pedro

Con mucho cariño y respeto:

A Don Juan Buendía Govea

Y a mi muy querida amiga

Lidia Irene León López

Agradecimientos

Se ha ganado a mucho pulmón mi agradecimiento mi director, el Dr. Enrique Troyo Diéguez que desde antes de mi ingreso me hizo el honor de ofrecer su amistad y apoyo incondicional. Además, que con su calidad humana me apoyó desde el nacimiento de este emocionante proyecto de tesis. Gracias al Dr. Troyo por sus consejos y apoyo en momentos muy oportunos. A tu familia Enrique GRACIAS.

A los miembros del comité de tesis:

A la Dra. Alejandra Nieto Garibay, al Dr. Bernardo Murillo Amador, al Dr. Martin Candelario Esqueda Valle, al Dr. Félix Alfredo Beltrán Morales y al Dr. Peter F. Ffolliott†, que desde un principio inyectaron una buena dosis de entusiasmo al proyecto con sus excelentes comentarios y guías. Por sus valiosas aportaciones para el desarrollo del trabajo de tesis que representaron parte de su tiempo, esfuerzo y dedicación.

A las familias de mis asesores que también afecté con su tiempo... MIL GRACIAS.

A la Dra. Sara Cecilia Díaz Castro, por su amistad, por sus consejos y apoyo entusiasta en el desarrollo del proyecto de tesis.

Al Dr. Héctor Manuel Arias Rojo y al Lic. En Ecología Gonzalo Luna Salazar por su apoyo en el desarrollo del trabajo de tesis, por sus valiosas aportaciones y por sus excelentes comentarios y guías, que representaron parte de su tiempo, esfuerzo y dedicación.

Al Técnico Juan Ernesto Vega Mayagoitia, al M.C. Álvaro González Michel, y al Dr. Arturo Cruz Falcón, del Laboratorio de Hidrología e Irrigación, por su amistad, por sus consejos y apoyo entusiasta en el desarrollo del proyecto de tesis gracias.

Al personal de Posgrado, Dra. Elisa, Lic. Osvelia, Lic. Leticia, Tania. Lupita, Claudia, por su incondicional apoyo en mi estancia en el CIBNOR.

Especial reconocimiento a Horacio y Manuel por su incondicional apoyo y amistad, en el centro de cómputo, siempre atentos para lo que uno necesitara.

A Ana María y todo su personal de la biblioteca, que su apoyo ha sido grandioso y muy importante para el cumplimiento de las tareas diarias.

Agradezco al CIBNOR por ofrecerme la oportunidad de creer en este ambiente rico de conocimiento.

A CONACYT por apoyarme económicamente durante estos años y al CESUES y a la UES por darme el sustento y apoyo completo durante estos 28 años.

Se agradece el apoyo recibido por el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste para la realización de esta tesis. Esta tesis recibió el apoyo de los proyectos: AGUA-1, ZA-4.1 y 180-C del CIB.

Al Dr. Oscar Gerardo Gutiérrez Ruacho, al Dr. José Andrés Alvarado Castro y al M.I. Marco Antonio Gutiérrez Rosete, por su apoyo en el desarrollo del trabajo de tesis, por sus valiosas aportaciones y por sus excelentes comentarios y guías, que representaron parte de su tiempo, esfuerzo y dedicación.

Finalmente, a toda la gente que de una u otra manera me han permitido caminar por el sendero académico y alcanzar este objetivo, mil gracias.

QUIERO AGRADECER A MI FAMILIA,

A mi esposa Irma por el gran apoyo en mis ausencias, por sus recados y mensajes de teléfono. Gracias corazón.

A mi hija, Erika por endulzar mi pasaje por esta vida, porque hace la diferencia en todo lo que me ocurre. Porque he disfrutado sus logros y lamentado mis ausencias en los eventos importantes para ella... A MI FAMILIA, ENCARECIDAS GRACIAS.

A Don Juan Buendía Govea, que siempre me ha apoyado a mí y a mi familia. GRACIAS POR ESTAR AHÍ.

A mis padres y mis hermanos, mis cuñados y amigos que siempre me apoyaron a mí y a mi familia en este proceso. GRACIAS POR ESTAR AHÍ.

A la M.C. Lidia Irene León López, que siempre me apoyo a mí y a mi familia en este proceso. GRACIAS POR ESTAR AHÍ.

A DIOS POR DARME LA OPORTUNIDAD DE APRENDER ESTOS AÑOS, POR SU CONSUELO EN MIS MOMENTOS DE TRISTEZA. GRACIAS POR PRESTARME A MI FAMILIA Y POR PONER EN MI CAMINO LAS PERSONAS Y LOS MEDIOS PARA APRENDER A SER FELIZ.

MUCHAS GRACIAS A TODOS Y MUCHAS BENDICIONES PARA TODOS USTEDES Y SUS HERMOSAS FAMILIAS.

Índice de Contenido

ACTA DE LIBERACION DE TESIS i
CONFORMACIÓN DE COMITÉS ii
Resumen iii
Abstract iv
Dedicatoria v
Agradecimientos vi
Índice de Contenido viii
Lista de Figuras ix
Lista de Tablas xi
Lista de Ecuaciones xiv
1. Introducción 1
2. Antecedentes 5
2.1.1. Planeación y Manejo de Cuencas Hidrológicas 5
2.1.2. Indicador para el análisis de la sostenibilidad de cuencas 12
2.1.3. Manejo Holístico (MH) 21
3. Justificación 23
4. Objetivo general 25
4.1. Objetivos específicos 25
Contribución Científica: 26
5. Hipótesis 27
6. Materiales y Métodos 28
6.1. Área de Estudio y Definición del Entero 28
6.1.1. Localización y Superficie 28
6.2. Delimitación de la Cuenca del Río Mátape y de la Subcuenca La Haciendita 30
6.3. Caracterización del Área de Estudio 31
6.3.1. Caracterización Física 31
6.3.2. Caracterización Biológica 34
6.3.3. Caracterización Socioeconómica 35
6.4. Actualización de la información socio - económica y de inventarios de recursos naturales y materiales 35
6.4.1. Información socio–económica 35
6.4.2. Inventario de Recursos Naturales (Vegetación y Fauna) 36
6.4.3. Inventario de Recursos Materiales 37
6.5. Índice de Sostenibilidad de Cuencas-WSI 37
6.5.1. Indicador de hidrología (H) 38
6.5.2. Indicador de medioambiente (E) 46
6.5.3. Indicador de vida humana (L) 47
6.5.4. Indicador de políticas públicas (P) 48
6.5.5. Índice de Sostenibilidad de Cuencas-WSI (Chaves y Alipaz, 2007) 49
6.6. Ordenamiento Ecológico Territorial 49
6.6.1. Caracterización del área en escalas 1:50,000 y 1:10,000 50
6.6.2. Análisis de Aptitud del Uso del Suelo 50
6.6.3. Pronóstico 51
6.6.4. Propuesta 51
6.7. Catálogo de Opciones de Manejo por Unidad de Gestión Ambiental (UGA) 52
6.7.1. Determinación de Opciones de Manejo 52
7. Resultados 53

7.1. Área de Estudio y Definición del Entero 53
7.1.1. Localización y Superficie 53
7.2. Delimitación de la Cuenca del Río Mátape y de la Subcuenca La Haciendita 54
7.3. Caracterización del Área de Estudio 56
7.3.1. Caracterización Física 56
7.3.2. Caracterización Biológica 75
7.3.3. Caracterización Socioeconómica 81
7.4. Actualización de la información socio - económica y de inventarios de recursos naturales y materiales. 87
7.4.1. Información socio–económica. 87
7.4.2. Inventario de Recursos Naturales (Vegetación y Fauna) 92
7.4.3. Inventario de Fauna Silvestre 96
7.4.4. Inventario de Recursos Materiales. 97
7.5. Índice de Sostenibilidad de Cuencas-WSI 102
7.5.1. Indicador de hidrología (H) 102
7.5.2. Indicador de medioambiente (E) 106
7.5.3. Indicador de vida humana (L) 108
7.5.4. Indicador de políticas públicas (P) 110
7.5.5. Índice de Sostenibilidad de Cuencas-WSI (Chaves y Alipaz, 2007) 111
7.6. Ordenamiento Ecológico Territorial 112
7.6.1. Caracterización del área en escalas 1:50,000 y 1:10,000 112
7.6.2. Análisis de Aptitud de Uso del Suelo 115
7.6.3. Pronóstico 135
7.6.4. Propuesta 156
7.7. Catálogo de Opciones de Manejo por Unidad de Gestión Ambiental (UGA) 161
7.7.1. Determinación de Opciones de Manejo 161
8. Discusión 183
9. Conclusiones 189
10. Literatura citada 192
Anexo I. Listado Florístico 200
Anexo II. Listado Faunístico 205
Anexo III. Atributos ambientales usados para el análisis de aptitud de los siete sectores y sus subsectores para la Subcuenca La Haciendita, Mátape, Sonora. 210
Anexo IV. Carta de Aceptacion del primer Articulo Científico 213
Anexo V. Articulo Cientifico publicado en la Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias . 214
Anexo VI. Carta de Acuse de Recibido del segundo Articulo Científico 229

Lista de Figuras

Figura 1. El Estado de Sonora en la República Mexicana y esta última en el Continente Americano. 29
Figura 2. El Estado de Sonora y en la República Mexicana. 29
Figura 3. La Cuenca del Río Mátape en la Región Hidrológica 9 Sonora Sur y está en el Estado de Sonora. . 29
Figura 4. Subcuenca La Haciendita en la Cuenca Del Río Mátape. 29
Figura 5. Villa Pesqueira y San Pedro de La Cueva en el Estado de Sonora. 29
Figura 6. Ubicación de la Subcuenca La Haciendita y el Rancho La Inmaculada en Sonora 29
Figura 7. Municipios en la Subcuenca La Haciendita. 30
Figura 8. Vías de Comunicación a la Subcuenca La Haciendita. 30
Figura 9. Plano del Poblado de Villa Pesqueira (Mátape). 35
Figura 10. Hidrología Superficial y Presas El Horno y La Haciendita 38
Figura 11. Localización geográfica de la Subcuenca La Haciendita. 53
Figura 12. A) Mapa de la Cuenca del Río Mátape (INEGI, 2010); B) Mapa de la Cuenca del Río Mátape, generado con el ArcGis, usando las herramientas del Arc Hydro Tool. 54

Figura 13. Mapa de la Subcuenca La Haciendita hecha en el ArcView. 55
Figura 14. Mapa de la Subcuenca generada en el ArcGis, usando el Arc Hydro Tool..... 55
Figura 15. Tipos de Climas de la Subcuenca La Haciendita (INEGI, 1980; 1985; 2000; 2004). 57
Figura 16. Ubicación de las estaciones meteorológicas en Sonora. 58
Figura 17. Distribución de la precipitación en el Estado de Sonora. 58
Figura 18. Distribución de la temperatura en el Estado de Sonora. 58
Figura 19. Rangos del Índice de Aridez de Lang. 60
Figura 20. Rangos del Índice de Aridez de De Martonne. 60
Figura 21. Estaciones Meteorológicas y su ubicación geográfica en la Cuenca del Río Mátape y sus alrededores. 62
Figura 22. Estaciones Meteorológicas y su ubicación geográfica en el área de estudio. 63
Figura 23. Isotermas (INEGI, 1985). 64
Figura 24. Temperatura Máxima en el periodo NDEF. 65
Figura 25. Temperatura Máxima en el periodo MAMJ. 65
Figura 26. Temperatura Máxima en el periodo JASO. 65
Figura 27. Temperatura Mínima en el periodo NDEF. 65
Figura 28. Temperatura Mínima en el periodo MAMJ. 65
Figura 29. Temperatura Mínima en el periodo JASO. 65
Figura 30. Isoyetas que se encuentran en la Subcuenca La Haciendita (INEGI. 1985). 67
Figura 31. Precipitación en el periodo: NDEF. 67
Figura 32. Precipitación en el periodo: MAMJ. 67
Figura 33. Precipitación en el periodo JASO. 68
Figura 34. Precipitación anual en la Subcuenca La Haciendita. 68
Figura 35. Infraestructura de la Subcuenca La Haciendita (INEGI, 2007). 68
Figura 36. Topografía de la Subcuenca la Haciendita (INEGI, 1975). 69
Figura 37. Provincia Fisiográfica de la Subcuenca La Haciendita (INEGI, 2006) 69
Figura 38. Subprovincias Fisiográficas de la Subcuenca La Haciendita (INEGI, 2006). 69
Figura 39. Regiones Fisiográficas de la Subcuenca La Haciendita (INEGI, 2006). 70
Figura 40. Geología de la Subcuenca La Haciendita. 70
Figura 41. Edafología de la Subcuenca La Haciendita (INEGI, 2004). 71
Figura 42. Subcuenca La Haciendita en la Cuenca del Río Mátape. 73
Figura 43. Hidrología Superficial (Arroyos Intermitentes) (INEGI, 2007). 73
Figura 44. Hidrología Subterránea (INEGI, 2005). 74
Figura 45. Acuíferos en el Área de Estudio (CNA, 2002). 75
Figura 46. Tipos de Vegetación según COTECOCA (1986; 1989). 76
Figura 47. Tipos de Vegetación según INEGI (1981a; 2006a). 80
Figura 48. Tenencia de la Tierra en la Subcuenca La Haciendita (ICRESON, 1995). 82
Figura 49. Mapa de la Imagen de Satélite (SPOT, de Junio de 1993) inicial con la clasificación de INEGI (1981a). 93
Figura 50. (A) Mapa de la Imagen de Satélite (SPOT, de Junio de 1993) inicial con la clasificación de INEGI (1981a) y (B) Plano final de corrección de INEGI e Imagen de Satélite (SPOT, de Junio de 1993) con datos de campo 96
Figura 51. Infraestructura actualizada de la Subcuenca La Haciendita 99
Figura 52. Predios con concesiones mineras en el Área de estudio (Dirección General de Minas, 1998) 101
Figura 53. Predios con concesiones mineras en el Área de estudio (Dirección General de Minas, 2012) 101
Figura 54. Topografía escala 1:50,000 (INEGI, 2000; 2007) 113
Figura 55. Modelo Digital de Elevación y Aspecto. 113
Figura 56. Regiones Fisiográficas (Topoformas escala 1:10,000). 113
Figura 57. Geología escala 1:50,000 (Radelli *et al.,* 1987). 113
Figura 58. Edafología escala 1:10,000. 113
Figura 59. Vegetación escala 1:10,000 (SPOT 2011). 113
Figura 60. Mapa de Aptitud de Agricultura de Temporal. 131
Figura 61. Mapa de Aptitud de Aves Acuáticas migratorias. 131
Figura 62. Mapa de Aptitud de Aves Terrestres. 131

Figura 63. Mapa de Aptitud de Guajolote Silvestre. 131
Figura 64. Mapa de Aptitud de Mamíferos menores. 131
Figura 65. Mapa de Aptitud de Venado Bura. 131
Figura 66. Mapa de Aptitud de Venado Cola Blanca. 131
Figura 67. Mapa de Aptitud de Conservación de Bosques Secos. 131
Figura 68. Mapa de Aptitud de Conservación de Bosques Templados. 132
Figura 69. Mapa de Aptitud de Conservación de Especies en NOM-O59-SEMARNAT-2010. 132
Figura 70. Mapa de Aptitud de Conservación de Pastizales. 132
Figura 71. Mapa de Aptitud de Conservación de Ecosistemas de Agua Dulce. 132
Figura 72. Mapa de Aptitud de Chiltepin. 132
Figura 73. Mapa de Aptitud de Leña, Carbón y Postes 132
Figura 74. Mapa de Aptitud de Ganadería Extensiva. 132
Figura 75. Mapa de Aptitud de Minería. 132
Figura 76. Ubicación de la Laguna de Oxidación en la Subcuenca. 142
Figura 77. Áreas perturbadas en la Subcuenca La Haciendita. 143
Figura 78. Erosion actual en la Subcuenca La Haciendita. 144
Figura 79. Mapa fisiográfico de 18 polígonos. 156
Figura 80. Mapa fisiográfico en unión con el mapa de aptitud minera con 19 polígonos. 156
Figura 81. Mapa resultado de la union del último mapa generado en las uniones de los mapas sectoriales el mapa fisiográfico de 19 polígonos. 157
Figura 82. Mapa modificado de 16 UGAs. 157
Figura 83. Mapa modificado de 16 UGAs. 157

Lista de Tablas

Tabla I. Indicadores y parámetros del WSI para los 3 niveles (Chaves y Alipaz, 2007). 14
Tabla II. Parámetros de Presión del WSI, con niveles y rangos (Chaves y Alipaz, 2007; INDHRI, 2010). 15
Tabla III. Parámetros de Estado del WSI, con niveles y rangos (Chaves y Alipaz, 2007; INDHRI, 2010). 16
Tabla IV. Parámetros de Respuesta del WSI, con niveles y puntajes (Chaves y Alipaz, 2007; INDHRI, 2010). 17
Tabla V. Rango de Sostenibilidad 17
Tabla VI. Zonas de humedad y aridez Índice de Lang (Almorox, 2003). 19
Tabla VII. Zonas de humedad y aridez Índice de de De Martonne (Almorox, 2003). 19
Tabla VIII. Valores del Índice de Disponibilidad Hidro-Ambiental (IDHA), Vulnerabilidad y Recomendaciones de manejo. 21
Tabla IX. Zonas de humedad y aridez según el Índice de Sequia Hidro-Ambiental (ISHA). 21
Tabla X. Coordenadas entre las que se encuentra la Subcuenca La Haciendita. 28
Tabla XI. Región Hidrológica y Cuenca en la que se encuentra la Subcuenca La Haciendita (INEGI 1981; 2000a). 28
Tabla XII. Superficies de la Subcuenca La Haciendita en los Municipios de Villa Pesqueira (Mátape) y de San Pedro de la Cueva. 29
Tabla XIII. Parámetros morfológicos para la Subcuenca La Haciendita (Fuentes, 2004; Méndez y Marcucci, 2006; Reyes *et al.,* 2010; Gaspari *et al.,* 2013). 31
Tabla XIV. Datos de las Presas El Horno y La Haciendita (CONAGUA, 2013). 39
Tabla XV. Grupos de suelos de acuerdo con sus características. 41
Tabla XVI. Clases de cobertura vegetal. 41
Tabla XVII. Vegetación y condición hidrológica 42
Tabla XVIII. Uso, tratamiento y condición hidrológica del suelo. 43
Tabla XIX. Parámetros de Presión, Estado y Respuesta, con niveles y puntajes para el indicador de hidrología, en cuanto a calidad del agua (modificado de Chaves y Alipaz, 2007). 45
Tabla XX. Parámetros de Estado del WSI, con niveles y rangos (modificado de Chaves y Alipaz, 2007). 47
Tabla XXI. Coordenadas entre las que se localiza la Subcuenca La Haciendita y coordenadas centrales de la misma (INEGI, 1975). 53
Tabla XXII. Cartas Topográficas digitales en escala 1:50,000 (INEGI, varios años). 54

Tabla XXIII. Superficies en hectáreas y porcentajes de los dos polígonos de la Cuenca del Río Mátape. 55
Tabla XXIV. Superficies en hectáreas de los dos polígonos de la Subcuenca La Haciendita. 55
Tabla XXV. Parámetros Morfológicos. 56
Tabla XXVI. Categorías y Superficies de los Tipos de Climas (INEGI, 1980; 1985; 2000; 2004). 57
Tabla XXVII. Listado de las 36 estaciones climatológicas seleccionadas con los datos de precipitación (PP), temperatura (T) y los Índices de Aridez de Lang (Lang) y de De Martonne (I_MAR). 59
Tabla XXVIII. Estaciones Meteorológicas, su ubicación geográfica y Temperaturas Máximas y Mínimas por periodo en la Cuenca del Río Mátape y sus alrededores. 60
Tabla XXIX. Estaciones Meteorológicas, su ubicación geográfica y Precipitación por periodo en la Cuenca del Río Mátape y sus alrededores. 61
Tabla XXX. Estaciones Meteorológicas, Índice de Lang e Índice de De Martonne por periodo en la Cuenca del Río Mátape y sus alrededores. 61
Tabla XXXI. Estaciones Meteorológicas y su ubicación geográfica en el área de estudio. 62
Tabla XXXII. Isotermas que se encuentran en la Subcuenca La Haciendita (INEGI, 1985). 64
Tabla XXXIII. Temperaturas Máximas (TMAX) y Mínimas (TMIN) por los periodos: NDEF, MAMJ y JASO. 64
Tabla XXXIV. Isoyetas que se encuentran en la Subcuenca La Haciendita (INEGI. 1985; 2004). 66
Tabla XXXV. Precipitación (PP) en los periodos: NDEF, MAMJ y JASO; y la precipitación anual. 67
Tabla XXXVI. Provincia, Subprovincias y regiones de la Subcuenca La Haciendita (INEGI, 2006). 69
Tabla XXXVII. Superficies y Porcentajes de las Clases Geológicas (INEGI, 2003). 70
Tabla XXXVIII. Superficies y Porcentajes de las dos Clases de Suelos en el Área de Estudio. 71
Tabla XXXIX. Superficies y Porcentajes de las Clases de Suelos en el Área de Estudio. 71
Tabla XL. Superficies y porcentajes del Área de Estudio en la Cuenca del Río Mátape y en la Subcuenca del Río Mátape – Presa Punta de Agua. 72
Tabla XLI. Superficies y Porcentajes de las Categorías de Hidrología Subterránea (INEGI, 2005). 74
Tabla XLII. Superficies y Porcentajes de los Acuíferos y sus Categorías de Aprovechamiento (CNA, 2002). 74
Tabla XLIII. Superficies y condición de los Tipos de Vegetación (COTECOCA 1986; 1989). 75
Tabla XLIV. Categorías y Superficies de los Tipos de Vegetación según INEGI (1981a; 2006a). 79
Tabla XLV. Tenencia de la Tierra en la Subcuenca La Haciendita (ICRESON, 1995). 82
Tabla XLVI. Población Ganadera del municipio de Villa Pesqueira, Sonora (INEGI - Gob. del Estado de Sonora, 1993). 83
Tabla XLVII. Población Ganadera del municipio de Villa Pesqueira, Sonora (INEGI, 2009). 83
Tabla XLVIII. Superficie dedicada a la ganadería en el año agrícola por tipo (Hectáreas) para el municipio de Villa Pesqueira, Sonora (INEGI - Gob. del Edo. de Sonora, 1993). 83
Tabla XLIX. Superficie dedicada a la ganadería en el año agrícola por tipo (Hectáreas) para el municipio de Villa Pesqueira, Sonora (INEGI, 2009). 83
Tabla L. Población ocupada por sector de actividad en el municipio de Villa Pesqueira, Sonora (INEGI - Gob. del Edo. de Sonora, 1993). 84
Tabla LI. Población de 12 años y más del municipio de Villa Pesqueira y sexo según condición de actividad económica y de ocupación (INEGI, 2011). 84
Tabla LII. Población ocupada y su distribución porcentual según sector de actividad económica del municipio de Villa Pesqueira (INEGI, 2011). 85
Tabla LIII. Población total del municipio de Villa Pesqueira y sexo, según el tamaño de la localidad en el 2010 (INEGI, 2011). 85
Tabla LIV. Alumnos inscritos, egresados, personal docente, escuelas y aulas en el municipio de Villa Pesqueira, Sonora (INEGI - Gob. del Edo. de Sonora, 1993). 86
Tabla LV. Población de 15 años y más del municipio de Villa Pesqueira y sexo, según nivel de escolaridad (INEGI, 2011). 86
Tabla LVI. Población de 15 años o más por condición de analfabetismo y sexo para el municipio de Villa Pesqueira, Sonora (INEGI - Gob. del Edo. de Sonora, 1993). 86
Tabla LVII. Integrantes de la familia del entrevistado y contribución al ingreso familiar. 87
Tabla LVIII. Tenencia de la Tierra en el Municipio. 88
Tabla LIX. Nivel educativo de los entrevistados. 88
Tabla LX. Categorías y Superficies de los Tipos de Vegetación según INEGI (1981a; 2006a). 92

Tabla LXI. Cobertura, Frecuencia y Dominancia en los dos muestreos realizados. 93
Tabla LXII. Densidad Relativa (%), de la Subcuenca, en los dos muestreos realizados. 94
Tabla LXIII. Resumen de la Densidad Relativa (%) en la Subcuenca. 94
Tabla LXIV. Categorías y Superficies de los Tipos de Vegetación (INEGI, 1981a; 2006a). 96
Tabla LXV. Listado de los Ranchos, Presas, Represos y Potreros de la Subcuenca La Haciendita. 97
Tabla LXVI. Predios que tienen reclamos mineros, superficie, expediente, concesionario y sustancias (Dirección General de Minas, 1998). 100
Tabla LXVII. Predios que tienen reclamos mineros, superficie, expediente, concesionario y sustancias (Dirección General de Minas, 2012). 100
Tabla LXVIII. Calculo de la probabilidad de la lluvia 102
Tabla LXIX. Cálculo del periodo de retorno. 103
Tabla LXX. Cálculo del potencial máximo de retención de humedad (mm) y cálculo del escurrimiento medio. 103
Tabla LXXI. Cálculo del escurrimiento total en m^3, para la Presa El Horno, la Presa La Haciendita y para la Subcuenca La Haciendita. 104
Tabla LXXII. Calculo parámetro de presión en relación a la cantidad de agua disponible total y por habitante (m3/hab/año). 104
Tabla LXXIII. Cálculo de la disponibilidad de agua (Wa). 105
Tabla LXXIV. Resumen de los parámetros hidrológicos estimados para la Subcuenca La Haciendita, en el periodo 2001-2010. 106
Tabla LXXV. Usos de Suelo antrópico en la Subcuenca. 107
Tabla LXXVI. Calculo de la Variación Antrópica y del Índice de Presión Ambiental-EPI. 107
Tabla LXXVII. Usos de Suelo, vegetación natural. 108
Tabla LXXVIII. Resumen de los parámetros del indicador medio ambiente estimados para la Subcuenca La Haciendita, en los periodo 1990 – 2010 y 1993 – 2011. 108
Tabla LXXIX. Índices de Sobrevivencia Infantil (IDH-ISI), Índice de nivel de escolaridad (IDH-Ed), Índice de PIB per cápita (Ingreso) (IDH-Ingreso), Índice de Desarrollo Humano (IDH) y Grado de Desarrollo Humano (GDH) en el Municipio de Villa Pesqueira (PNUD – INAFED, 2008). 108
Tabla LXXX. Variación del ingreso per cápita en la Subcuenca en el período (%). 109
Tabla LXXXI. Variación en el IDH de la Subcuenca en el periodo (2001-2005). 109
Tabla LXXXII. Resumen del Indicador Vida de la Subcuenca. 109
Tabla LXXXIII. Variación en el IDH-Educación en la Subcuenca en el período (%). 110
Tabla LXXXIV. Resumen del Indicador de Políticas Públicas de la Subcuenca. 111
Tabla LXXXV. Cálculo final del WSI para la Subcuenca La Haciendita. 111
Tabla LXXXVI. Provincias y Subprovincias de la Subcuenca La Haciendita (INEGI, 2006). 113
Tabla LXXXVII. Provincia, Subprovincias y regiones de la Subcuenca La Haciendita (INEGI, 2006). 113
Tabla LXXXVIII. Superficies y Porcentajes de las Clases Geológicas (Radelli *et al.,* 1987). 114
Tabla LXXXIX. Superficies y Porcentajes de los Tipos de Suelos en el Área de Estudio. 114
Tabla XC. Superficies y Porcentajes de las Clases de Suelos en el Área de Estudio. 114
Tabla XCI. Categorías y Superficies de los Tipos de Vegetación según INEGI (1981a; 2006a). 114
Tabla XCII. Sectores y subsectores económicos involucrados en el Ordenamiento Ecológico Territorial para la Subcuenca La Haciendita. 115
Tabla XCIII. Sector y su definición para la Subcuenca La Haciendita. 115
Tabla XCIV. Sector, subsectores, atributos, descripción y ponderación, utilizados para generar los mapas para el Análisis de Aptitud de Uso del Suelo. 116
Tabla XCV. Especies que se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y en la Subcuenca La Haciendita. 121
Tabla XCVI. Hábitat de las especies que se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y en la Subcuenca La Haciendita. 122
Tabla XCVII. Especies de fauna mapeados que se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su asociación con los ecosistemas. 123
Tabla XCVIII. Sector, subsectores, atributos, descripción, ponderación, procesos, comandos utilizados y mapas obtenidos para el Análisis de Aptitud de Uso del Suelo. 129

Tabla XCIX. Actividades económicas en la Subcuenca La Haciendita, aptitud (A = Alto, M = Medio y B = Bajo), superficie y porcentaje. 133
Tabla C. Subsectores y aptitudes. 134
Tabla CI. Union de los mapas de Aptitud Potencial. 135
Tabla CII. Evaluación económica de algunos servicios ambientales de ecosistemas naturales. 137
Tabla CIII. Tasa de Crecimiento Media Anual (TCMA) del Municipio de Mátape. 139
Tabla CIV. Balance de agua superficial para la Región Noroeste II en el 2002. 140
Tabla CV. Balance de agua superficial para la Región Noroeste II en el Escenario Tendencial 141
Tabla CVI. Áreas Perturbadas en la Subcuenca La Haciendita. 143
Tabla CVII. Topoformas, clases y toneladas por hectárea por año, sus superficies y porcentajes. 144
Tabla CVIII. Union del último mapa de Aptitud Potencial con el mapa fisiográfico y el mapa de aptitud minera. 157
Tabla CIX. UGAs presentes en la Subcuenca La Haciendita, su superficie y porcentaje. 158
Tabla CX. Subsectores productivos en las UGAs. 158
Tabla CXI. Sectores productivos en las UGAs. 159
Tabla CXII. Ubicación de las UGAs en la Subcuenca. 160

Lista de Ecuaciones

Ecuación 1. Índice de Sostenibilidad de Cuencas (Chaves y Alipaz, 2007). 14
Ecuación 2. Índice de Presión Ambiental-EPI. 15
Ecuación 3. Índice de Lang (Almorox, 2003). 18
Ecuación 4. Indice De Aridez de De Martonne anual (Almorox, 2003). 19
Ecuación 5. Indice de Aridez de De Martonne mensual (Almorox, 2003). 20
Ecuación 6. Índice de Disponibilidad Hidro-Ambiental (IDHA) (Mercado-Mancera *et al.*, 2010) 20
Ecuación 7. Índice de Sequia Hidro-Ambiental (ISHA) 21
Ecuación 8. Coeficiente de Masividad 31
Ecuación 9. Pendiente media de la cuenca 31
Ecuación 10. Pendiente media del cauce principal 31
Ecuación 11. Forma 32
Ecuación 12. Coeficiente de compacidad 32
Ecuación 13. Longitud total de las corrientes 32
Ecuación 14. Densidad de drenaje 32
Ecuación 15. Frecuencia de cauces 32
Ecuación 16. Radio de bifurcación 32
Ecuación 17. Longitud total de los cauces de un orden dado 32
Ecuación 18. Cálculo de la Probabilidad de la lluvia. 39
Ecuación 19. Cálculo del periodo de retorno. 39
Ecuación 20. Cálculo del escurrimiento medio. 40
Ecuación 21. Cálculo del potencial máximo de retención de humedad (mm). 40
Ecuación 22. Cálculo del escurrimiento total en m^3. 42
Ecuación 23. Calculo parámetro de presión en relación a la cantidad de agua disponible total. 43
Ecuación 24. Calculo parámetro de presión en relación a la cantidad de agua disponible por habitante (m3/hab/año). 44
Ecuación 25. Cálculo de la disponibilidad de agua (Wa) 44
Ecuación 26. Calculo de la Variación Antrópica. 46
Ecuación 27. Variación del ingreso per cápita en la Subcuenca en el período (%). 48
Ecuación 28. Variación en el IDH de la Subcuenca en el periodo (2001-2005). 48
Ecuación 29. Variación en el IDH-Educación en la Subcuenca en el período (%). 49

1. Introducción

Desde hace varias décadas se ha identificado el reto de satisfacer los requerimientos de la comunidad (alimento, abrigo y otros) así como la necesidad de hacer perdurar los recursos que los satisfagan en el tiempo y en el espacio. Sin embargo, también se visualiza que tales necesidades aumentan por efecto del crecimiento poblacional y, que simultáneamente, la producción de esos satisfactores no se produce en la cantidad y calidad esperada. La actividad ganadera en agostaderos de cuencas de zonas áridas y semiáridas ha generado beneficios económico-productivos; sin embargo, el manejo no planificado y la sobreexplotación de los recursos naturales han ocasionado erosión, agotamiento del agua y en algunos casos desertificación irreversible. En este sentido, las actividades productivas mal planeadas y sin prácticas de conservación son una amenaza, por su efecto en la degradación de los recursos naturales (Torres-Lima *et al.,* 2008; Camas-Gómez *et al.,* 2012).

Además de lo anterior, las condiciones de pobreza han obligado a la sociedad a explotar de manera intensiva los recursos y a utilizar para la agricultura terrenos que no tienen un potencial adecuado, lo que ha provocado sobrexplotación de los recursos naturales y por lo tanto, deterioro y destrucción de la naturaleza. El deterioro ambiental en el campo es un fenómeno extendido a toda la producción agropecuaria y forestal en lo global y no sólo a la de los campesinos. Con ello se han transgredido los límites de la capacidad de renovabilidad de la naturaleza y en consecuencia, ha disminuido la capacidad de producción de biomasa. El funcionamiento de los ciclos de nutrientes, hidrológicos y el flujo de energía en los ecosistemas se han alterado drásticamente por las prácticas productivas y las tecnologías aplicadas. Un factor que ha disminuido la ejecución de proyectos de manejo de agostaderos, pastizales y cuencas es la falta de demostración cuantitativa de los efectos y logros benéficos, ya que los proyectos tradicionales no han incluido la medición de la situación inicial de indicadores seleccionados que permita la comparación de los efectos de las acciones derivadas de estrategias o proyectos específicos. Al respecto, los planes de manejo deben buscar el equilibrio entre la disposición de los recursos; en el caso de los agostaderos, del forraje y la carga animal (Carabias *et al.,* 1994; Torres-Lima *et al.,* 2008; López-Reyes *et al.,* 2010).

Las actividades productivas se han desarrollado sobre áreas forestadas, eliminando fracciones importantes de la cubierta vegetal. Algunas estimaciones concluyen que en el país se deforestan entre 600,000 y 1'000,000 de ha anualmente. Dicha situación provoca la pérdida de suelo fértil, el cual se arrastra y deposita en cuerpos de agua, incluyendo lagos, ríos, presas y mares, causando cambios importantes en los cauces, en el entorno de los flujos y escurrimientos, y en los depósitos (Carabias *et al.,* 1994).

Entre el 50 y 60% de la superficie territorial de México se encuentra cubierta por zonas áridas y semiáridas, donde cerca del 85% de los agostaderos está sobrepastoreado en mayor o menor grado (Cervantes-Ramírez, 2006). Los predios rurales y, en particular del ejido, de las zonas áridas de México carecen de planes integrales técnicos para el mejoramiento, conservación y utilización de los recursos naturales (Hernández, 1984).

Una de las expresiones del deterioro es la erosión, que afecta a cerca de 80% del territorio nacional. Del total de 195.0 millones de hectáreas, 154 millones padecen algún grado de erosión, y de las mismas, 30 millones se encuentran erosionadas en un nivel severo o muy severo. El seguimiento y control del manejo de los pastizales mediante indicadores que detecten oportunamente su deterioro, debe ser un principio fundamental para su manejo (Carabias *et al.,* 1994; Lok *et al.,* 2008).

Las consecuencias del deterioro son, principalmente, el agotamiento paulatino de los suelos; el empobrecimiento de terrenos de alta productividad agrícola, por salinización; el abatimiento en general de los niveles de productividad del sector agropecuario; la desertificación por pérdida de la cubierta vegetal; la inutilización de los cuerpos de agua que surten a la población; la disminución de los acuíferos y la insalubridad de los polos urbanos (Carabias *et al.,* 1994). En relación con otras formas de capital, los ecosistemas son poco conocidos, apenas controlados, y frecuentemente, sometidos a una rápida degradación y agotamiento. A menudo, la importancia de los servicios ambientales es apreciada después de que se han perdido o deteriorado gravemente (Gretchen *et al.,* 2000).

Por lo anterior, se hace necesario avanzar en el diseño de opciones de manejo de los recursos naturales que garanticen el desarrollo sustentable en las zonas rurales del país y en particular del Estado de Sonora. Por esta razón, la planeación para el manejo integral de los recursos naturales renovables a nivel predial o de una cuenca, a través del manejo holístico, determina la mejor combinación de recursos y actividades que optimicen un conjunto de metas para beneficio del hombre.

Para transformar los predios en unidades más productivas ecológica y económicamente, es preciso implantar una metodología por medio de la cual se generen soluciones que satisfagan las necesidades y aspiraciones de los productores (Hernández, 1984). Se trata entonces del diseño de estrategias que integren los aspectos ambientales y los socioeconómicos en programas de desarrollo rural que permitan mejorar las condiciones de vida de las comunidades, sin el agotamiento de la base natural de sustentación productiva a nivel de la cuenca.

Entre los métodos y procedimientos que se han desarrollado para el manejo integral de cuencas, destacan: (1) el método de uso múltiple, (2) el de uso combinado (Heathcote, 2009) y (3) el modelo de administración holística, también conocido como "Manejo Holístico" (MH). El cual permite definir y analizar las unidades de uso de la tierra para desarrollar un plan de manejo sostenible de los recursos (Savory y Butterfield, 2005).

El desarrollo a nivel de la cuenca resulta altamente justificado, al implicar el uso múltiple de los recursos para satisfacer en mejor y mayor grado las necesidades de la comunidad; considerando la metodología del MH. La organización y diseño de la cuenca crea la oportunidad de participar a los propios campesinos y usuarios en el manejo de sus recursos, en la toma de decisiones y en la evaluación de sus logros o fracasos, al ser partícipes de la utilización de los mismos. El enfoque de desarrollo del MH, permite el tomar en cuenta las aspiraciones y metas de las propias comunidades. Paralelamente a lo anterior, la implementación del MH en la cuenca, permitirá optimizar la producción agrícola, pecuaria y forestal (Savory y Butterfield, 2005; Villarruel *et al.,* 2012).

Se propone entonces la Subcuenca La Haciendita, Mátape, Sonora, como una cuenca piloto en la que se realizará el diseño, formulación, evaluación y selección de: Los indicadores y criterios de sostenibilidad; con fundamento en el Índice de Sostenibilidad de Cuencas Hidrográficas (Chaves y Alipaz, 2007), cuyos parámetros componentes serán adaptados/modificados a las zonas áridas del noroeste del país; además de una gama de opciones de manejo de los recursos naturales presentes en la misma, la selección de la Subcuenca se debe a que presenta las características antes mencionadas y a su fácil acceso.

2. Antecedentes

2.1.1. Planeación y Manejo de Cuencas Hidrológicas

2.1.1.1. Definiciones básicas

Manejo de Cuencas Hidrológicas

De manera convencional, se considera a la cuenca hidrológica como la zona de la superficie terrestre que capta todas las aportaciones de lluvia que alimentan un escurrimiento determinado (río, arroyo, etc.) y está delimitada por la línea que une los puntos topográficos más altos que la rodean, a esta línea se le conoce como parteaguas, que además incluye el espacio físico geográfico en el que interactúan e interdependen los subsistemas físicos (agua, suelo, clima) bióticos (fauna y flora) y socioeconómico (el hombre en sus relaciones económicas y sociales establecidas en el aprovechamiento de los recursos naturales) (Salgado y Mendoza, 1988). Asimismo, Medina y Gutiérrez (1990) la definen como un sitio o área de la superficie terrestre donde el agua drena hacia un punto determinado; es el segmento específico de la superficie terrestre, separada de otros segmentos adyacentes por un límite o división más o menos definida por los puntos elevados de la orografía (Brooks *et al*., 2003; Heathcote, 2009).

De esta forma, el Manejo de Cuencas Hidrológicas se define como el manejo o administración de todos aquellos recursos naturales de un área de drenaje común (suelo, agua, pastizal, bosque, fauna, etc.) para la producción, protección e incremento del abastecimiento de agua y de todos los recursos asociados, incluyendo la preservación de los valores estéticos (Medina y Gutiérrez, 1990; Brooks *et al*., 2003; Heathcote, 2009).

Ordenamiento Ecológico Territorial

Es el instrumento fundamental que establece la legislación ambiental mexicana para planear y programar el uso del suelo y las actividades productivas, así como la ordenación de los asentamientos humanos y el desarrollo de la sociedad, en congruencia con la vocación natural del suelo, el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y la protección de la calidad

del medio ambiente en el territorio. En el ordenamiento ecológico se consideran la naturaleza y características de cada ecosistema, la vocación de cada zona o región en función de sus recursos naturales, así como los desequilibrios en el medio ambiente ocasionados por las actividades productivas y por efecto de la localización de los asentamientos humanos (Valdivia, 1993).

Una parte fundamental de los estudios de ordenamiento ecológico es la consideración de los intereses de los sectores productivos y los impactos ambientales que sus actividades producen. Los impactos ambientales generan conflictos intersectoriales que se deben a los diferentes valores y percepciones que sobre la calidad ambiental tienen los distintos grupos sociales (Bojórquez et al., 1997). De esta manera, los valores e intereses sectoriales generan conflictos ambientales (Crowfoot y Wondolleck, 1990, citado por Bojórquez et al., 1994). Estos conflictos aparecen porque las actividades de un sector socioeconómico o actor social producen impactos ambientales negativos a otros actores sociales. Consecuentemente, el análisis de aptitud debe proveer información para seleccionar los usos de la tierra que reduzcan los conflictos intersectoriales (Bojórquez et al., 1994). El ordenamiento ecológico, a través de análisis interdisciplinarios, sirve para resolver, prevenir y minimizar conflictos ambientales (Bojórquez et al., 1997). Siguiendo el concepto de uso múltiple (Brooks et al., 1991, citado por Bojórquez et al., 1994), los conflictos ambientales son identificados si un paisaje terrestre es apto para varios usos del suelo que sean competitivos. Además, la Ley Forestal ordena a la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) el manejo integral de los recursos forestales mediante acciones de ordenación ecológica, uso múltiple, conservación y protección ambiental (Bojórquez, 1990).

Desarrollo

Con una visión integradora, el desarrollo se concibe como un proceso de cambio dinámico y complejo orientado a dar solución específica a problemas particulares. Ello implica tomar en cuenta aspectos sociales y económicos, condiciones ecológicas y físicas y necesidades a corto y largo plazo. Indistintamente, se le conoce como crecimiento, progreso, evolución, expansión y cambio social. Además, se considera una participación efectiva de la sociedad, una

organización eficiente del esfuerzo colectivo y una nueva educación que cambie las actitudes frente a la naturaleza y frente a la comunidad (Medina, 1986).

En este contexto, el desarrollo sustentable satisface las necesidades del presente, sin comprometer la capacidad de que las futuras generaciones puedan satisfacer sus propias necesidades. Hay dos conceptos que están fundamentalmente ligados a los procesos de administración sostenida de los recursos de la tierra (Fundación Friedrich Ebert, 1989):

1. Las necesidades básicas de la humanidad deben satisfacerse: alimentación, vestimenta y vivienda.
2. Los límites del desarrollo no son absolutos pero están impuestos por el estado actual de la organización tecnológica y social, por su impacto sobre los recursos del ambiente y en la capacidad que tiene la biosfera de absorber los efectos de las actividades de los seres humanos. Pero tanto la tecnología como la organización social pueden ser administradas y mejoradas para crear una nueva era de crecimiento económico.

2.1.1.2. Morfología de Cuencas Hidrológicas

Una cuenca hidrológica es la unidad utilizada como marco de referencia para la planeación territorial-ambiental de los recursos naturales (Fuentes, 2004) y representa áreas de escurrimiento e infiltración donde el agua de lluvia tiende a ser drenada y que desemboca a ríos, lagos y finalmente al mar. El funcionamiento puede caracterizarse por la relación de su morfología, textura, tipo de suelo y cobertura vegetal (Salas-Aguilar *et al.,* 2011). El análisis morfológico de una cuenca de drenaje es de gran importancia para comprender e interpretar su comportamiento morfodinámico e hidrológico, así como para inferir indirecta y cualitativamente la estructura, características y formas de los eventos de crecidas resultantes (respuesta hidrológica). El funcionamiento de una cuenca se asemeja al de un colector que recibe la precipitación y convierte parte de esta en escurrimiento. La transformación depende de las condiciones climáticas y las características físicas de la cuenca. También permiten analizar y comprender los elementos geométricos básicos del sistema, que ante la presencia de externalidades (precipitaciones extremas por ejemplo), interactúan para originar y/o

activar procesos geomorfológicos (movimientos de masa) de vertientes y aludes torrenciales (Méndez y Marcucci, 2006; Gaspari *et al.,* 2009; 2012; 2013).

Los estudios morfológicos son de gran importancia en el estudio de cualquier cuenca, ya que ofrecen un parámetro de comparación y/o interpretación de los fenómenos que ocurren en ésta. Pero cabe destacar que un factor aislado no define el comportamiento de la cuenca sino la interacción de varios parámetros, así dos cuencas con la misma área pero con formas diferentes van a tener comportamientos diversos ante un mismo fenómeno (Faustino y Jiménez, 2005; Jiménez, 2010; Gaspari *et al.,* 2013).

En el proceso de manejo de cuencas, la caracterización cumple tres funciones fundamentales (Jiménez, 2010):

1. Describir y tipificar las características principales de la cuenca.
2. Sirve de información básica para definir y cuantificar el conjunto de indicadores que servirán de línea base para el seguimiento, monitoreo y evaluación de resultados e impactos de los planes, programas o proyectos de manejo y gestión de cuencas.
3. Sirve de base para el diagnóstico, donde se identifican y priorizan los principales problemas de la cuenca, se identifican sus causas, consecuencias y soluciones y se determinan las potencialidades y oportunidades de la cuenca.

Los componentes y variables que son importantes de caracterizar en una cuenca pueden agruparse en tres grandes temas: a) ubicación, morfología e hidrología; b) caracterización biofísica y c) caracterización socioeconómica. La caracterización debe ser interpretativa, en el sentido de identificar las relaciones que puede darse entre las distintas variables (Jiménez, 2010).

Ubicación, morfología e hidrología (Jiménez, 2010; Reyes *et al.,* 2010; Gaspari *et al.,* 2013):

a) Ubicación: país, departamento, estado o provincia, latitud, longitud, área. Incluir un mapa base de la cuenca.

b) Características morfológicas e hidrológicas de la cuenca: forma, curva hipsométrica (elevaciones), longitud y pendiente del cauce principal, orden y longitud de la red de drenaje, densidad de cauces (número de cauces / área de la cuenca), densidad de drenaje (longitud de drenajes km/km^2 de área). Incluir el mapa de la red de drenaje.

c) Síntesis: de las características de ubicación, morfológicas e hidrológicas de la cuenca hidrográfica.

2.1.1.3. Planeación del Manejo de Cuencas Hidrológicas

La planeación del manejo de los recursos naturales renovables, en principio es una acción compleja. Sin embargo, se convierte en un proceso más claro si se sigue un procedimiento sencillo y a la vez no restrictivo. Específicamente, la elaboración de un plan apropiado para el aprovechamiento de los recursos naturales renovables, involucra varias etapas principales (Jameson y Medina, 1979). Si bien es posible iniciar el análisis en cualquiera de ellas, lo importante es evaluar en forma detallada la red completa; de acuerdo con Jameson y Medina (1979); Medina y Gutiérrez (1990); Brooks *et al*. (2003); Heathcote (2009) las principales etapas son las siguientes:

i) <u>Identificación o planteamiento del problema</u>

La identificación del problema en una cuenca es el primer y más importante paso en el proceso de planeación del manejo de los recursos de esa cuenca; sin embargo, dicha

identificación no es tan fácil como parece, ya que el efecto se identifica como el problema, más no la causa del mismo.

ii) Identificación de los objetivos y metas preliminares

Las metas se definen como los niveles deseados que pueden ser logrados dentro de un período de tiempo; en la mayoría de los casos, los planes son desarrollados para implementar actividades específicas, que utilizan recursos escasos, para satisfacer objetivos múltiples. El problema de asignación de recursos limitados requiere de la especificación del grado de importancia de los objetivos, de tal manera que los usos preferidos sean considerados con alta prioridad. De manera frecuente, los recursos asignados a cada uso son inadecuados.

iii) Inventario de recursos, con información básica, tanto ecológica como social

Los recursos son los factores limitantes en la toma de decisiones y representan restricciones que, si se fijan metas sostenibles, no pueden ser excedidas. Se consideran varios tipos de inventarios: el inventario físico, biológico, de operación, económico y de ajuste.

iv) Análisis exhaustivo del inventario de recursos

Este análisis comprende la determinación de las Unidades de Respuesta Homogénea (URH) o Unidades de Gestión Ambiental (UGA), tomando en cuenta el clima, fisiografía, tipos de vegetación, geología, suelos y la topografía del área; así como su caracterización, describiendo sus componentes de acuerdo a, clima, posición fisiográfica, pendiente, superficie, vegetación, suelos y posibles usos de los recursos naturales presentes. Un problema de decisión del uso de la tierra está también relacionado con la identificación de restricciones de mano de obra, capital y otros factores de la producción. Para cada unidad de tierra clasificada, debe identificarse y describirse el conjunto de actividades mutuamente excluyentes y sus producciones totales correspondientes. Las actividades representan las diversas opciones de uso o

manejo que pueden ser aplicadas a cada una de las unidades de suelo y de tenencia de la tierra.

v) Selección de opciones de manejo

Uno de los instrumentos necesarios para preparar un plan es un método de selección entre las variadas combinaciones de actividades y productos posibles, para que los objetivos sean realizados. Existen varios procedimientos matemáticos para seleccionar entre las primeras; su aplicación práctica y complejidad dependerá de la naturaleza del problema, nivel de adiestramiento de los planeadores e instrumentos de procesamiento electrónico de datos. En la práctica, los métodos más simples son preferidos si son adecuados.

vi) Formulación de un plan de desarrollo para el manejo

El plan de desarrollo se formulará de acuerdo a la o las opciones de manejo seleccionadas, el mismo se implementará en la región para la que fue diseñada.

vii) Monitoreo y evaluación del plan que permita tener retroalimentación

Puesto que lo más probable es que los efectos de las actividades del uso de la tierra no se conozcan con certeza, se requiere de un procedimiento de evaluación del plan para determinar si se necesitan acciones correctivas de los proyectos en marcha. El procedimiento deberá incluir las unidades de producción total obtenidas y un sistema de comparación entre las expectativas del plan y sus logros completos.

Administración integral (manejo integral) o integrada de cuencas hidrológicas

Se define como "el manejo o administración de todos aquellos recursos naturales, humanos, materiales y financieros a través de la coordinación de los diferentes sectores o usuarios de los recursos naturales, para su aprovechamiento en forma sostenida" (Arias, s.p.[1]; Brooks *et al*., 2003). Se han propuesto a las cuencas hidrográficas como unidades de desarrollo regional

[1]Arias Rojo, Héctor Manuel. Sin publicar. Conceptos del Manejo de Cuencas Hidrográficas. 7 p.

debido a que las variables hidrológicas pueden analizarse dentro de esta área. Pese a la definición de cuenca pequeña, se pueden tener varios usos del suelo, los cuales pueden estar interrelacionados afectando diferentes actividades humanas (Heathcote, 2009).

Las diferentes interacciones han llevado a plantear el manejo integral o integrado de cuencas hidrográficas, para coordinar esfuerzos entre los usuarios con la finalidad de llevar a cabo una adecuada repartición de la riqueza obtenida de la explotación de los recursos naturales, que involucre también el mantenimiento y conservación de los recursos naturales renovables por un tiempo indefinido (productividad sostenida). El contraste es la utilización de proyectos de uso múltiple, en el cual se hacen diferentes usos de un recurso; por ejemplo, el aprovechamiento forestal de uso múltiple con fines de producción de madera, leña, artesanía, e industrial. Esto es, se hace un uso múltiple del recurso bosque, probablemente sin tomar en cuenta otras actividades aguas abajo (Arias, s.p.[1]).

2.1.2. Indicador para el análisis de la sostenibilidad de cuencas

En 1992 la Declaración de Río de Janeiro sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo consagró los principios para un desarrollo sostenible, con lo cual se sentaron las bases de un nuevo marco de gobernabilidad ambiental, fundado en el derecho a un desarrollo que respondiese equitativamente a las necesidades de las generaciones presentes y futuras (Machinea *et al.,* 2005). En esta primera reunión mundial se selló la definición de Desarrollo Sostenible como el que satisface las necesidades presentes sin afectar las capacidades de futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades (INDHRI, 2010).

Posteriormente, se estableció que el desarrollo humano sustentable es aquel que no solo genera crecimiento sino que distribuye equitativamente sus beneficios; que regenera el ambiente en lugar de destruirlo y que otorga poder a la gente en lugar de marginarla. Estos conceptos han ido incorporándose paulatinamente en el área de los recursos hídricos, en especial bajo el concepto de Manejo Integrado de Cuencas. La sostenibilidad, en los términos descritos, asociada a los recursos hídricos, cobra mayor importancia en regiones áridas y

semiáridas del planeta, en que la oferta hídrica confronta altas demandas del recurso agua, que se reflejan en importantes niveles de presión, así como a una mayor exposición a situación de déficit producto de la alta variabilidad climática que caracteriza estas zonas geográficas (INDHRI, 2010).

La sostenibilidad en el uso y gestión de los recursos hídricos en regiones áridas y semiáridas debiese ser un criterio permanente de monitoreo y evaluación, con el objetivo de reducir la vulnerabilidad de estos sistemas a los eventos naturales así como a las amenazas antrópicas. Se hace necesario, por lo tanto, el tener herramientas que permitan cuantificar este concepto de sostenibilidad asociado a la gestión de recursos hídricos en zonas áridas. Una de estas herramientas la constituyen los denominados indicadores, cuyo propósito es representar, de manera cuantitativa, una serie de atributos que caracterizan el sistema analizado y que, contrastados con una escala de referencia, permiten establecer por un lado en qué estado se encuentra el sistema respecto a la condición de referencia, cómo ha sido su evolución y cuál es su estado potencial futuro (INDHRI, 2010).

Se presenta como una herramienta útil con estos propósitos, el denominado Índice de Sostenibilidad de Cuencas (Chaves y Alipaz, 2007) el cual es concebido como una herramienta capaz de integrar información base, de relativo fácil acceso, con el fin de apoyar a los tomadores de decisiones en la gestión integrada de recursos hídricos y en el manejo integrado a nivel de cuenca (INDHRI, 2010).

2.1.2.1. Índice de Sostenibilidad de Cuencas-WSI (Chaves y Alipaz, 2007)

El Índice de Sostenibilidad de Cuencas, en adelante WSI por sus siglas en inglés (Watershed Sustainability Index) estima la sostenibilidad socioeconómica de una cuenca mediante la media aritmética de 4 indicadores, conforme a la ecuación 1:

Ecuación 1. Índice de Sostenibilidad de Cuencas (Chaves y Alipaz, 2007).

$$WSI = \frac{(H+E+L+P)}{4} \quad (1)$$

Donde: H = Indicador de hidrología (0-1); E = Indicador de ambiente (0-1); L = Indicador de vida humana (0-1); P = Indicador de políticas (0-1)

Cada uno de los cuatro indicadores del WSI está, a su vez, integrado por una serie de parámetros en tres niveles relativos que se denominan: la presión, el estado y la respuesta del sistema hídrico. Los parámetros utilizados se presentan en la Tabla I. Cada una de los parámetros presentes en la matriz Indicadores-Parámetros de la Tabla, es clasificada en niveles, los que se asocian a puntajes entre 0 y 1, siendo el WSI el promedio global de las líneas y columnas (INDHRI, 2010).

Tabla I. Indicadores y parámetros del WSI para los 3 niveles (Chaves y Alipaz, 2007).

Indicador	Presión	Estado	Respuesta
		Parámetros	
H (Hidrología)	Variación de la disponibilidad de agua per cápita en el periodo;	Disponibilidad per cápita de agua en la cuenca en el periodo;	Evolución en la eficiencia del uso del agua en el período
	Variación en la calidad del agua en el período	- Calidad del agua de la cuenca en el período	Evolución en el tratamiento/disposición de agua servida en el período
E (ambiente)	EPI (Índice de Presión Ambiental) describe la presión ejercida en el ambiente por las actividades humanas de la cuenca en un periodo	% de la cuenca con vegetación natural	Evolución en áreas protegidas en la cuenca (reservas)
L (vida)	Variación en el IDH ingreso per cápita en la cuenca, en el periodo estudiado	- IDH de la cuenca en el periodo anterior (ponderado)	- Evolución del IDH de la cuenca en el periodo
P (Políticas públicas)	Variación del IDH-Educación en el periodo	Capacidad legal e institucional en GIRH en la cuenca	Evolución de los gastos en GIRH en la cuenca en el periodo

Las Tablas II, III y IV presentan los niveles y puntajes para cada uno de los parámetros del WSI relativos a la Presión, el Estado y la Respuesta, respectivamente (Chaves y Alipaz, 2007; INDHRI, 2010).

Tabla II. Parámetros de Presión del WSI, con niveles y rangos (Chaves y Alipaz, 2007; INDHRI, 2010).

Indicador		Presión		
		Parámetro	Nivel	Rangos
Hidrología	Cantidad de Agua	Δ1- Variación de la disponibilidad de agua *per cápita*, en el periodo (m3/hab/yr)	1< -20%	0,00
			-20%< Δ1 < -10%	0,25
			-10%<Δ1< 0%	0,50
			0 < Δ1 < +10%	0,75
			Δ1 > +10%	1,00
	Calidad de Agua	2- Variación del DBO5 de la cuenca en el periodo o en otro parámetro critico	Δ2 > 20%	0,00
			20% > Δ2 > 10%	0,25
			0 < Δ2 < 10%	0,50
			-10% < Δ2 < 0%	0,75
			Δ2 < -10%	1,00
Ambiente	**E**(ambiente)	EPI (Índice de Presión Ambiental) Describe la presión ejercida por el ambiente por las actividades humanas de la cuenca en un período	EPI > 20%	0,00
			20% > EPI > 10%	0,25
			10% < EPI < 5%	0,50
			5% < EPI < 0%	0,75
			EPI < 0%	1,00
Vida	**L**(vida)	Variación en del IDH ingreso *per cápita* en la cuenca, en el periodo estudiado	< -20%	0,00
			-20% < Δ < - 10%	0,25
			-10%< Δ< 0%	0,50
			0 < Δ < +10%	0,75
			Δ > +10%	1,00
Políticas	**P**olíticas	Variación del IDH-Educación en el periodo	Δ < -20%	0,00
			-10% < Δ < -20%	0,25
			-10% < Δ < 0%	0,50
			0 < Δ < +10%	0,75
			Δ > +10%	1,00

El Índice de Presión Ambiental-EPI se resuelve mediante la ecuación 2 (Chaves y Alipaz, 2007; INDHRI, 2010):

Ecuación 2. Índice de Presión Ambiental-EPI.

$$EPI = \frac{(\%\text{ variación áreas agrícolas} + \%\text{ variación población urbana})}{2} \quad (2)$$

Tabla III. Parámetros de Estado del WSI, con niveles y rangos (Chaves y Alipaz, 2007; INDHRI, 2010).

	Indicador	Estado		
		Parámetro	Nivel	Rango
Hidrología	Cantidad de Agua	Wa - Disponibilidad de caudal promedio histórico en la cuenca (superficial + subterránea), en relación con la población existente en ella (m3/persona/año)	Wa < 1700	0,00
			1,700 < Wa < 3,400	0,25
			3,400 <Wa< 5,100	0,50
			5,100 <Wa< 6,800	0,75
			Wa > 6800	1,00
	Calidad de Agua	DB05 - Promedio de la DB05 en la cuenca (largo plazo), en mg/1	DBO>10	0,00
			10>DBO>5	0,25
			5>DBO>3	0,50
			3>DB0>1	0,75
			DB0<1	1,00
Ambiente	**E**(ambiente)	% de la vegetación natural remanente en la cuenca (Av)	Av < 5	0,00
			5 < Av < 10	0,25
			10 < Av < 25	0,50
			25 < Av < 40	0,75
			Av > 40	1,00
Vida	**L**(vida)	IDH ponderado de cuenca, en el periodo anterior (ponderado)	IDH<0.5	0,00
			0.5 < IDH <0.6	0,25
			0.6 < IDH < 0.75	0,50
			0.75 < IDH <0.9	0,75
			IDH >0.9	1,00
Políticas	**P**olíticas	Capacidad legal e institucional en el manejo de los recursos hídricos en la cuenca (existe marco legal, marco institucional y manejo de la o participación)	Muy pobre	0,00
			Pobre	0,25
			Regular	0,50
			Buena	0,75
			Excelente	1,00

El valor final del WSI surge, de la cuantificación de cada uno de los atributos presentes en cada una de los cuadros presentados previamente. Una vez obtenido este valor, se contrasta con una escala de referencia que indica el grado de sostenibilidad que presenta la cuenca analizada (Tabla V).

Tabla IV. Parámetros de Respuesta del WSI, con niveles y puntajes (Chaves y Alipaz, 2007; INDHRI, 2010).

	Indicador	Respuesta		
		Parámetro	Nivel	Rango
Hidrología	Cantidad de Agua	Acciones o mejoras en el manejo del recurso hídrico en la cuenca del periodo estudiado con respecto al histórico.	Muy pobre	0,00
			Pobre	0,25
			Regular	0,50
			Buena	0,75
			Excelente	1,00
	Calidad de Agua	Evolución en el tratamiento y disposición de aguas servidas en la cuenca, en los últimos 5 años.	Muy pobre	0,00
			Pobre	0,25
			Regular	0,50
			Buena	0,75
			Excelente	1,00
Ambiente	**E**(ambiente)	Evolución en las áreas protegidas (áreas de reservas) en la cuenca, en el período.	A < -10%	0,00
			-10% < A < 0%	0,25
			0% < A < 10%	0,50
			10% < A < 20%	0,75
			A > 20%	1,00
Vida	**L**(vida)	Variación en el IDH en la cuenca, en el periodo (ponderado)	A < -10%	0,00
			-10% < A < 0%	0,25
			0% < A < 10%	0,50
			10% < A< 20%	0,75
			A > 20%	1,00
Políticas	**P**olíticas	Capacidad legal e institucional en el manejo de los recursos hídricos en la cuenca (existe marco legal, marco institucional y manejo de la o participación)	Muy pobre	0,00
			Pobre	0,25
			Regular	0,50
			Buena	0,75
			Excelente	1,00

Tabla V. Rango de Sostenibilidad

Baja	Intermedia	Alta
WSI < 0,5	0,5 <WSI < 0,8	WSI > 0,8

2.1.2.2. Indicadores para el análisis de aridez, sequía y disponibilidad de agua, como parte del Índice de Sostenibilidad de Cuencas

La aridez es el grado de sequedad o ausencia de humedad disponible para realizar los procesos biológicos (Mercado-Mancera *et al.*, 2010). El estudio detallado de la aridez en México tiene amplias aplicaciones en cuanto a la planificación y administración de los recursos naturales (Lluch-Belda *et al.*, 1991, en Salinas-Zavala e*t al.*, 1998).

El cálculo de índices numéricos facilita el manejo del concepto de sequía y aridez, sobre todo en momentos de planeación y manejo de recursos naturales, principalmente del recurso agua.

Para diferenciar los términos aridez y sequía: El primero se refiere a una condición hidro-climática permanente, la aridez es una característica persistente del paisaje, que denota insuficiencia hídrica, y el segundo describe una disminución del valor normal de la precipitación para un periodo de tiempo dado. De acuerdo a lo anterior, las tierras áridas y semiáridas que disponen de menor disponibilidad hidro-ambiental, con una consecuente prevalencia de déficit hídrico, son más vulnerables al deterioro ambiental, causado por procesos naturales y también por actividades y procesos antropogénicos, incluyendo la interacción entre ambos tipos de proceso (Anónimo 1997 y Sharma 1998; en Mercado-Mancera *et al.*, 2010).

En regiones agrícolas semiáridas como las cuencas de este estudio, la sequía, referida como causal de desertificación, es un término subjetivo que designa un determinado periodo de años en los que un cultivo se convierte en una actividad poco rentable. La sequía es una amenaza constante, un proceso natural que los habitantes rurales en regiones áridas deben enfrentar continuamente. Durante una sequía, la degradación del ecosistema en forma de erosión del suelo y en pérdida de vegetación, ocurre a un ritmo acelerado (Hillel & Rosenzweig 2002 en Mercado-Mancera *et al.*, 2010)

Índices de Aridez (Almorox, 2003)

Los índices de aridez consideran como dato fundamental las precipitaciones caídas a lo largo del año (como fuente de agua) y las temperaturas (como indicador de la capacidad para evaporar del clima).

Índice de Lang (Almorox, 2003)

Está definido por medio de la ecuación 3:

Ecuación 3. Índice de Lang (Almorox, 2003).

$$\mathbf{Pf} = \frac{\mathbf{P}}{\mathbf{tm}} \qquad (3)$$

Dónde: P: precipitación media anual en mm. tm: temperatura media anual en °C

Su interpretación obedece a las zonas (Almorox, 2003) (Tabla VI):

Tabla VI. Zonas de humedad y aridez Índice de Lang (Almorox, 2003).

Valor de Pf	Zona
0 - 20	Desiertos
20 - 40	Árida
40 - 60	Húmedas de estepa y sabana
60 - 100	Húmedas de bosques claros
100 - 160	Húmedas de grandes bosques
> 160	Perhúmedas con prados y tundras

Índice de aridez de De Martonne (Almorox, 2003)

Se representa mediante la ecuación 4:

Ecuación 4. Indice De Aridez de De Martonne anual (Almorox, 2003).

$$Ia = \frac{P}{[tm+10]} \quad (4)$$

Donde: P: precipitación media anual en mm. tm: temperatura media anual en °C

El Ia muestra una naturaleza similar al índice anterior, aunque es más apropiada para climas templados al adicionar una constante al denominador y evitar, de esta manera, los valores negativos. El valor que se suma a la temperatura del denominador es el 10, el cual se cambia por 7 en la propuesta de delimitación de zonas húmedas y secas de Köppen.

La interpretación del Índice de De Martonne obedece a los siguientes intervalos de clasificación (Almorox, 2003) (Tabla VII):

Tabla VII. Zonas de humedad y aridez Índice de de De Martonne (Almorox, 2003).

Valor de Ia	Zona
0 - 5	Desiertos (Hiperárido)
5 - 10	Semidesierto (Arido)
10 - 20	Semiárido de tipo mediterráneo
20 - 30	Subhúmeda
30 - 60	Húmeda
> 60	Perhúmeda

Según De Martonne el índice también se puede aplicar para cada mes. La fórmula es similar a la anterior, pero con el valor medio mensual y multiplicando por doce (ecuación 5) (Almorox, 2003):

Ecuación 5. Indice de Aridez de De Martonne mensual (Almorox, 2003).

$$\mathbf{Iai} = \frac{\mathbf{12 * Pi}}{\mathbf{[tmi+10]}} \quad (5)$$

Donde: Pi: precipitación media mensual en mm. tmi: temperatura media mensual en °C

Según el autor, los meses de actividad vegetativa para la vegetación son aquellos en que la temperatura media es superior a 3 °C (valor inferior al de 6 ºC fijado por otros autores) y en los que el índice de aridez mensual es superior a 20.

El Índice de Disponibilidad Hidro-Ambiental (IDHA) es una modificación del Índice de Martonne (ecuación 6) (Mercado-Mancera *et al.*, 2010):

Ecuación 6. Índice de Disponibilidad Hidro-Ambiental (IDHA) (Mercado-Mancera *et al.*, 2010).

$$\mathbf{IDHA} = \frac{\mathbf{Ke\ (12pp)}}{\mathbf{(t + 10)}} \quad (6)$$

Donde: pp: precipitación media mensual en mm. t: temperatura media mensual en °C
Ke es un coeficiente adimensional de ajuste de escala, con valor de 0.306

Dicho índice modificado fue aplicado con la finalidad de alcanzar una mayor resolución y sensibilidad numérica que el Índice de Martonne; su interpretación obedece a las siguientes zonas de clasificación (Tabla VIII).

A su vez, para complementar el análisis de la condición hídrica, el **Índice de Sequia Hidro-Ambiental (ISHA)** fue calculado mediante la siguiente ecuación (7):

Tabla VIII. Valores del Índice de Disponibilidad Hidro-Ambiental (IDHA), Vulnerabilidad y Recomendaciones de manejo.

Valor del IDHA	Vulnerabilidad	Recomendaciones de manejo
0 a 2.5	Extrema	Exclusión total para el pastoreo
2.5 a 5	Alta	Manejo con restricciones severas, exclusión total durante los meses de sequía
5 a 7.5	Media	Manejo sostenible con rotaciones adecuadas y prevenciones durante la sequía
> 7.5	Baja	Alto potencial de manejo sostenible, se sugieren rotaciones adecuadas

Ecuación 7. Índice de Sequia Hidro-Ambiental (ISHA)

$$\mathbf{ISHA = 10 - IDHA} \quad (7)$$

Donde: IDHA es el Índice de Disponibilidad Hidro-Ambiental.

La interpretación del ISHA obedece a la clasificación de las siguientes zonas definidas (Tabla IX):

Tabla IX. Zonas de humedad y aridez según el Índice de Sequia Hidro-Ambiental (ISHA)

Valor del ISHA	Zona
< 2.5	Húmeda
2.5 a 5	Semiárido de tipo mediterráneo
5 a 7.5	Semidesierto (Arido)
7.5 a 10	Desiertos (Hiperárido)

2.1.3. Manejo Holístico (MH)

El MH es un modelo que considera los recursos, componentes y procesos en una empresa (rancho o ejido), para lograr la máxima eficiencia y la sostenibilidad; el método integra los recursos naturales, materiales y humanos, o en otros términos "el ecosistema, la economía y la sociedad". En el MH las actividades se planean anualmente, para plantear, muestrear, registrar y revisar el programa. El MH se basa en principios que se aplican benéficamente a la ganadería y que se relacionan con el entorno (el "Entero"), con la gente y los procesos naturales que lo sustentan, incluyendo el ciclo del agua y nutrientes, flujo de energía, cambio en el uso de suelos y la dinámica de plantas y animales asociados. Las decisiones conforman un proceso integral, dinámico y reflexivo (Savory, 1988; Bingham y Savory, 1990; Savory y Butterfield, 1999, 2005). El MH se fundamenta en diez principios; su comprensión y

aplicación es el primer paso para alcanzar los resultados deseados para cualquier terreno o comunidad.

Los 10 principios del MH son los siguientes: (1) la naturaleza (ecosistema) funciona en enteros; (2) comprensión del tipo de ambiente que se maneja; (3) el ganado es una herramienta para restaurar suelos degradados; (4) el factor tiempo es más importante que el número de animales; (5) definición de lo que se está manejando (descripción del entero); (6) definición de lo que se desea lograr (meta holística); (7) el suelo desnudo es el enemigo global y ambiental número uno; (8) el conocimiento de las herramientas; (9) comprobación y contraste de las decisiones; y (10) seguimiento y retroalimentación de los resultados (Savory y Butterfield, 1999, 2005; Villarruel *et al.,* 2012).

3. Justificación

En el estudio de una cuenca hidrográfica resulta indispensable realizar un diagnóstico en el marco físico, social y económico para conocer, interpretar y analizar las condiciones en las que se encuentra el área de trabajo; tales como la caracterización de los aspectos geomorfológicos, la estimación del grado de erosión hídrica e indicadores poblacionales (Barbosa-Briones, 2011).

Es necesario con todos los datos disponibles de las estaciones climatológicas ver lo que está ocurriendo a una escala más fina y de esa manera calibrar regionalmente los modelos, con lo que se buscaría reducir la incertidumbre (Gutiérrez-Ruacho, 2011). Esto con el fin de ajustar los modelos generales para el Índice de Sostenibilidad de Cuencas y contar con una mayor certidumbre de lo que está ocurriendo y podría esperarse en el Noroeste mexicano, lo que permitirá promover acciones tendientes a minimizar los desastres.

Las pasadas y actuales prácticas inadecuadas de uso agrícola y deforestación han alterado la capacidad del sistema de regular el ciclo hidrológico. El resultado de esta modificación es la generación de tal cantidad de sedimentos que se ha convertido en un problema socioeconómico y ambiental importante tanto en la cuenca del Río Mátape, como en otras del país. La importancia de la subcuenca La Haciendita a nivel social, y a la vez estatal, reside principalmente en su producción agrícola y ganadera. Un factor fundamental para la producción de agua en cantidad y calidad, es el uso del suelo en las partes altas de las cuencas. Diferentes estudios concluyen que la cobertura arbórea representa el uso más adecuado para la generación de este servicio ambiental. El sobreuso del suelo en áreas de ladera representa un factor que incide fuertemente en el incremento de la erosión y en el transporte de suelo hacia los embalses, lo cual disminuye la calidad del agua (Lianes-Revilla, 2008).

En los últimos años se le ha asignado al recurso agua la importancia debida, por su alto valor ecológico y económico. En Sonora se considera que hay mucha agua en algunas áreas y épocas del año pero según los diferentes usos que se asignen a las cuencas, ésta puede llegar

a escasear, especialmente en y al final de la época seca (López-Reyes *et al.,* 2010; Navarro-Córdova *et al,* 2012).

La sustitución del uso forestal por el uso agrícola puede tener un impacto negativo sobre el ciclo hidrológico. Estos cambios en la hidrología se relacionan principalmente con: la calidad, que tiene que ver con la erosión, sedimentación y flujo de nutrientes; la cantidad de agua, relacionada con flujos estacionales, protección contra inundaciones y precipitación (Lovón, 2003).

Por lo anterior, se hace necesario avanzar en el diseño de opciones de manejo de los recursos naturales que garanticen el desarrollo sustentable en las zonas rurales del país y en particular del Estado de Sonora. Por esta razón, el ordenamiento ecológico y la planeación para el manejo integral de los recursos naturales renovables a nivel predial o de una cuenca, a través del manejo holístico, determina la mejor combinación de recursos y actividades que optimicen un conjunto de metas para beneficio del hombre.

4. Objetivo general

Diseñar y establecer un procedimiento de formulación, evaluación y selección de: Los indicadores y criterios de sostenibilidad; con fundamento en el Índice de Sostenibilidad de Cuencas Hidrográficas (Chaves y Alipaz, 2007), cuyos parámetros componentes serán adaptados/modificados a las zonas áridas del noroeste del país; además de una gama de opciones de manejo de los recursos naturales de la Subcuenca La Haciendita, Mátape, Sonora, de acuerdo a restricciones múltiples y metas específicas, para el manejo integral de la misma y lograr la sostenibilidad en su uso.

4.1. Objetivos específicos

1. Evaluar la condición actual socio-ambiental e hidro-edáfica de la subcuenca La Haciendita y la Inmaculada, mediante la selección de variables e indicadores y la definición del entero ecosistémico para la caracterización de los recursos de infraestructura, naturales y humanos de la subcuenca.

2. Determinar el índice de sostenibilidad de Cuencas Hidrográficas (WSI) mediante la aplicación y ponderación de variables insumo de los indicadores componentes: Indicador de hidrología (H), Indicador de ambiente (E), Indicador de vida humana (L) e Indicador de políticas (P), para las subcuencas La Haciendita y La Inmaculada, Sonora, la primera sin manejo y la segunda con un plan de manejo estructurado.

3. Identificar las Unidades de Respuesta Homogénea (URH) o Unidades de Gestión Ambiental (UGA), para la Subcuenca La Haciendita, Mátape, Sonora.

4. Determinar las opciones de manejo para cada URH o UGA, para la Subcuenca La Haciendita, Mátape, Sonora.

Contribución Científica:

Desarrollo de un método para la selección de variables, criterios y parámetros para la construcción de los indicadores componentes del Índice WSI, incluyendo variables sobre:

- **Hidrología** (disponibilidad per cápita de agua, variaciones en la calidad del agua), los **Índices de Aridez de Lang y De Martonne**, **Índice de Disponibilidad Hidroambiental (IDHA)**, el cual es una modificación del Índice de De Martonne, y el **Índice de Sequia Hidroambiental (ISHA)** para el Estado de Sonora, la Cuenca del Río Mátape, la Subcuenca La Haciendita y la Subcuenca Arroyo La Inmaculada (Rancho La Inmaculada),
- **Ambiente** (Índice de presión antrópica, cobertura, fauna, suelo),
- **Vida humana** (índice de desarrollo humano 'IDH', IDH-Ingreso,) y
- **De políticas** (IDH-Educación, Gestión Integrada de Recursos Hídricos)

Las variables anteriores se consideran y ponderan para determinar el **Índice WSI. Con lo anterior se propone un método sistemático para e**valuar la condición que guarda una cuenca o subcuenca, lo cual generará información sustentada en una valoración sólida, para el MH de la Subcuenca.

Establecer un procedimiento para la integración, modelación y calibración original de la información geográfica, socioeconómica y ambiental, conjuntamente con la aplicación de indicadores, para la elaboración del Ordenamiento Ecológico de la Subcuenca.

5. Hipótesis

Premisa: el estado ambiental original de una cuenca, caso específico la subcuenca La Haciendita, Sonora, ha sido afectado por la interacción e intensificación de múltiples factores y actividades, de origen natural o antropogénico, los cuales han causado deterioro de los recursos disponibles, lo que sugiere un estado con tendencia irreversible de pérdida de sostenibilidad, de manera comparada con un sitio sujeto a un plan de manejo estructurado como en el caso de la subcuenca Arroyo la Inmaculada (Rancho La Inmaculada).

HIPÓTESIS

Los procesos de deterioro de los recursos naturales, originados por la interacción de factores naturales y antropogénicos en la subcuenca La Haciendita (actualmente sin plan de manejo), se controlan o atenúan a través del uso de planes de manejo estructurados (manejo holístico), comparada con el Rancho La Inmaculada (con plan de manejo), lo cual se valora y corrobora mediante la aplicación del Índice de Sostenibilidad de Cuencas Hidrográficas e indicadores componentes.

6. Materiales y Métodos

6.1.Área de Estudio y Definición del Entero

6.1.1. Localización y Superficie

La Subcuenca La Haciendita se localiza en la parte central de Sonora, entre las coordenadas que se presentan en la Tabla X, y pertenece a la Región Hidrológica (RH) 9 Sonora Sur, a la Cuenca del Río Mátape y a Subcuenca Mátape - P. Punta de Agua (Tabla XI) (Figuras 1, 2, 3 y 4) (INEGI, 1975).

La Subcuenca La Haciendita se encuentra en dos municipios, de las cuales la mayor parte pertenece al municipio de Villa Pesqueira (Mátape) y una pequeña parte en la zona más alta, al municipio de San Pedro de la Cueva y el Rancho La Inmaculada en el municipio de Pitiquito, Sonora (Tabla XII) (Figuras 5, 6 y 7) (INEGI, 1975).

Tabla X. Coordenadas entre las que se encuentra la Subcuenca La Haciendita.

Vértices	Coordenadas UTM, Zona 12, Datum WGS84	
	X	Y
1	596000.000	3217000.000
2	612000.000	3232000.000

Tabla XI. Región Hidrológica y Cuenca en la que se encuentra la Subcuenca La Haciendita (INEGI 1981; 2000a).

Clave RH	RH	Clave Cuenca	Cuenca	Clave Subcuenca	Subcuenca	Hectáreas
RH-09	Sonora Sur	C	Río Mátape	b	Mátape - P. Punta de Agua	313,389.8560

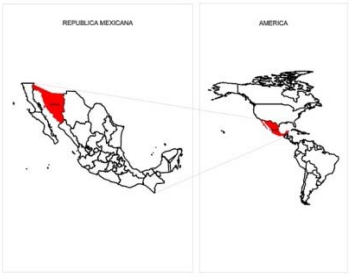


Figura 1. El Estado de Sonora en la República Mexicana y esta última en el Continente Americano.

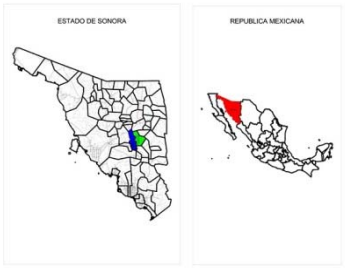


Figura 2. El Estado de Sonora y en la República Mexicana.

Tabla XII. Superficies de la Subcuenca La Haciendita en los Municipios de Villa Pesqueira (Mátape) y de San Pedro de la Cueva.

Municipios	Hectáreas	Porcentaje
Villa Pesqueira (Mátape)	9,808.307	78.14
San Pedro de la Cueva	2,744.204	21.86
Total	12,552.511	100.00

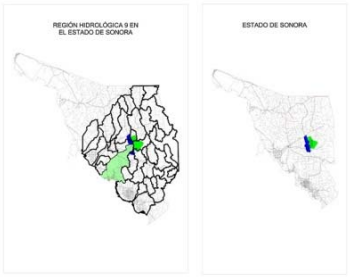


Figura 3. La Cuenca del Río Mátape en la Región Hidrológica 9 Sonora Sur y está en el Estado de Sonora.

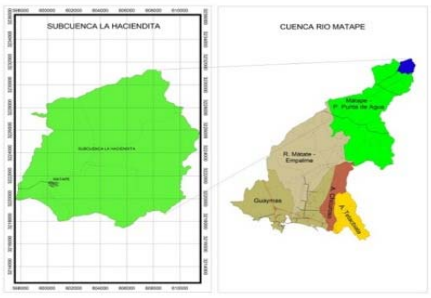


Figura 4. Subcuenca La Haciendita en la Cuenca Del Río Mátape.

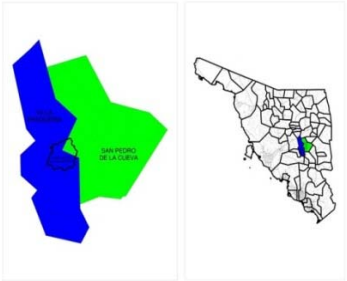


Figura 5. Villa Pesqueira y San Pedro de La Cueva en el Estado de Sonora.

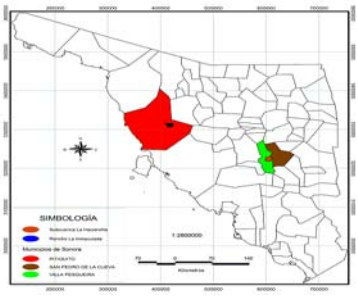


Figura 6. Ubicación de la Subcuenca La Haciendita y el Rancho La Inmaculada en Sonora

El principal acceso terrestre es por la carretera Estatal Hermosillo - Mazatán que tiene una distancia de 88 km, y de Mazatán a Villa Pesqueira por carretera a 23.5 km de distancia o sea 111.5 km en total, de Hermosillo a Villa Pesqueira. Por vía aérea de Hermosillo - Villa Pesqueira, ya que se cuenta con una pista de aterrizaje (Figura 8) (INEGI, 1975).

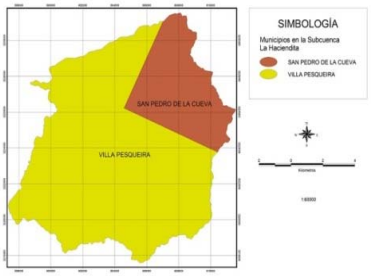


Figura 7. Municipios en la Subcuenca La Haciendita.

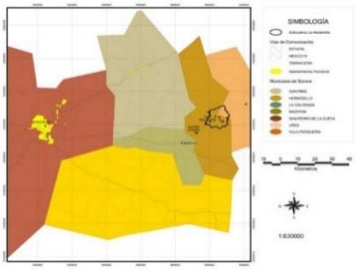


Figura 8. Vías de Comunicación a la Subcuenca La Haciendita

6.2. Delimitación de la Cuenca del Río Mátape y de la Subcuenca La Haciendita

Se usó la topografía e hidrología superficial en escala de 1:50,000, usando el ArcView y con la topografía en la misma escala, delimitando la subcuenca al generar un polígono siguiendo la topografía y el inicio de los cauces de primer orden. También usando el ArcGis, se realizó el procesamiento de imágenes utilizando las herramientas del Arc Hydro Tools para generar los polígonos de la Cuenca del Río Mátape y de la Subcuenca La Haciendita.

Después de lo anterior, se compararon la Cuenca del Río Mátape de INEGI, con la generada usando las herramientas del Arc Hydro Tools; y la Subcuenca La Haciendita, la originada en el ArcView y la creada en el ArcGis con herramientas del Arc Hydro Tools. El polígono generado con el ArcGis de la Subcuenca La Haciendita, se está utilizando para todas las actividades que se mencionan a continuación.

6.3. Caracterización del Área de Estudio

6.3.1. Caracterización Física

Para la caracterización Física se desarrollaron los siguientes temas:

6.3.1.1. Análisis Morfológico de la Subcuenca La Haciendita.

Análisis morfológico: Con la Subcuenca ya delimitada se elaboraron las Parámetros de relieve, de forma, y los relativos de la red hidrográfica, incluyendo la curva del Perfil del Cauce Principal y la Curva Hipsométrica (Tabla XIII).

Tabla XIII. Parámetros morfológicos para la Subcuenca La Haciendita (Fuentes, 2004; Méndez y Marcucci, 2006; Reyes *et al.*, 2010; Gaspari *et al.*, 2013).

Variable	Parámetro	Símbolo	Ecuación	Unidad
Escala de la cuenca	Área	A	-	km^2 ó ha
	Perímetro	P	-	km
	Longitud	L	-	km
	Ancho	W	-	km
	Altura máxima	H	-	msnm
	Altura mínima	h	-	msnm
	Altura media de la cuenca	Hm	-	msnm
	Ecuación 8. Coeficiente de Masividad	Km	Km = Hm (m)/A (km^2) Hm = Altura media (msnm) A = Área de la cuenca (km^2)	m/km^2
	Rangos de Km		**Clases de masividad**	
	0 – 35		Muy Montañosa	
	35 – 70		Montañosa	
	70 – 105		Moderadamente montañosa	
Gradiente y forma del relieve de la cuenca	Ecuación 9. Pendiente media de la cuenca	PM	PM = ((D * Σ Lc)/A) * 100 D (1) Σ Lc (2)	%
	Ecuación 10. Pendiente media del cauce principal	Smcp	Método de Alvord Smcp = ((Lcp /(Li/Σ √Si))^2) * 100 Lcp (3) Li (4) Si (5)	%
	Curva del perfil del cauce principal	C	Método de Taylor – Schwarz Construcción gráfica con los coeficientes de altura (h) y longitud relativa acumulada	-
	Curva hipsométrica	Ch	Construcción gráfica con los coeficientes de altura (h) y área relativa acumulada	-

Variable	Parámetro	Símbolo	Ecuación	Unidad
Forma de la cuenca	Ecuación 11. Forma	IF	$If = A/L^2$	-
	Factor de forma		**Forma de la cuenca**	
	IF > 1		Redondeada	
	IF < 1		Alargada	
	Ecuación 12. Coeficiente de compacidad	Kc	$Kc = P/A^{1/2}*0.28$	-
Forma	**Valores de Kc**		**Características**	
Compacta o redonda a oval redonda.	1,00 – 1,25		Cuenca torrencial peligrosa.	
Oval redonda a oval oblonga.	1,25 – 1,50		Presenta peligros torrenciales, pero no iguales a la anterior.	
Oval oblonga a rectangular oblonga.	1,50 – 1,75		Son las cuencas que tienen menos torrencialidad.	
Extensión de la red de drenaje	Longitud del cauce principal	Lcp	-	km
	Rangos de longitud		**Clases de longitud del cauce**	
	6.9 – 10.9		Corto	
	11 – 15		Mediano	
	15.1 – 19.1		Largo	
	Ecuación 13. Longitud total de las corrientes	Ltc	Ltc = Σ longitud de las corrientes	km
	Ecuación 14. Densidad de drenaje	Dd	Dd = Ltc/A	km/km^2
	Rangos de densidad de drenaje		Clases	
	0.1 – 1.8		Baja	
	1.9 – 3.6		Moderada	
	3.7 – 5.6		Alta	
	Ecuación 15. Frecuencia de cauces	Fc	Fc = SNc/A Suma del Número de cauces (nc) /Área de la cuenca (ha)	nc/ha
Orden y magnitud de la red de drenaje	Orden del cauce	u	-	-
	Número de segmentos del cauce de un orden dado	Nu	-	-
	Ecuación 16. Radio de bifurcación	Rb	Rb = Nu/Nu+1	-
	Longitud de los cauces de un orden dado	Lu	-	km
	Ecuación 17. Longitud total de los cauces de un orden dado	Ltu	Ltu = ΣLu	km

(1) D = Diferencia de nivel entre las curvas de nivel del plano topográfico empleado (20 m; 0.02 km); (2) Σ Lc = Sumatoria de las longitudes de las curvas de nivel (km); (3) Lcp = Longitud del cauce principal (4) Li = Longitud del tramo de cauce principal entre las curvas de nivel (5) Si = pendiente del tramo de cauce principal entre las curvas de nivel.

6.3.1.2. Clima

Para la caracterización del clima, se consideró la información del INEGI (1980; 1985; 2000;), asimismo, se obtuvieron las bases de datos de las estaciones meteorológicas de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (datos obtenidos de CLICOM (WMO, 2012)). Se obtuvieron los promedios mensuales por año de las estaciones; el promedio por periodos de cuatro meses se determinó de la siguiente manera: noviembre y diciembre de un año y enero y febrero del siguiente año (NDEF), marzo, abril, mayo y junio (MAMJ), julio, agosto, septiembre y octubre (JASO), lo anterior considerando la distribución de la precipitación y de las temperaturas mínimas y máximas en el Estado.

Se realizó un análisis de la información de 36 estaciones meteorológicas de la CONAGUA, distribuidas en Sonora; a partir de los datos se estimaron las medias mensuales y anuales de temperatura (T) y precipitación (P) para cada estación seleccionada; se calcularon los índices de aridez de Lang (P/T) y de De Martonne (P/(T+10)) (Almorox, 2003), generándose mapas de precipitación, temperatura y de los Índices de Aridez, estos últimos se compararon con la distribución de la vegetación en el Estado (INEGI, 2006a).

La información de 21 estaciones meteorológicas de la CONAGUA, distribuidas dentro y alrededor de la Cuenca del Río Mátape se sistematizó en los periodos de cuatro meses, analizandolas para la Cuenca y en seis estaciones dentro y alrededor de la subcuenca La Haciendita.

6.3.1.3.Infraestructura

Con la información de la carta topográfica, H12D44, San José del Batuc (INEGI, 2007), y el polígono obtenido con el ArcGis se generó la infraestructura de la Subcuenca.

6.3.1.4.Topografía y Fisiografía

La topografía y la fisiografía se generó en base a la información de la carta topográfica, H12D44, San José del Batuc (INEGI, 2007), y a la Carta Fisiográfica en escala de 1:1’000,000.

6.3.1.5.Geología

La geología se generó en base a la información de la carta geológica, H12-09, Madera, Sonora y Chihuahua (INEGI, 2003).

6.3.1.6.Edafología

La edafología se generó en base a la información de la carta edafológica, H12-09, Madera, Sonora y Chihuahua (INEGI, 2004).

6.3.1.7.Hidrología

La hidrología se generó en base a la información de la carta hidrológica, H12-09, Madera, Sonora y Chihuahua (INEGI, 2005) y la carta topográfica, H12D44, San José del Batuc (INEGI, 2007).

6.3.2. Caracterización Biológica

Para la caracterización Biológica se desarrolló el tema sobre uso del suelo y vegetación, el cual se generó a partir de la información de la carta de uso del suelo y vegetación, H12-09, Madera, Sonora y Chihuahua (INEGI, 1981a; 2000b; 2006a) y de tipos de vegetación de COTECOCA (1986; 1989).

6.3.3. Caracterización Socioeconómica

En la caracterización Socioeconómica se desarrollaron los siguientes temas:
Tenencia de la Tierra
Sistemas de Producción
Población y Escolaridad

6.4. Actualización de la información socio - económica y de inventarios de recursos naturales y materiales

6.4.1. Información socio–económica

Se elaboró una encuesta en la que se contemplan los aspectos demográficos, sistemas de producción y aspectos de organización, tomando en cuenta diversas encuestas realizadas por otras instituciones, como el INEGI, el Departamento de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y otras. Se escogieron al azar en la población 50 familias de las 260 que viven actualmente en la población de Villa Pesqueira y en los lugares habitados de la zona, utilizando un plano de la población para la localización de las viviendas (Figura 9).

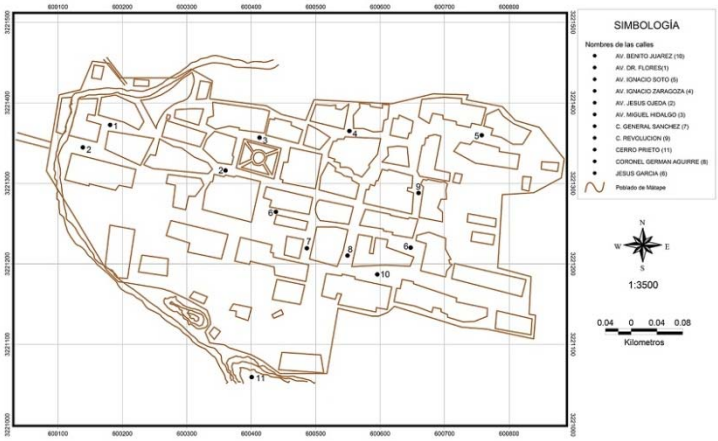


Figura 9. Plano del Poblado de Villa Pesqueira (Mátape).

6.4.2. Inventario de Recursos Naturales (Vegetación y Fauna)

Se hicieron recorridos en la Subcuenca registrando la flora y fauna, además se consideraron los comentarios de los habitantes. Se realizó una selección al azar de puntos de muestreo en cada uno de los tipos de vegetación presentes, se recorrieron esos puntos y se registraron todas las especies encontradas, se trató de cubrir toda el área de la Subcuenca, así mismo se consideró los comentarios con respecto al tema de los habitantes en cada una de las zonas de la misma (ausencia o presencia de las especies).

Los tipos de vegetación de la Subcuenca La Haciendita, Mátape, Sonora (INEGI, 1981a; COTECOCA, 1986; 1989); se determinaron y se cotejo en condiciones de campo su presencia, se actualizo la carta de vegetación y usos del suelo del área, se obtendrá un listado florístico general y por tipo de vegetación, la cobertura, densidad, dominancia y frecuencia de las especies presentes en la zona, para la formulación de las opciones de manejo de las mismas.

6.4.2.1.Muestreo de Vegetación

Se localizaron aleatoriamente tres puntos de muestreo para cada tipo de vegetación, con la única limitante - además de la posibilidad de acceso - de que no presentase signos evidentes de grave perturbación humana (por ejemplo una ranchería o un cultivo). En cada punto elegido se utilizó un transecto lineal de 100 m. Cada transecto se dividió en 10 puntos o "estaciones de muestreo", equidistantes entre sí. La dirección del transecto se escogió al azar.

Con el objetivo de tomar en cuenta la influencia de la variación estacional se realizaron dos muestreos en fechas diferentes del año, el primero en la temporada de lluvias y el segundo en el período de finales de invierno y principios de la primavera.

En cada estación de muestreo se utilizaron los siguientes métodos y técnicas dependiendo de la topografía y del tipo de vegetación presente en el sitio (uno o varios):

El método de la Línea de Puntos (Blackman, 1935; Goodall, 1952; Taber, 1955); el Método de Parcela (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974), para las herbáceas (gramíneas y hierbas), la parcela fue de 25 cm x 25 cm, de forma cuadrada; Para las arbustivas y los árboles se utilizó el Método del Individuo Más Cercano (Cottan *et al.,* 1953), el Método del Cuadrante del Punto Central (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974); y el Método de Cobertura Proporcional y Cobertura Total Logarítmica de Base 2 (Método de la Escala Logarítmica (McAuliffe, 1990)).

Se realizó un recorrido alrededor de cada transecto, para el registro, colecta de especies y su posterior identificación en la conformación del listado de la flora de la Subcuenca.

6.4.2.2.Análisis de la Información de Campo

El análisis de los resultados del muestreo de vegetación, se realizó según el método de muestreo utilizado.

6.4.3. Inventario de Recursos Materiales

Se ejecutaron recorridos para la localización de los caminos, potreros, bordos de agua, casas habitación, ranchos, áreas de cultivo y cercadas para la actualización de la cartografía original, esta actividad se realizó usando un Geoposicionador geográfico (GPS), georeferenciando los puntos en unidades UTM, y en gabinete se actualizo la cartografía, utilizando los Sistemas de Información Geográfica ArcView y ArcGis.

6.5. Índice de Sostenibilidad de Cuencas-WSI

El WSI, estima la sostenibilidad socioeconómica de una cuenca mediante la media aritmética de 4 indicadores, conforme a la ecuación 1.

6.5.1. Indicador de hidrología (H)

6.5.1.1. Hidrología – Cantidad

A. Presión – variación de la disponibilidad de agua

Se asumió que la disponibilidad de agua total en la Subcuenca La Haciendita es la suma de los aportes totales netos (aguas superficiales). En este caso se consideró para el cálculo la capacidad total de la Presa El Horno (Figura 10), (bajo la confluencia del Arroyo El Dátil), que corresponden a 340,000 m^3 aproximadamente en la Presa El Horno (Tabla XVI), la entrada de agua a la presa solo es en la temporada de lluvias (verano) y el arroyo mencionado es intermitente (solo lleva agua en la temporada de lluvias). En el caso de aguas subterráneas no se consideró ya que no hay derechos inscritos de aprovechamiento en el área (CONAGUA, 2013).

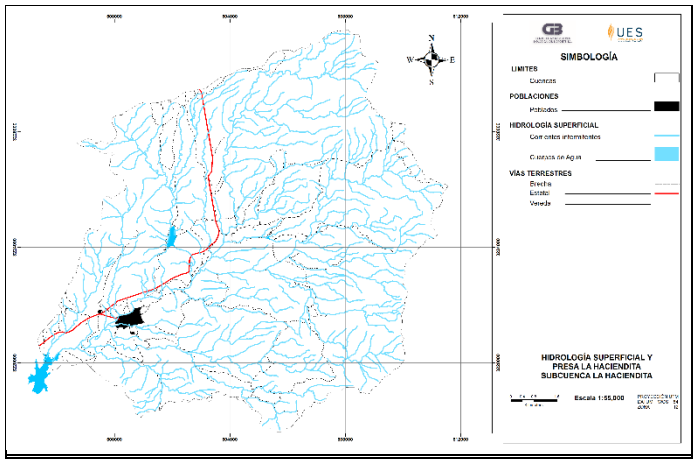


Figura 10. Hidrología Superficial y Presas El Horno y La Haciendita

Cálculo de la probabilidad de lluvia (Cuevas *et al.*, 2007)

Se consideró el cálculo de la probabilidad de lluvia en base a los registros de 22 años de precipitación máxima en 24 horas, de la estación 26240 Mátape, de la CONAGUA, aplicando la ecuación 18:

Tabla XIV. Datos de las Presas El Horno y La Haciendita (CONAGUA, 2013).

Número ID:	3292	5035
Nombre Oficial:	Presa La Haciendita	Presa El Horno
Nombre Común:	La Haciendita	El Horno
Estado:	Sonora	Sonora
Municipio:	Villa Pesqueira	Villa Pesqueira
Región CNA:	Noroeste	Noroeste
Región Hidrológica:	Sonora Sur	Sonora Sur
Cuenca:	Río Mátape 1	Río Mátape 1
Corriente:	A. Mátape	A. El Datil
Volumen al NAMO (m3):	6'900,000	340,000
Latitud (grados):	29.0958333333	29.1405555556
Longitud (grados):	- 109.9966666667	- 109.9505277778
Zona Sísmica:	Baja Sismicidad	Baja Sismicidad

Ecuación 18. Cálculo de la Probabilidad de la lluvia.

$$P = (m*100) / n+1 \quad (18)$$

Donde: P = probabilidad de la lluvia. m = número de orden de la lluvia. n = número de eventos registrados.

Cálculo del periodo de retorno (Cuevas *et al.,* 2007)

El periodo de retorno o frecuencia de una determinada cantidad de lluvia es la periodicidad estadística en anos con que pueden presentarse tormentas de características similares en intensidad y duración. El cálculo del periodo de retorno es sumamente importante para la planeación de obras de almacenamiento de agua. El periodo de retorno se consideró de cinco años. Para el cálculo del periodo de retorno se aplica la siguiente formula (Ecuación 19):

Ecuación 19. Cálculo del periodo de retorno.

$$F = (n+1) / m \quad (19)$$

Donde: F = frecuencia o periodo de retorno. n = número total de años de registro. m = número de orden de la lluvia.

Cálculo del escurrimiento superficial (Cuevas *et al.,* 2007)

El escurrimiento superficial es un tanto difícil de estimar, ya que no se cuenta con datos suficientes, depende de la cantidad e intensidad de la lluvia, la cobertura vegetal tanto herbácea como arbórea, la rugosidad del terreno, la textura y el contenido de materia orgánica del suelo, la pendiente del suelo y el manejo que se le dé a este.

Puesto que en México no se cuenta con suficientes estaciones meteorológicas que registren la intensidad de la lluvia, solo se tiene el dato de lluvia máxima en 24 horas para determinar la cantidad de la precipitación que escurre en forma superficial. En este trabajo se tomara el método del Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (USDA–SCS, por sus siglas en ingles), que toma en cuenta la mayoría de los parámetros que inciden en el escurrimiento superficial (Cuevas *et al.,* 2007).

Las curvas numéricas son similares al coeficiente de escurrimiento y fueron obtenidas por el USDA–SCS, con base en la observación de hidrogramas procedentes de varias tormentas en diferentes cuencas de Estados Unidos. Estas curvas dependen del tipo de suelo, condición hidrológica de la cuenca, uso y manejo del suelo, así como de su antecedente condición de humedad. El cálculo del escurrimiento medio a partir de las curvas numéricas es obtenido mediante las siguientes relaciones (Ecuación 20):

Ecuación 20. Cálculo del escurrimiento medio.

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

Donde: Q = escurrimiento medio (mm). P = precipitación (mm). S = potencial máximo de retención de humedad (mm). (20)

Esta fórmula solo es válida si $0.2S < P$, es decir, si la precipitación es mayor que la retención máxima de humedad, ya que si no se cumple esto la lluvia es retenida por el suelo y por lo tanto no escurre (Ecuación 21).

Ecuación 21. Cálculo del potencial máximo de retención de humedad (mm).

$$S = (25400 / CN) - 254$$

Donde: S = potencial máximo de retención de humedad. CN = curva numérica o número de curva obtenida de tablas. (21)

El valor de las curvas numéricas está determinado por los siguientes factores:

a) Suelo. El suelo es uno de los factores de mayor incidencia en el escurrimiento; su contenido de materia orgánica y textura son los factores que ayudan de manera importante en la infiltración. El USDA–SCS tomo en cuenta la clase textural de los suelos y su infiltración básica, para agruparlos en cuatro clases (Tabla XV).

Tabla XV. Grupos de suelos de acuerdo con sus características.

GRUPOS DE SUELOS	DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO
A	Suelo con bajo potencial de escurrimiento, Incluye arenas profundas con muy poco limo y arcilla y suelo permeable con grava en el perfil. Infiltración básica 8-12 mm / hr.
B	Suelos con moderadamente bajo potencial de escurrimiento. Son suelos arenosos menos profundos y más agregados que el grupo A. Este grupo tiene una infiltración mayor que el promedio cuando húmedo. Ejemplo: suelos migajones, arenosos ligeros y migajones limosos. Infiltración básica 4-8 mm / hr.
C	Suelos con moderadamente alto potencial de escurrimiento. Comprende suelos someros y suelos con considerable contenido de arcilla, pero menos que el grupo D, Este grupo tiene una infiltración menor que la promedio después de saturación. Ejemplo: sucios migajones arcillosos. Infiltración básica 1-4 mm / hr.
D	Suelos con alto potencial de escurrimiento. Ejemplo, suelos pesados, con alto contenido de arcillas expandibles y suelos someros con materiales fuertemente cementados. Infiltración básica menor a 1 mm / hr.

b) Condición hidrológica o cobertura vegetal del terreno. Este factor considera la cobertura vegetal del terreno, el cual incide directamente sobre la intercepción de la precipitación y la rugosidad que se opone al escurrimiento. Para este factor, se determinaron tres clases de cobertura, así como una serie de parámetros para agruparlas de acuerdo con el uso del terreno (Tablas XVI y XVII).

Tabla XVI. Clases de cobertura vegetal.

Buena	> de 75%
Regular	Entre 50 y 75%
Mala	< de 50%

c) Uso del suelo. El uso del suelo es un factor determinante en la estimación del escurrimiento superficial. Por tal motivo se consideran las diferentes prácticas de manejo a que es sometido. Con este último parámetro se compone el cuadro para obtener la curva numérica que se utilizara en la formula (Tabla XVIII).

Tabla XVII. Vegetación y condición hidrológica

VEGETACIÓN	CONDICIÓN HIDROLÓGICA
Pastos naturales	En malas condiciones: dispersos, fuertemente pastoreados, con menos que la mitad del área total con cobertura vegetal. En condiciones regulares: moderadamente pastoreados, con la mitad o las tres cuartas partes del área total con cubierta vegetal. En buenas condiciones: ligeramente pastoreados y con más de las tres cuartas partes del área total con cubierta vegetal.
Áreas boscosas	En condiciones malas: tienen árboles dispersos y fuertemente pastoreados. En condiciones regulares: moderadamente pastoreados y con algo decrecimiento. En buenas condiciones: densamente pobladas y sin pastorear.
Pastizales mejorados	En buenas condiciones: pastizales mezclados con leguminosas sujetas a un cuidado sistema de manejo de pastoreo.
Rotación de praderas	En malas condiciones: áreas con material disperso, sobrepastoreados. En buenas condiciones: praderas densas, moderadamente pastoreadas, bajo una adecuada planeación de rotación de cultivos.
Cultivos	En malas condiciones: cultivos manejados con base en monocultivos. En buenas condiciones: cultivos que forman parte de una buena rotación de cultivos (cultivos de escarda, praderas, cultivos tupidos).

d) Uso del suelo. El uso del suelo es un factor determinante en la estimación del escurrimiento superficial. Por tal motivo se consideran las diferentes prácticas de manejo a que es sometido. Con este último parámetro se compone el cuadro para obtener la curva numérica que se utilizara en la formula (Tabla XVIII).

Cálculo del escurrimiento total en m^3, para la Presa El Horno, la Presa La Haciendita y para la Subcuenca La Haciendita (Cuevas *et al.*, 2007).

Con esta información podemos calcular la cantidad de escurrimiento en la Subcuenca, la cual se dividió en dos áreas, una para la Presa El Horno (considerando a la misma, dentro de la Subcuenca) y otra para la Subcuenca La Haciendita, esto se realizó a través de la siguiente ecuación (Ecuación 22):

Ecuación 22. Cálculo del escurrimiento total en m^3.

Q_t = total escurrido (m^3) = **(Q (mm) * A (ha) * 10,000 (m^2)) / 1,000 mm** (22)

Donde:

Q (mm) = Escurrimiento medio en milímetros

A = Área en hectáreas

Tabla XVIII. Uso, tratamiento y condición hidrológica del suelo.

USO DEL SUELO	TRATAMIENTO O PRÁCTICA	CONDICIÓN HIDROLÓGICA	CURVAS NUMÉRICAS			
			A	B	C	D
Suelo en descanso	Surcos rectos		77	86	91	94
Cultivos de escarda	Surcos rectos	Mala	71	81	88	91
	Surcos rectos	Buena	67	78	85	89
	Curva a nivel	Mala	70	79	84	88
	Curva a nivel	Buena	95	75	82	86
	Terraza y curva a nivel	Mala	66	74	80	82
	Terraza y curva a nivel	Buena	62	71	78	81
Cultivos tupidos	Surcos rectos	Mala	65	76	84	88
	Surcos rectos	Buena	63	75	83	87
	Curvas a nivel	Mala	63	74	82	85
	Curvas a nivel	Buena	61	73	81	84
	Tarraza y curva a nivel	Mala	61	72	79	82
	Terraza y curva a nivel	Buena	59	70	78	81
Leguminosas en hilera o forraje en rotación	Surcos rectos	Mala	66	77	85	85
	Surcos rectos	Buena	58	72	81	85
	Curvas a nivel	Mala	64	75	83	85
	Curvas a nivel	Buena	55	60	78	83
	Terraza y curva a nivel	Mala	63	73	80	83
	Terraza y curva a nivel	Buena	51	67	76	80
Pastizales	Sin tratamiento mecánico	Mala	68	79	86	99
	Sin tratamiento mecánico	Regular	49	69	79	84
	Sin tratamiento mecánico	Buena	39	61	74	80
	Curvas a nivel	Mala	47	67	81	88
	Curvas a nivel	Regular	25	59	75	83
	Curvas a nivel	Buena	20	35	70	79
Pasto de corte		Buena	30	58	71	78
Bosque		Mala	45	66	77	83
		Regular	36	60	73	79
		Buena	25	55	70	77
Camino de tierra		Buena	72	82	87	89
Caminos pavimentados		Buena	90	90	90	90

Cálculo del parámetro de presión en relación a la cantidad de agua disponible total y por habitante (m^3/hab/año).

Utilizando las ecuaciones 23 y 24, y la clasificación de la Tabla II (Cuevas et al., 2007; Chaves y Alipaz, 2007; INDHRI, 2010).

Ecuación 23. Calculo parámetro de presión en relación a la cantidad de agua disponible total.

$$\Delta 1 = (Q_2 - Q_1) / Q_1 * 100 \quad (23)$$

Donde: Q1 = Disponibilidad inicial
Q2 = Disponibilidad actual

Ecuación 24. Calculo parámetro de presión en relación a la cantidad de agua disponible por habitante (m3/hab/año).

$$\Delta 1 = (Q_2 - Q_1) / Q_1 * 100 \quad (24)$$

Donde: Q1 = Disponibilidad inicial; Q2 = Disponibilidad actual

B. Estado – disponibilidad per cápita de agua en la cuenca

Cálculo de la disponibilidad de agua (Wa)

La disponibilidad de agua (Wa) en la cuenca corresponde a la división entre el promedio histórico del agua disponible y la población existente de la cuenca. Se asume que la población que habita en esa área es la que consume el recurso disponible. La población existente en el 2010 fue de (690 en la cabecera municipal (Villa Pesqueira) y 20 personas más en los ranchos dentro de la subcuenca), 710 habitantes, en el área de influencia de la Subcuenca, que utiliza el agua con fines de abastecimiento de agua potable y otros usos.

La disponibilidad de agua (Wa) en relación con la población existente en ella (m^3/persona/año) se obtiene mediante la ecuación 25.

Ecuación 25. Cálculo de la disponibilidad de agua (Wa)

$$Wa = Q1 / \text{Población de cuenca} \quad (25)$$

Donde: Q1 = Agua disponible

C. Respuesta – evolución en la eficiencia del uso del agua

En relación con el parámetro Cantidad – Respuesta, se consideraron las inversiones en la cuenca en el periodo 2001 al 2010.

6.5.1.2. Hidrología – Calidad

A. Presión – Variación en la potabilización del agua para uso doméstico

La calidad del agua para uso doméstico en cuanto al parámetro de presión, se consideró que pasa por el tratamiento de potabilización de la misma, considerando los valores de la Tabla XIX (parámetros de presión; modificado de Chaves y Alipaz, 2007).

Tabla XIX. Parámetros de Presión, Estado y Respuesta, con niveles y puntajes para el indicador de hidrología, en cuanto a calidad del agua (modificado de Chaves y Alipaz, 2007).

	Indicador	Presión Parámetro	Nivel	Rangos
Hidrología	Calidad de Agua	Potabilización del agua para uso doméstico	Muy pobre	0,00
			Pobre	0,25
			Regular	0,50
			Buena	0,75
			Excelente	1,00
	Indicador	Estado Parámetro	Nivel	Rango
	Calidad de Agua	Potabilización del agua para uso doméstico	Muy pobre	0,00
			Pobre	0,25
			Regular	0,50
			Buena	0,75
			Excelente	1,00
	Indicador	Respuesta Parámetro	Nivel	Rango
	Calidad de Agua	Evolución en el tratamiento y disposición de aguas servidas en la cuenca, en los últimos 5 años.	Muy pobre	0,00
			Pobre	0,25
			Regular	0,50
			Buena	0,75
			Excelente	1,00

B. Estado – Potabilización del agua para uso doméstico

La calidad del agua para uso doméstico en cuanto al parámetro de estado, se consideró que pasa por el tratamiento de potabilización de la misma, considerando los valores de la Tabla XIX (parámetros de estado).

C. Respuesta - tratamiento y disposición de aguas servidas en la cuenca.

En relación con el parámetro de Calidad – Respuesta, se consideraron las inversiones en la Subcuenca durante el periodo 2001 al 2010. La inversión en la infraestructura de una laguna de oxidación antes de llegar a la Presa La Haciendita, a donde llegan las aguas residuales de

la comunidad de Villa Pesqueira que es la cabecera municipal (Tabla XIX, parámetros de respuesta).

6.5.1.3. Resumen de los parámetros hidrológicos de la cuenca

Se presenta el resumen de los puntajes obtenidos para el indicador hidrología en cuanto a cantidad y calidad, en cada uno de los parámetros.

6.5.2. Indicador de medioambiente (E)

A. Presión - Índice de Presión Antrópica en la cuenca

Cálculo de la Variación Antrópica

Debido a que no se cuenta con información en el periodo de estudio y sólo se dispone de información proveniente de las imágenes de satélite SPOT de los años 1993 y 2011, se utilizó esta información en el procedimiento de cálculo.

El cálculo del Índice de Presión Antrópica en la cuenca se obtiene a través de las ecuaciones 26 y 2:

Ecuación 26. Calculo de la Variación Antrópica.

%Var. Antrópica = 100 * Áreas Ant2011 - Áreas Ant1993 / Áreas Ant1993 (26)

Cálculo de la variación de la población humana en la cuenca

Una segunda información necesaria para la estimación del Índice de Presión Antrópica es la variación de la población humana en la cuenca, en el periodo en estudio. Se tomó la información de INEGI, considerando la variación poblacional en la cuenca en el periodo 1990-2010.

Cálculo del Índice de Presión Ambiental-EPI

Se obtiene al aplicar la formula de la ecuación 2.

B. Estado - Porcentaje de Vegetación Natural en la Cuenca

Se asume como "vegetación natural" la correspondiente a bosques nativos, praderas naturales y matorrales. Se tomó información proveniente de las imágenes de satélite SPOT de los años 1993 y 2011, y se utilizó esta información en el procedimiento de cálculo. Además de lo anterior, se consideró el porcentaje de cobertura, el cual indica lo que sucede en buena parte con los recursos hídricos, modificando la Tabla III, como se presenta en la Tabla XX.

Tabla XX. Parámetros de Estado del WSI, con niveles y rangos (modificado de Chaves y Alipaz, 2007).

	Indicador	Estado			
		Parámetro	Nivel (Av)	Nivel (C)	Rango
Ambiente	**E**(ambiente)	% de la vegetación natural remanente en la cuenca (Av) y cobertura (C) del suelo en las áreas naturales	Av < 5	C < 20	0,00
			5 < Av < 10	20 < C < 40	0,25
			10 < Av < 25	40 < C < 60	0,50
			25 < Av < 40	60 < C < 80	0,75
			Av > 40	C > 80	1,00

C. Respuesta – Evolución de zonas de conservación en la cuenca.

La Subcuenca La Haciendita no posee áreas bajo protección oficial pertenecientes al Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). Los sitios prioritarios de conservación de la biodiversidad existente en la Subcuenca solo están incluidos en este documento de tesis, no obstante estas áreas no son de protección oficial o legal, por lo tanto no pasan de ser solo propuestas de conservación.

6.5.2.1. Resumen del Indicador Medio ambiente.

Resumen del puntaje del indicador medio ambiente.

6.5.3. Indicador de vida humana (L)

Los parámetros del indicador de Vida Humana se obtuvieron de la PNUD – INAFED (2008).

A. Presión – Variación Índice de Desarrollo Humano (IDH)-Ingreso

Este parámetro está representado por la variación del ingreso *per cápita* en la Subcuenca, en el periodo de estudio (2000-2005). Para el municipio de Villa Pesqueira en los años 2000-

2005 (PNUD – INAFED, 2008). Para obtener la variación en el ingreso per cápita en la Subcuenca se utilizó la ecuación 27.

Ecuación 27. Variación del ingreso per cápita en la Subcuenca en el período (%).

Δ1 = (IDH-Ingreso 2005 – IDH-Ingreso 2000) / IDH-Ingreso 2000 * 100 (27)

Donde:	Δ1=	Variación del ingreso per cápita en la cuenca en el período (%)
	IDH-Ingreso 2005	IDH-Ingreso por persona al final del periodo estudiado.
	IDH-Ingreso 2000	IDH ingreso por persona al inicio del periodo estudiado

B. Estado – Variación Índice de Desarrollo Humano (IDH)

Este parámetro es el Índice de Desarrollo Humano de la cuenca en el último año del periodo de estudio (2005). A partir de la información registrada en los años 2001-2005, se obtuvo el IDH según PNUD – INAFED (2008).

C. Respuesta – Variación IDH de la Subcuenca

La variación en el IDH de la Subcuenca en el periodo (2001-2005) se obtiene con la Ecuación 28:

Ecuación 28. Variación en el IDH de la Subcuenca en el periodo (2001-2005).

Δ1 = (IDH 2005 – IDH 2000) / IDH 2000 * 100 (28)

Donde:	Δ1=	Variación del IDH en la Subcuenca en el período (%)
	IDH 2005	IDH al final del periodo estudiado.
	IDH 2000	IDH al inicio del periodo estudiado

6.5.3.1. Resumen del indicador Vida Humana

Resumen del puntaje del indicador Vida Humana.

6.5.4. Indicador de políticas públicas (P)

A. Presión – Variación IDH-educación

Este parámetro del WSI es la variación del sub-indicador IDH-Ed en la Subcuenca, en el periodo de estudio (2001-2005), se utilizan los valores de IDH-Ed para el municipio de Villa Pesqueira (Ecuación 29).

Ecuación 29. Variación en el IDH-Educación en la Subcuenca en el período (%).

$$\Delta 1 = (\text{IDH-Ed 2005} - \text{IDH-Ed 2000}) / \text{IDH-Ed 2000} * 100 \quad (29)$$

Donde: Δ1= Variación del IDH-Ed per cápita en la cuenca en el período (%)
IDH-Ed 2005 IDH-Ed por persona al final del periodo estudiado.
IDH-Ed 2000 IDH-Ed por persona al inicio del periodo estudiado

B. Estado – Capacidad Legal e Institucional en GIRH en la Cuenca

El parámetro Políticas – Estado del WSI es la capacidad institucional en gestión integrada de recursos hídricos en la Subcuenca en el periodo de estudio (2001-2005). El parámetro es cualitativo, variando desde muy pobre hasta excelente. Para calificar este parámetro se consideró los siguientes aspectos:

- ¿Existen leyes e instituciones relativas a gestión de recursos hídricos en la Subcuenca? ¿Y nivel de efectividad que estas tienen?
- ¿Nivel de involucramiento de la comunidad en los temas relacionados con el manejo de los recursos hídricos?

C. Respuesta – Evolución en las inversiones en GIRH en la cuenca

Este parámetro considera la evolución de gastos anuales en la Subcuenca, en el periodo 2001-2010.

6.5.4.1. Resumen del Indicador de Políticas públicas

Resumen del puntaje del indicador Políticas públicas.

6.5.5. Índice de Sostenibilidad de Cuencas-WSI (Chaves y Alipaz, 2007)

Se presenta el cálculo final del WSI para la Subcuenca La Haciendita.

6.6. Ordenamiento Ecológico Territorial

El Ordenamiento Ecológico Territorial se hizo a través del Análisis de Aptitud del Uso del Suelo, para definir los sistemas productivos para la misma, y de esta manera obtener las

Unidades de Gestión Ambiental (UGA). Para este análisis de la Subcuenca de La Haciendita se implemento la siguiente metodología:

6.6.1. Caracterización del área en escalas 1:50,000 y 1:10,000

1. **Generación del modelo digital de elevación (MDE), del mapa de aspecto y pendientes.** Con el mapa de topografía, se obtuvo el modelo digital de elevación (MDE) con un pixel de 1 m x 1 m, los mapas de aspecto y de pendientes. Con el mapa de aspecto y la imagen de satélite SPOT 2011, se digitalizaron los mapas de fisiografía, suelos y vegetación en escala 1:10,000, para de ahí generar los mapas de aptitud en esta escala de trabajo, además del mapa de geología en escala 1:50,000. Manejando los programas ArcView 3x y del ArcGis 10.1, utilizando los comandos Merge, Union, Disolve y Edit, principalmente.

6.6.2. Análisis de Aptitud del Uso del Suelo

1. **Definición y priorización de atributos ambientales.** Esta fue realizada a partir de información proporcionada en la consulta a la comunidad, tanto en la encuesta aplicada como durante los Primeros Talleres Sectoriales; de esta consulta se generaron los usos generales por sector y subsector, así como la ponderación para cada uno de los atributos ambientales.
2. **Conversión de atributos en mapas.** Se convirtió la información de los atributos en mapas.
3. **Estandarización de mapas.** Los mapas fueron estandarizados en 3 clases. Los mapas se dividieron en tres rangos, el más apto, clase Alta fue marcada con color verde, la clase intermedia, Media fue marcada con color amarillo, y la clase Baja fue marcada con color rojo;
4. **Validación inicial de los mapas de aptitud sectorial.** Los mapas resultantes fueron analizados y cuando hubo rectificaciones, se hicieron los ajustes apropiados o se dejó pendiente por ausencia de alguna variable;

5. **Unión de los mapas sectoriales** con dos rangos, el alto y el intermedio.

6.6.3. Pronóstico

El Pronóstico "es la evaluación del comportamiento futuro de una situación, basándose en el análisis del pasado" (SEMARNAT, 2006). Asimismo, hace hincapié en la importancia de un buen diagnóstico para generar un pronóstico "robusto" e inferencias válidas.

Entre las actividades recomendadas para el Pronóstico se encuentran el análisis de los procesos de deterioro de los atributos ambientales que definen la aptitud del territorio para cada sector y que se enfoca en modelar el comportamiento futuro de dichos atributos, considerando:

- El deterioro de los bienes y servicios ambientales (procesos de contaminación de suelo, agua y aire, etc.), así como los procesos de pérdida de cobertura vegetal y degradación de ecosistemas,
- Las tendencias de crecimiento poblacional y las demandas de infraestructura urbana, equipamiento y servicios urbanos,
- Las tendencias de crecimiento de la frontera agrícola,
- Las tendencias socioeconómicas de la región, considerando el crecimiento urbano a 25 años

6.6.4. Propuesta

1. **Zonificación a través de la modificación del Mapa fisiográfico escala 1:10,000**, **y unión con el mapa de aptitud potencial del sector minero.** El mapa fisiográfico escala 1:10,000, de 12 polígonos fue modificado, quedando con 18 polígonos y este se unió al mapa de aptitud potencial de minería con aptitud alta, generándose un mapa con 19 polígonos en total, esto con la finalidad de separar las áreas que potencialmente pueden

generar conflicto con los demás sectores productivos; el cual se utilizo al final para obtener las Unidades de Gestión Ambiental (UGAs).

2. **Unión del mapa fisiográfico con 19 polígonos con el mapa de las uniones de los mapas sectoriales**. Este último se unió al último mapa generado en las uniones de los mapas sectoriales.
3. **Revisión de las UGAs**. Se revisaron cada una de las UGAs, para encontrar las diferencias entre ellas, las que no presentaron diferencias se unieron con el comando de Edit (Union) del ArcView.

6.7. Catálogo de Opciones de Manejo por Unidad de Gestión Ambiental (UGA)

6.7.1. Determinación de Opciones de Manejo

6.7.1.1. Identificación de las opciones de manejo por UGA

Se identificaron los sistemas productivos presentes en la cuenca. Se determinaron las opciones de manejo comerciales que han demostrado viabilidad para implementarse bajo las condiciones sociales, ecológicas y económicos presentes en la Subcuenca, tomándose en cuenta las preferencias del uso del suelo de los habitantes de la misma; además, se determinaron como opciones de manejo las zonas que se detectaron como posibles reservas o áreas naturales protegidas.

Opciones de manejo: Para cada UGA se identificaron las opciones de manejo actual de los recursos. Además, se consideraron de manera obligatoria, dos opciones adicionales: El manejo actual o tradicional de los recursos de la UGA (no hacer nada nuevo) y el no uso de la tierra (no hacer nada).

7. Resultados

7.1. Área de Estudio y Definición del Entero

7.1.1. Localización y Superficie

La superficie de la Subcuenca La Haciendita, es de 12,552.5110 ha, se encuentran en dos municipios; la mayor parte pertenece al municipio de Villa Pesqueira (Mátape) y una pequeña parte en la zona más alta, al municipio de San Pedro de la Cueva (Figura 7). La cuenca se ubica entre las siguientes coordenadas UTM (Tabla XXI) (Figura 11).

Tabla XXI. Coordenadas entre las que se localiza la Subcuenca La Haciendita y coordenadas centrales de la misma (INEGI, 1975).

Vértices	Coordenadas UTM, Zona 12, Datum WGS84	
	X	Y
1	596996.828	3231664.743
2	611751.352	3231664.743
3	611777.192	3217401.175
4	597022.668	3217375.335
Punto central	X	Y
1	604697.088	3224222.881

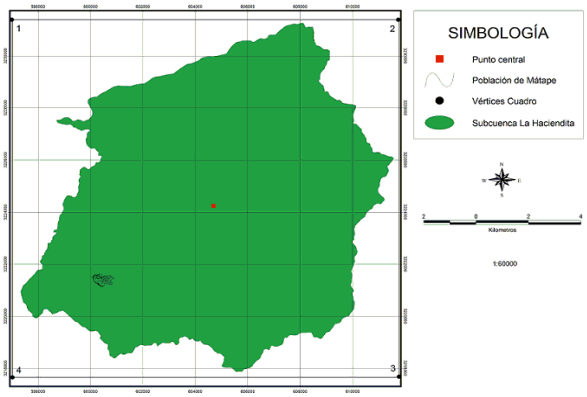


Figura 11. Localización geográfica de la Subcuenca La Haciendita.

El principal acceso es terrestre siguiendo la carretera Estatal Hermosillo - Mazatán con una distancia de 88 km, y de Mazatán a Villa Pesqueira por carretera a 23.5 km de distancia o sea 111.5 km en total, de Hermosillo a Villa Pesqueira. Por vía aérea de Hermosillo - Villa Pesqueira, ya que se cuenta con una pista de aterrizaje (INEGI, 1975).

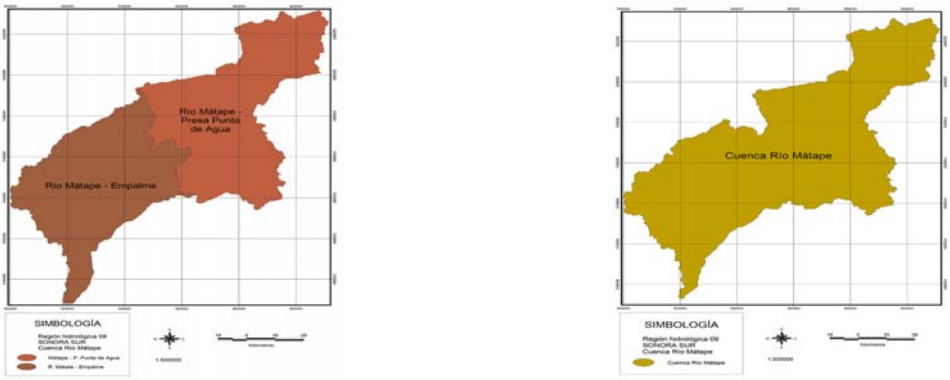
7.2.Delimitación de la Cuenca del Río Mátape y de la Subcuenca La Haciendita

Para la delimitación de la Cuenca del Río Mátape, se utilizaron las Cartas Topográficas digitales en escala 1:50,000, que se presentan en la Tabla XXII (INEGI, varios años).

Tabla XXII. Cartas Topográficas digitales en escala 1:50,000 (INEGI, varios años).

Clave	Nombre	Año	Clave	Nombre	Año
G12A19	San Carlos	1999	H12D52	La Colorada	2007
G12B11	Guaymas	2000	H12D53	Cobachi	2007
G12B12	Guásimas	2000	H12D54	Rebeico	2004
G12B13	Torocopobampo	2000	H12D61	Represito de Lujan	2004
G12B14	Buenavista	2003	H12D62	San José de Pimas	2005
H12C49	La Manga	2003	H12D63	Buenavista	2004
H12C59	La Habana	2006	H12D64	Tecoripa	2004
H12C69	La Pimienta	2005	H12D71	Ortiz	2005
H12C79	Los Arrieros	2005	H12D72	La Misa	2005
H12C89	San Alfonso	2005	H12D73	Agua Fría	2005
H12D41	Hermosillo	2004	H12D74	Suaqui Grande	2004
H12D42	Santa Rosalía	2000	H12D81	José María Morelos y Pavón	2005
H12D43	Mazatán	2000	H12D82	Francisco Márquez	2005
H12D44	San José del Batuc	2007	H12D83	Agua Caliente	2005
H12D51	Torres	2004	H12D84	Cumaripa	2004

Usando la topografía de todas las cartas mencionadas, se obtuvo la Cuenca del Río Mátape y se comparó con la Cuenca del INEGI (2010) (Figura 12).



A) B)

Figura 12. A) Mapa de la Cuenca del Río Mátape (INEGI, 2010); B) Mapa de la Cuenca del Río Mátape, generado con el ArcGis, usando las herramientas del Arc Hydro Tool.

En la Tabla XXIII se presentan las superficies en hectáreas y porcentajes de los dos polígonos de la Cuenca del Río Mátape.

Tabla XXIII. Superficies en hectáreas y porcentajes de los dos polígonos de la Cuenca del Río Mátape.

Descripción	Hectáreas	Porcentaje
Cuenca del Río Mátape:		
INEGI (2010)	600,517.9440	100.00
Generada en el ArcGis, usando las herramientas del Arc Hydro Tool y área de coincidencia	582,062.7500	96.93
Diferencia entre los dos polígonos.	18,455.1940	3.07

Utilizando las cartas H12D43, Mazatán, (INEGI, 2000c) y H12D44 San José del Batuc, (INEGI, 2007), se generó la Subcuenca La Haciendita (Figuras 13 y 14).

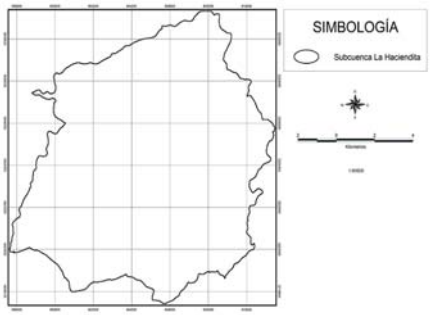


Figura 13. Mapa de la Subcuenca La Haciendita hecha en el ArcView.

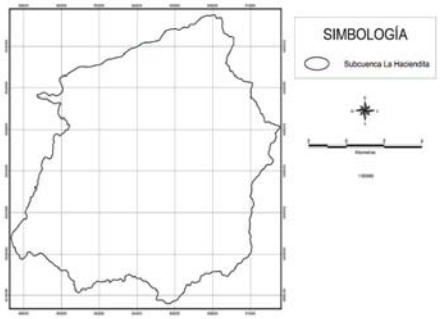


Figura 14. Mapa de la Subcuenca generada en el ArcGis, usando el Arc Hydro Tool.

En la Tabla XXIV se presentan las superficies en hectáreas de los dos polígonos de la Subcuenca La Haciendita.

Tabla XXIV. Superficies en hectáreas de los dos polígonos de la Subcuenca La Haciendita.

Descripción	Hectáreas	Porcentaje
Subcuenca La Haciendita:		
Generada en el ArcGis, usando las herramientas del Arc Hydro Tool	12,552.5110	100.00
Hecha en el ArcView y área de coincidencia	12,543.2510	99.93
Diferencia entre los dos polígonos.	9.2600	0.07

7.3. Caracterización del Área de Estudio

7.3.1. Caracterización Física

En la caracterización Física se desarrollaron los siguientes temas:

7.3.1.1.Análisis Morfológico de la Subcuenca La Haciendita

Análisis Morfológico: Los parámetros morfológicos, se encuentran en la Tabla XXV, Figuras 13 y 14.

Tabla XXV. Parámetros Morfológicos.

Variable	Parámetros		Valor	Unidad
Escala de la cuenca	Área		125.53	km^2
	Área		12,553.00	ha
	Perímetro		55.54	km
	Longitud de la cuenca		15.69	km
	Ancho de la cuenca		12.93	km
	Altura máxima		1,630.00	msnm
	Altura mínima		700.00	msnm
	Altura media de la cuenca		1,277.00	msnm
Gradiente y forma del relieve de la cuenca	Coeficiente de Masividad		10.17	
	Pendiente media de la cuenca		27.99	%
	Pendiente media del cauce principal		5.64	%
	Curva del perfil del cauce principal (Grafica 1)			
	Curva hipsométrica (Grafica 2)			
Forma de la cuenca	Factor de forma de la cuenca (IF) (IF < 1)		0.51	-
	Coeficiente de compacidad (Kc) (Kc entre 1.25 a 1.50)		1.39	-
Extensión de la red de drenaje	Longitud del cauce principal		21.88	km
	Cota mayor del cauce principal		1600	msnm
	Cota menor del cauce principal		700	msnm
	Longitud total de las corrientes		398.86	km
	Densidad de drenaje		3.18	km/km^2
	Frecuencia de cauces		0.04	nc/ha
Orden y magnitud de la red de drenaje	Orden	Número de Segmentos de Cauce por Orden	Longitud por orden de cauces	
	1	266	253.93	km
	2	122	66.35	km
	3	84	51.90	km
	4	27	16.50	km
	5	17	10.19	km
	Totales	516	398.86	km
	Radios de Bifurcación			

Variable	Parámetros		Valor	Unidad
	Orden 1 y 2	1	2.18	
	Orden 2 y 3	2	1.45	
	Orden 3 y 4	3	3.11	
	Orden 4 y 5	4	1.59	
	Radio de bifurcación promedio		2.08	

7.3.1.2.Clima

El Área de Estudio, cuenta con dos tipos de Climas. El primero es semiseco, con régimen de lluvias en verano. Porcentaje de lluvia invernal mayor de 10.2. Templado con verano cálido. Temperatura media anual (TMA) entre 12 y 18ºC. Temperatura media del mes más frío (TMMF) entre 3 y 18ºC. Temperatura media del mes más caliente (TMMC) > 18ºC. **BS_1kw(x')** (Figura 15) (Tabla XXVI) (INEGI, 1980; 1985; 2000; 2004).

El segundo también es semiseco, con régimen de lluvias en verano. Porcentaje de lluvia invernal mayor de 10.2. Semicálido con invierno fresco. TMA > 18ºC. TMMF < 18ºC. **BS_1hw(x')** (Figura 15) (Tabla XXVI) (INEGI, 1980; 1985; 2000; 2004).

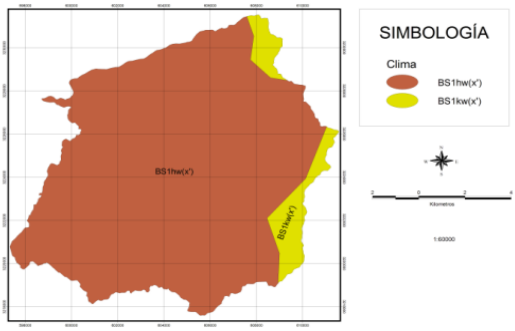


Figura 15. Tipos de Climas de la Subcuenca La Haciendita (INEGI, 1980; 1985; 2000; 2004).

Tabla XXVI. Categorías y Superficies de los Tipos de Climas (INEGI, 1980; 1985; 2000; 2004).

Tipo Clima	Descripción	Hectáreas	Porcentaje
BS_1hw(x')	Semiseco. Régimen de lluvias en verano. % de lluvia invernal mayor de 10.2 Semicálido con invierno fresco. TMA>18°C. TMMF<18°C.	11,693.6540	93.16
BS_1kw(x')	Semiseco. Régimen de lluvias en verano. % de lluvia invernal mayor de 10.2. Templado con verano cálido. TMA entre 12 y 18°C. TMMF entre 3 y 18°C.	858.8570	6.84
	Total	12,552.5110	100.00

7.3.1.2.1. Aspectos Hidrometeorológicos

Los datos anuales de precipitación y de temperatura analizados de 36 estaciones meteorológicas de la CONAGUA, y de los Índices de Aridez de Lang y De Martonne, en el Estado de Sonora, se presentan en la Tabla XXVII, Figuras 16, 17, 18, 19 y 20. Con los datos registrados se construyeron el Índice de Disponibilidad Hidroambiental (IDHA), el cual es una modificación del Índice de De Martonne, y el Índice de Sequia Hidroambiental (ISHA), los cuales se relacionaron con los coeficientes de agostadero de Sonora. Con dicha información se escribió el artículo "Valoración hidroambiental y actualización de los coeficientes de agostadero en zonas semiáridas del noroeste de México mediante indicadores termopluviométricos", enviado a la Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias.

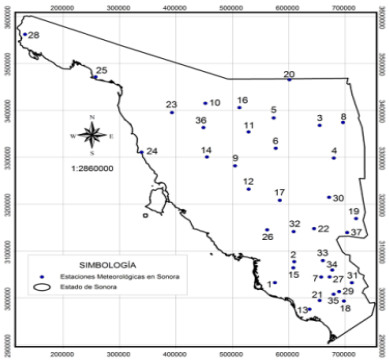


Figura 16. Ubicación de las estaciones meteorológicas en Sonora.

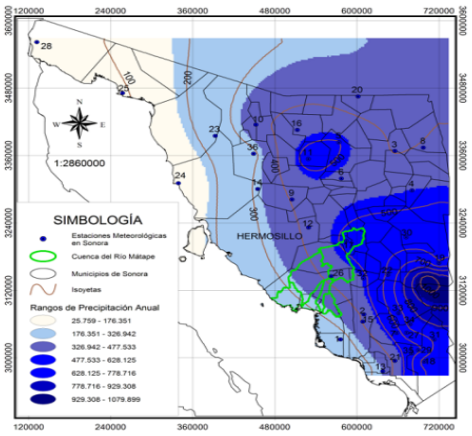


Figura 17. Distribución de la precipitación en el Estado de Sonora.

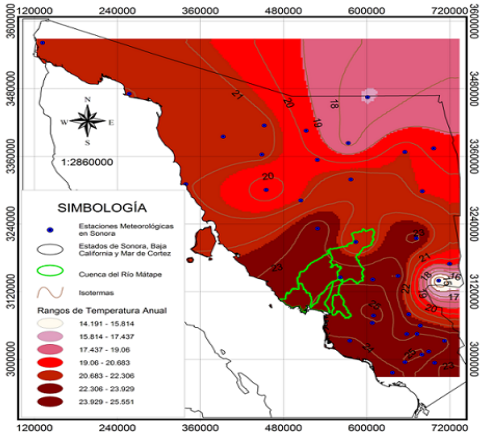


Figura 18. Distribución de la temperatura en el Estado de Sonora.

Tabla XXVII. Listado de las 36 estaciones climatológicas seleccionadas con los datos de precipitación (PP), temperatura (T) y los Índices de Aridez de Lang (Lang) y de De Martonne (I_MAR).

Id	Estación	Clave Estación	X	Y	PP, mm anual	T, ºC anual	Lang	I_MAR
1	4p6	26292	575789	3032654	266.234	23.920	11.13	7.849
2	Álvaro Obregón	26068	609988	3077227	411.917	25.870	15.92	11.484
3	Angostura	26069	655258	3367728	393.473	20.863	18.86	12.749
4	Bacadehuachi	26006	680419	3297906	481.066	20.610	23.34	15.716
5	Bacanuchi	26007	573513	3383491	505.426	17.561	28.78	18.338
6	Banamichi	26008	577161	3318875	454.618	21.804	20.85	14.295
7	Batacosa	26009	658027	3044517	553.403	23.267	23.78	16.635
8	Bavispe	26012	696777	3373945	405.979	19.519	20.80	13.753
9	Carbo	26016	504839	3281676	405.979	20.822	19.50	13.172
10	Cuauhtémoc	26092	452199	3414753	382.387	21.321	17.93	12.209
11	Cucurpe	26025	528843	3353736	540.394	20.225	26.72	17.879
12	El Orégano	26032	529159	3231855	421.223	23.809	17.69	12.459
13	Etchojoa	26034	637376	2975943	320.703	23.338	13.74	9.620
14	Félix Gómez	26035	454912	3300226	317.911	19.279	16.49	10.858
15	Hornos	26043	608459	3064284	409.359	24.087	16.99	12.009
16	Imuris	26045	512755	3405411	445.393	19.715	22.59	14.989
17	Mazatán	26052	584420	3208119	524.525	20.785	25.24	17.038
18	Minas Nuevas	26053	698370	2993381	757.160	23.020	32.89	22.930
19	Mulatos	26055	719954	3169255	591.120	19.699	30.01	19.904
20	Naco	26057	601500	3465007	343.621	17.299	19.86	12.587
21	Navojoa	26061	655363	2994622	415.967	25.153	16.54	11.833
22	Onavas	26265	645243	3147775	612.791	24.089	25.44	17.976
23	Pitiquito	26093	393037	3394854	245.261	21.754	11.27	7.724
24	Puerto Libertad	26071	339102	3310543	102.690	21.032	4.88	3.309
25	Puerto Peñasco	26072	257413	3471016	89.478	22.051	4.06	2.792
26	Punta de Agua	26073	562019	3145192	425.351	23.745	17.91	12.605
27	Quiriego	26075	672845	3044717	661.968	24.131	27.43	19.395
28	Riíto	26076	132026	3561691	54.464	21.724	2.51	1.717
29	Ruiz Cortines	26024	689796	3013561	561.978	24.817	22.65	16.141
30	Sahuaripa	26077	672011	3214637	541.820	23.306	23.25	16.268
31	San Bernardo	26088	712586	3032407	710.917	24.391	29.15	20.672
32	Suaqui Grande	26125	608986	3141463	478.443	23.657	20.22	14.215
33	Tesopaco	26100	660852	3079636	662.198	22.408	29.55	20.433
34	Tezocoma	26099	677569	3059557	730.100	22.970	31.78	22.144
35	Tres Hermanos	26102	679972	3007873	571.024	25.176	22.68	16.233
36	Trincheras	26103	448771	3363049	277.924	21.287	13.06	8.883

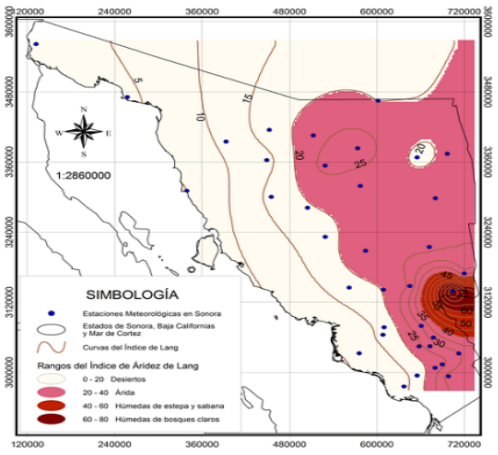


Figura 19. Rangos del Índice de Aridez de Lang.

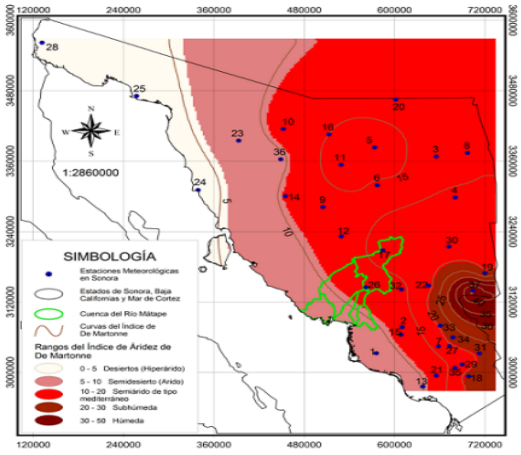


Figura 20. Rangos del Índice de Aridez de De Martonne.

Los datos anuales de temperatura y de precipitación analizados de 21 estaciones meteorológicas de la CONAGUA, y de los Índices de Aridez de Lang y de De Martonne, en la Cuenca del Río Mátape, se presentan en las Tablas XXVIII, XXIX y XXX (Figura 21).

Tabla XXVIII. Estaciones Meteorológicas, su ubicación geográfica y Temperaturas Máximas y Mínimas por periodo en la Cuenca del Río Mátape y sus alrededores.

	Estación	LOCALIDAD	X	Y	TMAX NDEF	TMAX MAMJ	TMAX JASO	TMIN NDEF	TMIN MAMJ	TMIN JASO
1	26043	Hornos	608459.00	3064284.00	27.61	34.40	37.14	9.74	14.45	22.63
2	26046	La Colorada	542285.00	3185730.00	24.73	32.38	35.05	10.01	16.15	22.02
3	26052	Mazatán	584420.00	3208119.00	24.95	32.82	35.11	6.33	11.88	18.68
4	26088	San Pedro de la Cueva	623046.00	3239862.00	26.11	33.24	37.70	6.72	12.00	19.12
5	26125	Suaqui Grande	609412.00	3139997.00	28.33	34.99	36.18	9.50	13.07	16.96
6	26162	Ortiz FF.CF	521267.00	3119204.00	28.30	36.54	38.38	8.11	14.29	22.43
7	26165	Torres FF.CF.	524405.00	3181989.00	26.28	34.46	36.72	6.89	14.83	21.98
8	26177	Francisco	516398.00	3091503.00	27.00	34.21	37.17	9.41	14.50	22.24
9	26198	Mazocahui	585591.00	3267220.00	24.99	33.87	35.72	2.93	11.19	19.03
10	26199	Pueblo de Álamos	584257.00	3230278.00	24.74	33.50	35.26	5.39	11.91	18.77
11	26201	Tecoripa	602650.00	3165797.00	24.75	33.06	35.23	5.82	12.52	19.11
12	26202	Tepache	643737.00	3267812.00	23.91	34.67	35.70	6.42	15.00	20.12
13	26223	Punta de Agua II	568529.00	3148929.00	26.91	35.04	36.59	5.49	11.88	20.58
14	26235	Colonias Yaquis	608393.00	3071673.00	28.07	35.76	37.74	9.94	13.95	22.72
15	26240	Mátape	602176.00	3219344.00	24.20	32.61	33.61	8.13	13.60	17.47
16	26244	Rancho Viejo	568105.00	3220941.00	24.96	33.87	35.58	5.97	13.28	20.03
17	26245	Rebeiquito	623483.00	3199241.00	25.85	34.60	36.03	7.55	13.59	18.72
18	26256	Cobachi	573134.00	3195112.00	26.33	34.23	37.87	6.00	10.83	18.42
19	26264	La Misa	547359.00	3137746.00	25.48	33.85	37.14	10.33	15.71	20.94
20	26268	San José de Pimas	565125.00	3174756.00	25.70	34.76	35.92	6.92	13.25	20.60
21	26270	Santa Rosalía	551886.00	3220856.00	25.28	34.08	36.67	4.26	12.59	19.43

Tabla XXIX. Estaciones Meteorológicas, su ubicación geográfica y Precipitación por periodo en la Cuenca del Río Mátape y sus alrededores.

	Estación	LOCALIDAD	X	Y	PP NDEF	PP MAMJ	PP JASO	SUMA PP
1	26043	Hornos	608459.00	3064284.00	72.12	21.80	343.77	437.70
2	26046	La Colorada	542285.00	3185730.00	67.94	20.23	247.57	335.74
3	26052	Mazatán	584420.00	3208119.00	101.50	29.79	345.16	476.46
4	26088	San Pedro de la Cueva	623046.00	3239862.00	126.36	44.61	346.42	517.39
5	26125	Suaqui Grande	609412.00	3139997.00	59.90	25.38	255.82	341.09
6	26162	Ortiz FF.CF	521267.00	3119204.00	40.28	10.73	287.77	338.79
7	26165	Torres FF.CF.	524405.00	3181989.00	81.41	18.10	255.82	355.33
8	26177	Francisco	516398.00	3091503.00	49.75	5.75	241.52	297.02
9	26198	Mazocahui	585591.00	3267220.00	115.23	39.39	386.62	541.24
10	26199	Pueblo de Álamos	584257.00	3230278.00	99.90	35.93	349.83	485.65
11	26201	Tecoripa	602650.00	3165797.00	84.89	45.64	400.64	531.17
12	26202	Tepache	643737.00	3267812.00	116.99	58.55	347.15	522.69
13	26223	Punta de Agua II	568529.00	3148929.00	81.24	29.49	344.82	455.56
14	26235	Colonias Yaquis	608393.00	3071673.00	75.64	17.77	325.83	419.24
15	26240	Mátape	602176.00	3219344.00	128.24	43.31	448.50	620.05
16	26244	Rancho Viejo	568105.00	3220941.00	81.99	29.41	317.53	428.93
17	26245	Rebeiquito	623483.00	3199241.00	121.41	63.45	478.76	663.61
18	26256	Cobachi	573134.00	3195112.00	136.92	30.06	388.54	555.52
19	26264	La Misa	547359.00	3137746.00	84.53	14.14	268.32	366.99
20	26268	San José de Pimas	565125.00	3174756.00	85.82	30.34	317.14	433.31
21	26270	Santa Rosalía	551886.00	3220856.00	82.55	14.50	234.34	331.39

Tabla XXX. Estaciones Meteorológicas, Índice de Lang e Índice de De Martonne por periodo en la Cuenca del Río Mátape y sus alrededores.

	Estación	LOCALIDAD	ÍNDICE DE LANG			INDICE DE DE MARTONNE		
			NDEF	MAMJ	JASO	NDEF	MAMJ	JASO
1	26043	Hornos	5.01	1.07	12.22	11.14	2.77	35.66
2	26046	La Colorada	4.77	0.94	9.15	10.70	2.50	26.46
3	26052	Mazatán	10.05	1.71	14.15	18.24	4.12	39.37
4	26088	San Pedro de la Cueva	11.82	2.53	13.65	22.12	6.12	38.31
5	26125	Suaqui Grande	4.21	1.33	11.08	9.27	3.33	30.05
6	26162	Ortiz FF.CF	3.19	0.52	10.17	6.55	1.34	29.65
7	26165	Torres FF.CF.	7.46	0.87	9.30	14.13	2.27	26.95
8	26177	Francisco	3.57	0.28	8.68	7.82	0.73	25.22
9	26198	Mazocahui	22.00	2.34	15.57	24.42	5.51	43.54
10	26199	Pueblo de Álamos	11.28	2.04	14.28	18.73	4.93	39.78
11	26201	Tecoripa	9.00	2.51	16.17	15.62	6.17	45.24
12	26202	Tepache	11.55	2.80	13.49	21.15	7.31	38.24
13	26223	Punta de Agua II	8.90	1.66	13.09	14.89	4.01	37.36
14	26235	Colonias Yaquis	5.15	0.89	11.49	11.56	2.26	33.57
15	26240	Mátape	10.53	2.26	19.51	21.64	5.70	53.22
16	26244	Rancho Viejo	8.51	1.54	12.39	14.96	3.87	35.08
17	26245	Rebeiquito	10.39	3.25	19.43	20.61	8.23	54.15
18	26256	Cobachi	14.02	1.83	15.67	24.66	4.25	43.57
19	26264	La Misa	5.75	0.66	10.02	13.08	1.75	28.73
20	26268	San José de Pimas	7.87	1.58	12.11	14.96	3.97	34.54
21	26270	Santa Rosalía	11.31	0.79	9.23	16.25	1.94	25.97

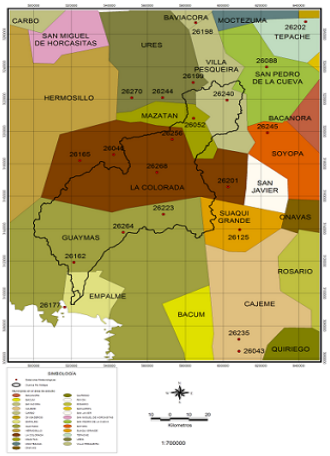


Figura 21. Estaciones Meteorológicas y su ubicación geográfica en la Cuenca del Río Mátape y sus alrededores.

De acuerdo a la CONAGUA, el Municipio de Villa Pesqueira cuenta con una Estación Climatológica, la cual recibe el nombre de Mátape, Villa Pesqueira, además de esta última se tomaron en cuenta 5 estaciones más, que se encuentran alrededor de la Subcuenca La Haciendita (Tabla XXXI) (Figura 22) (WMO, 2012).

De las estaciones consideradas, la de San Pedro de la Cueva, Núm. 26088, que se encuentra en la Cabecera Municipal del mismo nombre, y con la misma ubicación geográfica, no opera desde 1993.

Tabla XXXI. Estaciones Meteorológicas y su ubicación geográfica en el área de estudio.

Clave de la Estación	Localidad	Coordenadas UTM, Zona 12, Datum WGS84	
		X	Y
26052	Mazatán, Mazatán	584420	3208119
26088	San Pedro De La Cueva,	623046	3239862
26199	Pueblo de Álamos, Ures	584257	3230278
26240	Mátape, Villa Pesqueira	602176	3219344
26244	Rancho Viejo, Ures	568105	3220941
26245	Rebeiquito, Soyopa	623483	3199241

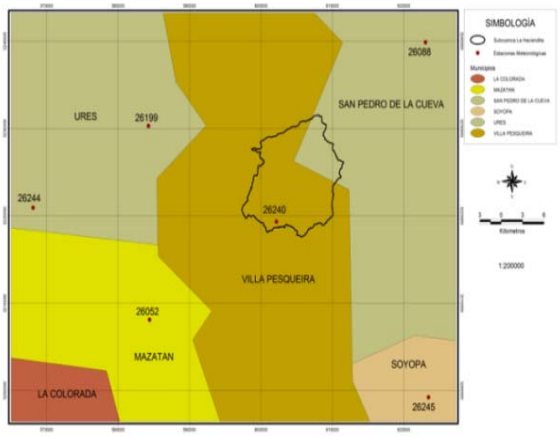


Figura 22. Estaciones Meteorológicas y su ubicación geográfica en el área de estudio.

7.3.1.2.1.1.Factor Temperatura

La Temperatura clásicamente se le ha considerado como la esencia del clima, siendo el elemento climático que más se ha estudiado y que mejor se conocen sus relaciones con el desarrollo y funcionamiento de los organismos. La distribución geográfica de la temperatura del aire es de gran importancia ecológica. Aunque directamente relacionada con la Latitud y Altitud, la Temperatura puede estar influenciada en alto grado, por la proximidad de grandes Masas de agua y por la Dirección de los Vientos. La Subcuenca La Haciendita se ve influenciada por este tipo de factores, ya que geográficamente está ubicada dentro del Desierto Sonorense, y relativamente cercana a la zona Costera, por lo que la temperatura variará acorde a la presencia de Humedad y a la Velocidad del Viento.

La Subcuenca La Haciendita, se distribuye en diferentes tipos de relieves, desde Valles, Lomeríos, Bajadas y Sierras, que deben de presentar diferencias significativas de temperatura según el lugar, como efecto del factor altura, lo cual no se puede representar, ya que la estación climatológica de CNA que se encuentra en este municipio no puede representar esa diferencia, ya que se encuentra ubicada principalmente en la parte baja del mismo, que va de los 700 a 750 msnm, en la cual se presenta un solo rango de temperatura y de humedad.

El área de estudio está representado por tres rangos de temperaturas medias anuales, de las cuales, se muestra en mayor proporción las que van de 18 a 20°C (82.06%) y los otros dos

con menos del 10% cada uno, del total. En la Tabla XXXII se pueden apreciar las diferentes isotermas presentes en la Subcuenca y la superficie que abarca cada una las cuales fueron tomadas únicamente de INEGI (1985), y en la Figura 23, se muestran las isotermas según INEGI (1985).

Tabla XXXII. Isotermas que se encuentran en la Subcuenca La Haciendita (INEGI, 1985).

Isotermas (ºC)	Hectáreas	Porcentaje
17 - 18	1,036.0620	8.25
18 - 20	10,300.4830	82.06
20 - 22	1,215.9660	9.69
Total	12,552.5110	100.00

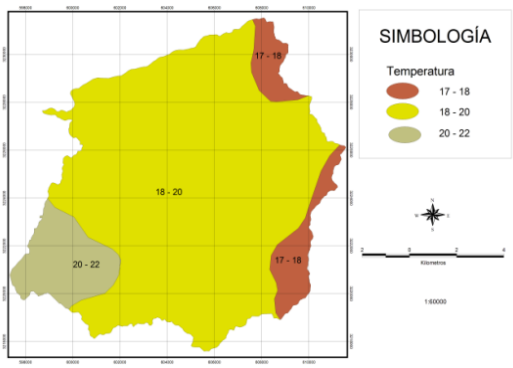


Figura 23. Isotermas (INEGI, 1985).

De acuerdo a los datos que se presentan en las estaciones de la CNA mencionadas, se generó la Tabla XXXIII con datos promedio de la Temperatura máxima y mínima por cada uno de los siguientes periodos: NDEF, MAMJ y JASO; además de las figuras 24, 25, 26, 27, 28 y 29 (cada una corresponde a cada periodo mencionado).

Tabla XXXIII. Temperaturas Máximas (TMAX) y Mínimas (TMIN) por los periodos: NDEF, MAMJ y JASO.

Clave	LOCALIDAD	TMAX NDEF	TMAX MAMJ	TMAX JASO	TMIN NDEF	TMIN MAMJ	TMIN JASO
26052	Mazatán	24.95	32.82	35.11	6.33	11.88	18.68
26088	San Pedro de la Cueva	26.11	33.24	37.70	6.72	12.00	19.12
26199	Pueblo de Álamos	24.74	33.50	35.26	5.39	11.91	18.77
26240	Mátape	24.20	32.61	33.61	8.13	13.60	17.47
26244	Rancho Viejo	24.96	33.87	35.58	5.97	13.28	20.03
26245	Rebeiquito	25.85	34.60	36.03	7.55	13.59	18.72

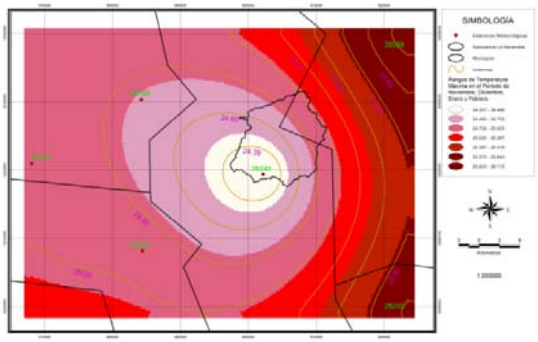


Figura 24. Temperatura Máxima en el periodo NDEF.

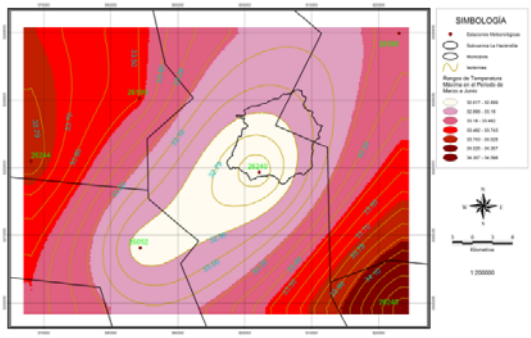


Figura 25. Temperatura Máxima en el periodo MAMJ.

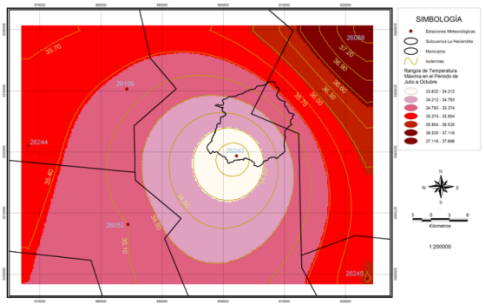


Figura 26. Temperatura Máxima en el periodo JASO.

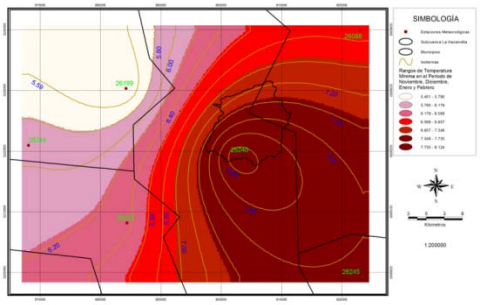


Figura 27. Temperatura Mínima en el periodo NDEF.

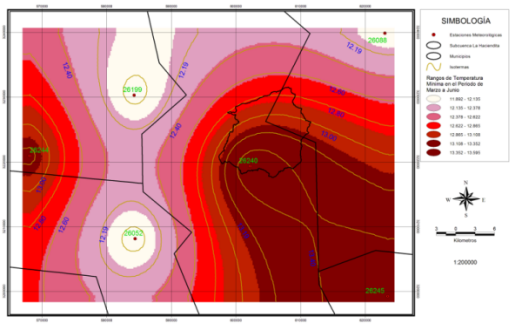


Figura 28. Temperatura Mínima en el periodo MAMJ.

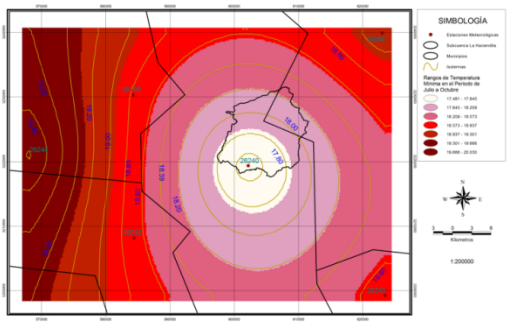


Figura 29. Temperatura Mínima en el periodo JASO.

7.3.1.2.1.2. Factor Precipitación

Las precipitaciones en el noroeste de México se deben a la humedad que fluye desde el Océano Pacífico, Golfo de California y Golfo de México. Esta humedad se asocia a la presencia de los ciclones tropicales, los frentes fríos, las corrientes de chorro o las bajas presiones y ocasionalmente se presentan en forma de lluvias intensas ocasionando alto riesgo de inundación pluvial (IMPLAN Hermosillo).

La intensidad de las lluvias torrenciales procedentes de los huracanes o ciclones dependen de la velocidad con que viajen, su radio de acción y del área integrada por nubes cumulonimbos de gran desarrollo vertical, que producen fuertes aguaceros con rayos, truenos y algunas veces granizos (IMPLAN Hermosillo).

En periodos de lluvias intensas, regularmente se presenta el fenómeno de saturación de las corrientes naturales de agua, que exceden su cauce normal de conducción, afectando centros de población y áreas de producción. Esto se deriva principalmente de la baja capacidad de los ríos ante flujos extraordinarios, aunados a la deficiencia del drenaje, saturación del suelo y acumulación de desperdicios que disminuyen la capacidad hidráulica de los cauces, motivo por el cual es de suma importancia el contemplar medidas preventivas antes de la posible ocurrencia de dicho fenómeno (IMPLAN Hermosillo).

En las Estaciones Meteorológicas es frecuente agrupar sin distinción el agua captada en forma de lluvia, nieve y granizo, con el nombre de precipitación, sinónimo de lluvia, la cual se expresa como la altura de una capa de agua que se forma sobre el suelo completamente horizontal e impermeable, en la cual no se produce ninguna evaporación. En México los extremos de precipitación están en Sonora y Baja California con el valor más bajo (<50 mm) (Ortiz Solorio, 1987).

En la Tabla XXXIV se pueden apreciar las diferentes isoyetas presentes en la Subcuenca y la superficie que abarca cada isoyeta las cuales fueron tomadas únicamente de INEGI (1985; 2004).

Tabla XXXIV. Isoyetas que se encuentran en la Subcuenca La Haciendita (INEGI. 1985; 2004).

	Isoyetas (mm)	Hectáreas	Porcentaje
	De 400 - 550	1.215.9660	9.69
	De 550 - 700	10.300.4830	82.06
	De 700 - 850	1.036.0620	8.25
Total		12.552.5110	100.00

En la Figura 30, se muestran las isoyetas correspondientes a la Subcuenca La Haciendita, tomadas únicamente según INEGI (1985).

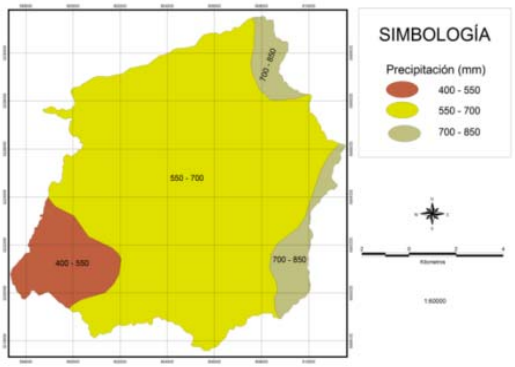


Figura 30. Isoyetas que se encuentran en la Subcuenca La Haciendita (INEGI. 1985).

De acuerdo a los datos que se presentan en las estaciones de la CNA mencionadas, se generó la Tabla XXXV con datos promedio de la Precipitación por cada uno de los siguientes periodos: NDEF, MAMJ y JASO; además de las figuras, 31, 32, 33 y 34 (cada una corresponde a cada periodo mencionado y a la última a la precipitación anual).

Tabla XXXV. Precipitación (PP) en los periodos: NDEF, MAMJ y JASO; y la precipitación anual.

Clave	Localidad	PP NDEF	PP MAMJ	PP JASO	Suma PP
26052	Mazatán	101.50	29.79	345.16	476.46
26088	San Pedro De La Cueva	126.36	44.61	346.42	517.39
26199	Pueblo De Álamos	99.90	35.93	349.83	485.65
26240	**Mátape**	**128.24**	**43.31**	**448.50**	**620.05**
26244	Rancho Viejo	81.99	29.41	317.53	428.93
26245	Rebeiquito	121.41	63.45	478.76	663.61

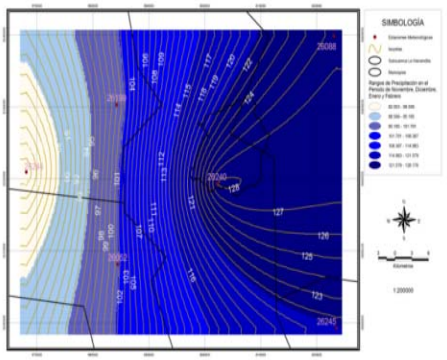


Figura 31. Precipitación en el periodo: NDEF.

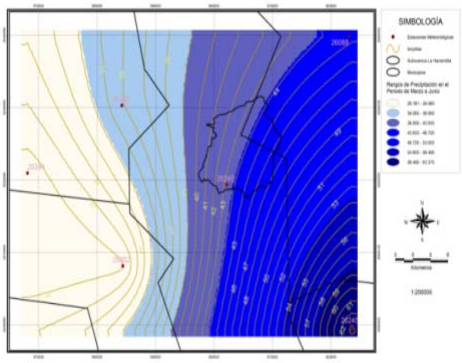


Figura 32. Precipitación en el periodo: MAMJ.

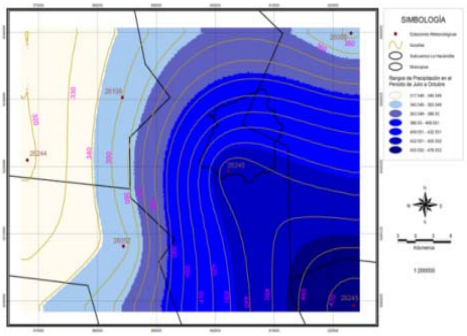


Figura 33. Precipitación en el periodo JASO.

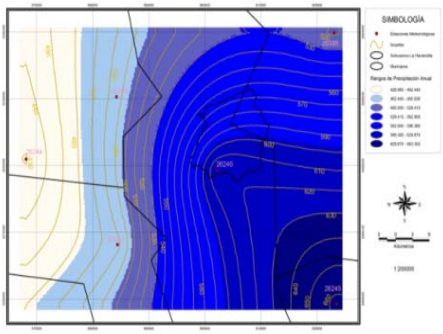


Figura 34. Precipitación anual en la Subcuenca La Haciendita.

7.3.1.3. Infraestructura

La cuenca tiene caminos de terracería, una parte de la carretera pavimentada que va de Mazatán a Villa Pesqueira y a San Pedro de la Cueva, existen dieciséis zonas habitadas que son: Villa Pesqueira, Machacubiri, El Horno, El Chilicote, Canori, Las Cuevitas, El Pescado, Los Alisos, Los Jacales, La Bórica, El Rodeo, La Hacienda, Chucapora, El Choyalito, Puerto Batuc y El Puerto, en donde podemos encontrar desde una sola casa hasta un buen número de ellas como en la cabecera municipal que es Villa Pesqueira. Cuenta con dos presas, El Horno y La Haciendita y tres estanques para retener el agua. El abastecimiento de agua es por estanque y la presa, la corriente eléctrica es por línea, una iglesia y un cementerio (Figura 35) (INEGI, 2007).

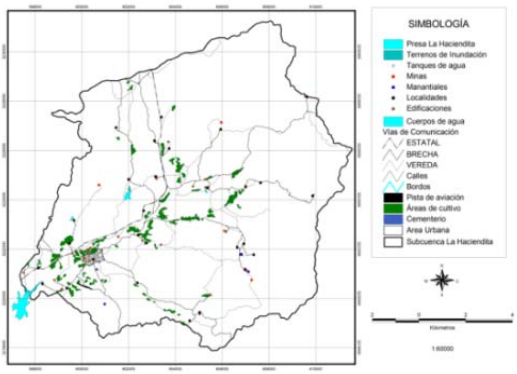


Figura 35. Infraestructura de la Subcuenca La Haciendita (INEGI, 2007).

7.3.1.4.Topografía y Fisiografía

La zona cuenta con parte de las sierras Agua Verde y El Carrizo, con una altura máxima de 1620 msnm en su parte más alta en la sierra alta, y en la bajada con lomerío encontramos una altura mínima de 700 msnm; encontrándose los sitios de población entre los 720 y los 1,100 msnm (Figura 36) (INEGI, 1975).

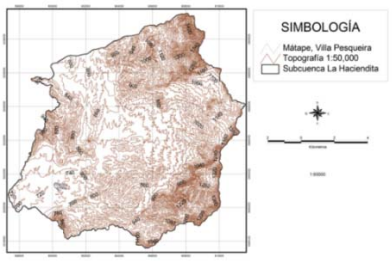


Figura 36. Topografía de la Subcuenca la Haciendita (INEGI, 1975).

La Subcuenca se encuentra en la Provincia Llanura Sonorense; en las Subprovincias Sierras y Valles del Norte y Piedemonte; tiene diferentes regiones fisiográficas o topoformas las que fueron clasificadas en – Sierra alta (con pendientes > 25%) y Bajada con Lomerío (con pendiente de 2-25%) (Tabla XXXVI) (Figuras, 37, 38 y 39) (INEGI, 2006):

Tabla XXXVI. Provincia, Subprovincias y regiones de la Subcuenca La Haciendita (INEGI, 2006).

Clase	Provincia	Subprovincias	Regiones	Hectáreas	Porcentajes
100-0	Llanura Sonorense	Sierras y Valles del Norte	Sierra alta	10,456.3310	83.30
402-0	Llanura Sonorense	Piedemonte	Bajada con lomerío Mazatán	2,096.1800	16.70
				12,552.5110	100.00

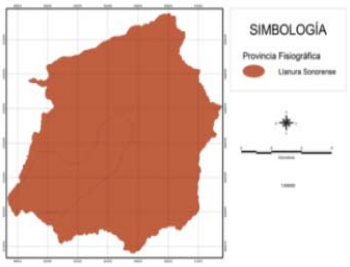


Figura 37. Provincia Fisiográfica de la Subcuenca La Haciendita (INEGI, 2006)

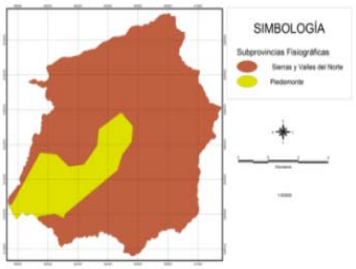


Figura 38. Subprovincias Fisiográficas de la Subcuenca La Haciendita (INEGI, 2006).

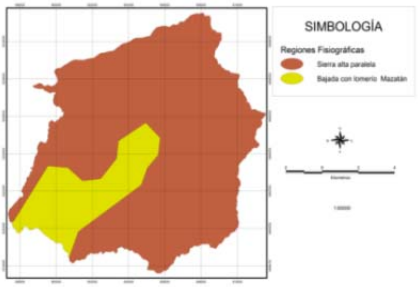


Figura 39. Regiones Fisiográficas de la Subcuenca La Haciendita (INEGI, 2006).

7.3.1.5.Geología

El Área de Estudio cuenta con siete tipos de rasgos geológicos, de los cuales el 41.28% está representado por Granito del Cretácico (K (Gr)), correspondiendo a áreas con pendientes suaves del 2 al 25% y mayores del 25%, siguiendo Caliza del Cretácico (Ki(cz)), con 24.57%; las demás clases con valores menores al 13% (Tabla XXXVII y Figura 40).

Tabla XXXVII. Superficies y Porcentajes de las Clases Geológicas (INEGI, 2003).

Clave	Descripción	Hectáreas	Porcentajes
K(Gr)	Granito del Cretácico	5,181.1510	41.28
Ki(cz)	Caliza del Cretácico	3,083.5570	24.57
P(cz)	Caliza del Paleozoico	1,359.6500	10.83
T(cg)	Conglomerado del Terciario (Cenozoico)	1,588.3240	12.65
Ti(A)	Andesita del Terciario (Cenozoico)	507.1270	4.04
Tom(R)	Riolita del Terciario (Cenozoico)	75.5700	0.60
Tom(Ta)	Toba Ácida del Terciario (Cenozoico)	757.1310	6.03
	Total	12,552.5100	100.00

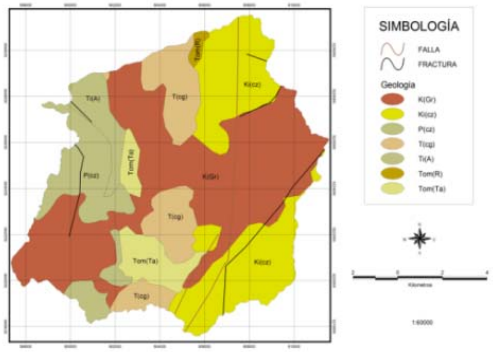


Figura 40. Geología de la Subcuenca La Haciendita.

7.3.1.6.Edafología

El Área de Estudio está compuesto por 2 de Tipos de Suelos, diferenciados por tipo de suelo, por su textura y por su composición Físico-Química, los cuales fueron agrupados en Regosoles que ocupan un 64,20%, siguiendo los Litosoles con un 35,57%, (Tablas XXXVIII y XXXIX; Figura 41) (INEGI, 2004).

Tabla XXXVIII. Superficies y Porcentajes de las dos Clases de Suelos en el Área de Estudio.

Tipo	Hectáreas	Porcentajes
Cuerpo de Agua	28.0050	0.22
Litosol	4,465.4400	35.57
Regosol	8,059.0650	64,20
Total	12,552.5100	100.00

Tabla XXXIX. Superficies y Porcentajes de las Clases de Suelos en el Área de Estudio.

Clave	Suelo 1	Subsuelo 1	Suelo 2	Subsuelo 2	Suelo 3	Subsuelo 3	Clase Textural	Fase Física	Ha	%
Cuerpo de agua	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	28.005	0.22
I+E+Rc/2	Litosol	N/A	Rendzina	N/A	Regosol	calcárico	Media	Ninguno	1,580.671	12.59
I+Rc/2	Litosol	N/A	Regosol	calcárico	Ninguno	Ninguno	Media	Ninguno	1,458.100	11.62
I+Re+Hh/1	Litosol	N/A	Regosol	Éutrico	Feozem	háplico	Gruesa	Ninguno	1,426.669	11.37
Rc+Vc+I/3/L	Regosol	calcárico	Vertisol	crómico	Litosol	N/A	Fina	Lítica	746.512	5.95
Re/1/G	Regosol	Éutrico	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Gruesa	Gravosa	1,832.657	14.60
Re+I/1/L	Regosol	Éutrico	Litosol	N/A	Ninguno	Ninguno	Gruesa	Lítica	1,408.076	11.22
Re+I/2/L	Regosol	Éutrico	Litosol	N/A	Ninguno	Ninguno	Media	Lítica	58.017	0.46
Re+I/3/P	Regosol	Éutrico	Litosol	N/A	Ninguno	Ninguno	Fina	Pedregosa	1,585.788	12.63
Re+Vc/3/L	Regosol	Éutrico	Vertisol	crómico	Ninguno	Ninguno	Fina	Lítica	929.932	7.41
Re+Xh/1/G	Regosol	Éutrico	Xerosol	háplico	Ninguno	Ninguno	Gruesa	Gravosa	1,498.083	11.93
									12,552.510	100.00

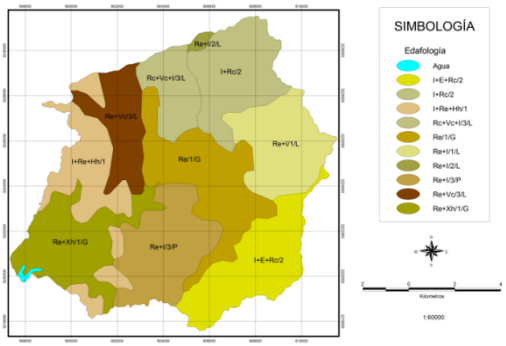


Figura 41. Edafología de la Subcuenca La Haciendita (INEGI, 2004).

- Litosol: Se encuentran en todos los climas y con muy diversos tipos de vegetación. Se caracterizan por tener una profundidad menor de 10 centímetros hasta la roca, tepetate o caliche duro. Se localizan en todas las sierras de México, en mayor o menor proporción, en laderas,

barrancas y malpaís, así como en lomeríos y en algunos terrenos planos. Pueden ser fértiles o infértiles, arenosos o arcillosos. Su susceptibilidad a erosionarse depende de la zona en donde se encuentren, de la topografía y del mismo suelo, y puede ser desde moderada hasta muy alta (Figura 41).

- Regosol: Son suelos sin Estructura y de textura variable, muy parecidos a la roca madre. Se pueden encontrar en muy distintos climas y con diversos tipos de vegetación. Se caracterizan por no presentar capas distintas. Se encuentran en las playas, dunas y, en mayor o menor grado, en las laderas de todas las sierras mexicanas, muchas veces acompañado de Litosoles y de afloramientos de roca o tepetate. Frecuentemente son someros, su fertilidad es variable y su uso agrícola está principalmente condicionado a su profundidad y al hecho de que no presenten pedregosidad. Son de susceptibilidad variable a la erosión (Figura 41).

7.3.1.7. Cuencas, Hidrología Superficial

7.3.1.7.1. Cuenca del Río Mátape

El Área de Estudio queda dentro de la Región Hidrológica No. 9, Sonora Sur, y ocupa el 2.09% del área de la Cuenca del Río Mátape y el 4.01% de la Subcuenca Mátape - Presa Punta de Agua (Tabla XL y Figura 42).

Tabla XL. Superficies y porcentajes del Área de Estudio en la Cuenca del Río Mátape y en la Subcuenca del Río Mátape – Presa Punta de Agua.

		Hectáreas	Porcentajes
Cuenca	Río Mátape	600,517.9440	100.00
Subcuenca	La Haciendita	12,552.5100	2.09
Subcuenca	Mátape - Presa Punta de Agua	313,389.8560	100.00
Subcuenca	La Haciendita	12,552.5100	4.01

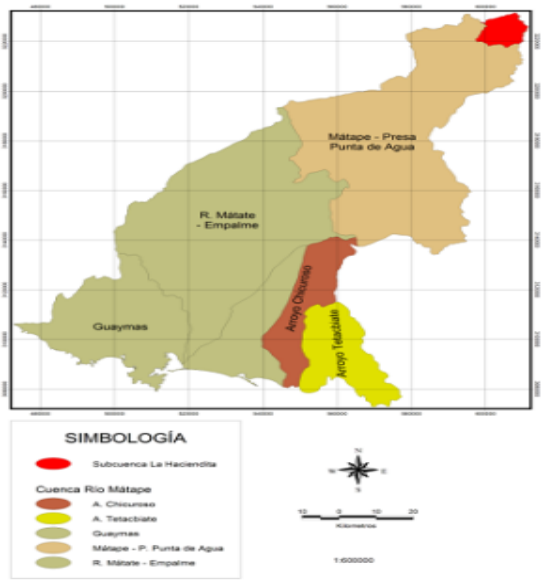


Figura 42. Subcuenca La Haciendita en la Cuenca del Río Mátape.

7.3.1.7.2. Hidrología Superficial

La mayor parte de los cauces que se encuentran en la zona son intermitentes, se cuenta con dos presas grandes como son El Horno y La Haciendita y además de tres bordos para consumo del ganado (INEGI, 1975; INEGI, 2007) (Figuras 10, 35 y 43).

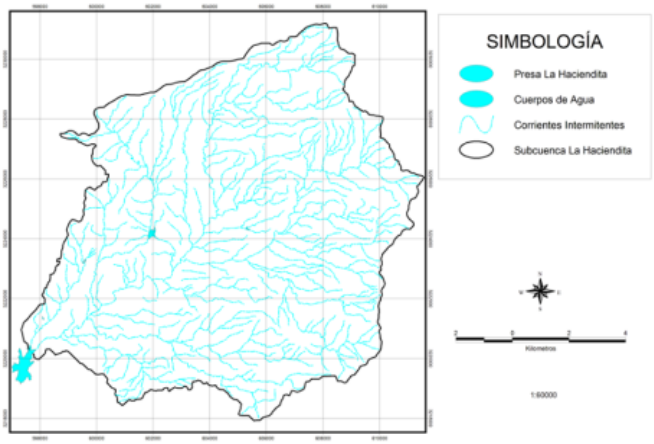


Figura 43. Hidrología Superficial (Arroyos Intermitentes) (INEGI, 2007).

7.3.1.7.3. Hidrología Subterránea

La Hidrología Subterránea del Área de Estudio está representada principalmente por Material No Consolidado con Posibilidades Bajas (91.96%), las otras dos clases representan menos del 10%. Lo que nos indica que la capa subterránea no cuenta con buena permeabilidad. (Tabla XLI y Figura 44) (INEGI, 2005).

Tabla XLI. Superficies y Porcentajes de las Categorías de Hidrología Subterránea (INEGI, 2005).

Descripción	Hectáreas	Porcentajes
Material consolidado con posibilidades bajas	11,543.2940	91.96
Material consolidado con posibilidades medias	736.3410	5.87
Material no consolidado con posibilidades medias	272.8760	2.17
	12,552.5110	100.00

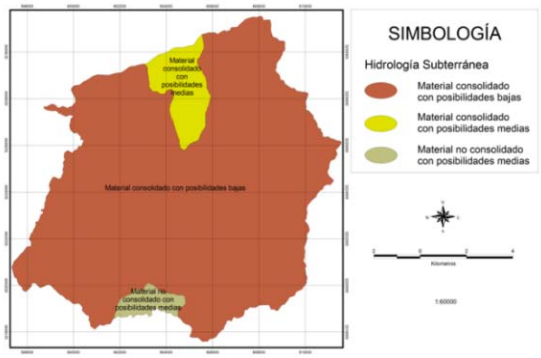


Figura 44. Hidrología Subterránea (INEGI, 2005).

7.3.1.7.4. Acuíferos en el Área de Estudio

Se encontraron un total de dos acuíferos dentro del Área de Estudio, pertenecientes a la Región Hidrológica No. 9, y con diferentes niveles de aprovechamientos como se describe en la Tabla XLII (Figura 45).

Tabla XLII. Superficies y Porcentajes de los Acuíferos y sus Categorías de Aprovechamiento (CNA, 2002).

Nombre	Regional	Situación	Cotas1	Intrusión	Proyectos	Hectáreas	%
Santa Rosalía	2	Subexplotado	Sin	No	No	47,6990	0,38
Rio Mátape	2	Subexplotado	Sin	No	No	12504,8120	99,62
						12552,5110	100,00

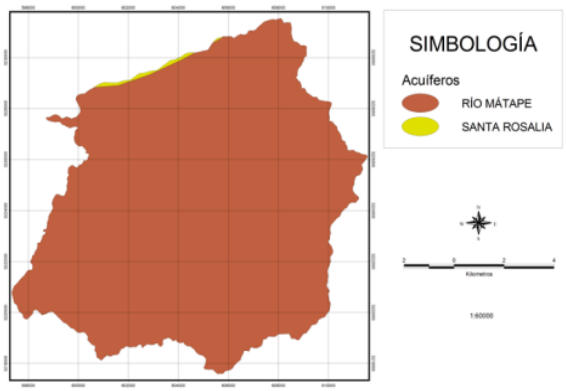


Figura 45. Acuíferos en el Área de Estudio (CNA, 2002).

7.3.2. Caracterización Biológica

En la caracterización Biológica se desarrollaron los siguientes temas:

7.3.2.1. Uso del Suelo y Vegetación

7.3.2.1.1. Tipos de Vegetación según COTECOCA (1986; 1989):

Los tipos de vegetación y sus características generales según COTECOCA (1986; 1989) se muestran en la Tabla XLIII (Figura 46).

Tabla XLIII. Superficies y condición de los Tipos de Vegetación (COTECOCA 1986; 1989).

Sitio de Pastizal	Descripción	Pendiente	Altitud msnm	Coeficiente de agostadero ha/UA/año	Condición	Hectáreas	%
Dak2	Matorral Alto Espinoso	9 - 25%	700 a 1200	19	Buena	4,158.988	33.13
DB5	Matorral Arborescente	15 - 30 %	160 a 950	24	Buena	1,465.048	11.67
DB6	Matorral Arborescente	25 a más de 60 %	200 a 1200	27	Buena	5,334.167	42.49
Cm(B)2	Pastizal Amacollado Arbofrutescente	30 - 60%	600 a 1700	18	Buena	1,594.308	12.70
						12,552.511	100.00

*Producción de forraje en kg/ha de materia seca, en condición buena y en años de precipitación normal.

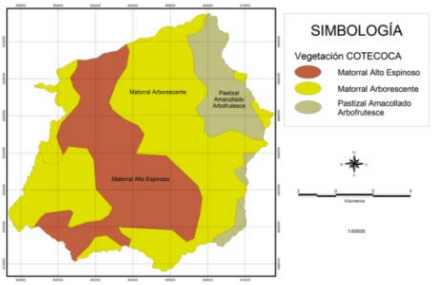


Figura 46. Tipos de Vegetación según COTECOCA (1986; 1989).

Matorral Alto Espinoso: La vegetación está formada por agrupaciones de arbustos altos y excepcionalmente árboles bajos, la mayoría siendo espinosos, con hojas caducas, pequeñas y muchas compuestas, con un estrato bajo de gramíneas y hierbas perennes y anuales. Las especies vegetales presentes se describen a continuación: *Prosopis juliflora, Celtis pallida, Cercidium sonorae, Cathestecum brevifolium, Fouquieria splendens, Bouteloua repens, B. chondrosioides, B. hirsuta, B. curtipendula, B. aristidoides, B. rothrockii, Forestiera angustifolia, Zinnia pumila, Calliandra eriophylla, Krameria parvifolia, Mimosa biuncifera, M. dysocarpa, Juniperus monosperma, Pentarrhaphis scabra, Dasylirion wheeleri, Gutierrezia lucida, G. sarothrae, Haplopappus lariscifolius, Erioneuron pulchellum, Opuntia fulgida, O. arbuscula, O. phaeacantha, Jatropha cardiophylla, Ambrosia confertiflora, Ipomoea longifolia, Baccharis sarothroides, Janusia linearis, Lantana camara, Lysiloma watsonii, Dodonaea viscosa, Ferocactus sp, Mamillaria sp, Aristida ternipes, A. adscensionis, Cathestecum brevifolium, Heteropogon contortus, Muhlenbergia arizonica, M. porteri, M. microsperma, M. fragilis, Setaria macrostachya, Digitaria californica, Portulaca oleracea, Chenopodium fremuntii, Brachiaria arizonica, Amaranthus palmeri, Leptochloa filiformis, Kallstroemia grandiflora, Nicotiana trigonophylla, Physalis wrightii*. La fisiografía está constituida por lomeríos bajos, medianos, y algunas laderas de pequeñas sierras; de topografía compleja; con pendientes que varían de 9 a 25%, el relieve es normal y se encuentra en altitudes de 700 a 1,200 msnm. El suelo es de origen *in-situ* y coluvial, de profundidad somera y media en algunas áreas, de coloración castaño claro, castaño rojizo claro, castaño grisáceo claro y castaño rojizo, de textura areno-arcillosa, franco-arenosa, areno-arcillo-limosa y arcillo-arenosa. La pedregosidad es de 5 a 20% y la

rocosidad es menor del 10%. El drenaje interno es generalmente medio, presentándose erosión hídrica laminar y en surco.

Sitio Dak 2

La producción forrajera de este sitio es de 259.3 kg de materia seca por hectárea, en la condición buena y en años de precipitación normal.

Matorral Arborescente: La vegetación está formada por arbustos altos (más de 2 m) y árboles bajos de tallo leñoso, con hojas no esclerosas, caducas en la época seca y generalmente sin espinas, y la inclusión de algunas cactáceas altas; el estrato bajo está formado por gramíneas y hierbas perennes y anuales. Los géneros vegetales que la caracterizan son: *Bursera spp, Lysiloma divaricata, Ambrosia cordifolia, Panicum hirsutum, Pectis prostecata, Nama demissum, Coursetia glandulosa, Ipomoea arborescens, Acacia coultieri, Acacia olygocantha, Acacia pennatula, Acacia constricta, Acacia farneciana, Croton sonorae, Croton fruticulosus, Cordia sonorae, Bouteloua curtipendula, Casia biflora, Fouquieria macdougalii, Fouquieria splendens, Haematoxylon brasiletto, Dodonaea viscosa, Solanun elaegnifolium, Pachycereus pecten-aborignum, Calliandra eriophylla, Krameria parvifolia, Mimosa laxiflora, Hyptis emoryi, Caesalpinia pulcherrima, Celtis iguanea, Celtis reticulata, Ceiba acuminata, Erytheina flabelliformis, Erythea roezlii, Aristida ternipes, Antigonum leptotus, Cercidium microphyllum, Guaiacum coulteri, Lippia palmeri, Olneya tesota, Prosopis juliflora, Cercidium sonorae, Guazuma ulmifolia.* La fisiografía está formada por lomeríos bajos, medianos y laderas pequeñas, de topografía compleja, con pendientes que varían del 15 al 30%, el relieve es normal y excesivo. Los suelos son de formación *in-situ* y coluvial, de profundidad somera con coloración castaño rojizo, castaño rojizo claro, castaño claro, castaño grisáceo y gris claro, de textura areno-arcillosa, franco-arenosa, areno-limosa, y arcillo-arenosa, con drenaje interno de medio a rápido. La pedregosidad cubre del 15 al 30% del área y la rocosidad alcanza hasta un 60%, presentando erosión hídrica laminar y en surcos con grado moderado. Presenta dos sitios:

Sitios DB5 y DB6

Para el primer sitio en condición buena se calculó una producción de forraje de 205.31 kg de materia seca por hectárea, y para el segundo en una parte no se tiene datos de producción forrajera, ya que algunos lugares de este sitio son inaccesibles, y en otra parte de 207.31kg de materia seca por hectárea.

Pastizal Amacollado Arbofrutescente: La vegetación está formada por una asociación de gramíneas altas amacolladas con árboles y arbustos. Ocupa lomeríos altos y cerriles y algunas laderas de sierra. Los géneros vegetales que la caracterizan son: *Andropogon cirratus, Bouteloua curtipendula, Bouteloua hirsuta, B. repens, B. alamosana, B. chondrosioides, Quercus chihuahuensis, Q. oblongifolia, Q. tuberculata, Q. albocincta, Nolina matapensis, Eragrostis intermedia, Leptochloa dubia, Muhlenbergia montana, M. emersleyi, M. dumosa, M. virescens, M. fragilis, M. microsperma, M. sinuosa, Heteropogon contortus, Paspalum humboldfianum, Trachypogon secundus, Tripsacum lanceulatum, Aristida orcuttiana, A. ternipes, A. adscensiones, Elyonurus barbiculmis, Eysenhardtia orthocarpa, Acacia pennatula, A. olygocantha, A. angustissima, Diphysa suberosa, Aralia pubescens, Ferocactus sp, Agave huachucensis, Agave lechuguilla, Solanum elaegnifolium, S. heterodoxum, Lysiloma watsonii, Heliocarpus attenuatus, Dalea sp, Tothania fruticosa, Opuntia sp, Viguiera deltoidea, Castilleja laxa, Erythea roezlii, Bursera odorata, Washingtonia filifera, Mimosa biuncifera, Randia laevigata, Chloris virgata, Panicum hirsutum, Setaria grisebachii, Eriochloa gracilis.* La fisiografía está representada por lomeríos altos y cerriles, con topografía compleja, con pendientes de 30 a 60%, el relieve es excesivo, se localiza en altitudes de 600 a 1700 m. El suelo es de origen *in-situ,* coluvial, profundidad somera, color castaño rojizo claro, castaño grisáceo y castaño grisáceo obscuro en algunas áreas, textura areno arcillosa, drenaje interno medio, pedregosidad de 10 a 25% y la rocosidad es menor del 15%. La erosión es hídrica laminar.

Sitios Cm(B)2

En este sitio, en una parte no se tienen datos de producción forrajera, ya que algunos lugares de este sitio son inaccesibles, y en otras áreas de este sitio se tiene que en condición buena y en años de precipitación normal produce 273.75 kg de materia seca por hectárea.

Zona Agrícola: Se desarrolla en los cauces, que es donde se encuentra la mayor cantidad de humedad, y a la vez, como ya se mencionó, solo tienen agua en la época de lluvias.

Zona Urbana: Esta es ocupada por la cabecera municipal y por dos o tres comunidades que cuentan con tres a seis casas, ya que la mayoría de los asentamientos humanos son de una o dos casas solamente (Figura 34).

7.3.2.1.2. Tipos de Vegetación según INEGI (1981a; 2006a):

Los tipos de vegetación y sus características generales según INEGI (1981a; 2006a) son los siguientes (Tabla XLIV, Figura 47):

Tabla XLIV. Categorías y Superficies de los Tipos de Vegetación según INEGI (1981a; 2006a).

Tipo	Fisonomía	VS	Erosión	CP	CS	CT	Hectáreas	%
Bosque de Encino	NA	N	SEA	NA	NA	NA	817,409	6,51
Bosque de Encino	NA	VSAR	SEA	NA	NA	NA	1341,303	10,69
Cuerpo de Agua	NA	NA	NA	NA	NA	NA	31,199	0,25
Matorral Sarcocaule	Matorral subinerme	NA	SEA	NA	NA	NA	3886,683	30,96
Mezquital	NA	N	SEA	NA	NA	NA	2,792	0,02
Mezquital	NA	VSAR	CEA	NA	NA	NA	1561,139	12,44
Mezquital	NA	VSAR	SEA	NA	NA	NA	700,714	5,58
Pastizal Inducido	NA	NA	CEA	NA	NA	NA	215,577	1,72
Pastizal Inducido	NA	NA	SEA	NA	NA	NA	525,552	4,19
Selva Baja Caducifolia	NA	N	SEA	NA	NA	NA	2055,969	16,38
Selva Baja Caducifolia	NA	VSAR	CEA	NA	NA	NA	33,545	0,27
Selva Baja Caducifolia	NA	VSA	SEA	NA	NA	NA	902,780	7,19
Temporal	NA	NA	SEA	Anual	N	N	477,849	3,81
							12552,511	100,00

Nota: NA = No aplicable; N = Ninguno; VS = Vegetación secundaria; VSAR = Vegetación secundaria arbustiva; VSA = Vegetación secundaria arbórea; CEA = Con erosión apreciable; SEA = Sin erosión apreciable CP = Cultivo Primario; CS = Cultivo Secundario; CT = Cultivo Terciario.

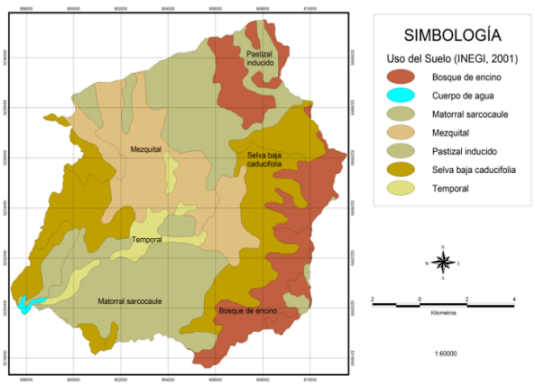


Figura 47. Tipos de Vegetación según INEGI (1981a; 2006a).

Bosque de Encino

Comunidad de árboles bajos, con grandes espacios entre sí; estos claros los ocupa una capa de gramíneas; se localiza en una faja de transición que existe entre los pastizales y los bosques de encino.

Matorral sarcocaule con matorral inerme:

Vegetación arbustiva mixta con abundancia de plantas de tallos carnosos (sarcocaules).

Matorral inerme: Matorral con predominancia de plantas sin espinas.

Mezquital

Comunidad dominada por mezquites, especie que desarrolla un fuste bien definido, y que en la mayoría de los casos sobrepasa los 4 metros de altura. Por lo general se desarrollan en suelos profundos.

Pastizal Inducido

Se incluyen bajo el concepto de pastizal, a aquellas áreas cuya vegetación fisonómicamente dominante es la graminoide, pudiendo estar asociada con otros tipos de vegetación. El pastizal natural se encuentra establecido en una región como producto natural de los efectos del clima, suelo y biota (condiciones ecológicas) de una región. El Pastizal Inducido es aquel que surge cuando es eliminada la vegetación original que lo dominaba. Este pastizal puede aparecer como consecuencia de desmontes de cualquier tipo de vegetación; también puede

establecerse en áreas agrícolas abandonadas o bien como producto de áreas que se incendian con frecuencia.

Selva Baja Caducifolia

Las selvas son comunidades formadas por vegetación arbórea; generalmente se encuentran localizadas en climas cálidos - húmedos y subhúmedos, y están compuestas por la mezcla de un gran número de especies, muchas de las cuales presentan contrafuertes o aletones, con bejucos, lianas y plantas epífitas, frecuentemente con árboles espinosos entre los dominantes. Se clasifican de acuerdo a su altura y a la persistencia de o caducidad de la hoja durante la época más seca del año. Selva baja entre 4 y 15 metros de altura; Caducifolia, más del 75% de los árboles tiran las hojas en la época más seca del año. Se distribuye frecuentemente sobre laderas de cerros.

Agricultura de Temporal

Se practica en los terrenos donde el ciclo vegetativo de los cultivos depende del agua de lluvia. Estas áreas pueden dejarse de sembrar algún tiempo, pero deberán estar dedicadas a esa actividad por lo menos en el 80% de los años de un periodo dado.

7.3.3. Caracterización Socioeconómica

En la caracterización Socioeconómica se desarrollaron los siguientes temas:

7.3.3.1.Tenencia de la Tierra

La tenencia de la tierra se presenta de la siguiente forma (Tabla XLV) (Figura 48) (ICRESON, 1995):

Tabla XLV. Tenencia de la Tierra en la Subcuenca La Haciendita (ICRESON, 1995).

Clave Catastral	Propietario	Régimen	Hectáreas	Porcentajes
7609D4440043	Bracamonte Córdova Francisco Javier	Particular	4.9040	0.04
7609D4440016	De La Cruz Valencia Jesús	Particular	0.6290	0.01
7609D4410006	Ejido de Mátape	Ejidal	4,722.9940	37.63
7608D4410001	Ejido San José de Batuc	Ejidal	470.2440	3.75
7609D4430005	Ejido Villa Pesqueira	Ejidal	7,269.9810	57.92
7609D4430046	León García Julio Cesar	Particular	5.7750	0.05
7609D4430036	Navarro Sánchez José María	Particular	16.0460	0.13
	No Registrado		39.7100	0.32
7609D4440037	R Viuda De Navarro Armida	Particular	0.7890	0.01
7609D4430022	Sociedad Cooperativa Consumo Mátape	Particular	21.4360	0.17
			12,552.5080	100.00

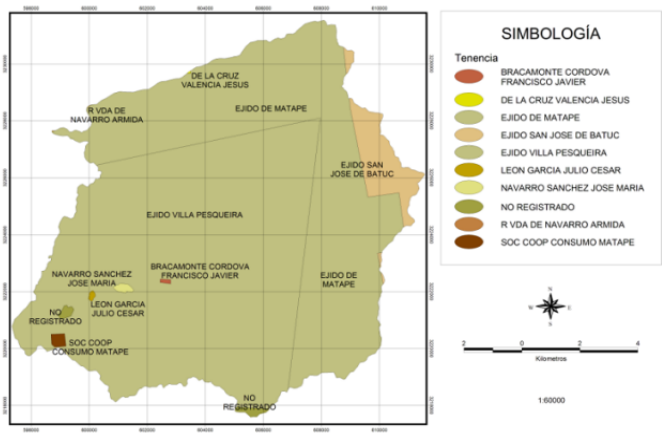


Figura 48. Tenencia de la Tierra en la Subcuenca La Haciendita (ICRESON, 1995).

7.3.3.2.Sistemas de Producción

Se aplica la Clasificación Mexicana de Actividades y Productos (CMAP) (INEGI, 1988; Gob. del Edo. de Sonora, 1988; INEGI - Gob. del Edo. de Sonora, 1993):

Sector Primario:

Agricultura, en la que destacan los cultivos de: frijol, trigo, maíz, forrajes, algodón, cártamo, garbanzo, hortalizas, ajonjolí, linaza, alfalfa, soya y papa.

Ganadería: Se crían bovinos para carne y leche, porcinos, caprinos aves y colmenas (Tablas, XLVI, XLVII, XLVIII y XLIX).

Aprovechamientos forestales: Encino, mezquite y otros.

Tabla XLVI. Población Ganadera del municipio de Villa Pesqueira, Sonora (INEGI - Gob. del Estado de Sonora, 1993).

Bovinos	Porcinos	Ovinos	Caprinos	Equinos	Aves	Abejas Colmenas
24,045	233	627	209	1,676	-	180

Tabla XLVII. Población Ganadera del municipio de Villa Pesqueira, Sonora (INEGI, 2009).

Bovinos	Porcinos	Ovinos	Caprinos	Equinos	Aves	Abejas Colmenas
14,371	51	419	102	574	348	500

Tabla XLVIII. Superficie dedicada a la ganadería en el año agrícola por tipo (Hectáreas) para el municipio de Villa Pesqueira, Sonora (INEGI - Gob. del Edo. de Sonora, 1993).

Total (ha)	Pastos y Praderas		Cultivos Forrajeros (ha)
	Inducidas (ha)	Naturales (ha)	
183,952	4,518	177,482	1,952

Tabla XLIX. Superficie dedicada a la ganadería en el año agrícola por tipo (Hectáreas) para el municipio de Villa Pesqueira, Sonora (INEGI, 2009).

Superficie (ha)					
De labor	Con pastos no cultivados, de agostadero o enmontada		Con bosque o selva	Sin Vegetación	Total
	Principalmente Con pastos	Total			
11,759.18	28,204.01	39,081.87	758.63	3,506.30	55,105.97

Sector Secundario:

Industria: Existen en el municipio tres industrias manufactureras, dos pequeñas cuya actividad es la construcción de bloc de concreto y trabajos de herrería, y una gran industria llamada Barita de Sonora, la cual procesa sulfato de bario.

Minería: Esta actividad es realizada gracias a la instalación de la empresa Barita de Sonora, la cual produce 500 toneladas diarias de sulfato de bario.

Sector Terciario:

Comercio: Se cuenta con establecimientos particulares y tiendas de la Compañía Nacional de Subsistencias Populares (CONASUPO).

Servicios: Se tienen establecimientos para la preparación de alimentos y bebidas, hospedaje, venta de gasolina, reparación de vehículos, etc.

7.3.3.3. Población y Escolaridad

La población total del municipio en 1990 fue de 1,686 habitantes, 925 hombres y 761 mujeres; la tasa media anual de crecimiento fue de 0.1% en el período de 1980 - 1986. La mayor concentración de la población se encuentra en las localidades de Villa Pesqueira (cabecera municipal), El Adivino y Nácori Grande. La población económicamente activa es de 540 habitantes, 522 ocupados y 18 desocupados, 622 pertenecen a la población económicamente inactiva y 55 no están especificados. La población ocupada por sector de actividad se encuentra en las Tablas L, LI y LII. (Gob. del Edo. de Sonora, 1988; INEGI - Gob. del Edo. de Sonora, 1993; INEGI, 2011).

Tabla L. Población ocupada por sector de actividad en el municipio de Villa Pesqueira, Sonora (INEGI - Gob. del Edo. de Sonora, 1993).

Total	Agr., Gan., Silv. y Pesca	Min	Ind. Man	Elec. y Agua	Cons.	Comercio	Trans y Com	Admón Públ y Defen	Serv. Comu y Soc	Serv. de Rest. y Hotel	Serv Pers. y Mant	No esp.
522	341	33	40	1	21	21	3	12	22	1	16	11

Leyenda: Agr. = Agricultura; Gan. = Ganadería; Silv. = Silvicultura; Min = Minería; Ind. = Industria; Man. = Manufacturera; Elec. = Electricidad; Cons. = Construcción; Trans = Transporte; Com = comunicaciones; Admón = Administración; Públ. = pública; Defen = defensa; Serv. = Servicios; Comu = comunales; Soc = Sociales; Rest. = restaurantes; Pers. = personales; Mant. = mantenimiento; esp. = especificados.

Tabla LI. Población de 12 años y más del municipio de Villa Pesqueira y sexo según condición de actividad económica y de ocupación (INEGI, 2011).

Sexo	Población de 12 años y más	Condición de actividad económica				
		Población económicamente activa			Población no económicamente activa	No especificado
		Total	Ocupada	Desocupada		
Total	**1.023**	**498**	**480**	**18**	**516**	**9**
Hombres	561	421	404	17	133	7
Mujeres	462	77	76	1	383	2

Tabla LII. Población ocupada y su distribución porcentual según sector de actividad económica del municipio de Villa Pesqueira (INEGI, 2011).

Fecha de elaboración: 21/09/2011						
Población ocupada y su distribución porcentual según sector de actividad económica del municipio de Villa Pesqueira						
Estimador	**Población ocupada**	**Sector de actividad económica**				
		Primario[1]	**Secundario[2]**	**Comercio**	**Servicios[3]**	**No especificado**
Parámetro	**480**	**58,75**	**16,67**	**7,08**	**17,50**	**0,00**
Error Estándar	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Límite inferior de confianza	480	58,75	16,67	7,08	17,50	0,00
Límite superior de confianza	480	58,75	16,67	7,08	17,50	0,00
Coeficiente de variación	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

[1] Agricultura, ganadería, silvicultura, caza y pesca.
[2] Minería, extracción de petróleo y gas, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción.
[3] Transporte, gobierno y otros servicios.
* Municipio censado con cuestionario ampliado.
Nota: Los límites de confianza se calculan al 90%.

La población total del municipio en 2010 fue de 1,254 habitantes, 688 hombres y 566 mujeres; la tasa media anual de crecimiento de la población disminuyó de 1990 a 2010 (de 1,686 a 1,254 habitantes) (Tabla LIII) (INEGI, 2011).

Tabla LIII. Población total del municipio de Villa Pesqueira y sexo, según el tamaño de la localidad en el 2010 (INEGI, 2011).

INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010: Tabulados del Cuestionario Básico				
Población total del municipio de Villa Pesqueira y sexo, según el tamaño de la localidad				
Sexo	Población total	Tamaño de localidad		
		1-249 habitantes	250-499 habitantes	500-999 habitantes
Total	1,254	73	552	629
Hombres	688	48	288	352
Mujeres	566	25	264	277

La mayor concentración de la población en 2010, se encuentra en las localidades de Villa Pesqueira (cabecera municipal) con 690 habitantes, Nácori Grande con 324 y El Adivino con 255, y en las demás comunidades varia de 1 a10 personas (INEGI, 2011). El municipio ofrece a sus habitantes educación básica, contando para ello con tres planteles de prescolar, tres primarias, una escuela secundaria y una biblioteca. Los alumnos inscritos en las escuelas se encuentran en las Tablas LIV y LV. La población de 15 años o mayor por condición de analfabetismo y sexo se encuentran en la Tabla LVI. (Gob. del Edo. de Sonora, 1988; INEGI - Gob. del Edo. de Sonora, 1993; INEGI, 2011).

Tabla LIV. Alumnos inscritos, egresados, personal docente, escuelas y aulas en el municipio de Villa Pesqueira, Sonora (INEGI - Gob. del Edo. de Sonora, 1993).

Nivel Educativo	Alumnos inscritos	Alumnos egresados	Personal docente	Escuelas	Aulas
Elemental Prescolar	57	37	3	3	3
Elemental Primaria	247	42	11	3	13
Medio Ciclo Básico Secundaria	9	2	1	1	2
Total	313	81	15	7	18

Tabla LV. Población de 15 años y más del municipio de Villa Pesqueira y sexo, según nivel de escolaridad (INEGI, 2011).

Sexo	Población de 15 años y más	Nivel de escolaridad						
		Sin escolaridad	Educación básica			Estudios técnicos o comerciales con primaria terminada	Educación media superior	Educación superior
			Pre-escolar	Primaria	Secundaria			
Total	**957**	**20**	**0**	**406**	**238**	**2**	**169**	**61**
Hombres	526	10	0	218	140	1	88	32
Mujeres	431	10	0	188	98	1	81	29

Tabla LVI. Población de 15 años o más por condición de analfabetismo y sexo para el municipio de Villa Pesqueira, Sonora (INEGI - Gob. del Edo. de Sonora, 1993).

Total	Alfabetas		Analfabetas		No especificado	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
1,092	559	448	33	30	16	6

Para atender la salud de los habitantes del municipio se cuenta con los servicios del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado de Sonora (ISSSTESON) y la Secretaría de Salud (SSA) (Gob. del Edo. de Sonora, 1988).

7.4. Actualización de la información socio - económica y de inventarios de recursos naturales y materiales.

7.4.1. Información socio–económica.

Se entrevistaron a 50 familias de las 260 familias que viven actualmente en la población de Villa Pesqueira y en los lugares habitados de la zona, presentándose los resultados en las siguientes Tablas:

7.4.1.1. Aspectos Demográficos

Integrantes de la familia del entrevistado

De las familias entrevistadas se obtuvo una población total de 212 habitantes, de los cuales 78 viven fuera de la población, con un promedio de 4.2 hijos por familia. La distribución de las edades de la población entrevistada se muestra en la Tabla LVII, así como, la contribución al ingreso familiar.

Tabla LVII. Integrantes de la familia del entrevistado y contribución al ingreso familiar.

Población Total por Edades									Sexo		
0 - 5	6 a 11	12 a 14	15 a 18	19 -30	31 - 40	40 - 65	> 65	Total	F	M	Total
19	26	14	22	27	36	50	18	212	100	112	212

Familias con _____ número de hijos												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
Familias	5	5	8	8	7	3	3	2	5	2	1	1	50
# hijos	0	5	16	24	28	15	18	14	40	18	10	11	199
Promedio de Hijos por Familia													4.2

Hombres solos	Hombres con hijos	Hombres sin hijos	Mujeres solas	Mujeres con hijos	Parejas solas	Total
10	1	3	0	4	2	20

Hijos que viven fuera del Predio				78
Contribución al Ingreso Familiar	Si	8	No	42	50

Tenencia de la tierra

La mayor parte de las familias entrevistadas (78%) pertenecen al régimen ejidal, y sólo 3 al régimen de pequeña propiedad, y el 18% no tiene propiedad de ningún tipo (Tabla LVIII).

Tabla LVIII. Tenencia de la Tierra en el Municipio.

Tiene Propiedad	Si	40	No	10	Total	50
Tipo de Tenencia			Hectáreas		Porcentajes	
Ejido		36		195		24,10
Pequeña Propiedad		1		587		72,56
Ejido y Pequeña Propiedad		3		27		3,34
Comunal		0		0		0,00
Total		40		809		100,00

Vivienda

Cerca del 30% de las familias entrevistadas viven en casas con 3-4 cuartos, el 52% vive en casas con 5-6 cuartos, el resto en casas de más de 6 cuartos, en algunas la cocina se incluye en los cuartos. El material de construcción del piso fue el cemento para la mayoría, mientras que algunos presentan piso de mosaico y otros de tierra. Las puertas y ventanas son principalmente de lámina de metal, pocas de madera, y las ventanas con vidrio. Los muros son de adobe para un 58% y un 45% de bloc, con algunas de ladrillo. Los techos son de concreto para un 26% y de un 60% de lámina de metal, con algunas de asbesto y otras de cartón.

Nivel Educativo

Alrededor del 40% de las familias entrevistadas no han finalizado la educación elemental, pero saben leer y escribir. El 30% finalizo la educación secundaria. Hay dos personas que tienen educación superior, pero no han terminado sus estudios (Tabla LIX).

Tabla LIX. Nivel educativo de los entrevistados.

Primaria				Secundaria				Preparatoria				Profesional						
Estudian		Termino		Estudian		Termino		Estudian		Termino		Estudian		Termino		Titulación		
Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	EP
0	0	30	20	3	0	15	2	0	0	5	1	0	0	0	2	0	1	0

Estudian = Estudiando; Termino = Terminaron; EP = En Proceso

Servicios Públicos y Comunicaciones

La población cuenta con los servicios de Luz eléctrica, en un 100%, Drenaje en un 84%, Agua potable en un 96%, Recolección de Basura en un 92%, se cuenta con oficina de correo,

telégrafo y teléfono. Se tiene además el servicio de vigilancia en un 100%. Un 84% cuentan con televisión y un 70% con radio.

Características de las Unidades de Producción

Se tienen 48 unidades de producción con un total de 829 ha. De las cuales están cultivadas 143.5 ha; de riego se tienen 2 ha; de agostadero son 675; sin vegetación por bordos, ranchos, corrales y otras construcciones se tienen 49.5 ha; 790.5 ha son propias de los tenedores de la tierra, 20 ha son prestadas.

Preferencias de uso de la tierra de los entrevistados

La mayoría de los entrevistados tienen preferencia por las actividades agrícolas y pecuarias.

7.4.1.2. Sistemas de Producción

La mayor parte de las familias entrevistadas se dedican a actividades del sector primario, 32 en agricultura de temporal; 36 en la producción de ganado (principalmente bovinos); dos a la colección de productos forestales; dos a la minería; uno a la artesanía. Muchas de las personas dedican su tiempo a más de una actividad, la cría de ganado es la actividad principal, ya que los cultivos producen granos para el ganado. De este sector, la ganadería es la principal actividad practicada en el área de estudio.

Agricultura

Como se mencionó, los cultivos están dedicados a la producción de alimentos para los animales, y de esta manera, ellos siembran, maíz, (28 familias) y sorgo (16 familias) en el ciclo Primavera – Verano. En el ciclo Otoño – Invierno producen cebada (13 familias), trigo (10 familias) y avena (8 familias). Cerca del 42% producen naranjas, duraznos y limones en su terreno o casa. La semilla que se usa para la siembra son tanto mejorada (20 familias) como de la que ellos cosechan (30 familias); no utilizan agroquímicos (sólo un 8%), muchos de ellos usan abono orgánico (36 agricultores), el servicio de asistencia técnica es muy reducido (10 agricultores) y dos de ellos pagan este servicio; hay algunos tractores en la

población, los cuales son rentados (17 familias), la mayoría (26 familias) usan animales de tiro o yunta, para la realización de los trabajos agrícolas. El agua es obtenida de bordos, (8 agricultores) y de pozos (7 agricultores). Sólo 2 agricultores venden su producción (maíz), y localmente.

Ganadería

El tipo principal de tenencia de la tierra es el Ejidal, y su reglamentación permite 7.5 ha por ejidatario en forma privada, el resto es usado como tierras de pastoreo de uso extensivo (comunal). Se reportan 899 cabezas de ganado bovino (36 ganaderos), las vacas están dedicadas principalmente a la producción de leche y sus derivados, como el queso, becerros y carne. 19 marranos (2 familias), 7 gallos, 56 gallinas y 2 guajolotes (3 familias), 3 borregos (1 familia), 69 caballos y yeguas, 21 machos y mulas y 13 burros y burras; el agua se obtiene principalmente de pozos (21 familias), represos (10 familias), aguajes (4 familias), presas (3) y río (2). De los 36 ganaderos, sólo 20 reportan establos, y 34 cercos de alambre de púas, y algunos de ellos permiten procedimientos sanitarios para mantener su ganado saludable. Cuatro ganaderos realizan actividades de mejoramiento de su pastizal, pero ninguno tiene sistemas de irrigación; sólo tres practican la rotación de potreros y ocho reportan practicar técnicas de conservación de agua y suelo (no fue posible identificar cuál de ellas). La producción es generalmente vendida localmente o a la ciudad de Hermosillo.

Explotación Forestal

Solo hay una pequeña porción con bosque (principalmente encino y mezquite), y no es considerada una actividad económica organizada. Muchos de los productos forestales son usados para cercar y para carbón cuatro especies son las usadas más frecuentemente, mezquite (*Prosopis* sp.), tepehuaje (*Lysiloma watsonii*), palo dulce (*Eysenhardtia orthocarpa*) y tesota (*Acacia gregii*); pero no hay actividades de reforestación o cualquier otra práctica para mantener el bosque saludable. Una planta silvestre el chiltepin (*Capsicum annum*) es comercializada en la población.

7.4.1.3. Aspectos de Organización

Crédito y Seguro

Existe una organización, la cual es el sistema del ejido, pero un ejidatario sólo se reportó para solicitar crédito a un banco y cinco se organizaron para recibir un subsidio federal. Los bancos generalmente no dan crédito a los sistemas ejidales, pero las organizaciones pueden obtener subsidios y/o préstamos, como también asistencia técnica de organizaciones federales pero esto posiblemente no ha sido usado tradicionalmente.

Organización para la Producción

Todas las familias entrevistadas no se organizan en grupos para trabajar los terrenos, o sea, sólo se organizan en forma familiar.

Mano de Obra

La mayor parte de los trabajadores son los propios dueños del terreno y sólo en pocas ocasiones utilizan a otras personas, a las cuales se les tenga que pagar, y aunque haya participación de las mujeres en el trabajo, ellas pertenecen a la familia y no reciben pago.

Afiliación a Organizaciones

Los ejidatarios no acostumbran afiliarse a ninguna organización formal, aunque hay algunos que lo hacen para obtener beneficios como el uso de maquinaria, compra de alimentos, semillas, fertilizantes o para vender o transformar su producción.

Vehículos y Tractores

La mayor parte de las personas entrevistadas que cuentan con vehículo, éste es una camioneta menor de dos toneladas (22 familias) y unos pocos con vehículos mayores. Se cuenta con 2 tractores y de estos sólo funciona uno.

Actividades no Agropecuarias ni Forestales

Actividades como la minería y la extracción de materiales, tienen la participación de dos familias en cada una, mientras que en la artesanía sólo una familia realiza esta actividad.

7.4.2. Inventario de Recursos Naturales (Vegetación y Fauna)

La vegetación de acuerdo a INEGI (1981a; 2006a) reportada para la zona muestra ocho tipos diferentes como se observa en el Tabla XLIV. Sin embargo se tienen evidencias de cambios en la vegetación por lo que se hizo una verificación inicial a través de una imagen de satélite del SPOT de Junio de 1993, en la que se realizó una clasificación no supervisada con los tipos de vegetación mencionados (Tabla LX), de la que se obtuvo un mapa base (Figura 49), que se utilizó para el muestreo, y además, para su verificación en campo.

Tabla LX. Categorías y Superficies de los Tipos de Vegetación según INEGI (1981a; 2006a).

	Categorías		Hectáreas	Porcentajes
1	Bc	Selva Baja Caducifolia	1,924.43	15.33
2	Q	Bosque de Encino	2,066.50	16.46
3	Mz	Mezquital	1,160.32	9.24
4	I	Pastizal Inducido	989.60	7.88
5	TA	Agricultura de Temporal	533.86	4.25
6	I - Q	Pastizal Inducido - Bosque de Encino (Pasto - Encino)	827.94	6.60
7	Sc/V2	Matorral Sarco-crasicaule	4,459.45	35.53
8	St/i	Matorral Subtropical con Matorral Inerme	439.88	3.50
9		Presa La Haciendita	14.95	0.12
10		Presa El Horno	1.36	0.01
11		Represas	0.16	0.00
12		Mátape	29.20	0.23
13		Caminos	104.86	0.84
			12,552.51	100.00

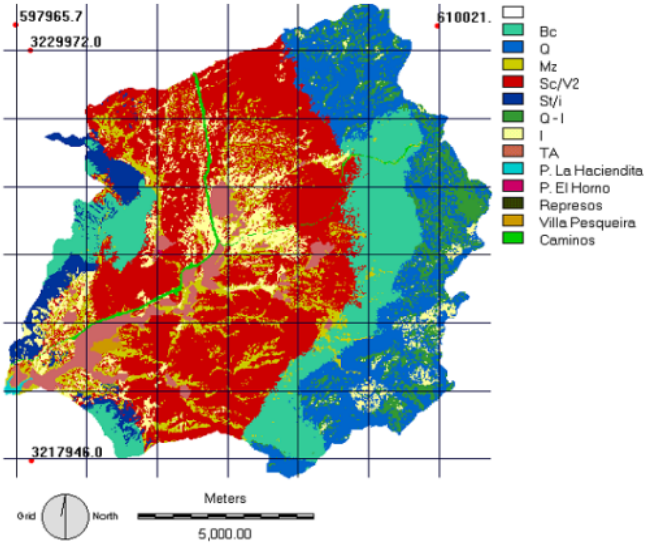


Figura 49. Mapa de la Imagen de Satélite (SPOT, de Junio de 1993) inicial con la clasificación de INEGI (1981a).

7.4.2.1. Muestreo de Vegetación

En la Tabla LXI, se presenta la Cobertura, Frecuencia y Dominancia de la Subcuenca en los dos muestreos realizados con el método de la línea de puntos.

Tabla LXI. Cobertura, Frecuencia y Dominancia en los dos muestreos realizados.

Fecha: 16 al 21 - octubre – 2011 18 Transectos de 10 puntos cada uno	Puntos	Cobertura	Presencia x transecto	Frecuencia	Dominancia
Suelo Desnudo	116	64.44	18	100.00	64.44
Materia Orgánica	44	24.44	14	77.78	19.01
Gramíneas (*Cathestecum erectum*)	10	5.56	10	55.56	3.09
Hierbas	10	5.56	10	55.56	3.09
Totales	180	100			

Fecha: 16 - 18 - abril – 2012 16 Transectos de 10 puntos cada uno	Puntos	Cobertura	Presencia x transecto	Frecuencia	Dominancia
Suelo Desnudo	103	64.38	16	100	64.38
Materia Orgánica	50	31.25	14	87.5	27.34
Gramíneas (*Cathestecum erectum*)	4	2.50	3	18.75	0.47
Hierbas	3	1.88	3	18.75	0.35
Totales	160	100			

En los dos muestreos se tiene más del 60% de suelo desnudo, lo que genera una gran pérdida de agua por el escurrimiento superficial y la erosión del suelo tanto eólica como hídrica, y la presencia de gramíneas es principalmente por *Cathestecum erectum* Vasey & Hack. (Grama china), la cual es una especie que es pequeña y no es de alta palatabilidad para el ganado bovino.

En la Tabla LXII, se comparan los resultados de densidad relativa, de la Subcuenca, para el método de parcela.

Tabla LXII. Densidad Relativa (%), de la Subcuenca, en los dos muestreos realizados.

Fechas	Gramíneas	Hierbas	Totales
Octubre del 2011	30.00	70.00	100.00
Abril del 2012	47.83	52.17	100.00

En la Tabla LXIII, se muestra un resumen de los resultados para el Método del Individuo Más Cercano en la Subcuenca, de la Densidad Relativa de Arbustos y Árboles cabe hacer mención que esta metodología sólo se usó en el primer muestreo.

Tabla LXIII. Resumen de la Densidad Relativa (%) en la Subcuenca.

Octubre de 2011	Arbustos	Árboles	Total
Densidad Relativa (%)	43.5	56.5	100

Algunos de los resultados para el Método del Cuadrante del Punto Central para cada uno de los tipos de vegetación, se describen a continuación, cabe hacer mención de que esta metodología sólo se usó en el segundo muestreo.

En la Selva Baja Caducifolia, la densidad absoluta es mayor para el *Croton sonorae,* la Frecuencia es mayor para *Acacia cochliacantha* e I*pomoea arborescens* y la Dominancia es mayor para I*pomoea arborescens, Lysiloma microphylla* y *Lysiloma watsonii*. En el caso del Pasto - Encino, la densidad absoluta, la frecuencia y la dominancia son mayores en *Quercus chihuahuensis* y *Lysiloma watsonii*. Para el Mezquite, la densidad absoluta, la frecuencia y la dominancia es mayor en *Prosopis glandulosa*.

En el Matorral Espinoso, la mayor densidad absoluta es para *Acacia cochliacantha,* la frecuencia y la dominancia son mayores para *Prosopis glandulosa* y *Fouquieria macdougalii*. Para el Matorral Subtropical, la densidad absoluta y la frecuencia son mayores para el *Croton sonorae,* y la dominancia es mayor para *Ipomoea arborescens*. Para el Encino, la densidad absoluta es mayor para el *Lysiloma watsonii,* la frecuencia y la dominancia son mayores para el *Quercus chihuahuensis*.

Algunos de los resultados del Método Escala Logarítmica para los tipos de vegetación, cabe hacer mención de que esta metodología sólo se usó en el segundo muestreo. Para el Matorral Espinoso, *Prosopis glandulosa* tiene mayor cobertura que las demás especies presentes. En el tipo de vegetación Mezquite, *Prosopis glandulosa* ocupa la mayor cobertura que las demás especies. Para el grupo de pastos, *Encelia farinosa*, tiene una cobertura mayor que las demás especies.

7.4.2.2.Listado Florístico y Colecta de Especies

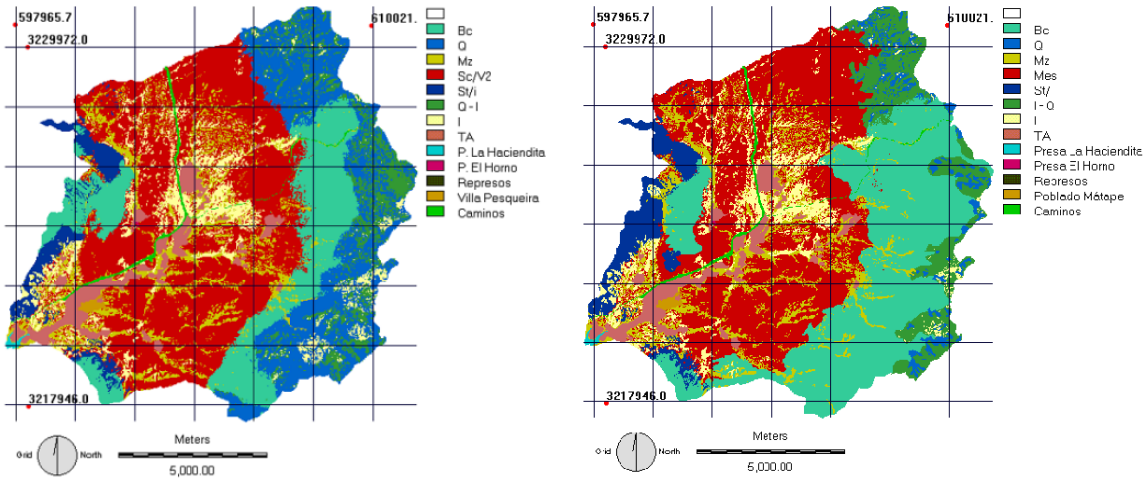
En el Anexo I, se muestra el listado florístico para la Subcuenca La Haciendita, la cual se compone de 25 órdenes, 39 familias, 112 géneros y 171 especies a la fecha.

7.4.2.3. Verificación en Campo y Actualización de la Carta de Tipos de Vegetación

En la Tabla LXIV, se muestran las categorías y Superficies de los tipos de Vegetación según INEGI (1981a; 2006a) para el plano final después de la verificación de campo en la Subcuenca La Haciendita (Figura 50).

Tabla LXIV. Categorías y Superficies de los Tipos de Vegetación (INEGI, 1981a; 2006a).

	Categorías		Hectáreas	Porcentajes
1	Bc	Selva Baja Caducifolia	3,600.180	28.68
2	Q	Bosque de Encino	328.200	2.61
3	Mz	Mezquital	1,278.000	10.18
4	I	Pastizal Inducido	885.750	7.06
5	TA	Agricultura de Temporal	526.70	4.20
6	I - Q	Pastizal Inducido - Bosque de Encino (Pasto - Encino)	1,025.380	8.17
7	Mes	Matorral Espinoso	4,128.280	32.89
8	St/I	Matorral Subtropical con Matorral Inerme	629.260	5.01
9		Presa La Haciendita	15.480	0.12
10		Presa El Horno	1.360	0.01
11		Represas	0.160	0.00
12		Mátape	29.200	0.23
13		Caminos	104.560	0.83
			12,552.511	100.00



(A) (B)

Figura 50. (A) Mapa de la Imagen de Satélite (SPOT, de Junio de 1993) inicial con la clasificación de INEGI (1981a) y (B) Plano final de corrección de INEGI e Imagen de Satélite (SPOT, de Junio de 1993) con datos de campo.

7.4.3. Inventario de Fauna Silvestre

Las especies de fauna silvestre por su capacidad de movimiento difícilmente se les puede observar en la misma área, por lo que se les clasifica en el ámbito regional, sin embargo mediante la observación directa, evidencias ecológicas (huellas, excrementos, sonidos, otros) y testimonio de los habitantes de la región, se enlistan las siguientes especies dominantes (Caire, 1978; Stebbins, 1987; Howell and Webb, 1995; Van-Rossem, 1945) (Anexo II):

7.4.4. Inventario de Recursos Materiales.

7.4.4.1.Infraestructura Predial

Se localizaron 46 ranchos, además de áreas agrícolas, corrales para ordeña o para encerrar al ganado, algunos bordos, pozos artesanales o norias, en las cuales se utilizan motores eléctricos o de combustible (gasolina o diésel), para sacar el agua para uso doméstico y ganadero, así como, los caminos que se encuentran en la zona de estudio (Tabla LXV, Figura 51).

Tabla LXV. Listado de los Ranchos, Presas, Represos y Potreros de la Subcuenca La Haciendita.

	RANCHOS	POTREROS	PROPIETARIOS
1	Presa La Haciendita		
2	La Hacienda		Antonio León Maldonado
3	La Hacienda		Humberto León Aguayo
4	La Hacienda		Gildardo Vejar Mendoza
5	La Hacienda		Rafael Mendoza Mendoza (Finado)
6	La Haciendita		Jesús Villaescuza
7	La Nopalera		Humberto Bracamonte Córdova
8	Las Carreras		
9	San Lázaro		Lázaro García Rivera
10	San Agustín		Agustín Rivera Córdova
11		Potrero	Jesús Villaescuza
12	El Arroyo		José Reyes Hugues Mendoza
13	Pista de Aterrizaje Nueva		
14	Hipódromo		
15	El Ojito		Claudio Lauterio Ahumada
16	La Perrita		José Vejar Mendoza
17	El Llano		Francisco Santacruz Arvizu
18	Musape		Francisco Espinosa Toruga
19	El Potrero		Juan de Dios Vejar Mendoza
20	Las Cuevitas		Isaías Espinosa Peraza
21	La Higuera		Manuel Lucero Santacruz
22	El Pedernal		Francisco Dimas Bracamonte Mendoza
23	Canori		Francisco Bracamonte Córdova
24	Canori		Enrique Peraza Estrada
25		Cachorero	Francisco Bracamonte Córdova
26	Basurero Municipal		
27	El Chilicote		Concepción Córdova Mendoza
28	La Mora		Adrián Othón Córdova
29	Cementerio		
30	VILLA PESQUEIRA		
31		Antiguo Aterrizaje	Lázaro Espinoza Vejar
32	Los Pinos		Clemente García Lucero
33	Carretera a Hermosillo		

	RANCHOS	POTREROS	PROPIETARIOS
34	El Llanito		Feliciano Morales Marín
35	La Misión		Ramón Othón Córdova (P. P.)
36	Huacima		Conrado García Bracamontes
37	El Salto		José Ma. Navarro Sanchez (P.P.)
38	La Granadita		Socorro Bracamonte Córdova (P. P.)
39	Majerobabi		Rogelio Bracamonte Wiliams (finado)
40	El Tecolote		Rogelio Bracamonte Wiliams (finado)
41	El Pescado		David Othón Dojake
42	Ocejo		Cleofas Córdova Rivera
43			
44	El Girasol		Bernardino Dojake Bracamonte
45			
46	Los Alisos		José Pedro del Castillo Ortiz
47		Potrero Los Alisos	José Ma. Navarro Sanchez
48	Tío Luciano		Jesús Othón García
49	La Borica		Ramón Othón Córdova
50	El Represo		Francisco Escalante Andrade
51	Los Cerritos		Julio Cesar León García
52	Los Cerritos		Adan Cohen Wiliams
53	Represo Los Cerritos		
54	El Horno		Gustavo Santacruz Santacruz
55	Presa El Horno		
56	El Horno		Juan Moroyoqui Espinoza
57	El Horno		Adela Rivera Vda. De Navarro
58	El Horno		Antelmo Mendoza Othón
59	Machacubiri		Juan Bracamonte Duarte
60		La Bateña	Horacio del Castillo Ortiz (P.P.)
61	La Bateña		Adalberto Bracamonte Duarte
62	El Rodeo		Francisco Carrillo Bracamonte
63	El Rodeo		Anastacio Peraza Estrada
64	Represo El Rodeo		
65	El Rodeo		Oscar del Castillo Ortíz
66	Las Viguitas		Lazaro Peraza Bracamonte
67		Potrero	Lic. Antonio Peraza Bracamonte
68	El Álamo		Cipriano Mendoza Mendoza
69	Represo El Álamo		
70		Potrero	Norberto Peraza Mendoza
71		Potrero	Ramon Maldonado
72		Potrero	Espiridion Bracamonte Mendoza
73	San Martín		José Cons Cons
74	Chucapora de arriba		Manuel Velázquez Acuña
75	Chucapora de enmedio		Espiridion Bracamonte Mendoza
76	Chucapora de abajo		Manuel Bracamonte Mendoza
77		Potrero	David Bracamonte Velazquez
78	Puerto Batuc (Capilla)		
79	Terracería a San José de Batuc		
80	El Puerto		Roberto Colsa Molina (P.P.)
81	El Puerto		José Silva Felix (P.P.)
82	El Puerto		Jorge Molina Rivera (P.P.)
83	El Puerto		Serafín Colsa Molina (P.P.)
84	El Choyalito		Antelmo Mendoza Othón
85	Represo El Choyalito		
86	El Taradugo		Isabel Córdova Rivera

	RANCHOS	POTREROS	PROPIETARIOS
87	El Taradugo		Francisco Carrillo Bracamonte
88	Carretera a San Pedro de la Cueva		
89	Terracería Represo Los Tamales		

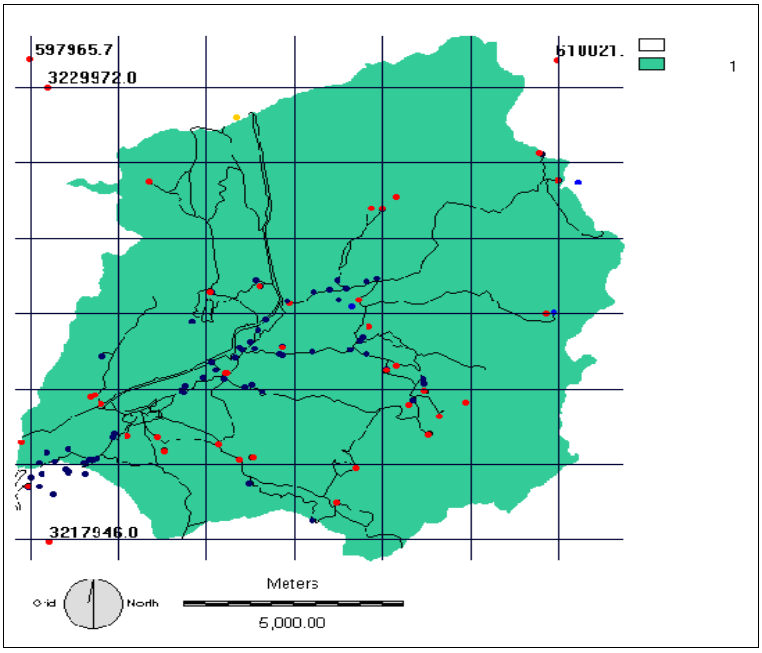


Figura 51. Infraestructura actualizada de la Subcuenca La Haciendita.

7.4.4.2. Zonas con Denuncios Mineros

Se localizaron 11 predios con denuncios mineros, enlistados en las Tablas LXVI y LXVII, Figuras 52 y 53.

Tabla LXVI. Predios que tienen reclamos mineros, superficie, expediente, concesionario y sustancias (Dirección General de Minas, 1998).

Nombre del Predio	(ha)	Expediente	Concesionario y dirección	Sustancias
Agua Verde	15,000	15915	Cia. Minera Zapata S. de R.L. de C.V.	Oro, plata, plomo, cobre y zinc
La Esperanza	50	17892	Santiago Aispuru Calderón, José Rosario Aispuru Calderón y Andrés Aispuru Ramírez	Oro, plata, plomo, zinc y cobre
La Esperanza 2	100	17907	Santiago Aispuru Calderon, José Rosario Aispuru Calderon y Andres Aispuru Ramirez	Oro, plata, plomo, zinc y cobre
La Chapatona	10	10213	Feliciano Morales Marin y Buenaventura Flores Valencia	Oro, plata, plomo, cobre, zinc, tungsteno y molibdeno
San José	24	14167	Rafael Vila Melendez, Eduardo José Valencia Pandula y Carlos Vila Mazon	Oro, plata, cobre, plomo, zinc, barita, tungsteno y molibdeno
Alergia	175	16083	Norberto Ayala Guerrero	Oro, plata, cobre, barita y yeso
Alergia 2	113.3952	16089	Luis Ayala Barragán	Oro, cobre, plata, plomo, barita y yeso
El Capricho	10	10811	Miguel Estrada Cordova y Jesus Maria Vidal Ibarra Vega	Tungsteno, molibdeno, cobre, plata y oro
Ofelia		3475		Oro, plata, cobre, tungsteno y molibdeno
Omar	481	15003	José Arnulfo Valenzuela Martínez	Talco, oro, plata, molibdeno, tungsteno y vanadio
Santa Lucia		14890		Oro, plata, plomo y cobre

Tabla LXVII. Predios que tienen reclamos mineros, superficie, expediente, concesionario y sustancias (Dirección General de Minas, 2012).

Titulo	Clase	Expediente	Nombre lote	Fecha Sol	Superficie	Titular	Sustancias	Total	Expedicion	Vigencia
231415	Explor.	31748	Briana	12/10/2007	100.0000	Jesus Saucedo Muñoz	POT Mo TUN TSP	4	26/02/2008	25/02/2058
229698	Explor.	30908	Santa Lucia 2	20/02/2007	25.8493	Rodolfo Coronado Peralta y Socios	Au Ag Cu TSP Fe	5	06/06/2007	05/06/2057
229881	Explor.	30937	Toro	08/03/2007	200.0000	Malcon Bechelani Delgado	POT Mo TUN TSP	4	26/06/2007	25/06/2057
229881	Explor.	30937	Toro	08/03/2007	200.0000	Malcon Bechelani Delgado	POT Mo TUN TSP	4	26/06/2007	25/06/2057
228895	Explor.	30782	Toro	24/10/2006	50.0000	Malcon Bechelani Delgado y Socios	Au Ag Cu	3	16/02/2007	15/02/2057
228080	Explor.	30464	El Fito	20/04/2006	198.0000	Rodolfo Coronado Peralta y Socios	POT TSP	2	29/09/2006	28/09/2056
228080	Explor.	30464	El Fito	20/04/2006	198.0000	Rodolfo Coronado Peralta y Socios	POT TSP	2	29/09/2006	28/09/2056
227225	Explor.	30056	El Pescado	06/01/2006	49.0000	Benjamin Luis Lagarda Burgos y Socios	POT Fe TSP	3	26/05/2006	25/05/2056
227226	Explor.	30057	El Garrote	06/01/2006	49.0000	Benjamin Luis Lagarda Burgos y Socios	POT Fe TSP	3	26/05/2006	25/05/2056
225720	Explor.	29715	Lugo	15/06/2005	49.0000	Benjamin Luis Lagarda Burgos	POT TUN Mo TSP	4	14/10/2005	13/10/2011

Titulo	Clase	Expediente	Nombre lote	Fecha Sol	Superficie	Titular	Sustancias	Total	Expedicion	Vigencia
221942	Explor.	28706	Guadalupe	27/11/2003	49.0000	Maria Rafaela Valenzuela Fonseca	Au Ag Pb Cu Zn	5	16/04/2004	15/04/2010
221945	Explor.	28759	C. Prieto	16/01/2004	100.0000	Gilberto Cordova Ozuna y Socios	Au Ag Pb Cu Zn	5	16/04/2004	15/04/2010
221946	Explor.	28760	C. Prieto	16/01/2004	100.0000	Gilberto Cordova Ozuna y Socios	Au Ag Pb Cu Zn	5	16/04/2004	15/04/2010
221064	Explor.	28618	Edith 2	30/07/2003	34.8220	Francisco Hoyos Medina	Au Ag Pb Cu Zn	5	19/11/2003	18/11/2009
221067	Explor.	28623	Edith 3	08/08/2003	62.0000	Evaristo Dominguez Lara y Socios	Au Ag Pb Cu Zn	5	19/11/2003	18/11/2009
217918	Explor.	27965	Edith	20/05/2002	41.3433	Alonso Salazar Castelo y Soc.	Au Ag Pb Cu Zn Mo TUN	7	18/09/2002	17/09/2008
211653	Explor.	21071	Trevi	25/05/1999	9.0000	Alfredo Zamora Garcia y Soc.	Au Ag Pb Cu Zn Mo W TAL	8	23/06/2000	22/06/2006
220536	Explor.	28471	La Guadalupana	06/03/2003	100.0000	Francisco Luna Estrada	Au Pb Cu Zn	4	15/08/2003	14/08/2009
236345	Explor.	33207	Tulita	08/10/2009	100.0000	Gregorio Fernandez Duarte y Socios	POT Mo TUN TSP	4	16/06/2010	15/06/2060

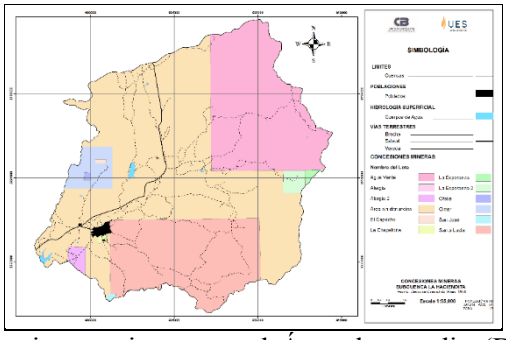


Figura 52. Predios con concesiones mineras en el Área de estudio (Dirección General de Minas, 1998).

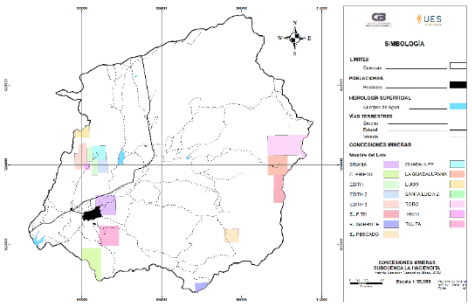


Figura 53. Predios con concesiones mineras en el Área de estudio (Dirección General de Minas, 2012).

7.5. Índice de Sostenibilidad de Cuencas-WSI

A través de este índice se estima la sostenibilidad socioeconómica de una cuenca mediante la media aritmética de 4 indicadores, conforme a la ecuación 1.

Cada uno de los cuatro indicadores del WSI está, a su vez, integrado por una serie de parámetros en tres niveles relativos: la presión, el estado y la respuesta del sistema hídrico. Los parámetros utilizados se presentan en la Tablas I, II, III, IV y V. Cada una de los parámetros presentes en la matriz Indicadores-Parámetros del Cuadro, es clasificada en niveles, los que se asocian a puntajes entre 0 y 1, siendo el WSI el promedio global de las líneas y columnas.

7.5.1. Indicador de hidrología (H)

Los parámetros relativos al indicador de hidrología se refieren a cantidad y calidad (Tablas I, II, III, IV y V) los cuales se describen a continuación:

7.5.1.1.Hidrología – Cantidad

A. Presión – variación de la disponibilidad de agua

Cálculo de la probabilidad de lluvia (Cuevas *et al.,* 2007)
Se considero el cálculo de la probabilidad de lluvia en base a los registros de 22 años de precipitación máxima en 24 horas, de la estación 26240 Mátape, de la CONAGUA, aplicando la ecuación 18 (Tabla LXVIII):

Tabla LXVIII. Calculo de la probabilidad de la lluvia

Ppt = 76 mm	m = 4	n = 174	P =	(4*100) / (174+1)	**2.29 %**
Ppt = 75 mm	m = 5	n = 174	P =	(5*100) / (174+1)	**2.86 %**

Cálculo del periodo de retorno (Cuevas *et al.,* 2007)
El periodo de retorno se considera de cinco años (Ecuación 19, Tabla LXIX):

Tabla LXIX. Cálculo del periodo de retorno.

n = 22 años de registro		m = 4	F =	(22+1) / 4	5.75
n = 22 años de registro		m = 5	F =	(22+1) / 5	4.60
Periodo de retorno de 5 años					
Ppt (mm)	años	años	Diferencias	1	1.15	0.40
76	5.75	5		0.40	(0.40*1)/1.15 = 0.35	75 + .035 = **75.35**
75	4.60	4.60				Ppt en 5 años

Cálculo del escurrimiento superficial (Cuevas *et al.,* 2007)

El cálculo del escurrimiento medio a partir de las curvas numéricas es obtenido mediante las siguientes relaciones (Tabla LXX):

La Subcuenca es un área forestal – ganadera que tiene una cobertura arbórea de 40%; la cobertura superficial con zacatonal es de aproximadamente 60%; es un suelo Litosol con profundidad menor de 10 centímetros y sin materia orgánica.

Analizando la situación, se puede decir que las condiciones que presenta el terreno son:
Bosque ralo.
Condición hidrológica mala (< 50% de cobertura).
Tipo de suelo: corresponde al grupo C.

Estos datos se ingresan a la tabla y se obtiene que el valor de la curva numérica (CN) (Tabla XVIII) es: 77.

Conociendo el valor de la curva numérica, se procede a calcular el valor del potencial máximo de retención de humedad y el escurrimiento medio, utilizando las ecuaciones 20 y 21, respectivamente.

Tabla LXX. Cálculo del potencial máximo de retención de humedad (mm) y cálculo del escurrimiento medio.

S =	(25400) / 77 – 254	**S = 75.87**	P = 75.35
Q =	$(75.35 – (0.2*75.87))^2$ / (75.35 + (0.08*75.87))	**26.62 mm**	**35.3 %**

Esto significa que por cada 75.35 mm de lluvia escurrirá una lámina de 26.62 mm o sea el 35.3 % del total.

Con esta información podemos calcular la cantidad de escurrimiento en la Subcuenca, la cual se dividio en dos áreas, una para la Presa El Horno (considerando a la misma, dentro de la

Subcuenca) y otra para la Subcuenca La Haciendita, esto se realizo a través de la ecuación 22 (Tabla LXXI):

Tabla LXXI. Cálculo del escurrimiento total en m^3, para la Presa El Horno, la Presa La Haciendita y para la Subcuenca La Haciendita.

Q = total escurrido =	(26.62 mm * 1,434.272 ha * 10,000 m^2) / 1,000 mm
Q = total escurrido =	**381,739.61 m^3 para la Presa El Horno.**
Q = total escurrido =	(26.62 mm * 11,118.239 ha * 10,000 m^2) / 1,000 mm
Q = total escurrido =	**2'959,182.26 m^3 para la Presa La Haciendita**
Q = total escurrido para toda la Subcuenca =	**3'340,921.87 m^3 para toda la Subcuenca.**

Tambien se tiene el aumento de la capacidad de la Presa el Horno de 340,000 m^3 a 380,000 m^3, a partir de 2010, aumentando entonces el almacenamiento de agua para el uso doméstico, pasando de ser agua almacenada en la presa a agua potable para el consumo de la población.

Utilizando las ecuaciones 23 y 24, además de la clasificación de la Tabla II.

Tabla LXXII. Calculo parámetro de presión en relación a la cantidad de agua disponible total y por habitante (m3/hab/año).

Q1 = 340,000	Q2 = 380,000	Δ1 =	((380,000 – 340,000) / 340,000) * 100	**11.76%**
Calculo parámetro de presión en relación a la cantidad de agua disponible por habitante (m3/hab/año)				
Q1 = 6,000	Q2 = 6,500	**Δ1 =**	((6,500 – 6,000) / 6,000) * 100	**8.33%**

De acuerdo a la metodología del WSI, Tabla II (parámetros de presión), a este valor le corresponde **un puntaje de 0.75.**

B. Estado – disponibilidad per cápita de agua en la cuenca

La disponibilidad de agua (Wa) en la cuenca corresponde a la división entre el promedio histórico del agua disponible y la población existente de la cuenca. Se asume que la población que habita en esa área es la que consume el recurso disponible. La población existente en el 2010 fue de (690 en la cabecera municipal (Villa Pesqueira) y 20 personas más en los ranchos

dentro de la subcuenca), 710 habitantes, en el área de influencia de la Subcuenca, que utiliza el agua con fines de abastecimiento de agua potable y otros usos.

La disponibilidad de agua (Wa) en relación con la población existente en ella (m^3/persona/año) se obtiene mediante la ecuación 25.

Tabla LXXIII. Cálculo de la disponibilidad de agua (Wa).

Q1 = 6,500	Población de la Subcuenca = 710	Wa =	(6,500*365) / 710	**3,341.55 m^3/habitante/año**

De acuerdo a la metodología del WSI, Tabla III (parámetros de estado), a este valor le corresponde **un puntaje de 0.25.**

C. Respuesta- evolución en la eficiencia del uso del agua

En relación con el parámetro Cantidad- Respuesta, las inversiones en la cuenca en el periodo 2001 al 2010 fueron moderadas, considerando que entre el año 1995-2000 no se construyó ninguna obra, y en el primer periodo mencionado se aumento la cortina de la Presa El Horno, en alrededor de 3.0 m de altura, aumentando la capacidad de la misma de 340,000 m^3 a 380,000 m^3. **Con estos antecedentes, se supuso una clasificación de regular, equivalente a un puntaje de 0.5 para el parámetro Cantidad – Respuesta en el periodo de estudio (Tabla IV).**

7.5.1.2. Hidrología – Calidad

A. Presión – Variación en la potabilización del agua para uso doméstico

La calidad del agua para uso doméstico en cuanto al parámetro de presión, se considera buena, **equivalente a un puntaje de 0.75,** ya que primero pasa por el tratamiento de potabilización de la misma, considerando los valores de la Tabla XIX (parámetros de presión).

B. Estado – Potabilización del agua para uso doméstico

La calidad del agua para uso doméstico en cuanto al parámetro de estado, se considera regular, **equivalente a un puntaje de 0.5,** ya que primero pasa por el tratamiento de potabilización de la misma, considerando los valores de la Tabla XIX (parámetros de estado).

C. Respuesta - tratamiento y disposición de aguas servidas en la cuenca.

En relación con el parámetro de Calidad – Respuesta, las inversiones en la Subcuenca durante el periodo 2001 al 2010 se consideraron regulares, ello debido a que las inversiones en sistema de alcantarillado no han cubierto la demanda total de las comunidades en la Subcuenca. La inversión en la infraestructura de una laguna de oxidación antes de llegar a la Presa La Haciendita, a donde llegan las aguas residuales de la comunidad de Villa Pesqueira que es la cabecera municipal. En cuanto a este parámetro, se considera regular, el cual es **equivalente a un puntaje de 0.5 (**Tabla XIX**).**

7.5.1.3. Resumen de los parámetros hidrológicos de la cuenca

En la Tabla LXXIV, se presenta el resumen de los puntajes obtenidos para el indicador hidrología.

Tabla LXXIV. Resumen de los parámetros hidrológicos estimados para la Subcuenca La Haciendita, en el periodo 2001-2010.

Paramétro	Presión		Estado		Respuesta	
Hidrología	Valor	Puntaje	Valor	Puntaje	Valor	Puntaje
Cantidad	8.33%	0.75	3,341.55	0.25	Regular	0.5
Calidad	Buena	0.75	Regular	0.5	Regular	0.5

7.5.2. Indicador de medioambiente (E)

A. Presión – Índice de Presión Antrópica en la cuenca

La Tabla LXXV presenta las variaciones de uso de suelo antrópico en la cuenca.

Tabla LXXV. Usos de Suelo antrópico en la Subcuenca.

Usos del Suelo	SPOT 1993		SPOT 2011		Diferencias	Diferencias
	Hectáreas	%	Hectáreas	%	Hectáreas	%
Agricultura de Temporal	526.70	4.20	821.974	6.55	295.27	2.35
Cuerpos de Agua	17.00	0.14	32.473	0.26	15.47	0.12
Caminos	104.56	0.83	104.56	0.83	0.00	0.00
Localidades	29.2	0.23	45.887	0.37	16.69	0.13
Totales	677.46	5.40	1,004.894	8.01	327.43	2.61

El cálculo del Índice de Presión Antrópica en la cuenca se obtiene a través de las ecuaciones 26 y 2 (Tabla XXI). O sea, una variación de 48.33 % en 18 años. Una segunda información necesaria para la estimación del Índice de Presión Antrópica es la variación de la población humana en la cuenca, en el periodo en estudio. De acuerdo con la información de INEGI, la variación poblacional en la cuenca en el periodo 1990-2010 fue de -432 habitantes, representando un decremento poblacional del -74.38 %. Aplicando ambos valores se calcula el Índice de Presión Antrópica (EPI) a través de la ecuación 2 (Tabla XXI).

Tabla LXXVI. Calculo de la Variación Antrópica y del Índice de Presión Ambiental-EPI.

%Var. Antrópica =	100 *	1,004.894 – 677.46 / 677.46	**48.33 %**
EPI =		48.33 % + (-74.38%) / 2	**-13.03**

El Índice de Presión Antrópica en el periodo base (1990 – 2010) fue de -13.03 %, siendo este el parámetro de medioambiente – Presión, en el cual **el puntaje equivale a 1** (Tabla II).

B. Estado - Porcentaje de Vegetación Natural en la Cuenca

Se asume como “vegetación natural” la correspondiente a bosques nativos, praderas naturales y matorrales. En la Tabla LXXVII, se presenta la distribución y variación de éstas coberturas entre 1993 y 2011. La vegetación natural representa en promedio un 93.72 % de la superficie de la cuenca. Este valor es mayor al 40%, lo que corresponde a un porcentaje “elevado”, aunque se presenta un valor mayor al 60% de suelo desnudo, lo que indica que una buena parte de los recursos hídricos se escurren o se evaporan, sin infiltrarse. Por este motivo, considerando los valores de la Tabla XX, para el valor de la vegetación natural le corresponde **un puntaje de 1**, y para la cobertura en las áreas naturales **un puntaje de 0.25**, promediando estos dos valores, se asigna al parámetro **un puntaje de 0.625.**

Tabla LXXVII. Usos de Suelo, vegetación natural.

Usos de Suelo	SPOT 1993		SPOT 2011		Promedio (%)
	Hectáreas	%	Hectáreas	%	
Vegetación natural	11,875.05	94.60	11,652.18	92.83	93.72

C. Respuesta – Evolución de zonas de conservación en la cuenca.

Se considera un valor de 0, equivalente a la ausencia de áreas naturales protegidas en la zona y a un puntaje de 0.25.

7.5.2.1. Resumen del Indicador Medio ambiente.

En la tabla LXXII, se presenta el resumen del puntaje del indicador medio ambiente.

Tabla LXXVIII. Resumen de los parámetros del indicador medio ambiente estimados para la Subcuenca La Haciendita, en los periodo 1990 – 2010 y 1993 – 2011.

Paramétro	Presión		Estado					Respuesta	
	Valor	Puntaje	Valor	Puntaje	Valor	Puntaje	Promedio	Valor	Puntaje
Medio ambiente	-13.03 %	1.0	93.72 %	1	> 60 %	0.25	0.625	0	0.25

7.5.3. Indicador de vida humana (L)

A. Presión - Variación Índice de Desarrollo Humano (IDH)-Ingreso

La Tabla LXXIX, presenta el ingreso *per cápita* del municipio de Villa Pesqueira en los años 2000-2005 (PNUD – INAFED, 2008).

Tabla LXXIX. Índices de Sobrevivencia Infantil (IDH-ISI), Índice de nivel de escolaridad (IDH-Ed), Índice de PIB per cápita (Ingreso) (IDH-Ingreso), Índice de Desarrollo Humano (IDH) y Grado de Desarrollo Humano (GDH) en el Municipio de Villa Pesqueira (PNUD – INAFED, 2008).

Año	IDH-ISI	IDH-Ed	IDH-Ingreso	IDH	GDH
2000	0.820	0.874	0.654	0.7826	Medio alto
2005	0.859	0.915	0.685	0.8195	Alto

Para obtener la variación en el ingreso per cápita en la Subcuenca se utilizó la ecuación 27 (Tabla LXXX).

Tabla LXXX. Variación del ingreso per cápita en la Subcuenca en el período (%).

Δ1	=	0. 0.7527 - 0.6782 / 0.6782	* 100	**10.97 %**

De esta manera el ingreso promedio de la cuenca durante los años 2001-2005, represento un aumento del 10.97 %. A este valor le corresponde **un puntaje de 1.00** para el parámetro de Vida – Presión.

B. Estado – Variación Índice de Desarrollo Humano (IDH)

A partir de la información registrada en los años 2001-2005, se obtuvo el IDH según PNUD – INAFED (2008). Este valor corresponde a 0.8195, y se le asigna **un puntaje de 0.75.**

C. Respuesta – Variación IDH de la Subcuenca

La variación en el IDH de la Subcuenca en el periodo (2001-2005) fue (Ecuación 28; Tabla LXXXI):

Tabla LXXXI. Variación en el IDH de la Subcuenca en el periodo (2001-2005).

Δ1	=	0.8195 - 0.7815 / 0.7815	* 100	**4.86 %**

A esta variación le corresponde **un puntaje de 0,5.**

7.5.3.1. Resumen del indicador Vida humana del WSI

En la Tabla LXXXII, se presenta el resumen de puntajes para el Indicador Vida humana.

Tabla LXXXII. Resumen del Indicador Vida de la Subcuenca.

Parámetro	Presión		Estado		Respuesta	
	Valor	Puntaje	Valor	Puntaje	Valor	Puntaje
Vida	4.72 %	0.75	0.8195	0.75	4.72 %	0.75

7.5.4. Indicador de políticas públicas (P)

A. Presión – Variación IDH-educación

En la Tabla LXXXIII, se presentan los valores de IDH-Ed para la Subuenca según la ecuación 29.

Tabla LXXXIII. Variación en el IDH-Educación en la Subcuenca en el período (%).

Δ1	=	0.8799 - 0.8717 / 0.8717	* 100	**0.95 %**

De esta manera el IDH-Ed promedio de la cuenca durante los años 2001-2005, represento un aumento del 0.95 %. A este valor le corresponde **un puntaje de 0,75** para el parámetro de Políticas Públicas – Presión.

B. Estado – Capacidad Legal e Institucional en GIRH en la Cuenca

Frente a las consideraciones mencionadas en la metodología para este apartado, se resolvió asignar al parámetro analizado una calificación de "regular". A esta calificación le corresponde **un puntaje de 0,5.** La justificación para esta calificación fue que, si bien en el periodo 2001-2005 existían leyes como la Ley Nacional de Aguas, entre otras, faltaba una mayor fiscalización en el cumplimiento de las leyes y normas. También se valoró positivamente una adecuada formalización de organizaciones de usuarios de agua a nivel de cuenca, como el Consejo de Cuenca de la Cuenca del Río Mátape. Pero lamentablemente hubo una apreciación negativa respecto a la integración de la ciudadanía en materia de recursos hídricos.

C. Respuesta – Evolución en las inversiones en GIRH en la cuenca

Este parámetro considera la evolución de gastos anuales en la Subcuenca, en el periodo 2001-2010. Esta evolución fue de las inversiones en el aumento de la capacidad de almacenamiento

de la Presa El Horno, obras de infraestructura de alcantarillado y agua potable, por estas consideraciones, se resolvió asignar al parámetro analizado una calificación de "buena", correspondiendo a **un puntaje de 0.75.**

7.5.4.1. Resumen del Indicador de Políticas.

En la Tabla LXXXIV, se presenta el resumen de cálculo del Indicador Políticas Públicas para la Subcuenca.

Tabla LXXXIV. Resumen del Indicador de Políticas Públicas de la Subcuenca.

Parámetro	Presión		Estado		Respuesta	
	Valor	Puntaje	Valor	Puntaje	Valor	Puntaje
Políticas Públicas	4.72 %	0.75	Regular	0.5	Buena	0.75

7.5.5. Índice de Sostenibilidad de Cuencas-WSI (Chaves y Alipaz, 2007)

En la Tabla LXXXV, se presenta el cálculo final del WSI para la Subcuenca La Haciendita (Ecuación 1).

Tabla LXXXV. Cálculo final del WSI para la Subcuenca La Haciendita.

Indicador	Presión		Estado		Respuesta	
	Valor	Puntaje	Valor	Puntaje	Valor	Puntaje
Hidrología Cantidad	8.33%	0.75	3,341.55	0.25	Regular	0.5
Hidrología Calidad	Buena	0.75	Regular	0.5	Regular	0.5
Medio Ambiente	-13.03 %	1.0		0.625	0	0.25
Vida humana	10.97 %	1.0	0.8195	0.75	4.86 %	0.75
Políticas públicas	0.95 %	0.75	Regular	0.5	Buena	0.75

Indicador	Presión	Estado	Respuesta	WSI
	Puntajes	Puntajes	Puntajes	Resultados
Hidrología	0.75	0.38	0.50	0.54
Medio Ambiente	1.00	0.625	0.25	0.625
Vida humana	1.00	0.75	0.75	0.83
Políticas públicas	0.75	0.50	0.75	0.67
Resultados	0.88	0.56	0.56	**0.67**

De acuerdo con la tabla LXXXV, **el WSI fue de 0,67,** considerado como un nivel de sostenibilidad intermedio. En la matriz, se presentan, en amarillo, aquellas combinaciones de indicadores y parámetros considerados como "cuellos de botella", es decir, aquellos

elementos relevantes en el análisis que deben ser abordados con el fin de mejorar la sostenibilidad de la cuenca.

Se aprecia, por ejemplo, que un gran cuello de botella se relaciona con la disponibilidad de agua en la cuenca. Este valor no sorprende, entendiendo que se ajusta al patrón general de cuencas ubicadas en regiones semiáridas, donde existe una fuerte demanda por recursos hídricos escasos.

Otro cuello de botella se asocia al Indicador Ambiente. El aumento en el uso antrópico del suelo, así como la inexistencia de áreas consideradas como protegidas explican el bajo puntaje en este indicador. Sin embargo, pudiese ser discutible la relevancia de áreas protegidas en una región donde más del 70% de su superficie corresponde a terrenos con vegetación natural, aunque como ya se menciono, se tiene más del 60% de suelo desnudo, debido al manejo tradicional por el aprovechamiento pecuario.

7.6.Ordenamiento Ecológico Territorial

7.6.1. Caracterización del área en escalas 1:50,000 y 1:10,000

Generación del modelo digital de elevación (MDE), del mapa de aspecto y pendientes. Con el mapa de topografía, se obtuvo el modelo digital de elevación (MDE) con un pixel de 1 m x 1 m, los mapas de aspecto y de pendientes. Con el mapa de aspecto y la imagen de satélite SPOT 2011, se digitalizaron los mapas de fisiografía, suelos y vegetación en escala 1:10,000, para de ahí generar los mapas de aptitud en esta escala de trabajo (Figuras 54, 55, 56, 57, 58 y 59; Tablas LXXXVI, LXXXVII, LXXXVIII, LXXXIX, XC, XCI), además del mapa de geología en escala 1:50,000 (Figura 58). Manejando los programas ArcView 3x y del ArcGis 10.1, utilizando los comandos Merge, Union, Disolve y Edit, principalmente.

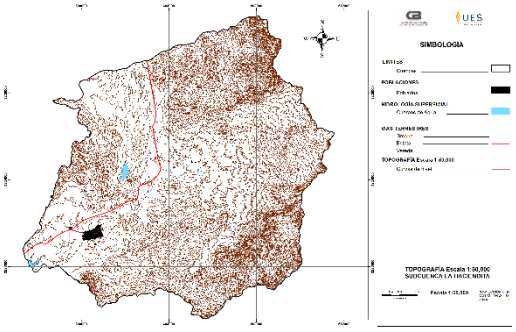


Figura 54. Topografía escala 1:50,000 (INEGI, 2000; 2007)

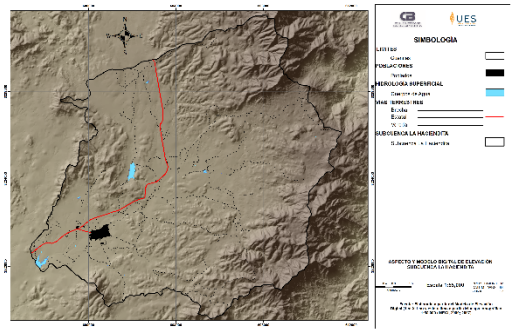


Figura 55. Modelo Digital de Elevación y Aspecto.

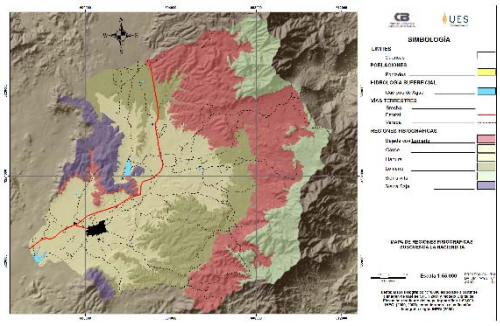


Figura 56. Regiones Fisiográficas (Topoformas escala 1:10,000).

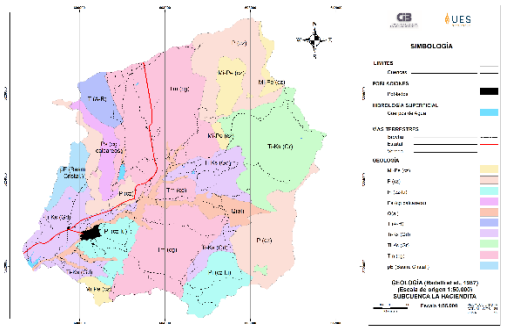


Figura 57. Geología escala 1:50,000 (Radelli *et al.*, 1987).

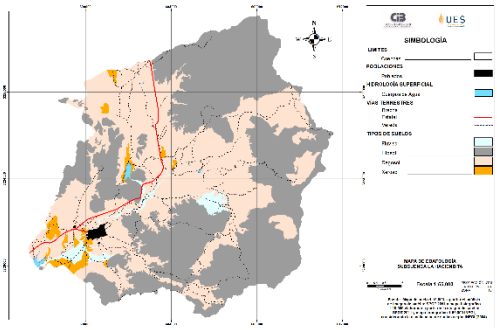


Figura 58. Edafología escala 1:10,000.

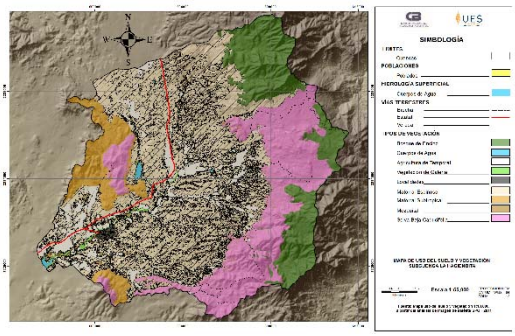


Figura 59. Vegetación escala 1:10,000 (SPOT 2011).

Tabla LXXXVI. Provincias y Subprovincias de la Subcuenca La Haciendita (INEGI, 2006).

Provincias	Clave	Subprovincias	Clave	Hectáreas	%
Llanura Sonorense	II	Sierras y Llanuras Sonorenses	08	6,364.0030	50.699
Sierra Madre Occidental	III	Pie de la Sierra	12	6,188.5080	49.301
				12,552.5110	100.000

Tabla LXXXVII. Provincia, Subprovincias y regiones de la Subcuenca La Haciendita (INEGI, 2006).

Provincias	Clave	Subprovincias	Clave	Topoformas	Clave	Hectáreas	%
Llanura Sonorense	II	Sierras y Llanuras Sonorenses	08	Cauce	500-0/01	188.7160	1.503
				Llanura	500-0/01	3,527.6560	28.103
				Lomerío	205-0/02	2,526.3780	20.126
				Sierra baja	100-0/04	121.2530	0.966

Provincias	Clave	Subprovincias	Clave	Topoformas	Clave	Hectáreas	%
Sierra Madre Occidental	III	Pie de la Sierra	12	Bajada con lomerío	402-0/01	3,841.0060	30.600
				Sierra alta	100-0/01	1,730.4730	13.786
				Sierra baja	100-0/03	617.0290	4.916
						12,552.5110	100.000

Tabla LXXXVIII. Superficies y Porcentajes de las Clases Geológicas (Radelli *et al.,* 1987).

Nombre	Clase Roca	Tipo Roca	Era	Sistema	Serie	Unión	Hectáreas	%
Q(al)	N/A	Aluvial	Cenozoico	Cuaternario	N/D	N/D	684.7000	5.45
Tm (cg)	Sedimentaria	Conglomerado	Cenozoico	Neógeno	Mioceno	N/D	3,855.0020	30.71
T (A-R)	Ígnea extrusivas	Andesita y riolita	Cenozoico	Terciario	N/D	N/D	306.1510	2.44
Ti-Ks (Gd)	Ígnea intrusiva	Granodiorita	Mesozoico	Terciario Inferior - Cretácico Superior	Terciario Inferior - Cretácico Superior	N/D	1,623.1710	12.93
Ti-Ks (Gr)	Ígnea intrusiva	Granito	Mesozoico	Terciario Inferior - Cretácico Superior	Terciario Inferior - Cretácico Superior	N/D	1,561.3930	12.44
P (cz)	Sedimentaria	Caliza	Paleozoico	N/D	N/D	N/D	2,330.2940	18.56
Pi (cz-lu)	Metamórfica	Caliza - Lutitas metamórficas	Paleozoico	N/D	Paleozoico Inferior	N/D	1,026.2440	8.18
Ps (cg calcáreos)	Sedimentaria	Conglomerados calcáreos	Paleozoico	N/D	Paleozoico Superior	N/D	314.9720	2.51
Mi-Pe (cz)	Sedimentaria	Caliza	Paleozoico	Terciario	N/D	Mississipico - Pérmico Inferior	574.1700	4.57
pE (Basm. Cristal.)	Metamórfica	Basamento cristalino	Precámbrico	N/D	N/D	N/D	276.3840	2.20
							12,552.4810	100.00

Tabla LXXXIX. Superficies y Porcentajes de los Tipos de Suelos en el Área de Estudio.

Tipo de Suelo	Hectáreas	%
Fluvisol	271.4990	2.16
Litosol	6,409.2020	51.06
Regosol	5,588.4920	44.52
Xerosol	283.3250	2.26
	12,552.5180	100.00

Tabla XC. Superficies y Porcentajes de las Clases de Suelos en el Área de Estudio.

Clave	Suelo 1	Subsuelo 1	Suelo 2	Subsuelo 2	Suelo 3	Subsuelo 3	Textura	Profundidad	Fase Física	Fase Química	Hectáreas	%
Je+Re/1	Fluvisol	Eutrico	Regosol	Eutrico	N/A	N/A	Gruesa	> 1m	Ninguno	Ninguno	271.4990	2.16
I+Rc+Be/2	Litosol	N/A	Regosol	Calcarico	Cambisol	Eutrico	Media	<10 cm	Ninguno	Ninguno	2,480.3970	19.76
I+Re+Be/2	Litosol	N/A	Regosol	Eutrico	Cambisol	Eutrico	Media	<10 cm	Ninguno	Ninguno	3,928.8050	31.30
Rc+I/2	Regosol	Calcarico	Litosol	N/A	N/A	N/A	Media	0.10 a 1m	Ninguno	Ninguno	874.7910	6.97
Re+I+Be/2	Regosol	Eutrico	Litosol	N/A	Cambisol	Eutrico	Media	0.10 a 1m	Pedregosa	Ninguno	4,713.7010	37.55
Xk+Re+I/3	Xerosol	Calcico	Regosol	Eutrico	Litosol	N/A	Fina	> 1m	Ninguno	Ninguno	283.3250	2.26
											12,552.5180	100.00

Tabla XCI. Categorías y Superficies de los Tipos de Vegetación según INEGI (1981a; 2006a).

Tipos de Vegetación	Hectáreas	%
Agricultura de Temporal	821.9740	6.55
Bosque de Encino y Pastizal	1,822.8630	14.52
Cuerpos de Agua	32.4730	0.26
Localidades	45.8870	0.37
Matorral Espinoso	5,657.1220	45.07
Matorral Subtropical	726.7860	5.79
Mezquites	746.6380	5.95

Tipos de Vegetación	Hectáreas	%
Selva Baja Caducifolia	2,664.3980	21.23
Vegetación de Galería	34.3700	0.27
	12,552.5110	100.00

7.6.2. Análisis de Aptitud de Uso del Suelo

7.6.2.1. Definición y priorización de atributos ambientales.

En las Tablas XCII, XCIII y XCIV, se hace una descripción de las actividades económicas más importantes y sus definiciones para la Subcuenca La Haciendita (Anexo III).

Tabla XCII. Sectores y subsectores económicos involucrados en el Ordenamiento Ecológico Territorial para la Subcuenca La Haciendita.

SECTOR	CLAVE	SUBSECTOR	SECTOR	CLAVE	SUBSECTOR
Agricultura	AGT	Temporal	Conservación	CBT	Bosques templados
Cinegético	AAM	Aves acuáticas migratorias		CEN	Especies NOM
	AVT	Aves terrestres		CPA	Pastizales
	GUA	Guajolote silvestre		EAD	Ecosistemas Agua Dulce
	MAM	Mamíferos menores	Forestal	CHI	Chiltepín
	VBU	Venado bura		LCP	Leña, Carbón y Postes
	VCB	Venado cola blanca	Ganadería	GAE	Extensiva
Conservación	CBS	Bosques secos	Minería	MIN	Minería

Tabla XCIII. Sector y su definición para la Subcuenca La Haciendita.

Uso y abreviatura	Definición del uso del suelo
1. Agricultura de Temporal	Actividad dedicada al establecimiento de cultivos agrícolas utilizando agua proveniente de las lluvias.
2. Cinegético	Zonas de aprovechamiento y manejo de especies con valor cinegético.
3. Conservación	Zonas dedicadas principalmente a la continuidad y/o regeneración de poblaciones o comunidades bióticas.
4. Forestal	Aprovechamiento de especies vegetales que pueden ser transformadas en carbón, leña y postes. Además, del aprovechamiento de especies vegetales comestibles, como el chiltepín y especies para la producción de bebidas alcohólicas y forrajeras.
5. Ganadería Extensiva	Aprovechamiento de zonas con vegetación cuyas características le permitan soportar, sin modificaciones, especies ganaderas, así como condiciones físicas del terreno que permitan su movilidad.
6. Minería	Zonas donde se realiza la extracción y beneficio de todo tipo de minerales (metálicos y no metálicos), así como las plantas de beneficio que realizan las tareas de limpieza y concentración de minerales y las labores previstas para la extracción, así como la exploración y estudios geológicos para el establecimiento, culminando con áreas para fundición y refinación; en este caso, cuando las reservas probadas de mineral estén por arriba de l g/ton de mineral.

Uso y abreviatura	Definición del uso del suelo
7. Turismo	El turismo fue considerado como Turismo Alternativo (cultural, étnico, paisajístico, rural).

Tabla XCIV. Sector, subsectores, atributos, descripción y ponderación, utilizados para generar los mapas para el Análisis de Aptitud de Uso del Suelo.

Sector	Clave Subsector	Atributo Ambiental	Descripción	Ponderación
Agricultura	AGT	Suelos productivos	Suelos Fluvisoles y Xerosoles	1
		Pendiente del terreno	Pendiente del terreno menor de 15%	2
Cinegético	AAM	Vegetación deseable	Vegetación de galería y cuerpos de agua	1
	AVT	Vegetación deseable	Toda la vegetación	1
	GUA	Vegetación deseable	Bosque de encino	1
		Topografía	Altitud ≥ 1000 msnm	2
	MAM	Vegetación deseable	Toda la vegetación	1
	VBU	Vegetación deseable	Matorrales: espinoso, mezquital, selva baja caducifolia,	1
		Área Agrícola	Área Agrícola	2
Conservación	VCB	Vegetación deseable	Toda la vegetación	1
	CBS	Tipo de vegetación	Selva baja caducifolia y matorral subtropical	1
	CBT	Tipo de vegetación	Bosque de encino	1
	CEN	Presencia de especies en listas de interés ecológico	Mapas de distribución de la mayor densidad de 16 especies terrestres de la NOM-059-SEMARNAT-2010	1
	CPA	Tipo de vegetación	Pastizal nativo	1
	EAD	Presencia de cuerpos de agua	Manantiales, presas, represos, aguajes y arroyo perenne	1
Forestal No Maderable	CHI	Especie de interés: chile chiltepín	Se ubicaron áreas con cobertura de selva baja caducifolia, matorral subtropical y mezquital	1
	LCP	Especies de interés: encino y mezquite	Se ubicaron áreas con cobertura de encino y mezquite.	1
Ganadería	GAE	Vegetación deseable	Especies palatables (gramíneas): pastizales, selva baja y matorrales semidesérticos	1
		Pendiente del terreno	Pendiente del terreno menor de 15%	2
Minería	MIN	Lotes mineros	Concesiones mineras	1
Turismo	Turismo	No se generaron mapas para el sector.		

7.6.2.1.1. Agricultura de Temporal

La agricultura de temporal tiene como principal variante la fuente de suministro de agua. En este caso, la fuente es la lluvia.

Atributos Ambientales

Los atributos ambientales seleccionados son: disponibilidad de agua (precipitación), suelos profundos, terrenos con pendientes menores al 15%.

Disponibilidad de agua dulce. La disponibilidad de agua dulce para la agricultura de temporal fue la precipitación. La condición fue áreas con lluvia promedio anual igual o superior a los 500 mm. Toda el área tiene una precipitación promedio anual mayor a los 500 mm, por lo que no se considero en el análisis.

Suelos productivos. Los suelos más apropiados fueron Fluvisoles y Xerosoles. La información fue obtenida de información digital de edafología escala 1:250,000. El Mapa de suelo 1:10,000; se obtuvo a partir del análisis de la imagen de satélite SPOT 2011 y mapa fisiográfico 1:10,000; este ultimo fue elaborado a partir del modelo digital de elevación con un pixel de 1 m x 1 m, el cual se elaboro a partir del mapa topográfico 1:50,000 (INEGI, 2000; 2007), y se considero la clasificación de suelos según INEGI (2004).

Terrenos con pendientes menores del 15%. Este atributo es similar al de Ganadería Extensiva.

7.6.2.1.2. Cinegético

Las actividades cinegéticas se subdividieron, por aspectos de hábitat, en seis, (1) aves acuáticas migratorias, (2) aves terrestres o residentes; (3) guajolote silvestre; (4) venado bura; (5) venado cola blanca; y (6) mamíferos menores como jabalí, liebre, etc.. En ese orden serán discutidos los intereses sectoriales y sus atributos ambientales.

7.6.2.1.2.1. Aves Acuáticas Migratorias

Las aves acuáticas migratorias cinegéticas consideradas fueron patos y gansos. Los atributos ambientales asociados al desarrollo de este tipo de cacería son: Vegetación de galería y cuerpos de agua.

Atributos Ambientales

Vegetación de galería y cuerpos de agua. El atributo ambiental está relacionado con la presencia de cuerpos de agua y vegetación de galería. Con base en las Cartas Topográficas 1:50,000 de INEGI se obtuvieron los cuerpos de agua y la vegetación de galería. Mapa uso del suelo y vegetación 1:10,000, a partir del análisis de la imagen de satélite SPOT 2011 y Cartas topográficas 1:50,000 (INEGI, 2000; 2007).

7.6.2.1.2.2.Aves Terrestres o Residentes

Las aves residentes cinegéticas principales fueron palomas y codornices. Los atributos ambientales para estas especies están asociados a vegetación secundaria arbustiva, que puede muy bien sustituirse por cultivos agrícolas.

Atributos Ambientales

Vegetación deseable. La vegetación deseable para este tipo de aves fue vegetación secundaria arbustiva, e incluso se adaptan perfectamente a los terrenos agrícolas. Las comunidades vegetales deseables son las siguientes: chollal, mezquital, vegetación secundaria arbustiva, agricultura de temporal, herbazal, matorral desértico micófilo, matorral sarcocaule, matorral sarco-crasicaule, matorral sutropical, pastizal cultivado, pastizal inducido, selva baja caducifolia, matorral espinoso y matorral subinerme. En este caso se considero toda el área como apta para la presencia de estas aves.

7.6.2.1.2.3.Guajolote Silvestre

El ave residente cinegética principal en la zona serrana es el guajolote silvestre. Los atributos ambientales para esta especie están asociados en la subcuenca a los bosques encino y a la selva baja caducifolia.

Atributos Ambientales

Vegetación deseable. La vegetación deseable para este tipo de aves son los bosques de encino y la selva baja caducifolia.

Topografía. Altitud igual o mayor a 1,000 msnm. Mapa topográfico escala 1:50,000.

7.6.2.1.2.4.Mamíferos Menores, Jabalí y Liebre

Esta subclase fue constituida principalmente por liebre y jabalí de collar.

Atributos Ambientales

Vegetación deseable. La vegetación deseable para este tipo de mamíferos fueron todos los las comunidades vegetales presentes en la subcuenca. En este caso se considero toda el área como apta para la presencia de los mamíferos menores.

7.6.2.1.2.5.Venado Bura

Esta subclase fue analizada separadamente, porque no comparte hábitat con el venado cola blanca.

Atributos Ambientales

El atributo ambiental para este tipo de cacería estuvo en función de la vegetación deseable para esta especie.

Vegetación deseable. La vegetación que se contempló son matorrales: espinoso, mezquital y selva baja caducifolia. Por esta razón, las comunidades vegetales que son deseables son: matorrales: espinoso, mezquital y selva baja caducifolia.

Área agrícola: Se considero como zonas no aptas para el desarrollo de la cacería del venado bura.

7.6.2.1.2.6.Venado Cola Blanca

Este fue un caso específico orientado por el hábitat.

Atributos Ambientales

Los atributos ambientales estuvieron en función de la vegetación deseable para las especies antes mencionadas y el hábitat.

Vegetación deseable. La vegetación deseable para este tipo de mamíferos fueron todas las comunidades vegetales presentes en la subcuenca. En este caso se considero toda el área como apta para la presencia del venado cola blanca.

7.6.2.1.3. Conservación

El Anexo 6 del Manual del Proceso de Ordenamiento Ecológico (SEMARNAT, 2006) menciona algunos métodos para la identificación de prioridades para la conservación de la biodiversidad y con base a los principios mencionados en este documento, se intentó determinar los sitios prioritarios para la conservación.

7.6.2.1.3.1.Conservación de Bosques secos

Los atributos ambientales para este tema están asociados en la subcuenca a la selva baja caducifolia y matorral subtropical.

Atributos Ambientales

Los atributos ambientales estuvieron en función de los tipos vegetación Selva baja caducifolia y matorral subtropical.

Tipos de Vegetación. Los tipos vegetación Selva baja caducifolia y matorral subtropical.

7.6.2.1.3.2.Conservación de Bosques Templados

Los atributos ambientales para este tema están asociados en la subcuenca al Bosque de encino.

Atributos Ambientales

Los atributos ambientales estuvieron en función del tipo vegetación Bosque de encino.

7.6.2.1.3.3. Conservación de Especies terrestres con alguna categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2010

La forma que se enfocó la aptitud para la conservación fue, una modificación sencilla de los procedimientos de Análisis de Huecos (Gap Analysis) aplicado a vertebrados terrestres:

1. Búsqueda de las especies que tienen un *status* de protección; esto es, las que aparecen en la Lista de la NOM-059-SEMARNAT-2010, que existen en Sonora para vertebrados;
2. Eliminar las especies cuyo rango o hábitat cubrían toda la geografía de la subcuenca;
3. Selección de los atributos ambientales;
4. Mapeo de las especies;
5. Ponderación de importancia con base a la mayor densidad de especies;
6. Las áreas con mayor densidad de especie fueron asociadas a cinco ecosistemas.

Los resultados de este proceso fue que se encontraron 163 especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010; para todo el Estado; de las cuales sólo 124 son terrestres y las otras son marinas o insulares. De las 124 especies terrestres, sólo 56 se pudieron mapear porque se tenía una mejor descripción de su hábitat para todo el Estado de Sonora; y 16 de estas especies se encuentran en el área de estudio. Las 16 especies que se mapearon para la subcuenca se presentan en la tabla XCV y se hicieron sobre los atributos ambientales descritos en el Anexo V.

Tabla XCV. Especies que se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y en la Subcuenca La Haciendita.

	Nombre Cientifico	Nombre Comun	Estatus	Endemica
1	*Agosia chrysogaster*	Pupo	A	E
2	*Amazona finschi*	Perico guayabero, cotorra frente roja endémica	P	E
3	*Aquila Chrysaetus*	Aguila Real	A	No E
4	*Buteo albonotatus*	Aguilucho negro	Pr	No E
5	*Canis lupus baylei*	Lobo Gris Mexicano	E	No E
6	*Ctenosaura hemilopha macrolopha*	Iguana-espinosa de Sonora	Pr	E
7	*Cyrtonyx montezumae*	Codrniz arlequín o de Moctezuma	Pr	No E
8	*Erethizon dorsatum*	Puercoespin norteamericano	P	No E
9	*Heloderma horridum (suspectum)*	Monstruo de Gila	A	No E
10	*Herpailurus yagouarondi*	Gato colorado, onza, tigrillo	Pr	No E
11	*Perognathus amplus*	Ratón de Abazones de Arizona	Pr	No E
12	*Phyllodactylus homolepidurus*	Salamanquesa sonorense	Pr	E
13	*Sciurus arizonensis*	Ardilla de Arizona	A	No E
14	*Sitta carolinensis*	Sita de pecho blanco o trepador grande	Pr	E
15	*Taxidea taxus*	Tejón	A	No E

	Nombre Cientifico	Nombre Comun	Estatus	Endemica
16	*Vulpes macrotis*	Zorra del desierto	A	No E

El hábitat de estas especies se presenta en la Tabla XCVI.

Tabla XCVI. Hábitat de las especies que se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y en la Subcuenca La Haciendita.

	Nombre Cientifico	Habitat o comunidades ecológicas donde se encuentra
1	*Agosia chrysogaster*	Habita en los Ríos Mayo, Yaqui, Matape, Sonora, Gila y Sonoita.
2	*Amazona finschi*	Habita en la selva baja caducifolia, en elevaciones entre 250 y 1,200 msnm
3	*Aquila Chrysaetus*	En todo el Estado
4	*Buteo albonotatus*	Habita en montes, campos abiertos y cerca de ríos y lagunas. Hasta 2800 msnm de elevación
5	*Canis lupus baylei*	En todo el Estado (Extinto).
6	*Ctenosaura hemilopha macrolopha*	En huecos de arboles: matorral sarco-crasicaule, matorral sarcaule, matorral desertico.
7	*Cyrtonyx montezumae*	La especie se distribuye en colinas y cañones. Bosques bajo abierto, bosque de encino pero también de pino-encino y de junípero, con pastos de al menos 30 cm de alto. Elevación 900 a 2,500 msnm
8	*Erethizon dorsatum*	Los puercoespines norteamericanos son grandes roedores trepadores de árboles, en particular de las coníferas y chaparrales. Bosques de encino, encino-pino, y pino. Elevación 900 a 2,400 msnm
9	*Heloderma suspectum*	Matorral sarcocaule, matorral desertico y bosque de encino.
10	*Herpailurus yagouarondi*	Matorral semidesértico, vegetación secundaria, pastizales naturales e inducidos. De 400 a 1,600 msnm
11	*Perognathus amplus*	Matorral sarcocaule – M. desertico (Gobernadora) – Mesquital, Ephedra, pastizales y bosques de Táscate. De 400 a 2,100 msnm
12	*Phyllodactylus homolepidurus*	Selva baja caducifolia, matorral sarcocaule y matorral sarco-crasicaule
13	*Sciurus arizonensis*	Bosque de Encino, Pino y Táscate (Juníperos). Mayor de 900 msnm.
14	*Sitta carolinensis*	Bosques caducifolios y siempreverde (Encinar y Pino – Encino). A veces baja a tierra y busca para buscar frutos secos o semillas de girasol. De 900 a 1240 msnm.
15	*Taxidea taxus*	Selva baja caducifolia, matorral sarcocaule y sarcocrasicaule
16	*Vulpes macrotis*	Vegetación de desiertos arenosos, matorral desertico, chaparral, pastizales y comunidades de vegetación halófita. Les gusta predar sobre los perritos de la pradera. Elevación entre 400 a 1,900 msnm

Considerando que, en general los atributos ambientales respondían a tipo de vegetación, sistema de topoformas y/o altitud, latitud, etc.; los mapas de densidad de especies se asociaron a cinco ecosistemas base:

1. Ecosistemas de agua dulce (cuerpos de agua dulce naturales)
2. Bosques secos (matorral subtropical y selva baja caducifolia)
3. Bosques templados (bosque de encino)
4. Ecosistemas de desierto (vegetación de desierto, matorrales)

5. Pastizales (pastizales nativos)

Con base a estos ecosistemas, se identificaron las áreas con mayor densidad de especies con *status* de protección, se asociaron a los ecosistemas (Tabla XCVII).

Tabla XCVII. Especies de fauna mapeados que se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su asociación con los ecosistemas.

	Nombre Cientifico	Ecosistemas donde se tiene la presencia de la especie de interes				
		Agua Dulce	Bosques Secos	Bosques Templados	Ecosistemas de desierto	Pastizales
1	*Agosia chrysogaster*	1				
2	*Amazona finschi*					
3	*Aquila Chrysaetus*			1	1	1
4	*Buteo albonotatus*		1	1	1	1
5	*Canis lupus baylei*			1		1
6	*Ctenosaura hemilopha macrolopha*				1	
7	*Cyrtonyx montezumae*			1		
8	*Erethizon dorsatum*			1		
9	*Heloderma horridum (suspectum)*			1	1	1
10	*Herpailurus yagouarondi*		1			
11	*Perognathus amplus*			1	1	1
12	*Phyllodactylus homolepidurus*		1		1	
13	*Sciurus arizonensis*			1		
14	*Sitta carolinensis*			1		
15	*Taxidea taxus*		1		1	
16	*Vulpes macrotis*				1	1

7.6.2.1.3.4.Conservación del Pastizal

Los atributos ambientales para este tema están asociados en la subcuenca al Bosque de encino que esta relacionado con el Pastizal nativo.

Atributos Ambientales

Los atributos ambientales estuvieron en función del tipo vegetación Bosque de encino que esta relacionado con el Pastizal nativo.

7.6.2.1.3.5.Conservación de Ecosistemas de Agua Dulce

Los atributos ambientales para este tema están asociados en la subcuenca a los cuerpos de agua dulce (presas, represos y arroyo permanente).

Atributos Ambientales

Los atributos ambientales estuvieron en función del tipo vegetación los cuerpos de agua dulce (presas, represos y arroyo permanente).

7.6.2.1.4. Forestal

En el sector forestal se tuvieron dos variaciones, dentro de los aprovechamientos forestales no maderables: uno leña, carbón y postes, y el otro chiltepín.

7.6.2.1.4.1.Forestal No Maderable: Chiltepin

Atributos ambientales

Los atributos que optimizarían la producción forestal no maderable son: presencia de las especies de interés.

Especies de interés colecta de chiltepín. En el caso de chiltepín se usó como referencia un estudio conducido por investigadores de la UNISON y CESUES sobre la distribución de esta planta en la Subcuenca, encontrándose que un buen indicador es el mezquital y la selva baja caducifolia, misma que se encuentra en el mapa de Uso del Suelo y Vegetacion escala 1:10,000.

7.6.2.1.4.2.Forestal No Maderable: Leña, Carbón y Postes

En las estadísticas de producción forestal de Sonora, aparecen dos elementos importantes, la producción de leña y carbón, y la recolección de productos forestales, tales como tierra de monte y productos silvestres como el chiltepín, cada uno de ellos se analizó en forma separada.

Atributos ambientales

Los atributos que optimizarían la producción forestal no maderable son: presencia de las especies de interés.

Especies de interés. En el caso de la leña, carbón y postes, se supuso que la mayor parte es obtenida de mezquite y otra parte menor de encino. Para esto se utilizó información que ubicara las áreas con mezquitales y/o encinos, del mapa de Uso del Suelo y Vegetación escala 1:10,000.

7.6.2.1.5. Ganadería

La ganadería ha sido la actividad de identidad en el Estado de Sonora. Sus antecedentes van hasta la época virreinal con el establecimiento del Rectorado de Mátape donde se enviaba ganado al centro de la república; sin embargo, el impacto del ganado ha dejado una huella importante en la productividad estatal debido a un inadecuado manejo del hato ganadero.

7.6.2.1.5.1.Ganadería Extensiva

La ganadería extensiva predominante en el estado y en la Subcuenca, se realiza con el ganado vacuno. Aún cuando podemos encontrar esta especie en todos los rincones de la geografía sonorense, el análisis de aptitud se hizo ubicando las zonas óptimas.

Los atributos que se utilizaron están en función de especies palatables para el ganado, y condiciones fisiográficas. En general, las especies más palatables para el ganado vacuno se encuentran en los pastizales. Si bien la superficie con gramíneas no es muy grande, si se pueden encontrar áreas apropiadas.

Atributos Ambientales

Disponibilidad de agua. Si bien, la disponibilidad de agua es una restricción fuerte en el estado, se consideró que las áreas con precipitación mayor de 300 mm eran apropiadas. Toda el área tiene una precipitación promedio anual mayor a los 500 mm, por lo que no se considero en el análisis.

Especies palatables. En general, las especies más palatables para el ganado vacuno se encuentran en los pastizales, otros ambientes como la selva baja y los matorrales semidesérticos contienen especies de pastos palatables para el ganado. La información para

la ubicación de pastizales, selva baja y matorrales semidesérticos se obtuvo del Mapa uso del suelo y vegetación 1:10,000, a partir del análisis de imagen de satélite SPOT 2011.

Terrenos planos. En general se considera que el esfuerzo del ganado en su búsqueda de alimento y agua es un costo energético que resulta en la pérdida de peso y/o producción, entonces se recomendaron terrenos planos. Esta recomendación también está asociada al impacto de la remoción de vegetación y pérdida de suelo por erosión en terrenos abruptos. Los terrenos con pendientes menores del 15% se obtuvieron de Cartas Topográficas escala 1:50,000 de INEGI.

7.6.2.1.6. Minería

La minería es una de las actividades históricamente importantes a nivel estatal desde la llegada de europeos al continente americano. Sonora es primer lugar en producción de muchos de los metales y eso le da una importancia especial al sector y su papel en la economía regional, sobre todo el reflejo en la calidad de vida de la población.

Uno de los problemas para hacer un análisis de aptitud de la minería es que las variables que se buscan no son visibles y/o requieren altas inversiones, como sería la concentración de una sustancia deseada. Sin embargo, se establecieron acuerdos del interés del sector en un área dada a través del "conocimiento empírico" de los buscadores, que se refleja en la concesión de un terreno.

Atributos Ambientales

Se usó como referencia el interés sectorial por el terreno a través de los polígonos de las concesiones mineras solicitadas.

Interés sectorial en el terreno. El interés sectorial se evaluó usando como indicador las concesiones mineras; es decir, si una persona invierte en el pago de una concesión es porque tiene alguna evidencia de la presencia de elementos aprovechables por el sector. Este atributo se obtuvo a partir de información proporcionada por la Dirección General de Minas de la Secretaría de Economía del Gobierno Federal.

7.6.2.1.7. Turismo

El turismo fue considerado como Turismo Alternativo (cultural, étnico, paisajístico, rural). Cada uno de ellos tiene atributos diferentes o compartidos que no generó mapas por el tamaño de los espacios (no suceptibles de cartografiar), como se describe a continuación.

7.6.2.1.7.1.Turismo Alternativo

El Turismo Alternativo fue relacionado a la práctica de deportes acuáticos (pesca deportiva, paseos en kayaks), deportes extremos terrestres (ciclismo de montaña, rapel, escalar, etc.) y espeleología. En este subsector se incluyeron los atractivos naturales existentes en la Subcuenca (cuerpos de agua, formaciones rocosas, miradores, entre otros de interés).

Deportes Acuáticos

Los deportes acuáticos incluidos en este análisis fueron pesca y los paseos en kayaks.

Atributos Ambientales

Cuerpos de Agua Dulce. Los cuerpos de agua dulce perennes son las presas El Horno y La Haciendita.

Deportes Extremos Terrestres

Atributos Ambientales

Presencia de barrancas y cañadas. No se generarón mapas por el tamaño de los espacios (no suceptibles de cartografiar).

Espeleologia y Atractivos Naturales

Atributos Ambientales

Presencia de grutas. No se generarón mapas por el tamaño de los espacios (no suceptibles de cartografiar)

Atractivos naturales. Uno de los aspectos importantes en este sector fue la necesidad de ubicar puntos de interés natural como formaciones rocosas, miradores y cuerpos de agua. No se generarón mapas por el tamaño de los espacios (no suceptibles de cartografiar)

7.6.2.1.7.2. Turismo Cultural

Para realizar el análisis de aptitud se utilizaron los siguientes atributos ambientales:

Atributos Ambientales

Presencia de vestigios histórico-culturales. Este atributo representa los principales puntos de atracción turística culturales en el Estado tales como misiones jesuitas y franciscanas de los siglos XVII y XVIII, templos que datan del siglo XVII al XX, museos y monumentos históricos más importantes así como la ciudad colonial más distintiva del Estado.

Presencia de sitios arqueológicos. En la actualidad se conoce la existencia de más de dos centenares de sitios arqueológicos en Sonora (CITA). Existe un trabajo ampliamente reconocido de Braniff (1982) el cual es un listado de sitios que no presentan clasificación.

Cabe hacer la aclaración de que el sector turismo no se utilizo en el Análisis de Aptitud de Uso del Suelo, porque no generó mapas por el tamaño de los espacios (no suceptibles de cartografiar, el área mínima cartografiable es de 2,500 m^2).

7.6.2.2.Conversión de los atributos en mapas.

Para cada uno de los atributos ambientales se genero un mapa digital según el sector y el subsector, dándosele un factor de ponderación binario (0 ó 1), 0 para las áreas que no representan al atributo y 1 para las que si lo representan (Tabla XCVIII y Anexo III).

Tabla XCVIII. Sector, subsectores, atributos, descripción, ponderación, procesos, comandos utilizados y mapas obtenidos para el Análisis de Aptitud de Uso del Suelo.

Clave Sector y Subsector	Atributo Ambiental	Descripción y Ponderación	Procesos y comandos utilizados	Mapa obtenido
	Suelos productivos	Suelos Fluvisoles y Xerosoles (1)	Selección del atributo con el comando Query Builder, convert to shape y Edit theme	Mapa binario de Suelos Fluvisoles y Xerosoles con valor de 1
AGT	Pendiente del terreno	Pendiente del terreno menor de 15% (2)	Selección del atributo con el comando Query Builder, convert to shape y Edit theme	Mapa binario de Pendiente del terreno menor de 15% con valor de 2
			Union de los dos mapas, uso del comando Edit para la asignación de las áreas con Aptitud alta, media y baja	Mapa de Aptitud Potencial de AGT con Aptitud alta, media y baja
AAM	Vegetación deseable	Vegetación de galería y cuerpos de agua (1)	Selección del atributo con el comando Query Builder, convert to shape y Edit theme	Mapa de Aptitud Potencial de AAM con Aptitud alta y baja
AVT	Vegetación deseable	Toda la vegetación (1)	Selección del atributo con el comando Query Builder, convert to shape y Edit theme	Mapa de Aptitud Potencial de AVT con Aptitud alta
	Vegetación deseable	Bosque de encino (1)	Selección del atributo con el comando Query Builder, convert to shape y Edit theme	Mapa binario de Bosque de encino con valor de 1
GUA	Topografía	Altitud ≥ 1000 msnm (2)	Selección del atributo con el comando Query Builder, convert to shape y Edit theme	Mapa binario de Altitud ≥ 1000 msnm con valor de 2
			Union de los dos mapas, uso del comando Edit para la asignación de las áreas con Aptitud alta, media y baja	Mapa de Aptitud Potencial de GUA con Aptitud alta, media y baja
MAM	Vegetación deseable	Toda la vegetación (1)	Selección del atributo con el comando Query Builder, convert to shape y Edit theme	Mapa de Aptitud Potencial de MAM con Aptitud alta
VBU	Vegetación deseable	Matorrales: espinoso, mezquital, selva baja caducifolia, (1)	Selección del atributo con el comando Query Builder, convert to shape, Edit theme y Dissolve	Mapa binario de Matorrales: espinoso, mezquital, selva baja caducifolia, con valor de 1
	Area Agricola	Area Agricola (2)	Selección del atributo con el comando Query Builder, convert to shape y Edit theme	Mapa binario de Area Agricola con valor de 2
			Union de los dos mapas, uso del comando Edit para la asignación de las áreas con Aptitud alta, media y baja	Mapa de Aptitud Potencial de VBU con Aptitud alta, media y baja
VCB	Vegetación deseable	Toda la vegetación (1)	Selección del atributo con el comando Query Builder, convert to shape y Edit theme	Mapa de Aptitud Potencial de VCB con Aptitud alta
CBS	Tipo de vegetación	Selva baja caducifolia y matorral subtropical (1)	Selección del atributo con el comando Query Builder, convert to shape y Edit theme	Mapa de Aptitud Potencial de CBS con Aptitud alta y baja
CBT	Tipo de vegetación	Bosque de encino (1)	Selección del atributo con el comando Query Builder, convert to shape y Edit theme	Mapa de Aptitud Potencial de CBT con Aptitud alta y baja
CEN	Presencia de especies en listas de interés ecológico	Mapas de distribución de la mayor densidad de 16 especies terrestres de la NOM-	Selección del atributo con el comando Query Builder, convert to shape y Edit theme	Mapa de Aptitud Potencial de CEN con Aptitud alta y baja con

Clave Sector y Subsector	Atributo Ambiental	Descripción y Ponderación	Procesos y comandos utilizados	Mapa obtenido
		059-SEMARNAT-2010 (1)		dos de las densidades más altas: 7 y 8 especies.
CPA	Tipo de vegetación	Pastizal nativo (1)	Selección del atributo con el comando Query Builder, convert to shape y Edit theme	Mapa de Aptitud Potencial de CPA con Aptitud alta y baja
EAD	Presencia de cuerpos de agua	Manantiales, presas, represos, aguajes y arroyo perenne (1)	Selección del atributo con el comando Query Builder, convert to shape y Edit theme	Mapa de Aptitud Potencial de EAD con Aptitud alta y baja
CHI	Especie de interés: chile chiltepín	Se ubicaron áreas con cobertura de selva baja caducifolia, matorral subtropical y mezquital (1)	Selección del atributo con el comando Query Builder, convert to shape, Edit theme y Dissolve	Mapa de Aptitud Potencial de CHI con Aptitud alta y baja
LCP	Especies de interés: encino y mezquite	Se ubicaron áreas con cobertura de encino y mezquite. (1)	Selección del atributo con el comando Query Builder, convert to shape, Edit theme y Dissolve	Mapa de Aptitud Potencial de LCP con Aptitud alta y baja
GAE	Vegetación deseable	Especies palatables (gramíneas): pastizales, selva baja y matorrales semidesérticos (1)	Selección del atributo con el comando Query Builder, convert to shape, Edit theme y Dissolve	Mapa binario de especies palatables (gramíneas): pastizales, selva baja y matorrales semidesérticos, con valor de 1
	Pendiente del terreno	Pendiente del terreno menor de 15% (2)	Selección del atributo con el comando Query Builder, convert to shape, Edit theme y Dissolve	Mapa binario de pendiente del terreno menor de 15% con valor de 2
			Union de los dos mapas, uso del comando Edit para la asignación de las áreas con Aptitud alta, media y baja	Mapa de Aptitud Potencial de GAE con Aptitud alta, media y baja
MIN	Lotes mineros	Concesiones mineras (1)	Selección del atributo con el comando Query Builder, convert to shape y Edit theme	Mapa de Aptitud Potencial de MIN con Aptitud alta y baja
Turismo	No se generaron mapas para el sector.			

7.6.2.3.Estandarización de mapas

Los mapas fueron estandarizados en 3 clases. Se dividieron en tres rangos: el más apto, clase Alta color verde, la clase Media color amarillo y la clase Baja color rojo (Figuras 60 a la 75).

En la Tabla XCIX se pueden apreciar las actividades económicas más importantes presentes en la Subcuenca, la superficie y porcentajes de cada una.

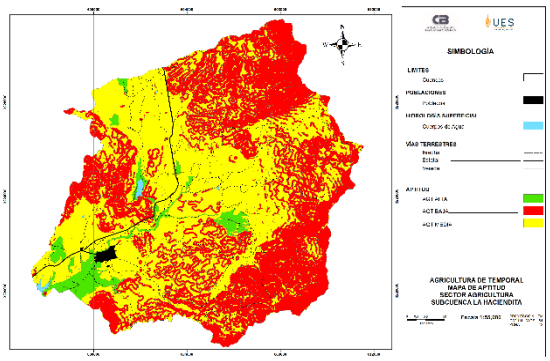


Figura 60. Mapa de Aptitud de Agricultura de Temporal.

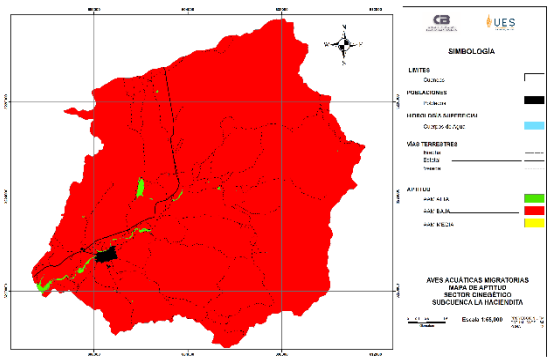


Figura 61. Mapa de Aptitud de Aves Acuáticas migratorias.

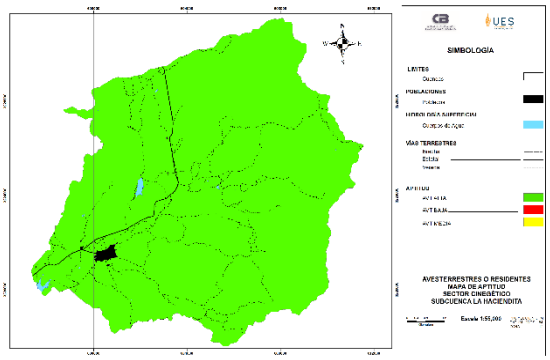


Figura 62. Mapa de Aptitud de Aves Terrestres.

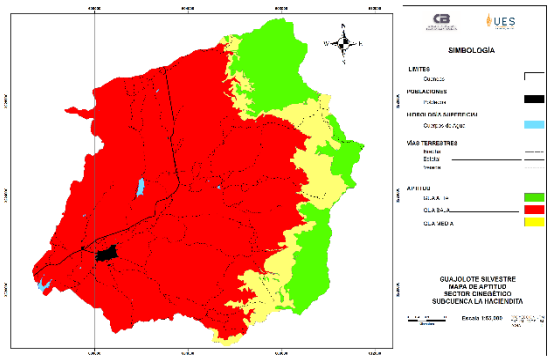


Figura 63. Mapa de Aptitud de Guajolote Silvestre.

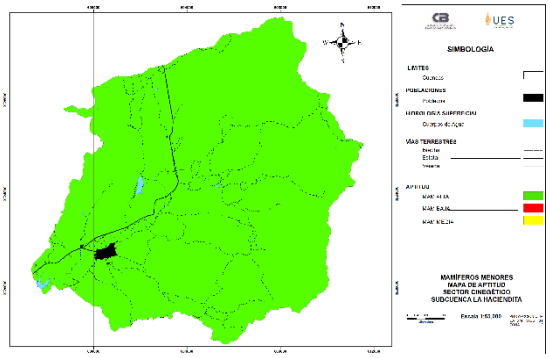


Figura 64. Mapa de Aptitud de Mamíferos menores.

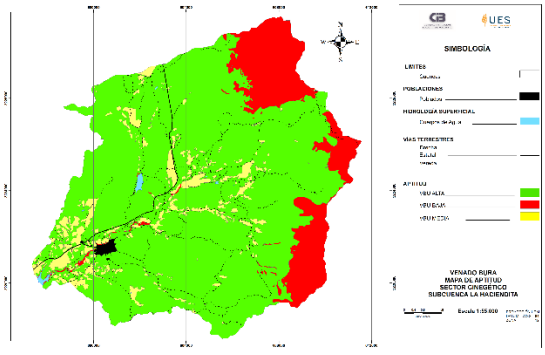


Figura 65. Mapa de Aptitud de Venado Bura.

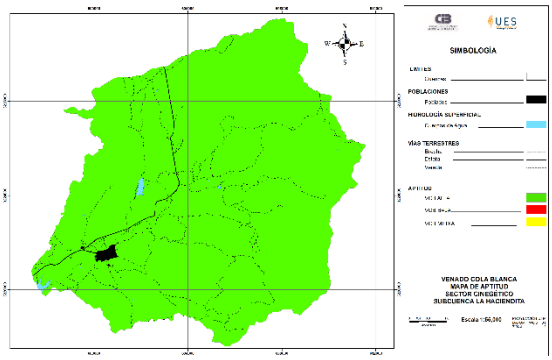


Figura 66. Mapa de Aptitud de Venado Cola Blanca.

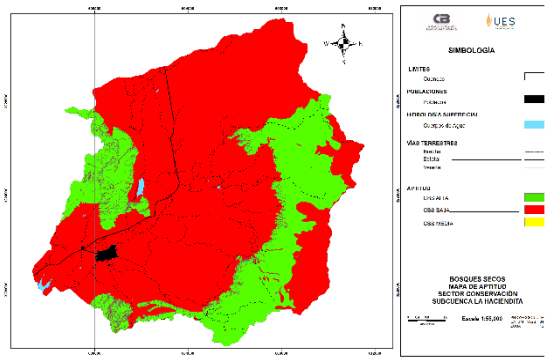


Figura 67. Mapa de Aptitud de Conservación de Bosques Secos.

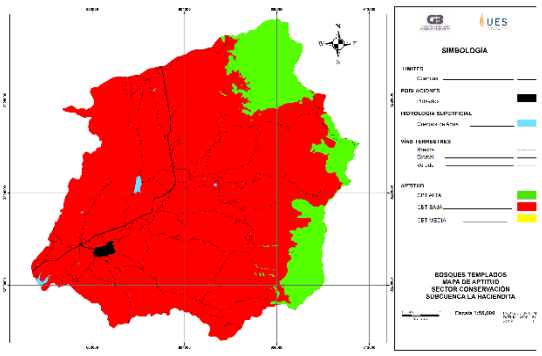


Figura 68. Mapa de Aptitud de Conservación de Bosques Templados.

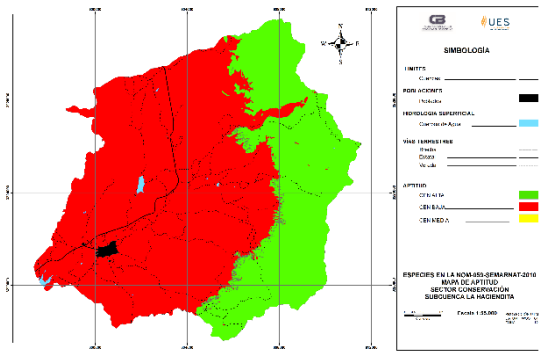


Figura 69. Mapa de Aptitud de Conservación de Especies en NOM-O59-SEMARNAT-2010.

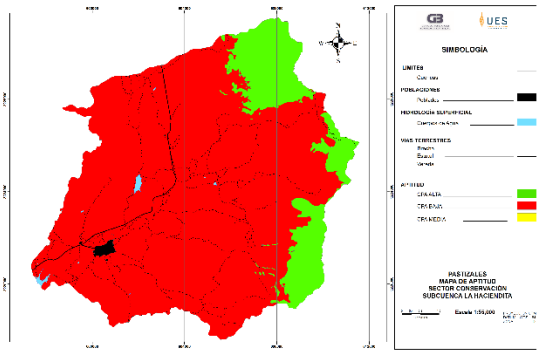


Figura 70. Mapa de Aptitud de Conservación de Pastizales.

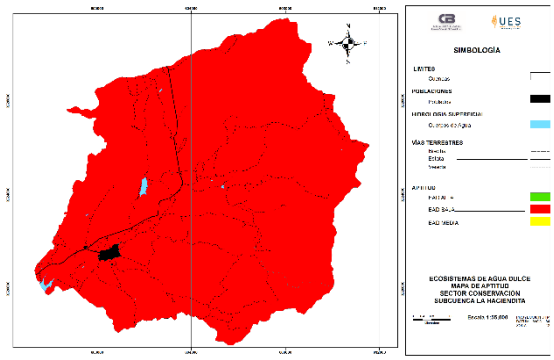


Figura 71. Mapa de Aptitud de Conservación de Ecosistemas de Agua Dulce.

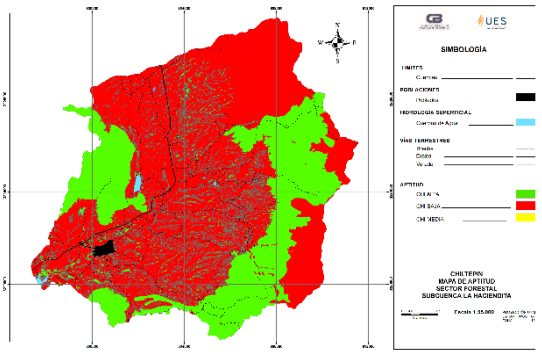


Figura 72. Mapa de Aptitud de Chiltepin.

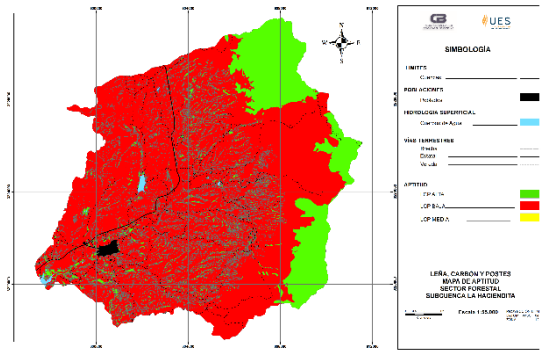


Figura 73. Mapa de Aptitud de Leña, Carbón y Postes

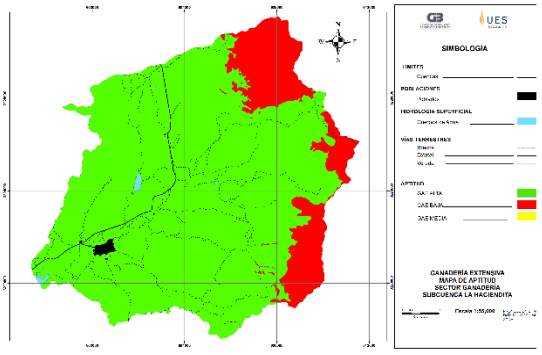


Figura 74. Mapa de Aptitud de Ganadería Extensiva.

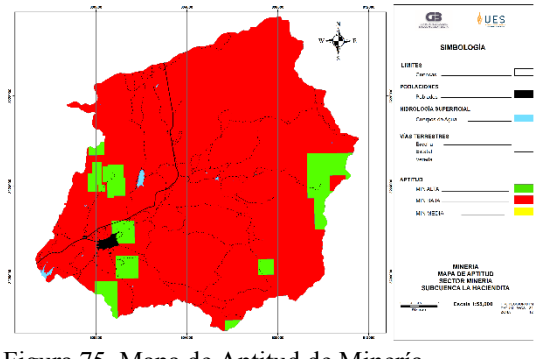


Figura 75. Mapa de Aptitud de Minería.

Tabla XCIX. Actividades económicas en la Subcuenca La Haciendita, aptitud (A = Alto, M = Medio y B = Bajo), superficie y porcentaje.

SECTOR	SUBSECTOR	CLAVE	APTITUD	HECTAREAS	%
Agricultura	Temporal	AGT	AGT-A	**541.2040**	**4.312**
			AGT-M	**6,377.1210**	**50.804**
			AGT-B	5,634.1860	44.885
			Total	12,552.5110	100.000
Cinegético	Aves acuáticas migratorias	AAM	AAM-A	**66.8430**	**0.533**
			AAM-B	12,485.6680	99.467
			Total	12,552.5110	100.000
	Aves terrestres	AVT	AVT-A	**12,552.5110**	**100.000**
	Guajolote silvestre	GUA	GUA-A	**1,805.8290**	**14.386**
			GUA-M	**1,486.9290**	**11.846**
			GUA-B	9,259.7530	73.768
			Total	12,552.5110	100.000
	Mamíferos menores	MAM	MAM-A	**12,552.5110**	**100.000**
	Venado bura	VBU	VBU-A	**9,794.9440**	**78.032**
			VBU-M	**821.9740**	**6.548**
			VBU-B	1,935.5930	15.420
			Total	12,552.5110	100.000
	Venado cola blanca	VCB	VCB-A	**12,552.5110**	**100.000**
Conservación	Bosques secos	CBS	CBS-A	**3,391.1840**	**27.016**
			CBS-B	9,161.3270	72.984
			Total	12,552.5110	100.000
	Bosques templados	CBT	CBT-A	**1,822.8630**	**14.522**
			CBT-B	10,729.6480	85.478
			Total	12,552.5110	100.000
	Especies NOM	CEN	CEN-A	**4,142.3020**	**33.000**
			CEN-B	8,410.2090	67.000
			Total	12,552.5110	100.000
	Pastizales	CPA	CPA-A	**1,822.8630**	**14.522**
			CPA-B	10,729.6480	85.478
			Total	12,552.5110	100.000
	Ecosistemas Agua Dulce	EAD	EAD-A	**33.5180**	**0.267**
			EAD-B	12,518.9920	99.733
			Total	12,552.5100	100.000
Forestal	Chiltepín	CHI	CHI-A	**4,137.8220**	**32.964**
			CHI-B	8,414.6890	67.036
			Total	12,552.5110	100.000
	Leña, Carbón y Postes	LCP	LCP-A	**2,569.5020**	**20.470**
			LCP-B	9,983.0090	79.530
			Total	12,552.5110	100.000
Ganadería	Extensiva	GAE	GAE-A	**10,651.2890**	**84.854**
			GAE-B	1,901.2220	15.146
			Total	12,552.5110	100.000
Minería	Minería	MIN	MIN-A	**942.953**	**7.512**
			MIN-B	11,609.558	92.488
			Total	12,552.511	100.000

7.6.2.4.Validación inicial de los mapas de aptitud sectorial

Los mapas resultantes fueron analizados y se hicieron los ajustes apropiados.

7.6.2.5.Unión de los mapas sectoriales con dos rangos

Se realizo la Unión de los mapas sectoriales considerando solo dos de los rangos propuestos: el alto y el intermedio, ya que en estos es más factible la posible implementación de los usos mencionados al necesitar una inversión menor que en las áreas de baja aptitud.

Usando el comando de Query Builder, se seleccionaron los rangos alto y bajo de cada uno de los mapas y con el comando convert to shapefile se genero uno nuevo para cada uno de los sectores y subsectores mencionados, conforme a lo que se presenta en la Tabla C.

Tabla C. Subsectores y aptitudes.

Sector	Clave	Subsector	Aptitud	Observación	Motivos
1	AGT-A	Agricultura de Temporal	Alta		
	AGT-M	Agricultura de Temporal	Media		
2	AAM-A	Aves Acuáticas Migratorias	Alta	No hay aptitud media	Solo en cuerpos de agua perenne
	AVT-A	Aves Terrestres	Alta	Toda el area es de aptitud alta	
	GUA-A	Guajolote	Alta		
	GUA-M	Guajolote	Media		
	MAM-A	Mamíferos Menores	Alta	Toda el area es de aptitud alta	
	VBU-A	Venado Bura	Alta		
	VBU-M	Venado Bura	Media		
	VCB-A	Venado Cola Blanca	Alta	Toda el area es de aptitud alta	
3	CHI-A	Aprovechamiento No Maderable: Chiltepín	Alta	No hay aptitud media	Solo se toma en cuenta las zonas con mezquital y selva baja caducifolia
	LCP-A	Aprovechamiento No Maderable: Leña, Carbón y Postes	Alta	No hay aptitud media	Solo se toma en cuenta las zonas con mezquital y encino
4	CBS-A	Conservación Bosques Secos	Alta	No hay aptitud media	Solo se toman en cuenta los bosques secos
	CBT-A	Conservación Bosques Templados	Alta	No hay aptitud media	Solo se toman en cuenta los bosques templados
	EAD-A	Conservación Ecosistemas Agua Dulce	Alta	No hay aptitud media	Solo en cuerpos de agua y arroyo perenne
	CEN-A	Conservación Especies NOM	Alta	No hay aptitud media	Se toma en cuenta la zona con mayor número de especies en la NOM-059

Sector	Clave	Subsector	Aptitud	Observación	Motivos
	CPA-A	Conservación Pastizal	Alta	No hay aptitud media	Solo se toman en cuenta las áreas de pastizal
5	GAE-A	Ganadería Extensiva	Alta	No hay aptitud media	Las áreas con pendientes mayores al 15% no se toman en cuenta
6	MIN-A	Minería	Alta	No hay aptitud media	Solo se toma en cuenta las zonas con concesión mineros

La unión de estos mapas se realizo como se indica en la Tabla CI:

Tabla CI. Union de los mapas de Aptitud Potencial.

Mapas de Aptitud Potencial	Uniones
Mapa de Aptitud Potencial de AGT con Aptitud alta y media	
Mapa de Aptitud Potencial de AAM con Aptitud alta	AGT + AAM = Unión 1
Mapa de Aptitud Potencial de CHI con Aptitud alta	Unión 1 + CHI = Unión 2
Mapa de Aptitud Potencial de LCP con Aptitud alta	Unión 2 + LCP = Unión 3
Mapa de Aptitud Potencial de CBS con Aptitud alta	Unión 3 + CBS = Unión 4
Mapa de Aptitud Potencial de CBT con Aptitud alta	Unión 4 + CBT = Unión 5
Mapa de Aptitud Potencial de EAD con Aptitud alta	Unión 5 + EAD = Unión 6
Mapa de Aptitud Potencial de CEN con Aptitud alta	Unión 6 + CEN = Unión 7
Mapa de Aptitud Potencial de CPA con Aptitud alta	Unión 7 + CPA = Unión 8
Mapa de Aptitud Potencial de GAE con Aptitud alta y media	Unión 8 + GAE = Unión 9
Mapa de Aptitud Potencial de GUA con Aptitud alta y media	Unión 9 + GUA = Unión 10
Mapa de Aptitud Potencial de MIN con Aptitud alta	Unión 10 + MIN = Unión 11
Mapa de Aptitud Potencial de VBU con Aptitud alta y media	Unión 11 + VBU = Unión 12
Mapa de Aptitud Potencial de AVT con Aptitud alta	Unión 12 + AVT = Unión 13
Mapa de Aptitud Potencial de MAM con Aptitud alta	Unión 13 + MAN = Unión 14
Mapa de Aptitud Potencial de VCB con Aptitud alta	Unión 14 + VCB = Unión 15

7.6.3. Pronóstico

De acuerdo al Manual del Proceso de Ordenamiento Ecológico, el Pronóstico “es la evaluación del comportamiento futuro de una situación, basándose en el análisis del pasado” (SEMARNAT, 2006). Asimismo, hace hincapié en la importancia de un buen diagnóstico para generar un pronóstico “robusto” e inferencias válidas.

El objetivo del pronóstico es “examinar la evolución de los conflictos ambientales, a partir de la predicción del comportamiento de las variables naturales, sociales y económicas, que puedan influenciar el patrón de ocupación del territorio”. Para esto se requiere un análisis de “los procesos de deterioro de los atributos ambientales que definen la aptitud de cada sector” con la finalidad de “generar mapas de tendencias de degradación de los atributos ambientales que definen la aptitud de cada sector”. Este análisis permitirá la “construcción de escenarios”,

que se concretará en un “mapa y descripción de los escenarios tendencial, contextual y estratégico” (SEMARNAT, 2006).

Entre las actividades recomendadas para el Pronóstico se encuentran el análisis de los procesos de deterioro de los atributos ambientales que definen la aptitud del territorio para cada sector y que se enfoca en modelar el comportamiento futuro de dichos atributos, considerando (SEMARNAT, 2006):

- El deterioro de los bienes y servicios ambientales (procesos de contaminación de suelo, agua y aire, etc.), así como los procesos de pérdida de cobertura vegetal y degradación de ecosistemas,
- Las tendencias de crecimiento poblacional y las demandas de infraestructura urbana, equipamiento y servicios urbanos,
- Las tendencias de crecimiento de la frontera agrícola,
- Las tendencias socioeconómicas de la región, considerando el crecimiento urbano a mediano y largo plazo (de 10 a 25 años).

7.6.3.1.Bienes y Servicios Ambientales

Si bien es difícil hacer una lista exhaustiva de los servicios que proveen los distintos ambientes que existen en la subcuenca, Costanza *et al,* (1997) hicieron una evaluación económica de una serie de servicios para casi todos los ambientes existentes. Aunque algunos, como los servicios proporcionados por los ecosistemas de desiertos no fueron evaluados, se muestran en la tabla CII como un indicador de la importancia económica relativa.

A nivel de biomas, el valor económico más alto estimado por Costanza *et al,* (1997) corresponde a los lagos y ríos con 8,498 US$/ha/año; bosques tropicales con 2,007 US$/ha/año; bosques templados con 303 US$/ha/año; pastizales con 232 US$/ha/año; y cultivares con 92 US$/ha/año.

Tabla CII. Evaluación económica de algunos servicios ambientales de ecosistemas naturales.

BIOMA	Superficie	Regulación		Suministro	Reciclamiento	Tratamiento	Tasa	Total
	M ha	Perturbaciones	Agua	Agua	Nutrientes	Deshechos	US$/ha/año	kUS$/año
Bosques	4,855						0	4,709
Tropical	1,900	5	6	8	921	87	2,007	
Templado/ boreal	2,955		0			87	303	
Pastizales	3,898		3			67	232	904
Ríos/lagos	200		5,445	2,117		665	8,498	1,700
Desierto	1,925						0	0
Cultivares	1,400						92	129
TERRESTRE	**15,323**						**0**	**12,320**

Fuente: Modificado de Costanza *et al*, (1997).

A nivel de servicios ambientales, las valoraciones más altas correspondieron al **reciclado de nutrientes**, donde los ecosistemas costeros, especialmente estuarios (21,100 US$/ha/año) y pastos marinos (19,002 US$/ha/año) tuvieron los valores más altos. La **regulación de perturbaciones** fue el siguiente en la valoración con pantanos (7,240 US$/ha/año), arrecifes coralinos (2,750 US$/ha/año) y manglares (1,839 US$/ha/año). El **tratamiento de desechos** fue el siguiente y correspondió a manglares (6,696 US$/ha/año) y pantanos (1,659 US$/ha/año). El **suministro de agua** correspondió a pantanos y llanuras de inundación (7,600 US$/ha/año) y lagos y ríos (2,117 US$/ha/año) y la **regulación de agua** para lagunas y ríos (5,445 US$/ha/año) (Costanza *et al,* 1997).

Los servicios ambientales más reconocidos son los hidrológicos, que junto con los de biodiversidad y de Fijación de Carbono son reconocidos por CONAFOR en sus programas de Pago por Servicios Ambientales. Por consiguiente, el suministro de agua directamente para consumo humano y su aprovechamiento con fines de producción, tanto agropecuaria y forestal, como industrial y servicios, debe ser la base del establecimiento de un mercado de servicios ambientales en la región y sobre la cual se podrían establecer hipótesis del desarrollo de esquemas de financiamiento sustentable para la implementación de sistemas de Pago por Servicios Ambientales locales.

Considerando que en el área de interés se tienen humedales (presas, represos y arroyos), ecosistemas forestales, se hace la consideración que los servicios ambientales más valiosos

serían, con base en esta información económica, los humedales que proveen fundamentalmente servicios ambientales por biodiversidad, seguidos por las áreas boscosas.

7.6.3.1.1. Servicios Ambientales por Biodiversidad

Los ambientes mixtos o ecotonos son los que reúnen condiciones que permiten un mayor número de interacciones, y por consiguiente mayor número de especies por superficie. En las presas y represos conviven organismos de agua dulce, terrestres y anfibios. Con este razonamiento es posible decir que los humedales como las presas y los represos son los ecosistemas que tienen la mayor diversidad biológica. Esto se refleja en la calidad y cantidad de servicios ambientales, como se mencionó en el apartado anterior. Entre los servicios ambientales suministrados por los humedales se encuentran la producción de biomasa para las pesquerías entre los más tangibles, además de remover la materia orgánica y los contaminantes; además, de dar forma y calidad del paisaje.

7.6.3.1.2. Servicios Ambientales Hidrológicos

En el área de ordenamiento ecológico existe una buena superficie de montañas que son responsables de la recarga de acuíferos, la fuente de agua más confiable en la región. Considerando que una de las principales fuentes de recarga de agua es el “Frente de Montaña”, entonces los ecosistemas de bosque, secos y templados, son importantes para el desarrollo económico estatal y local. Si bien los acuíferos se encuentran en las zonas de llanuras y valles, la generación de agua se lleva a cabo en la zona alta y debe reconocerse esta interacción.

7.6.3.2.Crecimiento Demográfico

Utilizando información estadística poblacional de INEGI se hicieron análisis de las tendencias de crecimiento demográfico usando como indicador la Tasa de Crecimiento Media Anual (TCMA).

7.6.3.2.1. Tasa de Crecimiento Media Anual (TCMA)

La tasa de crecimiento media anual estatal ha tenido un descenso continuo, de 4.1% en la década de los 1950s, a la actual, 1.5% debida, por un lado a descensos en la tasa de fecundidad 2.3% y por otro lado, una imigración del -3.8% (INEGI, 2009). Sin embargo, este dato puede llevar a conclusiones falsas porque existen áreas, como la frontera y la capital, con incrementos contínuos en la población, donde la evolución de las tasas de crecimiento, especialmente en Hermosillo que casi siempre es la tasa más alta, junto con Nogales y Agua Prieta. Las tasas de crecimiento de comunidades más pequeñas en donde es claro que el crecimiento poblacional es negativo o casi cero (Tabla CIII).

Tabla CIII. Tasa de Crecimiento Media Anual (TCMA) del Municipio de Mátape.

Censo	Número de habitantes total municipal	Periodo	Tasa de crecimiento
1930	1,579		
1940	1,877	1930 – 1940	29.80
1950	1,764	1940 – 1950	-11.30
1960	1,668	1950 – 1960	-9.60
1970	1,852	1960 – 1970	18.40
1980	1,848	1970 – 1980	-0.40
1990	1,686	1980 – 1990	-16.20
1995	1,701	1990 – 1995	3.00
2000	1,590	1995 – 2000	-22.20
2005	1,374	2000 – 2005	-43.20
2010	1,254	2005 – 2010	-24.00

7.6.3.3.Tendencias de Deterioro

Aunque hace tiempo se hicieron análisis de los principales fenómenos de degradación para el Estado de Sonora (Arias *et al.,* 1998) y algunos de estos fenómenos fueron retomados posteriormente (Peña, 2003), los principales fenómenos degradatorios en el área de ordenamiento ecológico están asociados a los recursos agua, cobertura vegetal y suelos. Debido a la ausencia de una actualización de la información analizada a finales de los 1990s, el costo y tiempo que requiere, se utilizará la información antes señalada para analizar las tendencias de deterioro.

7.6.3.3.1. Recursos Naturales

Como se mencionó previamente, las tendencias de deterioro se harán para los recursos agua, cobertura vegetal y suelos. No se incluyen fenómenos degradatorios como la contaminación del aire, no porque no existan sino porque son muy localizados y para la escala de trabajo de este programa los resultados de este tipo de análisis no son muy sensibles para el proyecto.

7.6.3.3.1.1.Disponibilidad de Agua Dulce

Si bien no existe un análisis parcial sobre la situación del agua para el área de ordenamiento ecológico, es posible hacer ciertas estimaciones con base en los datos del Organismo de Cuenca de la Región II Noroeste de la Comisión Nacional del Agua. En la Tabla CIV se puede apreciar claramente que, con excepción de la Cuenca del Río Yaqui, las cuencas son deficitarias. Las cuencas más deficitarias son la Cuenca del Río Sonora, seguida por la Cuenca del Río Concepción, Río Mayo y Río Mátape. Aunque la suma de escurrimiento superficial (escurrimiento virgen) y recarga de agua subterránea es del orden de 7,853 hm^3/año, se estima un total de agua disponible de 7,665 hm^3/año (CONAGUA, 2003). La demanda actual se estima en 6,690 hm^3/año.

Asimismo, se hizo un análisis en un escenario tendencial para el agua, que se muestra en la Tabla CV, mostrando que la cuenca del Río Sonoíta se une a la del Río Yaqui como no deficitaria. El escenario se basa en una reducción de la demanda anual a 5,447 hm^3, en la cuál se reducen el bombeo y los usos consuntivos en todas las cuencas.

Tabla CIV. Balance de agua superficial para la Región Noroeste II en el 2002.

FUENTE	TIPO	Volúmenes de agua para los componentes hidrológicas en cada cuenca (hm^3/año)						
		Sonoíta	Concepción	Sonora	Mátape	Yaqui	Mayo	Total
Escurrimiento Virgen	Superficial	14	186	335	72	3623	1228	5458
Recarga	Subterránea	136	550	617	129	792	171	2395
Uso Consuntivo	Superficial	2	118	179	69	2732	975	4075
Extracciones	Subterránea	144	747	840	232	351	301	2615
Balance	Total	-8	-197	-223	-103	441	-130	-220

Basado en información de: Comisión Nacional del Agua. 2003. Programa Hidráulico Regional 2002-2006. Región II Noroeste. pp 52-56

Tabla CV. Balance de agua superficial para la Región Noroeste II en el Escenario Tendencial

FUENTE	TIPO	Volúmenes de agua para los componentes hidrológicas en cada cuenca (hm^3/año)						
		Sonoíta	Concepción	Sonora	Mátape	Yaqui	Mayo	Total
Escurrimiento Virgen	Superficial	14	186	335	72	3623	1228	5458
Recarga	Subterránea	136	544	617	129	792	171	2388
Uso Consuntivo	Superficial	1	92	165	49	2131	824	3262
Extracciones	Subterránea	106	577	749	186	304	263	2185
Balance	Total	30	-33	-252	-57	488	-92	204

Basado en información de: Comisión Nacional del Agua. 2003. Programa Hidráulico Regional 2002-2006. Región II Noroeste. p 81

El escenario sustentable corresponde a una reducción en los déficits de sobrexplotación de los acuíferos y el tratamiento y reuso de aguas residuales, especialmente domésticas; sin embargo, el mismo documento reconoce que incluso al año 2025 van a continuar los problemas de sobrexplotación de acuíferos (CONAGUA, 2003) en el escenario satisfactorio (reducción lenta de la sobrexplotación de acuíferos).

7.6.3.3.2. Calidad del Agua Dulce

Enseguida se describen en forma específica los aspectos de calidad del agua en las principales fuentes de suministro de agua.

7.6.3.3.2.1. Agua Superficial

De acuerdo a la Comisión Nacional del Agua (2003), “los principales problemas de contaminación de la región se ubican en tramos localizados de los cauces de los ríos, en las zonas de riego con aguas superficiales, cuyos drenes son receptores de descargas de centros poblacionales, industrias, actividades pecuarias y aguas de retorno agrícolas.

En ausencia de un análisis regional completo, Peña (2003) presentó un mapa de localización de las descargas de aguas residuales, como indicador de contaminación de aguas superficiales, mismo que se presenta en la Figura 76, para la subcuenca.

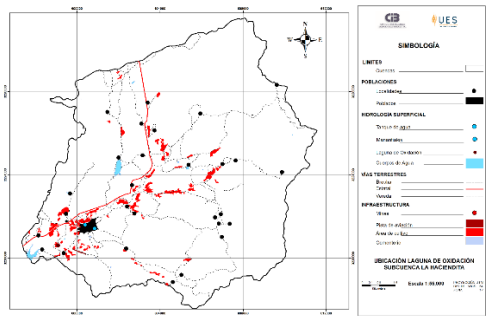


Figura 76. Ubicación de la Laguna de Oxidación en la Subcuenca.

7.6.3.3.2.2.Aguas Subterráneas

De acuerdo a la Comisión Nacional del Agua (2003), “En las zonas de riego por bombeo, el uso de agroquímicos está creando una contaminación difusa, de la cual, se desconoce la magnitud y el impacto. No obstante, a medida que transcurre el tiempo, dicha contaminación se agrava y pone en riesgo a las propias fuentes de suministro.” Si bien los problemas de contaminación por agroquímicos son importantes, probablemente no sean tan graves como la intrusión salina. Existen varios reportes de afectación de los acuíferos debido a la sobrexplotación, quedando el nivel de agua dulce abajo del nivel del mar y, en consecuencia se tiene una cuña de agua de mar que en algunos casos se reporta un avance de hasta 60 km en la Costa de Hermosillo (Monreal *et al.*, 2002).

7.6.3.3.3. Cobertura Vegetal

El análisis para la reducción de la cobertura vegetal tampoco permite hacer predicciones cuantitativas. Aunque las tasas de remoción de vegetación debido a cambios de uso del suelo han disminuido, es difícil compararlas con las debidas a causas naturales como incendios o sequía.

La Figura 77 muestra las tasas con perturbaciones a la vegetación natural, donde se observa que las áreas perturbadas más extensas están asociados a cambios de uso del suelo con fines agrícolas, poco más de un millón de hectáreas; y ganaderas, con casi medio millón de

hectáreas a nivel estatal y a nivel de la subcuenca se presenta en la Tabla CVI. Otra actividad que ha reducido la cobertura vegetal natural son las obras de infraestructura, las más notables son las áreas inundadas por presas, represos y las carreteras. Las minas a cielo abierto, a pesar de su impacto visual, es casi imperceptible a la escala estatal.

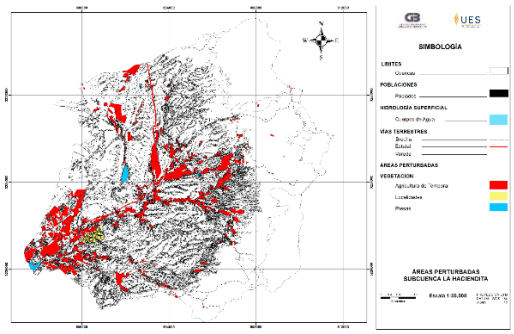


Figura 77. Áreas perturbadas en la Subcuenca La Haciendita.

Tabla CVI. Áreas Perturbadas en la Subcuenca La Haciendita.

Áreas Perturbadas	Hectáreas	% del Total del Área perturbada	% del Total de la superficie de la Subcuenca
Agricultura de Temporal	821.9740	91.30	6.55
Cuerpos Agua	32.4730	3.61	0.26
Localidades	45.8870	5.10	0.37
Total área perturbada	900.3340	100.00	7.17
Total área perturbada	900.3340	7.17	7.17
Áreas con Vegetación Natural	11,652.1770	92.83	92.83
	12,552.5110	100.00	100.00

En resumen, se puede observar que la mayor reducción de la cobertura vegetal se encuentra en las llanuras y en los lomeríos de la subcuenca, y su origen es el cambio de uso del suelo con fines agropecuarios.

7.6.3.3.3.1. Erosión

Existe un documento de análisis de los fenómenos de degradación a nivel nacional (Sedesol-Conaza, 1994), pero la escala del mapeo es muy grande (escala 1:2´000,000) y la estimación de los parámetros no fue muy precisa, además de que la metodología utilizada no ha sido

validada. Sin embargo, considerando que no hay muchas referencias al respecto, incluimos esa información para el área de interés.

En la figura 78 se muestra un Mapa de Erosión Actual en la Subcuenca La Haciendita (Arias y *et al.*, 1998), realizado con información con mayor precisión, escala 1:250,000 en el cual se muestra que las topoformas Sierra Alta, Sierra baja, bajada con lomerío, presentan tasas de erosión hídrica significativas (de moderadas a muy severas) (16-512 Mg/ha/año)[2]; y erosión hídrica **ligera** (0.1-16 Mg/ha/año) en las topoformas Sierra baja, bajada con lomerío, lomerío, llanura y cauce (Tabla CVII) (Arias *et al.*, 1998; López Reyes, 2006).

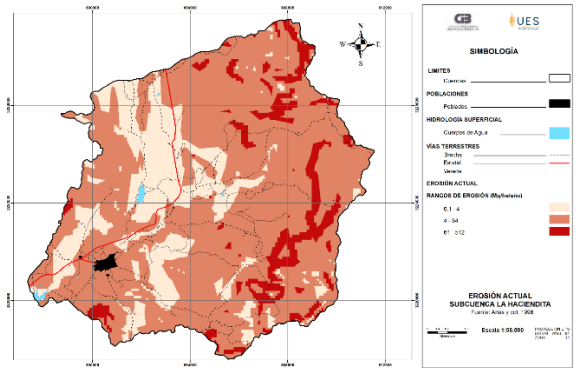


Figura 78. Erosion actual en la Subcuenca La Haciendita.

Tabla CVII. Topoformas, clases y toneladas por hectárea por año, sus superficies y porcentajes.

TOPOFORMAS	Mg/ha/año	HECTAREAS	%
Lomerío, llanura y cauce	0.1 - 4	2,650.9520	21.12
Sierra Alta, sierra baja, bajada con lomerío, lomerío	4 - 64	8,846.8240	70.48
Sierra Alta, sierra baja, bajada con lomerío	64 - 512	1,054.7260	8.40
		12,552.5020	100.00

Lo que se puede resumir de la información de erosión es que las zonas más sensibles de erosión hídrica se encuentran en la Provincia **Sierra Madre Occidental**, en la Subprovincia **Pie de la Sierra**, y en las topoformas Sierra Alta y Bajada con Lomerío mientras que las zonas más sensibles de erosión eólica se encuentran en la Provincia Llanura Sonorense, en

[2] Los grados de erosión presentados corresponden a la clasificación de la FAO que se basa en la velocidad de pérdida de la capa superficial del suelo, medida en número de toneladas por hectárea al año, se considera ligera: 0 a 10; moderada: 10 a 50; severa: 50 a 200; muy severa más de 200 (López Reyes, 2006).

la Subprovincia **Sierras y Llanuras Sonorenses,** sobretodo en las zonas sin vegetación aparente en las topoformas Sierra Baja, Lomerío, Llanura y Cauce.

7.6.3.4.Atributos Ambientales

A continuación se hace una descripción de los atributos más importantes dentro de cada sector con la finalidad de conocer las tasas de degradación de los atributos ambientales con la finalidad de analizar los escenarios posibles para cada actividad económica analizada.

7.6.3.4.1. Agricultura

El panorama de la agricultura de agua dulce no se ve con tendencia al crecimiento, sino al contrario, a reducirse, como se explica a continuación.

7.6.3.4.1.1.Agricultura de Agua Dulce

Tres de los atributos ambientales de esta actividad la ponen en riesgo: la disponibilidad de agua, la calidad del agua dulce (salinidad) y la calidad de los suelos (salinización). En los tres casos, la agricultura está gravemente amenazada al punto que la agricultura de riego por bombeo va a reducirse significativamente en los próximos años. La demanda de agua de otros sectores, doméstico e industrial, pone en peligro la disponibilidad de la misma.

En conclusión, la agricultura con agua dulce tiene un escenario negativo en el futuro debido a reducción en la disponibilidad de agua, reducción de la calidad del agua y procesos de salinización del suelo. La Comisión Nacional del Agua (2003) tiene en su escenario sustentable la reducción de aproximadamente 10,000 ha en los distritos de riego del estado.

7.6.3.4.2. Cinegético

7.6.3.4.2.1. Venado Cola Blanca, Venado Bura y Mamíferos Menores

Las amenazas a la cacería de venados, jabalí y otros mamíferos, están asociadas a la perturbación en el hábitat, tanto por la ocupación potencial por el turismo inmobiliario como a la reducción de la cobertura vegetal.

Esto muestra la necesidad de poner atención especial a las guías de construcción y la densidad de ocupación del turismo inmobiliario.

7.6.3.4.2.2.Aves Migratorias

Los atributos ambientales que afectan a las aves migratorias están relacionados con la pérdida y/o reducción de la calidad del hábitat. El hábitat de estas aves está asociado a humedales del tipo estuarino intermareal con vegetación, esteros, manglares y cuerpos de agua dulce (presas y represos). La remoción de la vegetación, desmontes, y la calidad de las aportaciones de agua dulce son las principales amenazas. La calidad de las aportaciones proviene de dos fuentes, la reducción de las aportaciones de agua dulce por demandas en los sectores aguas arriba (agrícolas y domésticas) y la contaminación por sustancias tóxicas (metales pesados y agroquímicos), exceso de nutrientes y sólidos, pone en riesgo su conservación.

En resumen, la cacería de aves migratorias corre el riesgo de disminuir por disminución de la disponibilidad de agua dulce y contaminación, ambas por actividades agrícolas y domésticas.

7.6.3.4.2.3.Aves Residentes

El caso de la cacería de aves residentes no es tan dramático como el de aves migratorias porque se han adaptado mejor al nuevo hábitat, terrenos agrícolas, donde el alimento está

garantizado y en todo caso, los sitios de anidación o refugio representan un riesgo. Por lo tanto, las tasas de desmontes son críticas para esta actividad.

Aunque no se tiene información suficiente para hacer un pronóstico de la situación de la cacería en la Subcuenca, el escenario tendencial se mostraría con un aumento en UMAs y el equivalente en los ingresos.

Aunque es conveniente mencionar que el caso de la actividad cinegética con aves migratorias, depende de la condición de los humedales. En nuestro escenario tendencial, la situación se mantendría con las áreas perturbadas actualmente en la misma superficie. El escenario sustentable, las condiciones de los humedales mejorarían a través de las medidas de protección de los humedales que se establecen como recomendaciones en este documento.

7.6.3.4.3. Conservación

De todos los sectores, este es el más afectado en un escenario tendencial, como se describirá a continuación.

7.6.3.4.3.1.Ecosistemas de Agua Dulce

Indudablemente que los ecosistemas de agua dulce son los más amenazados por el desarrollo. La situación de déficit hídrico del estado hace que cada vez las pocas fuentes de agua sean explotadas hasta su desaparición provocando así la extinción o poniendo en peligro especies de agua dulce y la fauna y flora asociada a los cuerpos de agua naturales. El escenario tendencial es preocupante y registra un aumento en la desaparición de especies. Las posibles soluciones son la búsqueda de técnicas más eficientes en las actividades humanas, especialmente la agricultura que es el principal consumidor de este recurso, seguido por la contaminación provocada por la falta de tratamiento de aguas residuales, especialmente las domésticas, responsabilidad de los organismos operadores municipales.

7.6.3.4.3.2.Bosques Secos y Templados

Los bosques, tanto secos como templados, son responsables de los Servicios Ambientales Hidrológicos; sin embargo, para que estos servicios sigan siendo de buena calidad, el atributo ambiental, cobertura vegetal, debe mantener una adecuada cobertura vegetal para amortiguar los impactos de las fluctuaciones climáticas de por sí extremas en el estado. Asimismo, otro de los servicios ambientales, biodiversidad, es importante porque estos ambientes tienen gradientes altitudinales importantes creando situaciones de microclima donde se tienen mayor número de especies.

En conclusión, los bosques son importantes porque proveen servicios ambientales hidrológicos y de biodiversidad; sin embargo, la reducción de la cobertura vegetal por los desmontes pone a estos ecosistemas en riesgo. Nuestro escenario tendencial es que las coberturas vegetales se mantienen, mientras que en el escenario sustentable, se mejoran las condiciones ambientales.

7.6.3.4.3.3.Ecosistemas de Desierto

Uno de los distintivos estatales es el Desierto de Sonora, un ícono de los desiertos a nivel mundial, donde especies endémicas como las cactáceas columnares son la imagen con la que nos identifican. Sin embargo, estas especies y un sinnúmero de otras cactáceas y agaváceas se han visto afectadas por desmontes principalmente. Aparentemente, los grandes desmontes son cosa del pasado, pero la amenaza todavía existe y, si bien en el escenario tendencial todavía existe un peligro, en el escenario sustentable, se considera eliminado.

7.6.3.4.3.4.Pastizales

El estado de Sonora es visto como un lugar de vaqueros, donde el ganado pasta en los grandes pastizales abundantes de especies palatables; la realidad es que estos ecosistemas han sido sobrexplotados por mucho tiempo y la imagen de productividad pecuaria es casi cosa del pasado. A pesar de ello, existen todavía muchas especies y muchas instituciones de investigación como INIFAP y las universidades tienen programas para la restauración de estos paisajes que son parte de la imagen estatal.

Las tendencias ganaderas actuales muestran más un enfoque intensivo y esto implica una menor presión sobre los pastizales. En el escenario tendencial no se ven grandes cambios, pero en el escenario sustentable implica la restauración de pastizales y su fauna.

7.6.3.4.4. Mineria

La minería en Sonora seguirá creciendo con grandes inversiones, en la próxima década, dependiendo de las inversiones extranjeras y enfocadas principalmente a los metales tradicionales: cobre, oro y plata, basado en las siguientes consideraciones:

1. Los altos precios de los productos mineros en espacial los metales preciosos, los cuales se prevé se mantengan por más de tres años;
2. Las mayores restricciones ambientales en los Estados Unidos;
3. La demanda de productos mineros de uso industrial de China y la India;
4. El desarrollo de nuevas tecnologías para la extracción de minerales de baja ley, las cuales requieren de altas inversiones;
5. Las economías de escala y las grandes inversiones requeridas desde la prospección hasta el arranque;
6. La predisposición del gobierno federal en utilizar las actividades mineras como detonante del desarrollo económico en regiones altamente marginadas e incomunicadas;
7. La intención de las normas existentes de circunscribir a los puntos de extracción y operaciones, la contaminación o daño ambiental y la reversión ambiental, en caso de abandono de las operaciones;
8. Se cuenta con capacidad humana formada en el estado además de profesionalismo en las dependencias gubernamentales involucradas.

Se considera que las políticas ambientales están claramente definidas y que pasaron de ser normas aplicables a toda la industria para, ahora, elaborarse cada vez más específicamente a ciertas partes o procesos mineros con el fin de facilitar su aplicación.

A nivel de gobierno estatal se carece del apoyo en infraestructura y estímulos para el pleno desarrollo de los distritos mineros, la pequeña minería y la minería social a través de la reactivación de plantas de beneficio. Además de que se requiere promover la organización de los pequeños mineros y de aquellas comunidades que constituyen la minería social con el fin de apoyarlos en parte de los procesos además de elaborar un inventario de la localización de sus actividades y organizarlos en empresas rentables.

Por último es clara la competencia por el agua con las actividades agrícolas y ganaderas. Aun con la falta de apoyo con los pequeños mineros y los conflictos por agua se espera que la minería de metales preciosos crezca en un 30% durante los próximos cinco años.

Los minerales de uso industrial presentan precios por debajo de los que se vieron en 1980 por lo que se estima que estos seguirán manteniéndose durante la próxima década.

El resto de productos responde a los incrementos tendenciales ajustados por aumentos de precios y en algunos casos a demandas específicas como el caso del carbón antracítico por su uso en algunas termoeléctricas.

Es por esto que se estima que se tendrá un crecimiento en la producción minera en al menos un 30% en la próxima década para volver, a la baja en los siguientes años siguiendo los patrones de ciclicidad en los precios. El incremento en producción se dará en base a la apertura de nuevas minas de oro y plata y el cobre mostrará un alto incremento cuando inicie operaciones la mina de Cananea.

7.6.3.4.5. Turismo

7.6.3.4.5.1.Turismo Aventura

El turismo aventura en general es agresivo con el ambiente. Quizá la actividad más agresiva es el Turismo con Vehículos Todo Terreno por la perturbación y modificación al hábitat; sin

embargo, una correcta normatividad para la actividad la compatibiliza con la protección ambiental y conservación de los recursos naturales.

En suma, el turismo aventura tiene las mismas amenazas que el turismo tradicional e inmobiliario, la disponibilidad y calidad de aguadulce para los participantes; pero más importante es que representa una amenaza a los ecosistemas naturales si no siguen reglas de disposición de residuos sólidos y líquidos, así como el diseño de las rutas requeridas.

Haciendo un resumen de los atributos ambientales importantes para la maximización de las actividades, los procesos de deterioro más importantes son aquellos relacionados con la reducción de la disponibilidad de agua dulce (ineficiencia y competencia por el consumo de agua) y su calidad (contaminación del agua), la reducción de la cobertura vegetal (desmontes). Desafortunadamente, las ineficiencias en los principales usuarios del agua, sector agrícola y doméstico, son muy altas y su corrección es cara; sin embargo, ambos sectores tienen estrategias para situaciones extremas, en el caso de la agricultura se reduce la superficie agrícola y en el caso del uso doméstico, se raciona el servicio.

7.6.3.5.Escenarios de Crecimiento de las Actividades Sectoriales

Aunque el Manual recomienda la construcción de tres escenarios: tendencial, contextual y estratégico, en ausencia de datos cuantitativos para hacer proyecciones numéricas de la situación de los cinco sectores analizados, se presentaron dos escenarios, el tendencial y el estratégico.

En síntesis, las actividades más relevantes en el área de interés son primarias (agricultura, ganadería, forestal y cinegético) y aunque se ha reducido significativamente, sus tendencias son a la estabilización. Las actividades terciarias (turismo) muestran una tendencia al crecimiento; sin embargo, la ocupación, en términos territoriales, es mucho menor que las actividades primarias.

7.6.3.5.1. Escenario Tendencial

El escenario tendencial muestra “las tasas de cambio calculadas a partir del análisis histórico de las variables. Las amenazas más importantes detectadas fueron: disponibilidad de agua dulce, calidad del agua dulce, y la reducción de la cobertura vegetal por cambio de uso del suelo.

La disponibilidad de agua dulce es el problema más grave. La competencia por este recurso es cada vez mayor, aunque también se exploran nuevas tecnología de purificación del agua. La amenaza más grande está en las demandas de agua en el sector agrícola seguida por las demandas en el sector doméstico o municipal. El siguiente problema es la calidad del agua, que requiere un esfuerzo de la sociedad, que actualmente no ha visto soluciones en el corto y mediano plazo, **por lo que en el escenario tendencial, la calidad y cantidad de agua son las grandes amenazas al desarrollo regional**. Finalmente, las tasas de desmontes en la región de interés han disminuido significativamente, por lo que no es una amenaza muy grande, sin embargo, está latente para los desarrollos inmobiliarios y ampliación de la frontera agrícola.

7.6.3.5.1.1.Sector Agricultura

La expansión de la frontera agrícola para agricultura con aguadulce en el área de interés se ve poco probable.

7.6.3.5.1.2.Sector Cinegético

Una de las amenazas para el sector cinegético que se mencionó en los talleres sectoriales no es la superficie ni las tendencias de deterioro, sino la edad de los cazadores. Aparentemente, no hay recambios con nuevas generaciones y eso representa la mayor amenaza. Curiosamente, las poblaciones de especies cinegéticas tampoco representan una restricción a la actividad.

7.6.3.5.1.3.Sector Conservación

El sector conservación es el más afectado por distintas razones. De todos los ecosistemas los más afectados actual y potencialmente son los ecosistemas dulceacuícolas. Aunque posteriormente se hará un análisis, los desmontes, la disminución de la disponibilidad de agua dulce y la contaminación de agua son sus principales amenazas. Aunque los bosques templados no han sido muy afectados, existe un alto potencial de impacto negativo por el desarrollo inmobiliario y construcción de caminos. Considerando que el turismo es una de las actividades más beneficiadas por las bellezas escénicas, pero contradictoriamente, también representa una amenaza para estos ecosistemas. Es evidente que se requiere una buena planeación de las actividades económicas congruentes con la conservación de estos recursos.

7.6.3.5.1.4.Sector Turismo

En la zona continental, en el subsector Turismo de Aventura, las rutas turísticas con atractivos variados requiere una promoción e infraestructura que puede elevar al estado a un alto nivel de desarrollo económico.

7.6.3.5.2. Escenario Estratégico

Finalmente, el escenario estratégico tiene como finalidad mostrar diversas medidas estratégicas para disminuir las tendencias de deterioro. Se busca establecer medidas estratégicas que permitan disminuir el deterioro de los diversos atributos y los conflictos ambientales. El escenario tendencial es la línea base sobre la cual se tiene que trabajar para menguar, vía la atención de las causas, los conflictos ambientales más significativos.

Con base en las deficiencias en el escenario tendencial, cantidad y calidad de agua dulce, el escenario tendencial debe incluir estos temas. Para enfocar el problema de la cantidad de agua, o se buscan nuevas tecnologías de desalación de agua o se aplican programas de uso eficiente del agua. En el caso de la calidad del agua, la solución aceptable es la instalación

de plantas de tratamiento de agua que traten las aguas residuales y sus efluentes efectivamente y sean utilizadas para su reciclamiento. Esto es muy importante porque la proliferación de lagunas de oxidación lo único que ha traído es un continuo déficit porque el agua es evaporada en las lagunas y los contaminantes se concentran en el fondo de las lagunas. Cuando su capacidad es excedida, en lugar de rehabilitarla, se hace otra laguna, que sólo va a evaporar y concentrar contaminantes en otro sitio.

El escenario tendencial debía mostrar un interés en la educación e información ambiental para inducir cambios en las actitudes de la gente porque algunas acciones son llevadas por actitudes irresponsables de la población, como son la disposición irregular de residuos sólidos y líquidos.

7.6.3.5.2.1.Sector Agricultura

La frontera agrícola se va a contraer en el escenario sustentable y se va a hacer más eficiente, con cultivos más rentables y tecnología de producción más sofisticada enfocada a aumentar el valor de la producción.

En los distritos de riego por gravedad, los cambios tecnológicos no se están dando a una velocidad acorde con las circunstancias. Asimismo, los problemas de salinización y las crisis en el suministro de agua dulce también ponen en duda la expansión de la frontera agrícola, por lo que se manifiesta una reducción de la superficie agrícola con agua dulce.

7.6.3.5.2.2.Sector Cinegético

La situación del sector cinegético se ve difícil para el futuro. La estrategia que están utilizando es más difusión y concertación de acciones con los dueños de predios con la finalidad de mantener la actividad en un estado óptimo, considerando que las acciones actuales mantienen el número de poblaciones de las especies de interés cinegético. Esto involucra una mayor promoción de la actividad cinegética.

7.6.3.5.2.3.Sector Conservación

En el sector conservación la idea fundamental es la restauración de los ecosistemas dulceacuícolas. Asimismo, se requiere establecer programas para la restauración de los servicios ambientales hidrológicos. Finalmente, la restauración de gasto ecológico, especialmente en las pocas corrientes perennes del estado es necesaria para la restauración de los humedales costeros, especialmente en el sur del estado.

7.6.3.5.2.4.Sector Mineria

En el sector minero se espera tenga un crecimiento significativo con nuevas minas de oro y plata, y los productos minerales de uso industrial o para la construcción también se incrementan en bajas tasas en la próxima década. Sin embargo, la ubicación nuevas minas es incierta ya que depende de las exploraciones particulares. También se prevé que minas que actualmente no se encuentra en operación entren a producir de continuar los aumentos de los precios de minerales que dan rentabilidad a las explotaciones de baja ley.

7.6.3.5.2.5.Sector Turismo

Es necesario un desarrollo turístico compatible con la protección ambiental a través del turismo alternativo. Esto requerirá la aplicación de normas de construcción, tanto para los desarrollos como la infraestrcutura asociada; esto es, el tendido del cableado eléctrico, la instalación de plantas de tratamiento de aguas residuales, la instalación de sistemas de desalación de agua, el mejoramiento de la red carretera, etc. Además, se requiere el mejoramiento de las vías de comunicación y los servicios turísticos.

7.6.4. Propuesta

7.6.4.1. Modificación del Mapa fisiográfico escala 1:10,000, y unión con el de aptitud potencial del sector minero.

El mapa fisiográfico escala 1:10,000 (Figura 56), de 12 polígonos fue modificado, quedando con 18 polígonos y este se unió al mapa de aptitud potencial de minería con aptitud alta, generándose un mapa con 19 polígonos en total, esto con la finalidad de separar las áreas que potencialmente pueden generar conflicto con los demás sectores productivos; el cual se utilizo al final para obtener las Unidades de Gestión Ambiental (UGAs) (Figuras 79 y 80).

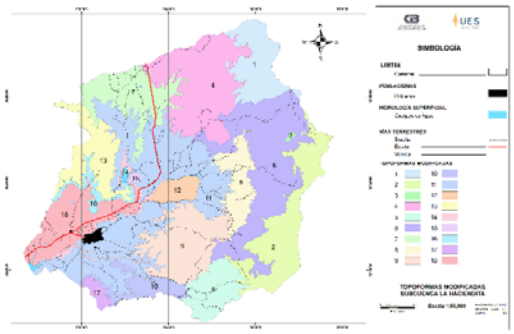


Figura 79. Mapa fisiográfico de 18 polígonos.

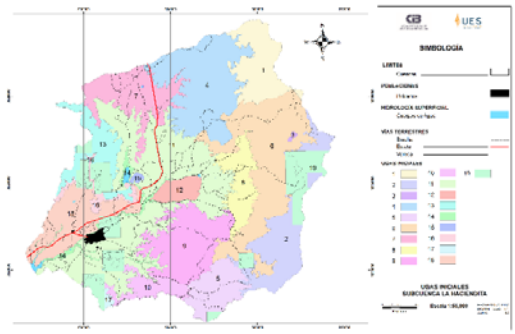


Figura 80. Mapa fisiográfico en unión con el mapa de aptitud minera con 19 polígonos.

7.6.4.2. Unión del mapa fisiográfico de 19 polígonos con el mapa de las uniones de los mapas sectoriales.

Este último se unió al último mapa generado en las uniones de los mapas sectoriales (Tablas CVIII y CI) (Figuras 80 y 81).

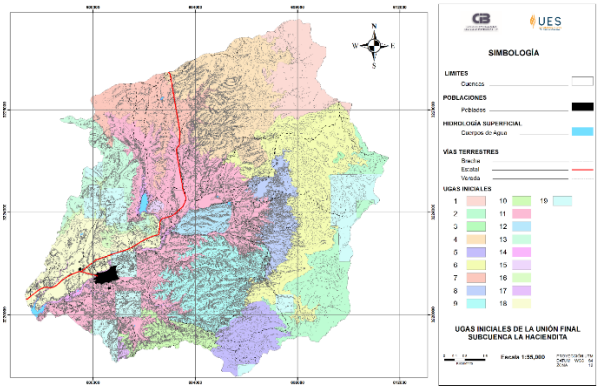


Figura 81. Mapa resultado de la union del último mapa generado en las uniones de los mapas sectoriales el mapa fisiográfico de 19 polígonos.

Tabla CVIII. Union del último mapa de Aptitud Potencial con el mapa fisiográfico y el mapa de aptitud minera.

Mapas de Aptitud Potencial	Uniones
Mapa Fisiográfico modificado escala 1:10,000	MF + MIN = Unión 16 Unión 16 + Unión15 = Unión17

7.6.4.3.Revisión de las UGAs.

Se revisaron las características de cada una de las UGAs, para encontrar las diferencias entre ellas, las que no presentaron diferencias se unieron con el comando de Edit (Union) del ArcView, quedando al final un total de 16 UGAs (Figuras 82 y 83).

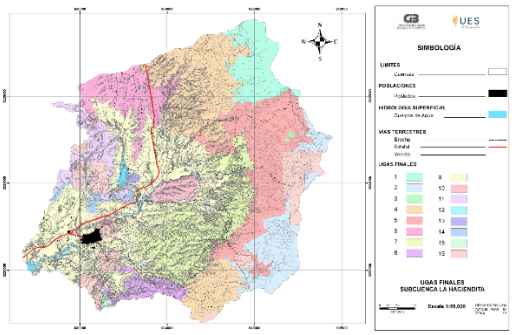


Figura 82. Mapa modificado de 16 UGAs.

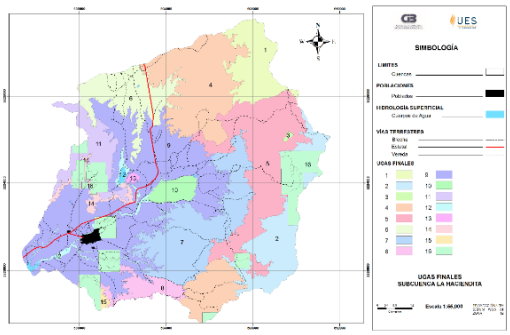


Figura 83. Mapa modificado de 16 UGAs.

En la Tabla CIX se pueden apreciar las UGAs presentes en la Subcuenca, su superficie y porcentajes de cada una.

Tabla CIX. UGAs presentes en la Subcuenca La Haciendita, su superficie y porcentaje.

TOPOFORMAS	CLAVE	UGA	HECTAREAS	%
Sierra alta	100-0/01	1	662.7470	5.28
Sierra alta	100-0/01	2	797.1330	6.35
Sierra alta	100-0/01	3	10.0850	0.08
Bajada con lomerío	402-0/01	4	1,885.1730	15.02
Bajada con lomerío	402-0/01	5	1,631.0330	12.99
Lomerío	205-0/02	6	772.7070	6.16
Lomerío	205-0/02	7	1,433.0430	11.42
Lomerío	205-0/02	8	287.7940	2.29
Llanura	500-0/01	9	3,134.3970	24.97
Llanura	500-0/01	10	201.9870	1.61
Sierra baja	100-0/03	11	446.3380	3.56
Cauce	500-0/01	12	176.6950	1.41
Sierra baja	100-0/04	13	21.9440	0.17
Bajada con lomerío	402-0/01	14	122.4700	0.98
Sierra baja	100-0/04	15	26.0120	0.21
Varias Topoformas		16	942.9540	7.51
Total			12,552.5120	100.00

7.6.4.4.Descripción de las Unidades de Gestión Ambiental (UGAs)

Los subsectores productivos presentes en cada una de las UGAs se presentan en las Tablas CX y CXI.

Tabla CX. Subsectores productivos en las UGAs.

UGA / SECTOR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
AGT-A						X			X	X		X				X
AGT-M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
AAM-A					X	X			X			X				X
AVT-A	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
GUA-A	X	X	X	X	X											X
GUA-M	X	X	X	X	X											X
MAM-A	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VBU-A	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VBU-M	X			X	X	X	X	X	X	X		X				X
VCB-A	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
CHI-A	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
LCP-A	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
CBS-A	X	X	X	X	X		X	X	X		X			X	X	X
CBT-A	X	X	X	X	X											X
EAD-A		X			X	X	X		X			X				X
CEN-A	X	X	X	X	X		X	X								X
CPA-A	X	X	X	X	X											X
GAE-A	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MIN-A																X
TOTAL	15	15	14	15	17	12	12	11	13	10	9	12	8	9	9	19

Tabla CXI. Sectores productivos en las UGAs.

UGA	Sectores productivos	Interac	Topoformas	Clave
1	AGT-M AVT-A GUA-A GUA-M MAM-A VBU-A VBU-M VCB-A CHI-A LCP-A CBS-A CBT-A CEN-A CPA-A GAE-A	15	Sierra alta	100-0/01
2	AGT-M AVT-A GUA-A GUA-M MAM-A VBU-A VCB-A CHI-A LCP-A CBS-A CBT-A EAD-A CEN-A CPA-A GAE-A	15	Sierra alta	100-0/01
3	AGT-M AVT-A GUA-A GUA-M MAM-A VBU-A VCB-A CHI-A LCP-A CBS-A CBT-A CEN-A CPA-A GAE-A	14	Sierra alta	100-0/01
4	AGT-M AVT-A GUA-A GUA-M MAM-A VBU-A VBU-M VCB-A CHI-A LCP-A CBS-A CBT-A CEN-A CPA-A GAE-A	15	Bajada con lomerío	402-0/01
5	AGT-M AAM-A AVT-A GUA-A GUA-M MAM-A VBU-A VBU-M VCB-A CHI-A LCP-A CBS-A CBT-A EAD-A CEN-A CPA-A GAE-A	17	Bajada con lomerío	402-0/01
6	AGT-A AGT-M AAM-A AVT-A MAM-A VBU-A VBU-M VCB-A CHI-A LCP-A EAD-A GAE-A	12	Lomerío	205-0/02
7	AGT-M AVT-A MAM-A VBU-A VBU-M VCB-A CHI-A LCP-A CBS-A EAD-A CEN-A GAE-A	12	Lomerío	205-0/02
8	AGT-M AVT-A MAM-A VBU-A VBU-M VCB-A CHI-A LCP-A CBS-A CEN-A GAE-A	11	Lomerío	205-0/02
9	AGT-A AGT-M AAM-A AVT-A MAM-A VBU-A VBU-M VCB-A CHI-A LCP-A CBS-A EAD-A GAE-A	13	Llanura	500-0/01
10	AGT-AAGT-M AVT-A MAM-A VBU-A VBU-M VCB-A CHI-A LCP-A GAE-A	10	Llanura	500-0/01
11	AGT-M AVT-A MAM-A VBU-A VCB-A CHI-A LCP-A CBS-A GAE-A	9	Sierra baja	100-0/03
12	AGT-A AGT-M AAM-A AVT-A MAM-A VBU-A VBU-M VCB-A CHI-A LCP-A EAD-A GAE-A	12	Cauce	500-0/01
13	AGT-M AVT-A MAM-A VBU-A VCB-A CHI-A LCP-A GAE-A	8	Sierra baja	100-0/04
14	AGT-M AVT-A MAM-A VBU-A VCB-A CHI-A LCP-A CBS-A GAE-A	9	Bajada con lomerío	402-0/01
15	AGT-M AVT-A MAM-A VBU-A VCB-A CHI-A LCP-A CBS-A GAE-A	9	Sierra baja	100-0/04
16	AGT-A AGT-M AAM-A AVT-A GUA-A GUA-M MAM-A VBU-A VBU-M VCB-A CHI-A LCP-A CBS-A CBT-A EAD-A CEN-A CPA-A GAE-A MIN-A	19	Varias Topoformas	Mineria

Cabe hacer la aclaración que:

- El orden de los sectores y subsectores que se presenta no tiene ninguna prioridad, es solo un orden alfabético.
- La prioridad en cuanto al aprovechamiento de alguno de los sectores y subsectores se deja a la preferencia del propietario de la tierra, se le informa de cuales son las actividades productivas que se pueden desarrollar con el mínimo de capital, en su propiedad, sea esta ejidal o privada.
- Se tomo la decisión de hacerlo de esta manera, ya que facilita la toma de decisiones para el grupo de trabajo, para la autoridad rectora, ya que es un instrumento de planeación y además para el titular del terreno.

- Los mapas resultantes del análisis de aptitud son mapas potenciales, ya que son una propuesta de las actividades económicas que pueden desarrollarse en base a las características y a los recursos naturales presentes en el área.

En la Tabla CXII, se presenta la ubicación de las Unidades de Gestión Ambiental (UGA).

Tabla CXII. Ubicación de las UGAs en la Subcuenca.

UGA	Ubicación en la Subcuenca	Topoformas	Clave
1	Al Noreste en la Sierra Agua Verde delimitando con las UGAs 4 al Oeste y 5 al Sur	Sierra alta	100-0/01
2	Al Este en la Sierra El Carrizo delimitando con las UGAs 4 al Sur centro y 5 al oeste y con un lote de la UGA 16	Sierra alta	100-0/01
3	Al Este entre la Sierra Agua Verde y la Sierra El Carrizo entre las UGAs 1 y 2 y dentro de la UGA 5	Sierra alta	100-0/01
4	Al norte y este en la Bajada con Lomerío de la Sierra Agua Verde entre las UGAs 1 y 6, además de una parte al Sur centro entre las UGAs 2, 7 y 8	Bajada con lomerío	402-0/01
5	Al Este y Sureste en la Bajada con Lomerío de la Sierra El Carrizo entre las UGAs 2 y 7	Bajada con lomerío	402-0/01
6	Al Noroeste en los Lomeríos entre las UGAs 4, 6,9 y 11	Lomerío	205-0/02
7	Al Este y Sureste entre las UGAs 5, 8, 9 y al Sur la 4	Lomerío	205-0/02
8	Al sur entre las UGAs 4, 7, 9 y 15	Lomerío	205-0/02
9	Centro hacia el Suroeste entre las UGAs 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 13 y 14	Llanura	500-0/01
10	En el Centro hacia el Este, dentro de la UGA 9	Llanura	500-0/01
11	Al noroeste entre las UGAs 9 y 14	Sierra baja	100-0/03
12	En el Centro hacia el Oeste, entre las UGAs, 9, 13 y 14	Cauce	500-0/01
13	En el Centro hacia el Oeste, entre las UGAs, 9, 12 y 14	Sierra baja	100-0/04
14	En el Centro hacia el Oeste, entre las UGAs, 9, 11, 12 y 13	Bajada con lomerío	402-0/01
15	En el Suroeste entre las UGAs 8 y un lote de la UGA 16	Sierra baja	100-0/04
16	Se ubica en diferentes lotes, la mayoría con figuras regulares en varias topoformas.	Varias Topoformas	Mineria

7.7. Catálogo de Opciones de Manejo por Unidad de Gestión Ambiental (UGA)

7.7.1. Determinación de Opciones de Manejo

7.7.1.1. Identificación de las opciones de manejo por UGA

7.7.1.1.1. UGA-1

Opción	Descripción
X_1	No hacer nada
X_2	No hacer nada nuevo

Sector Agricultura de Temporal (AGT-M)

Opción	Siembra de	Intercalado con	Producto
		Ciclo Primavera – Verano	
X_3	Maíz	Calabaza	Grano, Forraje y fruto
X_4		Sorgo	Grano y Forraje
X_5		Frijol	Grano y Forraje
X_6	Sorgo		
X_7	Frijol		
X_8	Zacate Buffel		
		Ciclo Otoño - Invierno	
X_9	Maíz	Trigo	Grano y Forraje
X_{10}		Sorgo	Grano y Forraje
X_{11}	Cebada		Grano y Forraje
X_{12}	Avena		Grano y Forraje
X_{13}	Sorgo		Grano y Forraje
X_{14}	Trigo		Grano y Forraje

Cabe hacer la aclaración de que se sembrará en un ciclo o en el otro no en los dos.

Sector Cinegético

Opción	Especies	Nombre Científico	Producto
Aves terrestres			
X_{15}	Paloma de alas blancas	*Zenaida asiatica*	Piezas cazadas y carne
X_{16}	Paloma huilota	*Zenaida macroura*	Piezas cazadas y carne
Guajolote Silvestre			
X_{17}	Guajolote Silvestre	*Melleagris gallopavo*	Piezas cazadas y carne
Mamíferos menores			
X_{18}	Jabalí	*Tajassu tajacu*	Piezas cazadas, carne y trofeo
Venado bura			
X_{19}	Venado bura	*Odocoileus hemionus*	Trofeo y carne
Venado Cola Blanca			
X_{20}	Venado Cola Blanca	*Odocoileus virginianus*	Trofeo y carne

Sector Conservación

Opción	Descripción
X_{21}	Bosques secos
X_{22}	Bosques templados
X_{23}	Especies NOM
X_{24}	Pastizales

Sector Forestal

Opción	Especies	Nombre Científico	Productos
Chiltepín			
X_{25}	Chiltepín	*Capsicum annuum*	Fruto verde y seco
X_{26}	Bacanora	*Agave angustifolia angustifolia*	Bacanora
X_{27}	Sotol	*Dasylirion wheeleri*	Bebida de Sotol
Leña, Carbón y Postes			
X_{28}	Encino, Mezquite y Tesota	*Quercus sp*, *Prosopis glandulosa*, *Prosopis velutina* y *Acacia greggii*	Postes
X_{29}			Leña
X_{30}			Carbón

Uso Ganadería Extensiva

Opción	Descripción	Productos
X_{31}	Uso combinado Bovinos, caprinos, ovinos y equinos	Carne, leche, sus derivados, leche de cabra, sus derivados, cabritos, corderos y potrillos
X_{32}	Bovinos y Equinos	Carne, leche, sus derivados y potrillos
X_{33}	Caprinos y Ovinos	Leche de cabra, sus derivados, cabritos y corderos

El uso de las áreas agrícolas será en las épocas de secas como forraje para el ganado.

7.7.1.1.2. UGA-2

Opción	Descripción
X_{34}	No hacer nada
X_{35}	No hacer nada nuevo

Uso Agricultura de Temporal (AT)

Opción	Siembra de	Intercalado con	Producto
		Ciclo Primavera – Verano	
X_{36}	Maíz	Calabaza	Grano, Forraje y fruto
X_{37}		Sorgo	Grano y Forraje
X_{38}		Frijol	Grano y Forraje
X_{39}	Sorgo		
X_{40}	Frijol		
X_{41}	Zacate Buffel		
		Ciclo Otoño - Invierno	
X_{42}	Maíz	Trigo	Grano y Forraje
X_{43}		Sorgo	Grano y Forraje
X_{44}	Cebada		Grano y Forraje
X_{45}	Avena		Grano y Forraje

Opción	Siembra de	Intercalado con	Producto
X_{46}	Sorgo		Grano y Forraje
X_{47}	Trigo		Grano y Forraje

Sector Cinegético

Opción	Especies	Nombre Científico	Producto
Aves terrestres			
X_{48}	Paloma de alas blancas	*Zenaida asiatica*	Piezas cazadas y carne
X_{49}	Paloma huilota	*Zenaida macroura*	Piezas cazadas y carne
Guajolote Silvestre			
X_{50}	Guajolote Silvestre	*Melleagris gallopavo*	Piezas cazadas y carne
Mamíferos menores			
X_{51}	Jabalí	*Tajassu tajacu*	Piezas cazadas, carne y trofeo
Venado bura			
X_{52}	Venado bura	*Odocoileus hemionus*	Trofeo
Venado Cola Blanca			
X_{53}	Venado Cola Blanca	*Odocoileus virginianus*	Trofeo

Sector Conservación

Opción	Descripción
X_{54}	Bosques secos
X_{55}	Bosques templados
X_{56}	Especies NOM
X_{57}	Pastizales
X_{58}	Ecosistemas Agua Dulce

Sector Forestal

	Especies	Nombre Científico	Productos
Chiltepín			
X_{59}	Chiltepín	*Capsicum annuum*	Fruto verde y seco
X_{60}	Bacanora	*Agave angustifolia angustifolia*	Bacanora
X_{61}	Sotol	*Dasylirion wheeleri*	Bebida de Sotol
Leña, Carbón y Postes			
X_{62}	Encino, Mezquite y Tesota	*Quercus sp*, *Prosopis glandulosa*, *Prosopis velutina* y *Acacia greggii*	Postes
X_{63}			Leña
X_{64}			Carbón

Uso Ganadería Extensiva

Opción	Descripción	Productos
X_{65}	Uso combinado Bovinos, caprinos, ovinos y equinos	Carne, leche, sus derivados, leche de cabra, sus derivados, cabritos, corderos y potrillos
X_{66}	Bovinos y Equinos	Carne, leche, sus derivados y potrillos
X_{67}	Caprinos y Ovinos	Leche de cabra, sus derivados, cabritos y corderos

7.7.1.1.3. UGA-3

Opción	Descripción
X_{68}	No hacer nada
X_{69}	No hacer nada nuevo

Uso Agricultura de Temporal (AT)

Opción	Siembra de	Intercalado con	Producto
		Ciclo Primavera – Verano	
X_{70}	Maíz	Calabaza	Grano, Forraje y fruto
X_{71}		Sorgo	Grano y Forraje
X_{72}		Frijol	Grano y Forraje
X_{73}	Sorgo		
X_{74}	Frijol		
X_{75}	Zacate Buffel		
		Ciclo Otoño - Invierno	
X_{76}	Maíz	Trigo	Grano y Forraje
X_{77}		Sorgo	Grano y Forraje
X_{78}	Cebada		Grano y Forraje
X_{79}	Avena		Grano y Forraje
X_{80}	Sorgo		Grano y Forraje
X_{81}	Trigo		Grano y Forraje

Sector Cinegético

Opción	Especies	Nombre Científico	Producto
Aves terrestres			
X_{82}	Paloma de alas blancas	*Zenaida asiatica*	Piezas cazadas y carne
X_{83}	Paloma huilota	*Zenaida macroura*	Piezas cazadas y carne
Guajolote Silvestre			
X_{84}	Guajolote Silvestre	*Melleagris gallopavo*	Piezas cazadas y carne
Mamíferos menores			
X_{85}	Jabalí	*Tajassu tajacu*	Piezas cazadas, carne y trofeo
Venado bura			
X_{86}	Venado bura	*Odocoileus hemionus*	Trofeo
Venado Cola Blanca			
X_{87}	Venado Cola Blanca	*Odocoileus virginianus*	Trofeo

Sector Conservación

Opción	Descripción
X_{88}	Bosques secos
X_{89}	Bosques templados
X_{90}	Especies NOM
X_{91}	Pastizales

Sector Forestal

Opción	Especies	Nombre Científico	Productos
Chiltepín			
X_{92}	Chiltepín	*Capsicum annuum*	Fruto verde y seco
X_{93}	Bacanora	*Agave angustifolia angustifolia*	Bacanora
X_{94}	Sotol	*Dasylirion wheeleri*	Bebida de Sotol
Leña, Carbón y Postes			
X_{95}	Encino, Mezquite y Tesota	*Quercus sp*, *Prosopis glandulosa, Prosopis velutina* y *Acacia greggii*	Postes
X_{96}			Leña
X_{97}			Carbón

Uso Ganadería Extensiva

Opción	Descripción	Productos
X_{98}	Uso combinado Bovinos, caprinos, ovinos y equinos	Carne, leche, sus derivados, leche de cabra, sus derivados, cabritos, corderos y potrillos
X_{99}	Bovinos y Equinos	Carne, leche, sus derivados y potrillos
X_{100}	Caprinos y Ovinos	Leche de cabra, sus derivados, cabritos y corderos

7.7.1.1.4. UGA-4

Opción	Descripción
X_{101}	No hacer nada
X_{102}	No hacer nada nuevo

Uso Agricultura de Temporal (AT)

Opción	Siembra de	Intercalado con	Producto
		Ciclo Primavera – Verano	
X_{103}	Maíz	Calabaza	Grano, Forraje y fruto
X_{104}		Sorgo	Grano y Forraje
X_{105}		Frijol	Grano y Forraje
X_{106}	Sorgo		
X_{107}	Frijol		
X_{108}	Zacate Buffel		
		Ciclo Otoño - Invierno	
X_{109}	Maíz	Trigo	Grano y Forraje
X_{110}		Sorgo	Grano y Forraje
X_{111}	Cebada		Grano y Forraje
X_{112}	Avena		Grano y Forraje
X_{113}	Sorgo		Grano y Forraje
X_{114}	Trigo		Grano y Forraje

Sector Cinegético

Opción	Especies	Nombre Científico	Producto
Aves terrestres			
X_{115}	Paloma de alas blancas	*Zenaida asiatica*	Piezas cazadas y carne
X_{116}	Paloma huilota	*Zenaida macroura*	Piezas cazadas y carne
Guajolote Silvestre			
X_{117}	Guajolote Silvestre	*Melleagris gallopavo*	Piezas cazadas y carne
Mamíferos menores			
X_{118}	Jabalí	*Tajassu tajacu*	Piezas cazadas, carne y trofeo
Venado bura			
X_{119}	Venado bura	*Odocoileus hemionus*	Trofeo
Venado Cola Blanca			
X_{120}	Venado Cola Blanca	*Odocoileus virginianus*	Trofeo

Sector Conservación

Opción	Descripción
X_{121}	Bosques secos
X_{122}	Bosques templados
X_{123}	Especies NOM
X_{124}	Pastizales

Sector Forestal

Opción	Especies	Nombre Científico	Productos
Chiltepín			
X_{125}	Chiltepín	*Capsicum annuum*	Fruto verde y seco
X_{126}	Bacanora	*Agave angustifolia angustifolia*	Bacanora
X_{127}	Sotol	*Dasylirion wheeleri*	Bebida de Sotol
Leña, Carbón y Postes			
X_{128}	Mezquite y Tesota	*Prosopis glandulosa, Prosopis velutina* y *Acacia greggii*	Postes
X_{129}			Leña
X_{130}			Carbón

Uso Ganadería Extensiva

Opción	Descripción	Productos
X_{131}	Uso combinado Bovinos, caprinos, ovinos y equinos	Carne, leche, sus derivados, leche de cabra, sus derivados, cabritos, corderos y potrillos
X_{132}	Bovinos y Equinos	Carne, leche, sus derivados y potrillos
X_{133}	Caprinos y Ovinos	Leche de cabra, sus derivados, cabritos y corderos

7.7.1.1.5. UGA-5

Opción	Descripción
X_{134}	No hacer nada
X_{135}	No hacer nada nuevo

Uso Agricultura de Temporal (AT)

Opción	Siembra de	Intercalado con	Producto
		Ciclo Primavera – Verano	
X_{136}	Maíz	Calabaza	Grano, Forraje y fruto
X_{137}		Sorgo	Grano y Forraje
X_{138}		Frijol	Grano y Forraje
X_{139}	Sorgo		
X_{140}	Frijol		
X_{141}	Zacate Buffel		
		Ciclo Otoño - Invierno	
X_{142}	Maíz	Trigo	Grano y Forraje
X_{143}		Sorgo	Grano y Forraje
X_{144}	Cebada		Grano y Forraje
X_{145}	Avena		Grano y Forraje
X_{146}	Sorgo		Grano y Forraje
X_{147}	Trigo		Grano y Forraje

Sector Cinegético

Opción	Especies	Nombre Científico	Producto
Aves Acuaticas migratorias			
X_{148}	Patos		Piezas cazadas y carne
Aves terrestres			
X_{149}	Paloma de alas blancas	*Zenaida asiatica*	Piezas cazadas y carne
X_{150}	Paloma huilota	*Zenaida macroura*	Piezas cazadas y carne
Guajolote Silvestre			
X_{151}	Guajolote Silvestre	*Melleagris gallopavo*	Piezas cazadas y carne
Mamíferos menores			
X_{152}	Jabalí	*Tajassu tajacu*	Piezas cazadas, carne y trofeo
Venado bura			
X_{153}	Venado bura	*Odocoileus hemionus*	Trofeo
Venado Cola Blanca			
X_{154}	Venado Cola Blanca	*Odocoileus virginianus*	Trofeo

Sector Conservación

Opción	Descripción
X_{155}	Bosques secos
X_{156}	Bosques templados
X_{157}	Especies NOM
X_{158}	Pastizales
X_{159}	Ecosistemas de agua dulce

Sector Forestal

Opción	Especies	Nombre Científico	Productos
Chiltepín			
X_{160}	Chiltepín	*Capsicum annuum*	Fruto verde y seco
X_{161}	Bacanora	*Agave angustifolia angustifolia*	Bacanora
X_{162}	Sotol	*Dasylirion wheeleri*	Bebida de Sotol
Leña, Carbón y Postes			
X_{163}	Mezquite y Tesota	*Prosopis glandulosa, Prosopis velutina* y *Acacia greggii*	Postes
X_{164}			Leña
X_{165}			Carbón

Uso Ganadería Extensiva

Opción	Descripción	Productos
X_{166}	Uso combinado Bovinos, caprinos, ovinos y equinos	Carne, leche, sus derivados, leche de cabra, sus derivados, cabritos, corderos y potrillos
X_{167}	Bovinos y Equinos	Carne, leche, sus derivados y potrillos
X_{168}	Caprinos y Ovinos	Leche de cabra, sus derivados, cabritos y corderos

7.7.1.1.6. UGA-6

Opción	Descripción
X_{169}	No hacer nada
X_{170}	No hacer nada nuevo

Uso Agricultura de Temporal (AT)

Opción	Siembra de	Intercalado con	Producto
		Ciclo Primavera – Verano	
X_{171}	Maíz	Calabaza	Grano, Forraje y fruto
X_{172}		Sorgo	Grano y Forraje
X_{173}		Frijol	Grano y Forraje
X_{174}	Sorgo		
X_{175}	Frijol		
X_{176}	Zacate Buffel		
		Ciclo Otoño - Invierno	
X_{177}	Maíz	Trigo	Grano y Forraje
X_{178}		Sorgo	Grano y Forraje
X_{179}	Cebada		Grano y Forraje
X_{180}	Avena		Grano y Forraje
X_{181}	Sorgo		Grano y Forraje
X_{182}	Trigo		Grano y Forraje

Sector Cinegético

Opción	Especies	Nombre Científico	Producto
Aves Acuaticas migratorias			
X_{183}	Patos		Piezas cazadas y carne
Aves terrestres			
X_{184}	Paloma de alas blancas	*Zenaida asiatica*	Piezas cazadas y carne
X_{185}	Paloma huilota	*Zenaida macroura*	Piezas cazadas y carne
Mamíferos menores			
X_{186}	Jabalí	*Tajassu tajacu*	Piezas cazadas, carne y trofeo
Venado bura			
X_{187}	Venado bura	*Odocoileus hemionus*	Trofeo
Venado Cola Blanca			
X_{188}	Venado Cola Blanca	*Odocoileus virginianus*	Trofeo

Sector Conservación

Opción	Descripción
X_{189}	Ecosistemas de agua dulce

Sector Forestal

Opción	Especies	Nombre Científico	Productos
	Chiltepín		
X_{190}	Chiltepín	*Capsicum annuum*	Fruto verde y seco
Leña, Carbón y Postes			
X_{191}	Mezquite y Tesota	*Prosopis glandulosa, Prosopis velutina* y *Acacia greggii*	Postes
X_{192}			Leña
X_{193}			Carbón

Uso Ganadería Extensiva

Opción	Descripción	Productos
X_{194}	Uso combinado Bovinos, caprinos, ovinos y equinos	Carne, leche, sus derivados, leche de cabra, sus derivados, cabritos, corderos y potrillos
X_{195}	Bovinos y Equinos	Carne, leche, sus derivados y potrillos
X_{196}	Caprinos y Ovinos	Leche de cabra, sus derivados, cabritos y corderos

7.7.1.1.7. UGA-7

Opción	Descripción
X_{197}	No hacer nada
X_{198}	No hacer nada nuevo

Uso Agricultura de Temporal (AT)

Opción	Siembra de	Intercalado con	Producto
		Ciclo Primavera – Verano	
X_{199}	Maíz	Calabaza	Grano, Forraje y fruto
X_{200}		Sorgo	Grano y Forraje
X_{201}		Frijol	Grano y Forraje
X_{202}	Sorgo		
X_{203}	Frijol		
X_{204}	Zacate Buffel		
		Ciclo Otoño - Invierno	
X_{205}	Maíz	Trigo	Grano y Forraje
X_{206}		Sorgo	Grano y Forraje
X_{207}	Cebada		Grano y Forraje
X_{208}	Avena		Grano y Forraje
X_{209}	Sorgo		Grano y Forraje
X_{210}	Trigo		Grano y Forraje

Sector Cinegético

Opción	Especies	Nombre Científico	Producto
Aves terrestres			
X_{211}	Paloma de alas blancas	*Zenaida asiatica*	Piezas cazadas y carne
X_{212}	Paloma huilota	*Zenaida macroura*	Piezas cazadas y carne
Mamíferos menores			
X_{213}	Jabalí	*Tajassu tajacu*	Piezas cazadas, carne y trofeo
Venado bura			
X_{214}	Venado bura	*Odocoileus hemionus*	Trofeo
Venado Cola Blanca			
X_{215}	Venado Cola Blanca	*Odocoileus virginianus*	Trofeo

Sector Conservación

Opción	Descripción
X_{216}	Especies NOM
X_{217}	Ecosistemas de agua dulce

Sector Forestal

Opción	Especies	Nombre Científico	Productos
Chiltepín			
X_{218}	Chiltepín	*Capsicum annuum*	Fruto verde y seco
Leña, Carbón y Postes			
X_{219}	Mezquite y Tesota	*Prosopis glandulosa*, *Prosopis velutina* y *Acacia greggii*	Postes
X_{220}			Leña
X_{221}			Carbón

Uso Ganadería Extensiva

Opción	Descripción	Productos
X_{222}	Uso combinado Bovinos, caprinos, ovinos y equinos	Carne, leche, sus derivados, leche de cabra, sus derivados, cabritos, corderos y potrillos
X_{223}	Bovinos y Equinos	Carne, leche, sus derivados y potrillos
X_{224}	Caprinos y Ovinos	Leche de cabra, sus derivados, cabritos y corderos

7.7.1.1.8. UGA-8

Opción	Descripción
X_{225}	No hacer nada
X_{226}	No hacer nada nuevo

Uso Agricultura de Temporal (AT)

Opción	Siembra de	Intercalado con	Producto
		Ciclo Primavera – Verano	
X_{227}	Maíz	Calabaza	Grano, Forraje y fruto
X_{228}		Sorgo	Grano y Forraje
X_{229}		Frijol	Grano y Forraje
X_{230}	Sorgo		

Opción	Siembra de	Intercalado con	Producto
X_{231}	Frijol		
X_{232}	Zacate Buffel		
		Ciclo Otoño - Invierno	
X_{233}	Maíz	Trigo	Grano y Forraje
X_{234}		Sorgo	Grano y Forraje
X_{235}	Cebada		Grano y Forraje
X_{236}	Avena		Grano y Forraje
X_{237}	Sorgo		Grano y Forraje
X_{238}	Trigo		Grano y Forraje

Sector Cinegético

Opción	Especies	Nombre Científico	Producto
Aves terrestres			
X_{239}	Paloma de alas blancas	*Zenaida asiatica*	Piezas cazadas y carne
X_{240}	Paloma huilota	*Zenaida macroura*	Piezas cazadas y carne
Mamíferos menores			
X_{241}	Jabalí	*Tajassu tajacu*	Piezas cazadas, carne y trofeo
Venado bura			
X_{242}	Venado bura	*Odocoileus hemionus*	Trofeo
Venado Cola Blanca			
X_{243}	Venado Cola Blanca	*Odocoileus virginianus*	Trofeo

Sector Conservación

Opción	Descripción
X_{244}	Bosques secos
X_{245}	Especies NOM

Sector Forestal

Opción	Especies	Nombre Científico	Productos
Chiltepín			
X_{246}	Chiltepín	*Capsicum annuum*	Fruto verde y seco
Leña, Carbón y Postes			
X_{247}	Mezquite y Tesota	*Prosopis glandulosa, Prosopis velutina* y *Acacia greggii*	Postes
X_{248}			Leña
X_{249}			Carbón

Uso Ganadería Extensiva

Opción	Descripción	Productos
X_{250}	Uso combinado Bovinos, caprinos, ovinos y equinos	Carne, leche, sus derivados, leche de cabra, sus derivados, cabritos, corderos y potrillos
X_{251}	Bovinos y Equinos	Carne, leche, sus derivados y potrillos
X_{252}	Caprinos y Ovinos	Leche de cabra, sus derivados, cabritos y corderos

7.7.1.1.9. UGA-9

Opción	Descripción
X_{253}	No hacer nada
X_{254}	No hacer nada nuevo

Uso Agricultura de Temporal (AT)

Opción	Siembra de	Intercalado con	Producto
		Ciclo Primavera – Verano	
X_{255}	Maíz	Calabaza	Grano, Forraje y fruto
X_{256}		Sorgo	Grano y Forraje
X_{257}		Frijol	Grano y Forraje
X_{258}	Sorgo		
X_{259}	Frijol		
X_{260}	Zacate Buffel		
		Ciclo Otoño - Invierno	
X_{261}	Maíz	Trigo	Grano y Forraje
X_{262}		Sorgo	Grano y Forraje
X_{263}	Cebada		Grano y Forraje
X_{264}	Avena		Grano y Forraje
X_{265}	Sorgo		Grano y Forraje
X_{266}	Trigo		Grano y Forraje

Sector Cinegético

Opción	Especies	Nombre Científico	Producto
Aves Acuaticas migratorias			
X_{267}	Patos		Piezas cazadas y carne
Aves terrestres			
X_{268}	Paloma de alas blancas	*Zenaida asiatica*	Piezas cazadas y carne
X_{269}	Paloma huilota	*Zenaida macroura*	Piezas cazadas y carne
Mamíferos menores			
X_{270}	Jabalí	*Tajassu tajacu*	Piezas cazadas, carne y trofeo
Venado bura			
X_{271}	Venado bura	*Odocoileus hemionus*	Trofeo
Venado Cola Blanca			
X_{272}	Venado Cola Blanca	*Odocoileus virginianus*	Trofeo

Sector Conservación

Opción	Descripción
X_{273}	Bosques secos
X_{274}	Ecosistemas Agua Dulce

Sector Forestal

Opción	Especies	Nombre Científico	Productos
Chiltepín			
X_{275}	Chiltepín	*Capsicum annuum*	Fruto verde y seco
Leña, Carbón y Postes			
X_{276}	Mezquite y Tesota	*Prosopis glandulosa, Prosopis velutina* y *Acacia greggii*	Postes
X_{277}			Leña
X_{278}			Carbón

Uso Ganadería Extensiva

Opción	Descripción	Productos
X_{279}	Uso combinado Bovinos, caprinos, ovinos y equinos	Carne, leche, sus derivados, leche de cabra, sus derivados, cabritos, corderos y potrillos
X_{280}	Bovinos y Equinos	Carne, leche, sus derivados y potrillos

7.7.1.1.10. UGA-10

Opción	Descripción
X_{281}	No hacer nada
X_{282}	No hacer nada nuevo

Uso Agricultura de Temporal (AT)

Opción	Siembra de	Intercalado con	Producto
		Ciclo Primavera – Verano	
X_{283}	Maíz	Calabaza	Grano, Forraje y fruto
X_{284}		Sorgo	Grano y Forraje
X_{285}		Frijol	Grano y Forraje
X_{286}	Sorgo		
X_{287}	Frijol		
X_{288}	Zacate Buffel		
		Ciclo Otoño - Invierno	
X_{289}	Maíz	Trigo	Grano y Forraje
X_{290}		Sorgo	Grano y Forraje
X_{291}	Cebada		Grano y Forraje
X_{292}	Avena		Grano y Forraje
X_{293}	Sorgo		Grano y Forraje
X_{294}	Trigo		Grano y Forraje

Sector Cinegético

Opción	Especies	Nombre Científico	Producto
Aves terrestres			
X_{295}	Paloma de alas blancas	*Zenaida asiatica*	Piezas cazadas y carne
X_{296}	Paloma huilota	*Zenaida macroura*	Piezas cazadas y carne
Mamíferos menores			
X_{297}	Jabalí	*Tajassu tajacu*	Piezas cazadas, carne y trofeo
Venado bura			
X_{298}	Venado bura	*Odocoileus hemionus*	Trofeo
Venado Cola Blanca			

Opción	Especies	Nombre Científico	Producto
X_{299}	Venado Cola Blanca	*Odocoileus virginianus*	Trofeo

Sector Forestal

Opción	Especies	Nombre Científico	Productos
Chiltepín			
X_{300}	Chiltepín	*Capsicum annuum*	Fruto verde y seco
Leña, Carbón y Postes			
X_{301}	Mezquite y Tesota	*Prosopis glandulosa, Prosopis velutina* y *Acacia greggii*	Postes
X_{302}			Leña
X_{303}			Carbón

Uso Ganadería Extensiva

Opción	Descripción	Productos
X_{304}	Uso combinado Bovinos, caprinos, ovinos y equinos	Carne, leche, sus derivados, leche de cabra, sus derivados, cabritos, corderos y potrillos
X_{305}	Bovinos y Equinos	Carne, leche, sus derivados y potrillos

7.7.1.1.11. UGA-11

Opción	Descripción
X_{306}	No hacer nada
X_{307}	No hacer nada nuevo

Uso Agricultura de Temporal (AT)

Opción	Siembra de	Intercalado con	Producto
		Ciclo Primavera – Verano	
X_{308}	Maíz	Calabaza	Grano, Forraje y fruto
X_{309}		Sorgo	Grano y Forraje
X_{310}		Frijol	Grano y Forraje
X_{311}	Sorgo		
X_{312}	Frijol		
X_{313}	Zacate Buffel		
		Ciclo Otoño - Invierno	
X_{314}	Maíz	Trigo	Grano y Forraje
X_{315}		Sorgo	Grano y Forraje
X_{316}	Cebada		Grano y Forraje
X_{317}	Avena		Grano y Forraje
X_{318}	Sorgo		Grano y Forraje
X_{319}	Trigo		Grano y Forraje

Sector Cinegético

Opción	Especies	Nombre Científico	Producto
Aves terrestres			
X_{320}	Paloma de alas blancas	*Zenaida asiatica*	Piezas cazadas y carne
X_{321}	Paloma huilota	*Zenaida macroura*	Piezas cazadas y carne
Mamíferos menores			

Opción	Especies	Nombre Científico	Producto
X_{322}	Jabalí	*Tajassu tajacu*	Piezas cazadas, carne y trofeo
Venado bura			
X_{323}	Venado bura	*Odocoileus hemionus*	Trofeo
Venado Cola Blanca			
X_{324}	Venado Cola Blanca	*Odocoileus virginianus*	Trofeo

Sector Conservación

Opción	Descripción
X_{325}	Bosques secos

Sector Forestal

Opción	Especies	Nombre Científico	Productos
Chiltepín			
X_{326}	Chiltepín	*Capsicum annuum*	Fruto verde y seco
X_{327}	Bacanora	*Agave angustifolia angustifolia*	Bacanora
X_{328}	Sotol	*Dasylirion wheeleri*	Bebida de Sotol
Leña, Carbón y Postes			
X_{329}	Mezquite y Tesota	*Prosopis glandulosa, Prosopis velutina* y *Acacia greggii*	Postes
X_{330}			Leña
X_{331}			Carbón

Uso Ganadería Extensiva

Opción	Descripción	Productos
X_{332}	Uso combinado Bovinos, caprinos, ovinos y equinos	Carne, leche, sus derivados, leche de cabra, sus derivados, cabritos, corderos y potrillos
X_{333}	Bovinos y Equinos	Carne, leche, sus derivados y potrillos
X_{334}	Caprinos y Ovinos	Leche de cabra, sus derivados, cabritos y corderos

7.7.1.1.12. UGA-12

Opción	Descripción
X_{335}	No hacer nada
X_{336}	No hacer nada nuevo

Uso Agricultura de Temporal (AT)

Opción	Siembra de	Intercalado con	Producto
		Ciclo Primavera – Verano	
X_{337}	Maíz	Calabaza	Grano, Forraje y fruto
X_{338}		Sorgo	Grano y Forraje
X_{339}		Frijol	Grano y Forraje
X_{340}	Sorgo		
X_{341}	Frijol		
X_{342}	Zacate Buffel		
		Ciclo Otoño - Invierno	
X_{343}	Maíz	Trigo	Grano y Forraje

Opción	Siembra de	Intercalado con	Producto
X_{344}		Sorgo	Grano y Forraje
X_{345}	Cebada		Grano y Forraje
X_{346}	Avena		Grano y Forraje
X_{347}	Sorgo		Grano y Forraje
X_{348}	Trigo		Grano y Forraje

Sector Cinegético

Opción	Especies	Nombre Científico	Producto
Aves Acuaticas migratorias			
X_{349}	Patos		Piezas cazadas y carne
Aves terrestres			
X_{350}	Paloma de alas blancas	*Zenaida asiatica*	Piezas cazadas y carne
X_{351}	Paloma huilota	*Zenaida macroura*	Piezas cazadas y carne
Mamíferos menores			
X_{352}	Jabalí	*Tajassu tajacu*	Piezas cazadas, carne y trofeo
Venado bura			
X_{353}	Venado bura	*Odocoileus hemionus*	Trofeo
Venado Cola Blanca			
X_{354}	Venado Cola Blanca	*Odocoileus virginianus*	Trofeo

Sector Conservación

Opción	Descripción
X_{355}	Ecosistemas Agua Dulce

Sector Forestal

Opción	Especies	Nombre Científico	Productos
Chiltepín			
X_{356}	Chiltepín	*Capsicum annuum*	Fruto verde y seco
Leña, Carbón y Postes			
X_{357}	Mezquite y Tesota	*Prosopis glandulosa, Prosopis velutina* y *Acacia greggii*	Postes
X_{358}			Leña
X_{359}			Carbón

Uso Ganadería Extensiva

Opción	Descripción	Productos
X_{360}	Uso combinado Bovinos, caprinos, ovinos y equinos	Carne, leche, sus derivados, leche de cabra, sus derivados, cabritos, corderos y potrillos
X_{361}	Bovinos y Equinos	Carne, leche, sus derivados y potrillos

7.7.1.1.13. UGA-13

Opción	Descripción
X_{362}	No hacer nada
X_{363}	No hacer nada nuevo

Uso Agricultura de Temporal (AT)

Opción	Siembra de	Intercalado con	Producto
		Ciclo Primavera – Verano	
X_{364}	Maíz	Calabaza	Grano, Forraje y fruto
X_{365}		Sorgo	Grano y Forraje
X_{366}		Frijol	Grano y Forraje
X_{367}	Sorgo		
X_{368}	Frijol		
X_{369}	Zacate Buffel		
		Ciclo Otoño - Invierno	
X_{370}	Maíz	Trigo	Grano y Forraje
X_{371}		Sorgo	Grano y Forraje
X_{372}	Cebada		Grano y Forraje
X_{373}	Avena		Grano y Forraje
X_{374}	Sorgo		Grano y Forraje
X_{375}	Trigo		Grano y Forraje

Sector Cinegético

Opción	Especies	Nombre Científico	Producto
Aves terrestres			
X_{376}	Paloma de alas blancas	*Zenaida asiatica*	Piezas cazadas y carne
X_{377}	Paloma huilota	*Zenaida macroura*	Piezas cazadas y carne
Mamíferos menores			
X_{378}	Jabalí	*Tajassu tajacu*	Piezas cazadas, carne y trofeo
Venado bura			
X_{379}	Venado bura	*Odocoileus hemionus*	Trofeo
Venado Cola Blanca			
X_{380}	Venado Cola Blanca	*Odocoileus virginianus*	Trofeo

Sector Forestal

Opción	Especies	Nombre Científico	Productos
Chiltepín			
X_{381}	Chiltepín	*Capsicum annuum*	Fruto verde y seco
X_{382}	Bacanora	*Agave angustifolia angustifolia*	Bacanora
X_{383}	Sotol	*Dasylirion wheeleri*	Bebida de Sotol
Leña, Carbón y Postes			
X_{384}	Mezquite y Tesota	*Prosopis glandulosa, Prosopis velutina* y *Acacia greggii*	Postes
X_{385}			Leña
X_{386}			Carbón

Uso Ganadería Extensiva

Opción	Descripción	Productos
X_{387}	Uso combinado Bovinos, caprinos, ovinos y equinos	Carne, leche, sus derivados, leche de cabra, sus derivados, cabritos, corderos y potrillos
X_{388}	Bovinos y Equinos	Carne, leche, sus derivados y potrillos
X_{389}	Caprinos y Ovinos	Leche de cabra, sus derivados, cabritos y corderos

7.7.1.1.14. UGA-14

Opción	Descripción
X_{390}	No hacer nada
X_{391}	No hacer nada nuevo

Uso Agricultura de Temporal (AT)

Opción	Siembra de	Intercalado con	Producto
		Ciclo Primavera – Verano	
X_{392}	Maíz	Calabaza	Grano, Forraje y fruto
X_{393}		Sorgo	Grano y Forraje
X_{394}		Frijol	Grano y Forraje
X_{395}	Sorgo		
X_{396}	Frijol		
X_{397}	Zacate Buffel		
		Ciclo Otoño - Invierno	
X_{398}	Maíz	Trigo	Grano y Forraje
X_{399}		Sorgo	Grano y Forraje
X_{400}	Cebada		Grano y Forraje
X_{401}	Avena		Grano y Forraje
X_{402}	Sorgo		Grano y Forraje
X_{403}	Trigo		Grano y Forraje

Sector Cinegético

Opción	Especies	Nombre Científico	Producto
Aves terrestres			
X_{404}	Paloma de alas blancas	*Zenaida asiatica*	Piezas cazadas y carne
X_{405}	Paloma huilota	*Zenaida macroura*	Piezas cazadas y carne
Mamíferos menores			
X_{406}	Jabalí	*Tajassu tajacu*	Piezas cazadas, carne y trofeo
Venado bura			
X_{407}	Venado bura	*Odocoileus hemionus*	Trofeo
Venado Cola Blanca			
X_{408}	Venado Cola Blanca	*Odocoileus virginianus*	Trofeo

Sector Conservación

Opción	Descripción
X_{409}	Bosques secos

Sector Forestal

Opción	Especies	Nombre Científico	Productos
Chiltepín			
X_{410}	Chiltepín	*Capsicum annuum*	Fruto verde y seco
X_{411}	Bacanora	*Agave angustifolia angustifolia*	Bacanora
X_{412}	Sotol	*Dasylirion wheeleri*	Bebida de Sotol
Leña, Carbón y Postes			
X_{413}	Mezquite y Tesota	*Prosopis glandulosa, Prosopis velutina* y *Acacia greggii*	Postes
X_{414}			Leña

Opción	Especies	Nombre Científico	Productos
X_{415}			Carbón

Uso Ganadería Extensiva

Opción	Descripción	Productos
X_{416}	Uso combinado Bovinos, caprinos, ovinos y equinos	Carne, leche, sus derivados, leche de cabra, sus derivados, cabritos, corderos y potrillos
X_{417}	Bovinos y Equinos	Carne, leche, sus derivados y potrillos
X_{418}	Caprinos y Ovinos	Leche de cabra, sus derivados, cabritos y corderos

7.7.1.1.15. UGA-15

Opción	Descripción
X_{419}	No hacer nada
X_{420}	No hacer nada nuevo

Uso Agricultura de Temporal (AT)

Opción	Siembra de	Intercalado con	Producto
		Ciclo Primavera – Verano	
X_{421}	Maíz	Calabaza	Grano, Forraje y fruto
X_{422}		Sorgo	Grano y Forraje
X_{423}		Frijol	Grano y Forraje
X_{424}	Sorgo		
X_{425}	Frijol		
X_{426}	Zacate Buffel		
		Ciclo Otoño - Invierno	
X_{427}	Maíz	Trigo	Grano y Forraje
X_{428}		Sorgo	Grano y Forraje
X_{429}	Cebada		Grano y Forraje
X_{430}	Avena		Grano y Forraje
X_{431}	Sorgo		Grano y Forraje
X_{432}	Trigo		Grano y Forraje

Sector Cinegético

Opción	Especies	Nombre Científico	Producto
Aves terrestres			
X_{433}	Paloma de alas blancas	*Zenaida asiatica*	Piezas cazadas y carne
X_{434}	Paloma huilota	*Zenaida macroura*	Piezas cazadas y carne
Mamíferos menores			
X_{435}	Jabalí	*Tajassu tajacu*	Piezas cazadas, carne y trofeo
Venado bura			
X_{436}	Venado bura	*Odocoileus hemionus*	Trofeo
Venado Cola Blanca			
X_{437}	Venado Cola Blanca	*Odocoileus virginianus*	Trofeo

Sector Conservación

Opción	Descripción
X_{438}	Bosques secos

Sector Forestal

Opción	Especies	Nombre Científico	Productos
Chiltepín			
X_{439}	Chiltepín	*Capsicum annuum*	Fruto verde y seco
X_{440}	Bacanora	*Agave angustifolia angustifolia*	Bacanora
X_{441}	Sotol	*Dasylirion wheeleri*	Bebida de Sotol
Leña, Carbón y Postes			
X_{442}	Mezquite y Tesota	*Prosopis glandulosa*, *Prosopis velutina* y *Acacia greggii*	Postes
X_{443}			Leña
X_{444}			Carbón

Uso Ganadería Extensiva

Opción	Descripción	Productos
X_{445}	Uso combinado Bovinos, caprinos, ovinos y equinos	Carne, leche, sus derivados, leche de cabra, sus derivados, cabritos, corderos y potrillos
X_{446}	Bovinos y Equinos	Carne, leche, sus derivados y potrillos
X_{447}	Caprinos y Ovinos	Leche de cabra, sus derivados, cabritos y corderos

7.7.1.1.16. UGA-16

Opción	Descripción
X_{448}	No hacer nada
X_{449}	No hacer nada nuevo

Uso Agricultura de Temporal (AT)

Opción	Siembra de	Intercalado con	Producto
		Ciclo Primavera – Verano	
X_{450}	Maíz	Calabaza	Grano, Forraje y fruto
X_{451}		Sorgo	Grano y Forraje
X_{452}		Frijol	Grano y Forraje
X_{453}	Sorgo		
X_{454}	Frijol		
X_{455}	Zacate Buffel		
		Ciclo Otoño - Invierno	
X_{456}	Maíz	Trigo	Grano y Forraje
X_{457}		Sorgo	Grano y Forraje
X_{458}	Cebada		Grano y Forraje
X_{459}	Avena		Grano y Forraje
X_{460}	Sorgo		Grano y Forraje
X_{461}	Trigo		Grano y Forraje

Sector Cinegético

Opción	Especies	Nombre Científico	Producto
Aves Acuaticas migratorias			
X_{462}	Patos		Piezas cazadas y carne
Aves terrestres			
X_{463}	Paloma de alas blancas	*Zenaida asiatica*	Piezas cazadas y carne
X_{464}	Paloma huilota	*Zenaida macroura*	Piezas cazadas y carne
Guajolote Silvestre			
X_{465}	Guajolote Silvestre	*Melleagris gallopavo*	Piezas cazadas y carne
Mamíferos menores			
X_{466}	Jabalí	*Tajassu tajacu*	Piezas cazadas, carne y trofeo
Venado bura			
X_{467}	Venado bura	*Odocoileus hemionus*	Trofeo
Venado Cola Blanca			
X_{468}	Venado Cola Blanca	*Odocoileus virginianus*	Trofeo

Sector Conservación

Opción	Descripción
X_{469}	Bosques secos
X_{470}	Bosques templados
X_{471}	Especies NOM
X_{472}	Pastizales
X_{473}	Ecosistemas de agua dulce

Sector Forestal

Opción	Especies	Nombre Científico	Productos
Chiltepín			
X_{474}	Chiltepín	*Capsicum annuum*	Fruto verde y seco
X_{475}	Bacanora	*Agave angustifolia angustifolia*	Bacanora
X_{476}	Sotol	*Dasylirion wheeleri*	Bebida de Sotol
Leña, Carbón y Postes			
X_{477}	Mezquite y Tesota	*Prosopis glandulosa, Prosopis velutina* y *Acacia greggii*	Postes
X_{478}			Leña
X_{479}			Carbón

Uso Ganadería Extensiva

Opción	Descripción	Productos
X_{480}	Uso combinado Bovinos, caprinos, ovinos y equinos	Carne, leche, sus derivados, leche de cabra, sus derivados, cabritos, corderos y potrillos
X_{481}	Bovinos y Equinos	Carne, leche, sus derivados y potrillos
X_{482}	Caprinos y Ovinos	Leche de cabra, sus derivados, cabritos y corderos

Minería

Uso de diferentes minerales

Opción	Descripción	Opción	Descripción
X_{483}	Oro	X_{489}	Plata
X_{484}	Plomo	X_{490}	Cobre
X_{485}	Zinc	X_{491}	Tungsteno
X_{486}	Molibdeno	X_{492}	Barita
X_{487}	Yeso	X_{493}	Talco
X_{488}	Vanadio		

Además de los anteriores, se consideran los siguientes usos para la Subcuenca en general:

Apicultura: La cual se puede realizar tanto en las áreas agrícolas como en las zonas naturales.

Acuacultura: Se puede realizar con la siembra de peces en las dos presas (El Horno y La Haciendita) y en algunas de las represas como El Rodeo, El Alamo y otras.

Actividades Recreativas: Se pueden realizar tanto en las dos presas como en algunas otras partes de la subcuenca, como son: El Rodeo, El Alamo, El Pescado, El Choyalito y otros. Se consideran dentro de estas actividades las de observación de las aves acuáticas migratorias, sobre todo en las dos presas, principalmente en El Horno.

8. Discusión

El área de la subcuenca La Haciendita es de 125.53 km^2 (12,553.00 ha); según Villón (2004), corresponde a una cuenca pequeña, en virtud de que su extensión es menor a 250 km^2, aunque también a una subcuenca de acuerdo con Ortiz (2004), clasificación que se asigna a una superficie entre 101 y 700 km^2 con 5 órdenes de cauce. La subcuenca La Haciendita corresponde a un sistema hidro-geomorfológico tipo cuenca pequeña que pertenece a una cuenca grande exorreica, con orientación noreste a suroeste perpendicular a la línea de costa, cuyas respuestas morfodinámica e hidrológica están determinadas por el área de la misma. Las pendientes son pronunciadas en las vertientes y cauces del sector montañoso, la densidad de drenaje es moderada y el orden de la subcuenca alcanza una magnitud de 5; en este contexto, muestra una relación de bifurcación media de 2.08 con alta torrencialidad, de acuerdo a las dimensiones de las tormentas y la intensidad y duración de las lluvias. En síntesis, las respuestas morfodinámica e hidrológica de la subcuenca son condicionadas y controladas por las características morfométricas del sistema, de la red de drenaje, de sus características geológicas y edáficas y de la cobertura vegetal asociada con las malas prácticas agrícolas, pecuarias y forestales en la zona, (Villón, 2004; Ortiz, 2004; Reyes *et al.,* 2010 y Gaspari *et al.*, 2013).

La densidad de drenaje moderada y alta sugiere que la mayor parte de la superficie de la subcuenca experimenta escorrentía concentrada, por lo que es de suponer una alta tasa de erodabilidad en toda su extensión, inestabilidad morfogenética, gastos significativos, hidrogramas de picos elevados y reducidos tiempos de concentración, condicionados por las características del relieve (pendiente), el tamaño de la subcuenca y las características hidrometeóricas (extensión, intensidad y duración de las lluvias) de las tormentas que las puedan generar (Méndez y Marcucci, 2006).

La longitud del cauce principal influye en el tiempo de concentración y en la mayoría de los índices morfométricos; este caso el cauce mayor tiene una distancia de 21.88 km, correspondiendo a un cauce de tipo muy largo (Fuentes, 2004).

La subcuenca La Haciendita presenta condiciones similares a otras cuencas de México y Latinoamérica, en cuanto a que está sometida a fuertes presiones debidas al cambio tradicional de uso de la tierra a uso pecuario a terreno agrícola de temporal o al uso forestal maderable y no maderable. Dicho proceso tiene la desventaja de no regirse por normas de uso adecuado y potencial del suelo, de modo que amplias zonas con uso inadecuado han hecho su aparición (Calvo, 1993; Faustino y Jiménez, 2005; Torres-Lima *et al.*, 2008; Jiménez, 2010; Velásquez, 2010; Camas-Gómez *et al.*, 2012 y Gaspari *et al.*, 2013).

Suelos susceptibles a erosión: La existencia de zonas con pendientes pronunciadas en la parte alta de la subcuenca y suelos con abundante cantidad de material ligero y medio-ligero (migajones-arenosos, limo-arenosos) son fácilmente lixiviados por la escorrentía. Ambos casos son clasificados como zonas de riesgo severo de erosión en masa (Jiménez, 2010; Gaspari *et al.*, 2013). Además, los suelos de está subcuenca se encuentran en relieves de ondulados a escarpados, por lo que son altamente susceptibles a la erosión, lo cual es exacerbado en condiciones de sobreexplotación (Torres-Lima *et al.*, 2008; Velásquez, 2010 y Camas-Gómez *et al.*, 2012).

Altas tasas de escurrimiento: Ocurren en respuesta a un sistema climatológico que propicia lluvias torrenciales en la subcuenca, causadas por fenómenos climáticos como el efecto de Foehn, estancamiento del viento y circulaciones locales (Velásquez, 2010).

Prácticas agrícolas inadecuadas: Las principales actividades económicas de la población son la agricultura de temporal y la ganadería extensiva, las cuales se realizan mediante prácticas agrícolas inadecuadas, que dejan el suelo desnudo, sin protección contra el impacto de la lluvia y los escurrimientos superficiales (Lovón, 2003; Faustino y Jiménez, 2005, Jiménez, 2010 y Gaspari *et al.*, 2013). La mayor parte de la subcuenca se encuentra en sobreexplotación, por lo anterior, las actividades productivas y la forma en que se realizan deben ser revisadas, corregidas o cambiadas, como sugieren Faustino y Jiménez (2005),

Torres-Lima *et al.* (2008), Jiménez (2010) Velásquez (2010), Camas-Gómez *et al.* (2012) y Gaspari *et al.* (2013).

La susceptibilidad del suelo a la erosión, aunada a prácticas agrícolas y pecuarias inadecuadas que dejan el suelo sin protección, conlleva a la pérdida por erosión de este recurso valioso. También ocurre una reducción de la capacidad de infiltración del suelo, con el consecuente aumento de los caudales pico de los arroyos. Dicha situación se agrava por las lluvias intensas que ocurren eventualmente (Lovón, 2003; Faustino y Jiménez, 2005; Jiménez, 2010; Velásquez, 2010 y Gaspari *et al.*, 2013).

Aunado a lo anterior, la población del municipio en 2010 fue de 1,254 habitantes, al respecto, la tasa media anual de crecimiento de la población disminuyó en el período 1990 a 2010 (de 1,686 a 1,254 habitantes) (INEGI, 2011). De acuerdo con el levantamiento de campo, se continúa utilizando el manejo tradicional del suelo, por lo que se observa deterioro en el terreno y en la economía local, razón que puede explicar la disminución de la población (de 1990 a 2010), asociada a la migración de los habitantes a las ciudades del estado y a otros países en busca de fuentes de empleo y de mayores ingresos. Asimismo, en el censo de 1993 la población de ganado bovino era de 24,045 cabezas, la cual disminuyó según el censo agropecuario del 2009, casi a la mitad (14,371 cabezas). Dicha tendencia se debe a las prácticas pecuarias inadecuadas, lo que se refleja en baja cobertura vegetal, en el deterioro de los agostaderos, en una baja producción de forraje en el pastizal y caída en el rendimiento de cultivos en las áreas agrícolas de temporal (López-Reyes *et al.*, 2010 y Navarro-Córdova *et al.*, 2012).

El Inventario de vegetación mostró cambios sustanciales en algunas de las partes de la subcuenca, incluyó la presencia del matorral espinoso en lugar del matorral sarcocrasicaule, así como la ausencia de zacates amacollados en las zonas con pendientes de ligeras a moderadas (0 a 25%). La presencia de ambos recursos vegetales en las zonas donde las pendientes son fuertes (> 25%) no están disponibles para el ganado bovino; es donde los incendios naturales en la época seca y antes de las lluvias son procesos que benefician dichos

ecosistemas vegetales para su recuperación. De estas áreas se puede colectar semillas de diferentes especies de zacates amacollados para resiembra en las zonas con pendientes de ligeras a moderadas (Navarro-Córdova *et al.*, 2012).

El inventario de la infraestructura mostró la presencia de más rancherías en la subcuenca, las cuales no estaban consideradas en la cartografía existente. Se detectaron asimismo la presencia de señales de denuncios mineros, de los cuales la mayor parte es de compañías mineras con base fuera de la comunidad, con sólo un denuncio minero por miembros de la comunidad, lo cual no coincide con INEGI (1975; 2007).

En el Inventario de Recursos Humanos se demuestra que los miembros de la comunidad prefieren las actividades pecuarias, ya que los productos agrícolas se destinan comúnmente al mantenimiento de los animales domésticos; manifiestan interés asimismo por los productos forestales maderables, obtenidos en su mayoría para reforzar las áreas agrícolas y los corrales para el ganado. Se registró asimismo la producción de carbón vegetal, la cual no se destina a la exportación, toda vez que es utilizada por la misma comunidad, lo cual coincide con López-Reyes *et al.* (2010) y Navarro-Córdova *et al.* (2012).

En el contexto del MH, el entero ecosistémico a manejar se define con la descripción de los atributos del área mencionada: Físicos, biológicos y socioeconómicos. Mediante el MH se propone la promoción del aprovechamiento de los recursos naturales de manera sostenible, a través de la elaboración de los planes financiero, biológico y de infraestructura de la subcuenca (Savory y Butterfield, 1999, 2005 y Villarruel *et al.*, 2012).

Al respecto de la evaluación del estado de la subcuenca, el WSI fue 0,67, considerado como un nivel de sostenibilidad intermedio. En la matriz construida, se presentan en amarillo aquellas combinaciones de indicadores y parámetros considerados como dificultades o "cuellos de botella", esto es, aquellos elementos relevantes en el análisis que deben ser abordados con el fin de mejorar la sostenibilidad de la cuenca (Chaves y Alipaz, 2007 e INDHRI, 2010).

Se aprecia que una dificultad importante (cuello de botella) se relaciona con la disponibilidad de agua en la cuenca. En este sentido, el valor obtenido era de esperarse, entendiendo que se ajusta al patrón normal de cuencas ubicadas en regiones semiáridas, donde existe una fuerte demanda por recursos hídricos escasos (Chaves y Alipaz, 2007; INDHRI, 2010; López-Reyes *et al.*, 2010 y Navarro-Córdova *et al.*, 2012).

Otra dificultad o cuello de botella significativo se asocia al Indicador Ambiente. El aumento en el uso antrópico del suelo, así como la inexistencia de áreas consideradas como protegidas explican el bajo puntaje en este indicador. Sin embargo, es discutible la relevancia de áreas protegidas en una región donde más del 70% de su superficie corresponde a terrenos con vegetación natural. Como se mencionó enteriormente, se detectó más del 60% de suelo desnudo, debido al manejo pecuario tradicional (López-Reyes *et al.*, 2010 y Navarro-Córdova *et al.*, 2012).

El WSI tiene la ventaja de ser simple, flexible y adaptable, además, como cualquier otro índice puede ser utilizado como medio para transmitir información a la población en general y/o a grupos pequeños que participan en la toma de decisiones (Debels *et al*., 2008). En particular el WSI, puede ser especialmente útil para evaluar la evolución de los cambios experimentados en las cuencas, debido al desarrollo industrial o demográfico y también para compararlo con la evolución de otras cuencas en la región (Cortez *et al.*, 2012).

El enfoque de "cómo integrar los recursos hídricos" ha tenido un notable atractivo mundial en la promoción de una auténtica participación de todos los interesados. Sin embargo, los críticos argumentan que el dominio de la gestión de los recursos hídricos es un proceso político de respuesta-acuerdo. En consecuencia, el énfasis debe focalizarse a las complejidades del entorno, contextualidad, dinámicas de autoridad y una marcada concentración de esfuerzos en el análisis de las situaciones y condiciones reales (Saravanan et al., 2009).

Los métodos de análisis recientes indican que el uso del término “seguridad del agua” ha aumentado significativamente en la última década, a través de múltiples disciplinas. En conclusión, nuevos estudios y proyectos deben sustentarse en un enfoque integral para la seguridad del agua asociado a aspectos de buen gobierno y adecuada administración, incluyendo el concepto de manejo, lo que es promisorio como un nuevo enfoque para la gestión del agua (Cook and Bakker, 2012).

Se generó un total de 16 UGA’s para la subcuenca, con la escala de trabajo utilizada (1:10,000) y para el Ordenamiento Ecológico Territorial para el Estado de Sonora se generaron 52 UGA’s, en la escala de trabajo convencional aplicada para el estado (1:250,000) (SEMARNAT-CEDES-USAID-IGICH, 2010).

Para cada una de las UGA se concibieron diversas opciones de manejo de acuerdo a su posición fisiográfica, disponibilidad de recursos y otras características, de lo que se obtuvo un catálogo de 493 opciones de manejo.

9. Conclusiones

Se logró establecer una metodología para la descripción del entero ecosistémico para el manejo sustentable (holístico), de los recursos naturales de la Subcuenca La Haciendita, Villa Pesqueira (Mátape), Sonora, a través de la descripción de los atributos del área mencionada: Físicos, Biológicos y Socioeconómicos, del conocimiento de los inventarios de vegetación, humano y de infraestructura, lo que permitió además, identificar las metas de producción predial, tomando en cuenta las aspiraciones de los miembros de la comunidad. La metodología consiste en:

1. Descripción del Area de Estudio;
2. Inventario de Recursos (Naturales, Humanos y Materiales), Verificación y corroboración de campo;
3. Actualización de la información en los planos de infraestructura, edafología, geología, vegetación y fisiografía;
4. Análisis de la Información obtenida de campo (clima, infraestructura, vegetación, fauna y encuesta socioeconómica);
5. Análisis de los Índices de Aridez, indicadores de hidrología (cantidad y calidad), ambiental, de vida humana y políticas (modificados de acuerdo a las condiciones de la Subcuenca y a la disponibilidad de información), para obtener el Índice de Sostenibilidad de Cuencas;
6. Ordenamiento Ecológico del Territorio (Identificación de Unidades de Gestión Ambiental (UGA), a través del Análisis de Aptitud del Uso del Suelo);
7. Determinación del Catálogo de Opciones de Manejo por UGA

El área de la subcuenca La Haciendita es de 125.53 km^2 (12,553.00 ha), y el perímetro es de 55.54 km, es una cuenca pequeña la cual es aquella que cuenta con una superficie menor a los 250 km^2.

La población total del municipio en 2010 fue de 1,254 habitantes, la tasa media anual de crecimiento de la población disminuyó de 1990 a 2010 (de 1,686 a 1,254 habitantes) (INEGI, 2011). Se continúa utilizando el manejo tradicional y se nota el deterioro en el terreno (inventario y muestreo de vegetación) y en la economía local, al disminuir la población de un periodo a otro (1990 a 2010), por migración de los habitantes a las ciudades del estado y a otros países en busca de fuentes de empleo y de mayores ingresos. Asimismo, en el censo de 1993 la población ganadera (solo bovinos) era de 24,045 cabezas, y disminuyo para el censo agropecuario del 2009, casi a la mitad (14,371 cabezas), lo cual se debe a las malas prácticas pecuarias, lo que se refleja en la baja cobertura vegetal, en el deterioro de los agostaderos y en la baja producción de forraje en el pastizal y en las áreas agrícolas de temporal.

Los miembros de esta comunidad prefieren las actividades pecuarias, ya que los productos agrícolas generalmente son para el mantenimiento de los animales domésticos, y los productos forestales maderables obtenidos en su mayoría son para reforzar las áreas agrícolas y los corrales para el ganado. También se tiene la producción de carbón, la cual generalmente no sale de la zona, es utilizada en la misma por la comunidad.

Además, en el contexto del Manejo Holístico, se define el entero ecosistémico a manejar con la descripción de los atributos del área mencionada: Físicos, Biológicos y Socioeconómicos; y propone que se debe promover el aprovechamiento de los recursos naturales de manera sostenible, a través de la elaboración de los planes biológico, de infraestructura y financiero de la Subcuenca.

El WSI fue de 0,67, considerado como un nivel de sostenibilidad intermedio.

Se encontro un total de 16 UGAs y un catálogo de 493 opciones de manejo, además de la apicultura, acuacultura y actividades recreativas.

Los pasos a seguir:

1. La Implementación se realizará de acuerdo a las elecciones de los usuarios de los recursos naturales, elaborándose los planes biológicos (pecuarios, agrícolas y/o forestales, así como, de capacitación), de infraestructura y financieros para su ejecución en campo;
2. Evaluación y Retroalimentación.

10. Literatura citada

Almorox, J. 2003. Climatología Aplicada al Medioambiente y Agricultura. Madrid, E.T.S.I. Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid, 201 pp.

Arias Rojo, H.M., L. A. Bojórquez T., P. Wong G., E. Mellink B., Ch. Watts T., R. Salmón C., G. Soberón C., y A. Castellanos. 1998. Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio. Estado de Sonora. Instituto del Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora (IMADES). Archivos. Hermosillo, Sonora, México. 898 pp.

Barbosa-Briones, E. 2011. Desarrollo de herramientas de ARCGIS para el cálculo de indicadores físicos y socioeconómicos de cuencas hidrográficas. Tesis para obtener el grado de Maestra en Gestión Integrada de Cuencas. Universidad Autónoma de Querétaro. Santiago de Querétaro, Querétaro, México. 135 p.

Bingham, S. and A. Savory. 1990. Holistic Resource Management. Workbook. Island Press. Washington, D.C. 182 pp.

Bojórquez T., L.A., E. Ongay-Delhumeau and E. Ezcurra. 1994. Multivariate approach for suitability assessment and environmental conflict resolution. J. of Environmental Management. 41: 187 - 198.

Bojórquez T., L.A., S. Díaz M. y R. Saunier. 1997. Ordenamiento ecológico de la Costa Norte de Nayarit. Ferrándiz. S.A. Organización de los Estados Americanos. Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente. Instituto de Ecología UNAM. México. 80 pp.

Blackman, O.E. 1935. A study statistical methods of the distribution or species in grassland associations. Ann. Bot. 49: 749 – 777.

Braniff, B. 1982. Catálogo de Sitios Arqueológicos de Sonora (II Parte). Revista Noroeste de México 6:51-69. México, INAH-SEP.

Brooks, K. N., P.F. Ffolliott, H.M. Gregersen, L.F. DeBano. 2003. Hydrology and the management of watersheds. John Wiley & Sons, Inc. 3a Edition. New York. 574 p.

Caire, W. 1978. The distribution and zoogeography of the mammals of Sonora, Mexico. Submitted Partial Fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy en Biology in the graduate school of the University of New Mexico. 613 p.

Calvo, C. (1993). Dinámica, uso apropiado y sostenible de la tierra en la cuenca del rio Turrialba. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 186 p

Camas-Gómez, R., A. Turrent-Fernández, J.I. Cortes-Flores, M. Livera-Muñóz, A. González-Estrada, B. Villar-Sánchez, J. López-Martínez, N. Espinoza-Paz y P. Cadena-Iñiguez. 2012. Erosión del suelo, escurrimiento y pérdida de nitrógeno y fósforo en laderas bajo diferentes sistemas de manejo en Chiapas, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 3(2): 231-243.

Carabias L., J., E. Provencio D. y C. Toledo M. 1994. Manejo de recursos naturales y pobreza rural. UNAM - Fondo de Cultura Económica. México. 138 p.

Cervantes-Ramírez, M.C. 2006. Las Zonas Áridas y Semiáridas de México. En: Plantas de importancia económica en las zonas áridas y semiáridas de México. UNAM. Pp.: 17-39.

Chaves, H.M.L. y S. Alipaz. 2007. An Integrated Indicator Based on Basin Hydrology, Environment, Life, and Policy: The Watershed Sustainability Index. Water Resour. Manage (2007) 2I:883-895.

Comisión Nacional del Agua (CNA). 2002. Acuíferos del Estado de Sonora. Comisión Nacional del Agua. México, DF. (Documento digital).

Comisión Nacional del Agua. 2003. Programa Hidráulico Regional 2002-2006. Noroeste Región II. Comisión Nacional del Agua. México, DF.

Comisión Nacional del Agua. 2007. Programa Hídrico Visión 2030. Organismo de Cuenca del Noroeste.

Comisión Nacional del Agua. 2008. Ley de Aguas Nacionales. Diario Oficial de la Federación. 18 de Abril del 2008. México, D.F.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2013. Datos de las Presas El Horno y La Haciendita en el Estado de Sonora. Comisión Nacional del Agua. México, DF. (Documento digital).

Comisión Técnico Consultiva para la Determinación Regional de los Coeficientes de Agostadero (COTECOCA). 1986. Tipos de vegetación en el Estado de Sonora con diferenciación de sitios de productividad forrajera. 1:500.000. COTECOCA. SARH. México. 1 hoja.

Comisión Técnico Consultiva para la Determinación Regional de los Coeficientes de Agostadero (COTECOCA). 1989. Coeficientes de agostadero de la República Mexicana Estado de Sonora. COTECOCA. SARH. México. 255 p.

Cook, C. and K. Bakker. 2012. Water security: Debating an emerging paradigm. Global Environmental Change, 22(1), Pages 94–102

Cortés, A.E., Oyarzún, R., Kretschmer, N., Chaves, H., Soto, G., Soto, M., Amézaga, J., Oyarzún, J., Rötting, T., Señoret, M. and Maturana, H. (2012). Application of the Watershed Sustainability Index to the Elqui river basin, North-Central Chile. Obras y Proyectos 12, 57-69.

Costanza, Robert; Ralph D'Argel Rudolf de Groot, Stephen Farber, Monica Grasso, Bruce Hannon, Karin Limburg, Shahid Naeem, Tobert V. O'Neil, José Paruelo, Robert G. Raskin, Paul Sutton, and Marjan van den Belt. 1997. The Value of the World's Ecosytem Services and Natural Capital. Nature 387:253-260

Cottam. G., J.T. Curtis and B.W. Hale. 1953. Some sampling characteristics of a population of randomly dispersed individuals. Ecology. 34: 741 - 757.

Cuevas Flores, L., D. Tejeda Sartorius, Jacinto Samuel García Carreón, Jesús Alejandro Guerrero Herrera, Juan Carlos González Olarte, Honorio Hernández Méndez, María de Lourdes Lira Quintero, Jorge Luis Nieves Frausto, Carlos Manuel Vázquez Martínez y Ramón Cardoza Vázquez. 2007. Protección, restauración y conservación de suelos forestales. Manual de Obras y Prácticas. Tercera Edición. Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). SEMARNAT. México. 299 p.

Debels, P., Szlafsztein, C., Aldunce, P., Neri, C., Carvajal, Y., Quintero-Angel, M., Celis, A., Bezanilla, A. and Martínez, D. (2008). IUPA: a tool for the evaluation of the general usefulness of practices for adaptation to climate change and variability. *Natural Hazards* 50 (2), 211 – 233

Dirección General de Minas. 1998. Revisión de Expedientes de reclamos mineros en diferentes fechas.

Dirección General de Minas. 2012. Revisión de Expedientes de reclamos mineros en diferentes fechas.

Faustino, J. y Jiménez, F. 2005. Guía para elaborar planes de cogestión de cuencas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza – CATIE. Turrialba, Costa Rica. 23p.

Fuentes, J.J. 2004. Análisis morfométrico de cuencas: caso de estudio en el Parque Nacional de Pico de Tancítaro. INECOL. Publicación especial: 47 p.

Fundación Friedrich Ebert. 1989. Nuestro futuro común, un resumen. Fundación Friedrich Ebert. México. 40 p.

Gaspari F.J., Senisterra G.E., Delgado M.I., Rodríguez Vagaría A.M. & S.I.Besteiro. 2009. Manual de Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas. Editorial Autores, 1 ed, La Plata, Argentina. 321pp.

Gaspari F.J., A.M. Rodríguez V., G.E. Senisterra, G. Denegri, M.I. Delgado, S.I. Besteiro. 2012. Caracterización morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande, Buenos Aires, Argentina. Asociación de Universidades Grupo Montevideo *AUGM*DOMUS, 4:143-158.

Gaspari, F.J. A.M. Rodríguez V., G.E. Senisterra, M.I. Delgado, S.I. Besteiro. 2013. Elementos metodológicos para el manejo de cuencas hidrográficas. E-Book. Editorial de la Universidad de La Plata, Universidad Nacional de La Plata. Buenos Aires, Argentina. 188p.

Gobierno del Estado de Sonora. 1988. Los municipios de Sonora. Enciclopedia de los Municipios de México. Talleres Gráficos de la Nación. México, D.F. 346 p.

Goodall. D.W. 1952. Some considerations in the use of point quadrants for analysis of vegetation. Aust. J. Sci. Res. 5: 1 - 41.

Gretchen C. D.,* T. Söderqvist, S. Aniyar, K. Arrow, P. Dasgupta, P.R. Ehrlich, C. Folke, A. Jansson, B.O. Jansson, N. Kautsky, S. Levin, J. Lubchenco, K.G. Mäler, D. Simpson, D. Starrett, D. Tilman, B. Walker. 2000. The Value of Nature and the Nature of Value. Science, 289(5478), 395-396.

Gutiérrez-Ruacho, O.G. 2011. Análisis de la variabilidad climática del noroeste de México. Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias en el Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales (Orientación Ecología). La Paz, Baja California Sur, México. 141 p.

Heathcote, I.W. 2009. Integrated Watershed Management: Principles and Practice. John Wiley & Sons, Inc. 2a Edition. New York. 464 p.

Hernández P., R. 1984. Planeación y manejo integral para el desarrollo del Ejido La Zacatera. Coahuila. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Univ. Aut. Agraria Antonio Narro. Saltillo. Coahuila. México. 208 p.

Howell, Steve N.G. and Webb, Shophie. 1995. A guide to the birds of Mexico and Northern Central America. Oxford University Press. 851 p.

IMPLAN Hermosillo. Atlas de Riesgo de Hermosillo. http://www.ars.gob.mx/municipioshtml/HERMOSILLO/hermosillo.html.

Instituto Catastral y Registral del Estado de Sonora (ICRESON). 1995. Tenencia de la tierra de la Subcuenca La Haciendita. Oficio ICR-196-95 del 4 de Mayo de 1995. Hermosillo, Sonora, México. 2 hojas.

INE, SEMARNAT. 30 de diciembre de 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental – Especies nativas de México de flora y fauna silvestres – Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión

o cambio – Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. México, D.F. 78 p.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2000. Base de Datos Geográficos. Diccionario de Datos Climáticos. Escalas 1:250,000 y 1:1’000,000 (Vectorial). INEGI. México. 65 p. (Documento Digital).

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2000 a. Base de Datos Geográficos. Diccionario de Datos de Hidrología Superficial. Escalas 1:250,000 y 1:1’000,000 (Alfanumérico). INEGI. México. 34 p. (Documento Digital).

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2000 b. Base de Datos Geográficos. Diccionario de Datos de Uso del Suelo y Vegetación. Escalas 1:250,000 y 1:1’000,000 (Alfanumérico). INEGI. México. 59 p. (Doc. Digital).

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1985. Carta de Climas. Hermosillo. H12-8. Escala 1:250,000. INEGI. México. 1 hoja.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1980. Carta de Climas. Tijuana. 1:1’000,000. INEGI. México. 1 hoja.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2005. Carta de Hidrología Subterránea. Hermosillo. H12-8. Escala 1:250,000. INEGI. México. 1 hoja (Doc. Digital).

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2004. Carta de Precipitación. Hermosillo. H12-8. Escala 1:250,000. INEGI. México. 1 hoja (Doc. Digital).

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1981. Carta de Regiones Hidrológicas. Sonora. INEGI. México. 1 hoja.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2010. Carta de Regiones Hidrológicas. Sonora. INEGI. México. 1 hoja (Documento digital).

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2004. Carta Edafológica. Hermosillo. H12-8. Escala 1:250,000. INEGI. México. 1 hoja.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2006. Carta Fisiográfica. Tijuana. Escala 1:1’000,000. INEGI. México. 1 hoja (Doc. digital).

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2003. Carta Geológica. Hermosillo. H12-8. Escala 1:250,000. INEGI. México. 1 hoja (Documento digital).

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1975. Carta Topográfica. San José de Batuc H12D44. Mazatán H12D43. INEGI. México. 2 hojas.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2000 c. Carta Topográfica. Mazatán H12D43. INEGI. México. 1 hoja (Documento digital).

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2007. Carta Topográfica. San José de Batuc H12D44. INEGI. México. 1 hoja.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1981 a. Carta Uso del Suelo y Vegetación. Hermosillo H12-8. 1:250,000. INEGI. México.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2001. Carta Uso del Suelo y Vegetación. Hermosillo H12-8. 1:250,000. INEGI. México. 1 hoja (Documento digital).

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2009. Censo Agropecuario 2007, VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal. Aguascalientes, Aguascalientes.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2011. Censo de población y vivienda 2010. Tabulados del cuestionario básico.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1988. Clasificación Mexicana de Actividades y Productos (CMAP). 2ª Ed. INEGI. México. 275 p.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2006 a. Conjunto de datos vectoriales de la carta de uso del suelo y vegetación, escala 1:25000, serie III (conjunto nacional). Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes, México. (Documento digital).

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) - Gobierno del Estado de Sonora (Gob. del Edo. de Sonora). 1993. Anuario Estadístico del Estado de Sonora. Edición 1993. INEGI. México. 340 p.

Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDHRI). 2010. Aumento de la Oferta Hídrica. Editora Taller C. x A. Primera Edición. Santo Domingo Oeste, República Dominicana. 179 p.

Jameson, D.A. y J.G. Medina T. 1979. Metas, evaluación de recursos, selección de actividades y planeación de sistemas de recursos naturales. Ciclo de Seminarios del Departamento de Recursos Naturales Renovables. UAAAN. Saltillo, Coah., México. 23 p.

Jiménez, F. 2010. Análisis de Contexto, Caracterización, Diagnostico de Cuencas Hidrográficas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba – Costa Rica. 21 p.

Lianes Revilla, E. (2008). Estudio del factor vegetación "factor C" de la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo Revisada "RUSLE" en la cuenca del río Birrís (Costa Rica). Proyecto Fin de Carrera / Trabajo Fin de Grado, E.U.I.T. Forestal (UPM) [antigua denominación], Madrid, España.

Lok, S., G. Crespo, y V. Torres, 2008. Metodología para la selección de indicadores de sostenibilidad del sistema suelo-planta en pastizales. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 42(1): 71-76.

López R., M., 2006. Elementos para el diseño de una política de uso sustentable de las tierras ganaderas de Sonora. En: Estudios Sociales, Revista de Investigación Científica del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Volumen XIV, No. 27. 139 – 157.

López-Reyes, M., G. Solís-Garza, J. Murrieta-Saldíva, R. López-Estudillo. 2010. Percepción de los ganaderos respecto a la sequía. Viabilidad de un manejo de los agostaderos que prevenga sus efectos negativos. Estudios Sociales. XVII (Número Especial): 221-242.

Lovón Ríos, H.L. 2003. Contribución al estudio y manejo de la cuenca alta del Río Turrialba, Costa Rica. Tesis sometida a consideración de la Escuela de Postgrado, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, como requisito para optar al grado de Magister Scientiae. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Programa de Enseñanza para el Desarrollo y la Conservación. Escuela de Posgrado. Turrialba, Costa Rica. 136 p.

Machinea, J., Bárcena, A. & León, A. 2005. Objetivos de Desarrollo del Milenio: una mirada desde América Latina y el Caribe. CEPAL.

McAuliffe. J.R. 1990. El método escala logarítmica: Una técnica rápida para la medición de las poblaciones de plantas en los ambientes desérticos. Biotam Vol. 1(4): 1 - 12.

Medina-T., J.G. 1986. Planeación y desarrollo de los recursos naturales. En: Medina-T., J.G. y L.A. Natividad. Metodología de planeación integral de los recursos naturales. UAAAN. Saltillo, Coah., México. p. 5 - 21.

Medina T., J.G. y J. Gutiérrez C. 1990. Manejo de cuencas hidrológicas. Manejo de Pastizales. SOMMAP. Vol. 3(2): 34 - 40. México.

Méndez W., y M. Ettore. 2006. Análisis morfométrico de la microcuenca de la quebrada Curucutí, estado Vargas-Venezuela. Revista Geográfica Venezolana, Vol. 47(1), 29-55.

Mercado-Mancera, G., Troyo-Diéguez, E., Aguirre-Gómez, A., Murillo-Amador, B., Beltrán-Morales, L. F. y García-Hernández, J. L. 2010. Calibración y aplicación del índice de aridez de De Martonne para el análisis del déficit hídrico como estimador de la aridez y desertificación en zonas áridas. Universidad y Ciencia. 26(1): 51-64.

Monreal S, R., M. Rangel M., J. Castillo G., M. Morales M. 2002. Estudio de la Cuantificación de la Recarga del Acuífero "Costa de Hermosillo", Municipio de Hermosillo, Sonora. Resumen Ejecutivo. Departamento de Geología de la Universidad de Sonora y Subgerencia Técnica de la Comisión Nacional del Agua-Gerencia Regional Noroeste. Hermosillo, Sonora. 21 pp.

Mueller-Dombois. D. and H. Ellenberg. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley and Sons. New York. N.Y.

Navarro-Córdova, A., G. Ponce-Campos, A. Navarro-Navarro, L. Ortega-Navarro y A. Navarro-Navarro. 2012. Situación Actual de los Agostaderos en Sonora. Efecto del Manejo y Cambio Climático. Gobierno del Estado de Sonora. SAGARPA. Sonora, México. 220 p.

Ortiz Solorio, C. A. 1987. Agroclimatología Cuantitativa, con Aplicación en la Republica Mexicana. 3ª Edición. Depto. de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 327p.

Ortiz V., O. (2004). Evaluación hidrológica. En Hidrored. (En línea). Vol. 1/2004. [Consultado 17 de marzo de 2014. Disponible en: http://fedeta.org/web_publicaciones/web_hidrored/hidrored_2004_01.pdf

Parra, I.E. 1993. Propuesta de Modificación del Decreto que Crea la Reserva de Caza Cajón del Diablo, municipios de Guaymas y Hermosillo, Sonora, México, para establecerla como reserva de la biosfera. Centro Ecológico de Sonora, Gobierno del Estado de Sonora.

Peña H., D., G. Luna S., M. Reyes J., H.M. Arias R. 1996. Bosquejo Morfo-edafológico de la Cuenca del Río Mátape. En: Rodríguez-Casas, Julio (Ed). II Seminario Internacional de Manejo de Cuencas Hidrológicas. Universidad de Sonora – U. of Arizona. 10 - 12 de Enero, 1995. Hermosillo, Son., México. 43 - 59.

Peña Hernández, D. 2003. Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio de Sonora. Antecedentes, condición actual y perspectivas. Instituto del Medio Ambiente y el Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora (IMADES). 9º Encuentro de Geógrafos de América Latina. Mérida, Yucatán, México. 21-24 de abril. 14 p. http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal9/Geografiasocioeconomica/Ordenamientoterritorial/05.pdf

PNUD – INAFED. Índice de Desarrollo Humano 2000 - 2005. 2008. www.inafed.gob.mx/work/dso/siha_4_2_2_2.xls, (Documento digital). 22 de octubre del 2014.

Radelli, L., Menicucci, S., Meisner, H.Ph., Araux, E., Calmus, T., Amaya M., R., Barrera M., E., Domínguez P., E., Navarro M., L. and Soto C., L. 1987. Allochthonous paleozoic bodies of central Sonora. Bol. Depto. Geol. Uni-Son. Hermosillo, Sonora, México. 4(1-2): 1-15.

Reyes T., A., F. Ulises B., Y. Carvajal E. 2010. Guía básica para la caracterización morfométrica de cuencas hidrográficas. Colombia: Programa Editorial Universidad del Valle. 88p.

Salas-Aguilar V.M., C. Pinedo-Álvarez, O.A. Viramontes-Olivas, A.D. Báez-González y R.M. Quintana-Martínez. 2011. Morfometría de la cuenca del río Nazas-Rodeo en Durango, México, aplicando tecnología geoespacial. TECNOCIENCIA Chihuahua. 5(1): 34-42

Salgado M., G. y A. Mendoza L. 1988. Manejo de Cuencas Hidrológicas. Revista Vinculación. Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora (CESUES). Hermosillo. Sonora. México. 1(10): 18 - 20.

Salinas-Zavala C.A., D. Lluch-Belda, S. Hernández Vázquez y D.B. Lluch-Cota. 1998. La aridez en el noroeste de México. Un análisis de su variabilidad espacial y temporal. Atmosfera. 11. 29-44.

Saravanan, V.S., McDonald, G.T. and P. P. Mollinga. 2009. Critical review of Integrated Water Resources Management: Moving beyond polarised discourse. Natural Resources Forum. Volume 33, Issue 1, pages 76–86.

Savory, A. 1988. Holistic Resource Management. Island Press. Washington, D.C. 564 pp.

Savory, A. and J. Butterfield. 1999. Administración Holística – Un Nuevo Marco Conceptual para la Toma de Decisiones. Island Press.

Savory, A. and J. Butterfield. 2005. Administración Holística – Un Nuevo Marco Conceptual para la Toma de Decisiones. SEMARNAT. INE. FMCN. Fundación para Fomentar el Manejo Holístico de Recursos, A.C. 623 pp.

Secretaría de Desarrollo Social – Comisión Nacional de Zonas Áridas. 1994. Plan de Acción para Combatir la Desertificación en México (PACD). México, D.F. 160 pp

SEMARNAT. 2006. Manual del Proceso de Ordenamiento Ecológico. Instituto Nacional de Ecología. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F. 335 p.

SEMARNAT-CEDES-USAID-IGICH. 2010. Formulación del Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de Sonora. Instituto Nacional de Ecología. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F. 272 p.

Stebbins, I. R. 1987. A field guides to western reptiles and amphibians. National Audubon Society and National Wildlife Federation. 336 p.

Taber. R.D. 1955. Deer nutrition and population dynamics in the North coast range of California. Trans. 21st. N.A.M. Wildl. Conf. 160 - 172.

Torres-Lima, P. A., A.G. Martínez-Cano, L. Portes-Vargas, L.M. Rodríguez-Sánchez y J.G. Cruz-Castillo, 2008. Construcción local de indicadores de sostenibilidad regional. Un estudio de caso en el semidesierto del noreste de México. Región y Sociedad. México 20(43): 25-60.

Valdivia L., R. 1993. Unidad 1. Política Ambiental Nacional en Materia de Ordenamiento Ecológico. Tema 7. Ordenamiento General del Territorio del País. Curso de Capacitación en Materia de Ordenamiento Ecológico. Programa Ambiental de México. Secretaria de Desarrollo Social. Instituto Nacional de Ecología. Dirección General de Planeación Ecológica. México. 1 - 18.

Van-Rossem, A.J. 1945. A distributional surrey of the birds of Sonora, México. Louisiana State University Press. 379 p.

Velásquez M., S. (2010). Zonificación para el Ordenamiento Territorial de la Cuenca del Río Turrialba. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 61p.

Villarruel-Sahagún, L., I. A. Aguirre-Ibarra, Y. Maya-Delgado, E. Troyo-Diéguez y G. Solís-Garza (Editores). 2012. Manejo Holístico Principios y Prácticas. La Paz, B.C.S., México. 16 pp

Villón B., M. (2004). Hidrología. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 474p.

WMO. 2012. World Meteorological Organization, CLImate COMputing Project. Información 'en línea': http://www.wmo.ch/pages/prog/wcp/wcdmp/clicom/index_en.html. Fecha de consulta: 10 de febrero, 2012.

Anexo I. Listado Florístico

TAXA	NOMBRE COMÚN
CLASE: DICOTYLEDONEAE	
FAMILIA: ACANTHACEAE	
Carlowrightia arizonica	
Dicliptera resupinata (Vahl) Juss.	Alfalfilla
Elytraria imbricata (Vahl) Pers.	Nachachicoli, cordoncillo
Tetramerium nervosum Nees	hierba de la víbora, bacoat muteca (mayo)
FAMILIA: AMARANTHACEAE	
Amaranthus sp	quelite
FAMILIA: ASCLEPIADACEAE	
Marsdenia edulis S. Wats	
Matelea cordifolia (Gray) Woods.	
Matelea pringlei (Gray) Woods.	
Sarcostemma cynanchoides (Vail)R. Holm	hierba lechosa, hirote, hexe (s), huichopori (m)
FAMILIA: ASTERACEAE	
Ambrosia ambrosioides (Cav. Ex Rydb.) Payne	chicura, nagua (m), toiwe jupu (g), uu chicura (y), tincl (s)
Ambrosia confertiflora DC.	Istafiate, estafiate, un chi'ichibo (y), chibchibo (m)
Ambrosia cordifolia (A. Gray) Payne	chicurilla
Baccharis salicifolia (Ruiz & Pavon) Pers.	Batamote, jarilla, hierba del pasmo, bachomo (m), huachomo (g), uu bachomo (y)
Baccharis sarothroides Gray	romerillo
Bidens sp	
Brickellia sp	Estrellita
Encelia farinosa Gray ex Torr.	Rama blanca
Pectis papposa Harvey & Gray	
Viguiera deltoidea Gray	hehe imoz coopol (s)
Viguiera sp	
FAMILIA: BIGNONIACEAE	
Tabebuia crysantha	
Tecoma stans (L.) Juss. ex Kunth	lluvia de oro
FAMILIA: BOMBACACEAE	
Ceiba acuminata (S. Watson) Rose	pochote
FAMILIA: BORAGINACEAE	
Cordia sonorae	
FAMILIA: BUDDLEJACEAE	
Buddleia crotonoides	
FAMILIA: BURSERACEAE	
Bursera laxiflora S. Watson	torote papelillo, copal, toro prieto, palo mulato, toro chakuri (m) uu too chukui (y), ekawi (g), xoop caacol (s)
FAMILIA: CACTACEAE	
Escobaria vivipara vivipara (Nutt.) Britt. & Rose	
Mammillaria grahamii Engelm.	
Mammillaria sp	
Opuntia arbuscula Engelm.	Sibiri
Opuntia fulgida Engelm.	choya bricadora
Opuntia macrocentra Engelmann.	
Opuntia sp	

TAXA	NOMBRE COMÚN
Opuntia thurberi Engelm.	choya, sibiri, severi (m), un sebii (y), seweri (g)
Pachycereus schottii (Engelm.) D.R. Hunt	sina, senita, cina (m), musaro (y)
Stenocereus thurberi (Engelm.) Buxbaum	pitahaya, pitayo, pithaya dulce, akim (m), un aaki (y), ool (s)
FAMILIA: CAPPARACEAE	
Atamisquea emarginata Miers ex Hook. & Arn.	Palo zorrillo
FAMILIA: CHENOPODIACEAE	
Chenopodium album L.	choal
FAMILIA: CONVOLVULACEAE	
Cuscuta sp	
Evolvulus alcinoides angustifolus Torr.	ojo de víbora
Ipomoea arborescens (H.B.K.) G. Don	palo blanco, palo santo, tochiwo (g), palublanc (p)
Ipomoea leptotoma Torr.	
Ipomoea sp	
Merremia palmeri H. Hallier f.	
FAMILIA: CUCURBITACEAE	
Cucurbita foetidissima Kunth	Melón de coyote
FAMILIA: EUPHORBIACEAE	
Argythamnia lanceolata (Benth.) Muell.-Arg.	
Argythamnia neomexicana Mueller.-Arg.	
Chaemaesyce polycarpa	
Croton sonorae Torr.	croton sonorense
Croton sp	
Ditaxis lanceolata	
Ditaxis sp	
Euphorbia sp	Golondrina
Jatropha cardiophylla (Torr.) Muell.-Arg.	Sangrengado
Jatropha cordata (C.G.Ortega) Muell 1866	sangrengado, sappo (m)
FAMILIA: FABACEAE	
Acacia berlandieri	
Acacia cochliacantha Humb. & Bonpl. ex Willd.	cucharita, cubata, chirahui, guinolo, vinolo, sinala (g)
Acacia constricta Benth.	vinorama, huizache, gigantillo, vara prieta, chaparro prieto, largoncillo, buenarrama, oeno-rama (s)
Acacia farnesiana (L.) Willd.	huizache, vinorama, cucka guinolo, joesh kam u'ushe (p), uu kukka (y), ku'ka (g)
Acacia greggii A. Gray	tesota, uña de gato, algarroba, gatuño, tepame
Acacia pennatula (Schldl. & Cham.) Benth.	algarroba, chirahui, espino, huizache, huizache tepamo, garrobo
Acacia sp	
Astragalus sp	Hierba loca
Benthamantha edwarsii (A.Gray) Rose	
Caesalpinia pulcherrima (L.) Swartz	barba de sol, flor de san francisco, chacmol, flor de guacamaya, flor del camarón, poinciana enana, tetezo, tabachin, tabuaca, talpacapache (m), takapachi (g)
Coursetia glandulosa A. Gray	zamota, za mo'ot (p)
Dalea mollis Benth.	Popotillo

TAXA	NOMBRE COMÚN
Dalea sp	
Eysenhardtia orthocarpa (A. Gray) S. Wats.	palo dulce
Haematoxylon brasilleto Karst	palo brasil, brasil, jucha'sco (m), guichachaco (g)
Lotus sp	
Lysiloma microphylla Benth.	mauto, quiebra hacha, vara blanca, ma'a (g)
Lysiloma watsonii Rose	pepehuaje, tepeguaje, machahui
Marina sp	
Mimosa distachya laxiflora (Benth.) Barneby	gatuño, uña de gato
Mimosa sp	
Parkinsonia aculeata L.	retama, bagote, guacoporo
Parkinsonia praecox	
Parkinsonia sonorae (Rose & Johnston)	
Prosopis glandulosa Torr.	mezquite
Prosopis velutina Woot.	mezquite
Senna covesii	
Senna pallida (Vahl) Irwin & Barneby	garbancillo, flor de iguana, malva blanca, bisari, guicuachi, qui curi
Senna sp	
FAMILIA: FAGACEAE	
Quercus chihuahuensis Trel.	encino chino
Quercus emoryi Torr.	encino, bellota
Quercus tuberculata	
FAMILIA: FOUQUIERIACEAE	
Fouquieria macdougalii Nash	ocotillo macho, torote verde, jaboncillo, mureo, murio, chunari (m), un mureo (y)
Fouquieria splendens Engelm.	ocotillo, ocotillo de corral, xong (s)
FAMILIA: LAMIACEAE	
Hyptis emoryi Torr.	salvia, babino, un bibino (y), wiwn¢ (g), xeescl (s)
FAMILIA: MALPIGHIACEAE	
Janusia gracilis A. Gray	
Janusia linearis I. Wiggins	
Mascagnia macroptera (Sesse & Moc) Niedenzu, Gen 1908	matanene, sana rogua, gallinita, bejuco prieto
FAMILIA: MALVACEAE	
Abutilon incanum (Link) Sweet	pelotazo abutilon, oreja de tecolote, pelotazo chico, un muunaka (y)
Abutilon sp.	
Sida neomexicana	
Sida sp	
FAMILIA: MORACEAE	
Ficus petiolaris H.B.K.	tescalama, higuerote
FAMILIA: NYCTAGINACEAE	
Allionia incarnata L.	guapile, hierba del golpe, papalote, hamip cmaam (s)
FAMILIA: ONAGRACEAE	
Ludwigia sp	
FAMILIA: PAPAVERACEAE	
Argemone sp	
FAMILIA: PEDALIACEAE	

TAXA	NOMBRE COMÚN
Proboscidea parviflora (Woot.) Woot. & Standl.	cuernitos
FAMILIA: RHAMNACEAE	
Karwinskia parvifolia Rose	cachila
FAMILIA: RUBIACEAE	
Randia sonorensis Wiggins	
FAMILIA: SAPINDACEAE	
Dodonaea viscosa (L.) Jacq.	tarachico, tarachique
Sapindus saponaria L.	chirrion
FAMILIA: SCROPHULARIACEAE	
Penstemon sp	
FAMILIA: SOLANACEAE	
Capsicum annuum L.	chiltepin
Datura wrightii Regel	toloache
Lycium sp	
Nicotiana glauca Graham	juan loco, álamo loca, palo loco, tabacon
Physalis sp	Tomatillo
Solanum elaeagnifolium Cav.	tomatillo de buena mujer, tomatito, ojo de liebre, poros pusi (m)
Solanum sp	
FAMILIA: STERCULIACEAE	
Ayenia filiformis S. Wats.	
Ayenia sp	Hierba loca
FAMILIA: ULMACEAE	
Celtis pallida Torr.	garambullo
FAMILIA: VERBENACEAE	
Lantana sp	Lantana
Lantana velutina	
FAMILIA: VISCACEAE	
Phoradendron californicum Nutt.	toji, chipchia (m), aaxt (s)
Phoradendron sp	
FAMILIA: ZYGOPHYLLACEAE	
Guaiacum coulteri A. Gray	guayacan, mocni (s)
CLASE: MONOCOTYLEDONEAE	
FAMILIA: AGAVACEAE	
Agave angustifolia angustifolia (Trelease) Haw.	agave bacanora, mescal
Agave parviflora	
Agave sp	
Dasylirion wheeleri S. Wats. ex Rothr.	sotol, sawo
Nolina matapensis Wiggins, 1940	palmita, palmito, tuya
Yucca madrensis Gentry, 1972	soco
FAMILIA: ARECACEAE	
Sabal uresana Trelease	palma, tahc£
FAMILIA: POACEAE	
Agrostis sp	zacate de piedras
Aristida adscensionis L.	zacate de agua tres barbas, zacate de zorra, tres barbas de semilla
Aristida havardii Vasey	tres barbas barbado
Aristida orcuttiana Vasey	tres barbas vagabundo
Aristida ternipes Cav.	zacate araña
Bouteloua aristidoides (Kunth) Griseb.	Aceitilla

TAXA	NOMBRE COMÚN
Bouteloua chondrosioides (Kunth) Benth. ex S. Wats.	navajita morada
Bouteloua curtipendula (Michx.) Torr.	banderilla, grama
Bouteloua eriopoda (Torr.) Torr.	navajita negra
Bouteloua hirsuta Lag.	navajita velluda
Bouteloua rothrockii Vasey	zacate liebrero
Bouteloua sp	
Bouteloua sp	
Cathestecum erectum Vasey & Hack.	grama china
Cenchrus carolinianus Walt.	Guisapori
Chloris sp	
Chloris virgata Sw.	zacate lagunero, cola de zorra
Digitaria sanguinalis (L.) Scop.	zacate cangrejo
Enneapogon desvauxii Beauv.	zacate ladera
Eragrostis lemanniana Ness	zacate africano, zacate de amor lehmans
Eragrostis mexicana (Hornem.) Link	zacate de amor mexicano
Eragrostis sp	
Eriogonum sp	
Erioneuron pulchellum (Kunth) Tateoka	zacate borreguero
Festuca sp	Fescua o alta fescua
Heteropogon contortus (L.) Beauv. ex Roemer & J.A. Schultes	zacate colorado
Hilaria belangeri (Steud.) Nash	zacate galleta
Leptochloa dubia (Kunth) Nees	zacate gigante
Lycurus phleoides Kunth	zacate lobero
Muhlenbergia emersleyi Vasey	zacate del toro
Muhlenbergia repens (J. Presl) A.S. Hitchc.	Liendrilla alcalina. zacate cambray
Muhlenbergia sp	
Panicum hallii Vasey	panizo rayado
Panicum sp	
Pennisetum ciliare (L.) Link	zacate buffel
Poa sp	
Rhynchelytrum repens (Willd.) C.E. Hubbard	zacate rosado
Schizachyrium sanguineum hirtiflorum (Nees) Hatch	popotillo peludo, tallo azul peludo
Scleropogon brevifolius Phil.	zacate de burro
Scleropogon sp	
Setaria sp	
Sorghum halepense (L.) Pers.	zacate johnson

Anexo II. Listado Faunístico

Listado de mamíferos terrestres en la Subcuenca La Haciendita, Mátape, Sonora[3].

Orden	Familia	Nombre Científico	Nombre común
ARTIODACTYLA	Cervidae	*Odocoileus virginianus*	Venado cola blanca
	Tayassuidae	Pecari tajacu	Cochi jabali, pecari
CARNIVORA	Canidae	*Canis latrans*	Coyote
		Urocyon cinereoargenteus	Zorra gris
		Vulpex velox	Zorra
	Felidae	*Puma concolor*	León de montaña, puma
		Lynx rufus	Gato montés
	Mustelidae	*Taxidea taxus*	Tejón ** (A) (No endémica)
		Spilogale gracilis	Zorrillo
	Procyonidae	*Bassariscus astutus*	Cacomixtle
		Nasua narica	Chulo
		Procyon lotor	Mapache
CHIROPTERA	Mormoopidae	*Mormoops magalophylla megalophylla*	Murciélago barba-arrugada norteño
		Pteronotus davyi fulvus	Murciélo-lomo pelón menor
	Natalidae	*Natalus estramineus*	Murciélago-oreja embudo mexicano
	Phyllostomidae	*Macrotus californicus*	Murciélago-orejón californ
	Vespertilionidae	*Antrozous pallidus pallidus*	Murciélago desértico norteño
		Eptesicus fuscus	Murciélago-moreno norteamer
		Myotis californicus	Miotis californiano
		Pipistrellus hesperus	Pipistrelo del oeste americano
LAGOMORPHA	Leporidae	*Lepus alleni*	Liebre
		Sylvilagus audubonii	Conejo
RODENTIA	Heteromyidae	*Chaetodipus penicilliatus pricei*	Ratón de abazones de desierto
		Chaetodipus baileyi bayleyi	Raton espinozo
		Chaetodipus intermedius intermedius	Ratón de abazones
		Dipodomys merriami merriami	Rata canguro
		Lyomis pictus	Ratón sedoso
	Muridae	*Neotoma albigula*	Rata nopalera, rata de campo
		Peromyscus boylii glasselli	Ratón del breñal, ratón arbustero ** (A) (Endémico)
		Peromyscus eremicus	Ratón del cactus
		Peromyscus merriami merriami	Ratón de Merriam
	Sciuridae	*Ammospermophilus harrisii*	Ardilla antílope
		Spermophilus tereticaudus	Juancito
		Spermophilus variegatus	Ardillón

[3] Modificado de Parra, I. E. 1993. Propuesta de la Modificación del Decreto que Crea la Reserva de Caza Cajón del Diablo, Municipios de Guaymas y Hermosillo, Sonora, México. Centro Ecológico de Sonora, Gobierno del Estado de Sonora.

** En Peligro de Extinción (P); Amenazada (A); Sujetas a Protección Especial (Pr); Probablemente extinta en el medio silvestre (E) (INE, SEMARNAT, 2010).

Especies de mamíferos que se encuentran dentro de la NOM-059-ECOL-2010.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Categoría	Distribución
Muridae	*Peromyscus boylii glasselli*	Ratón del breñal, ratón arbustero	A	Endémica
Mustelidae	*Taxidea taxus*	Tejon	A	No endémica

Listado de las especies de aves terrestres en la Subcuenca La Haciendita, Mátape, Sonora[4].

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común
APODIFORMES	*Apodidae*	*Aeronautes saxatilis*	Vencejo pecho blanco
	Trochilidae	*Amazilla berylina*	Colibrí
		Calypte costae	Colibrí cabeza violeta
		Cynanthus latirostris	Colibrí pico ancho
CAPRIMULGIFORMES	*Caprimulgidae*	*Chordeiles acutipennis*	Chotacabras menor
		Phalaenoptilus nuttallii	Tapacamino Tevíi
COLUMBIFORMES	*Columbidae*	*Columba livia*	Pichón
		Columbina inca	Tortolita
		Columbina passerina	Tórtola coquita
		Zenaida asiatica	Paloma de alas blancas
		Zenaida macroura	Paloma huilota
CUCULIFORMES	*Cuculidae*	*Geococcyx californianus*	Churea, correcaminos
FALCONIFORMES	*Accipitridae*	*Accipiter striatus*	Gavilán pecho rufo
		Aquila chrysaetos	Águila real **(A)
		Buteo jamaicensis	Halcón cola roja
		Buteo sp.	Gavilán
		Buteo swainsoni	Aguililla de Swainson **(Pr)
		Elanus leucurus	Milano cola blanca
		Parabuteo unicinctus	Aguililla rojinegra **(Pr)
	Cathartidae	*Cathartes aura*	Aura
		Coragyps atratus	Zopilote negro
	Falconidae	*Caracara plancus*	Caracara
		Falco columbarius	Halcón esmerejón
		Falco mexicanus	Halcón de las praderas **(A)
		Falco peregrinus	Halcón peregrino **(Pr)
		Falco sparverius	Cernícalo
GALLIFORMES	Odontophoridae	*Callipepla gambellii*	Codorniz de Gambel
PASSERIFORMES	Cardinalidae	*Cardinalis cardinalis*	Cardenal
		Cardinalis sinuatus	Cardenal pardo
		Guiraca caerulea	Picogordo azul
		Passerina versicolor	Colorín morado
	Corvidae	*Corvus corax*	Cuervo
	Emberizidae	*Calamospiza melanocorys*	Gorrión ala blanca
		Melospiza lincolnii	Gorrión de Lincoln
		Peucaea carpalis	Zacatonero sonorense
		Pipilo chlorurus	Toquí cola verde
		Pipilo fuscus	Toquí pardo
		Spizella breweri	Gorrión de Brewer
		Spizella passerina	Gorrión ceja blanca
		Zonotrichia leucophrys	Zacatero

[4] Modificado de Parra, I. E. 1993. Propuesta de Modificación del Decreto que Crea la Reserva de Caza Cajón del Diablo, municipios de Guaymas y Hermosillo, Sonora, México, para establecerla como reserva de la biosfera. Centro Ecológico de Sonora, gobierno del Estado de Sonora.

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común
	Fringillidae	*Carpodacus mexicanus*	Pinzón Mexicano
	Hirundinidae	*Progne subis*	Golondrina azul negra
		Tachycineta bicolor	Golondrina bicolor
		Tachycineta thalassina	Golondrina verdemar
		Stelgidopterix serripenis	Golondrina gorjicafe
	Icteridae	*Icterus cucullatus*	Bolsero encapuchado
		Molothrus ater	Tordo cabeza café
		Quiscalus mexicanus	Chanate
	Laniidae	*Lanius ludovicianus*	Alcaudón verdugo
	Mimidae	*Mimus polyglottos*	Centzontle Norteño
		Toxostoma bendirei	Cuitlacoche pico corto
		Toxostoma curvirostre	Cuitlacoche pico curvo
	Muscicapidae	*Catharus guttatus*	Zorzal cola rufa
		Polioptila caerulea	Perlita azulgris
		Polioptila melanura	Perlita del desierto
		Regulus calendula	Reyezuelo de rojo
	Parulidae	*Wilsonia pusilla*	Chipe corona negra
	Passeridae	*Passer domesticus*	Gorrión doméstico
	Ptilogonatidae	*Phainopepla nitens*	Capulinero negro
	Remizidae	*Auriparus flaviceps*	Baloncillo
	Tyrannidae	*Empidonax oberholseri*	Mosquero oscuro
		Empidonax wrightii	Mosquero gris
		Tyrannus melancholicus	Tirano tropical
		Tyrannus verticalis	Tirano pálido
		Myiarchus cinerascens	Papamoscas
		Myiarchus tyrannulus	Papamoscas tirano
		Pitangus sulphuratus	Luis bienteveo
	Troglodytidae	*Campylorhynchus brunneicapillus*	Matraca del desierto
		Catherpes mexicanus	Chivirin barranqueño
		Cistothorus palustris	Chivirin pantanero
		Salpinctes obsoletus	Chivirin salta roca
	Vireonidae	*Vireo bellii*	Vireo
		Vireo vicinior	Vireo gris
PICIFORMES	Picidae	*Melanerpes uropygialis*	Carpintero de Gila
		Picoides scalaris	Carpintero mexicano
STRIGIFORMES	Strigidae	*Athene cunicularia*	Tecolotito llanero
		Bubo virginianus	Búho cornudo
	Tytonidae	*Tyto alba*	Lechuza de campanario

** En Peligro de Extinción (P); Amenazada (A); Sujetas a Protección Especial (Pr); Probablemente extinta en el medio silvestre (E) (INE, SEMARNAT, 2010).

Especies de aves terrestres que se encuentran dentro de la NOM-059-ECOL-2001.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Categoría	Distribución
Accipitridae	*Aquila chrysaetos*	Aguila real	A	No endémica
Accipitridae	*Buteo swainsoni*	Aguililla de Swainson	Pr	No endémica
Accipitridae	*Parabuteo unicinctus*	Aguililla rojinegra	Pr	No endémica
Falconidae	*Falco mexicanus*	Halcón de las praderas	A	No endémica
Falconidae	*Falco peregrinus*	Halcón peregrino	Pr	No endémica

Listado de especies de reptiles en la Subcuenca La Haciendita, Mátape, Sonora[5].

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común
CHELONIA	Testudinidae	*Gopherus agassizi*	Tortuga del desierto ** (A)
SQUAMATA	Colubridae	*Gyalopion quadrangularis*	Serpiente nariz de gancho del desierto
		Hypsiglena torquata	Culebra nocturna ojo de gato ** (Pr)
		Lampropeltis getula	Serpiente rey ** (A)
		Masticophis bilineatus	Culebra
		Masticophis flagellum	Chirrionera ** (A)
		Oxybelis aeneus	
		Phyllorhynchus browni	
		Phyllorhynchus decurtatus	
		Pituophis melanoleucus affinis	Víbora sorda alicante
		Rhinocheilus lecontei	
		Salvadora hexalepis	
		Tantilla hobartsmithi	Culebra
		Thamnophis cyrtopsis	Culebra-listonada cuello negro ** (A)
		Trimorphodon biscutatus	
	Elapidae	*Micruroides euryxanthus*	Coralillo ** (A)
	Helodermatidae	*Heloderma suspectum suspectum*	Monstruo de Gila ** (A)
	Iguanidae	*Ctenosaura hemilopha*	Iguana espinosa de Sonora ** (Pr) Endémica
		Callisaurus draconoides	Lagartija cola de zebra
		Callisaurus draconoides inusitatus	Perrita ** (A)
		Crotaphytus collaris nebrius	Lagartija de collar de Sonora ** (A)
		Dipsosaurus dorsalis	Porohui
		Gambelia wislizenii	Lagartija leopardo de nariz grande
	Leptotyphlopidae	*Leptotyphlops humilis dugesi*	Serpiente ciega del oeste
	Phrynosomatidae	*Phrynosoma solare*	Camaleón cornudo real
		Sceloporus clarki clarki	Cachorón
		Scelophorus jarrovi	Cachorón
		Sceloporus orcutti licki	Lagartija espinosa
		Sceloporus magister magister	
		Urosaurus ornatus	Cachora de árbol
		Uta stansburiana	Cachora
	Teiidae	*Cnemidophorus burti*	Huico
	Viperidae	*Crotalus molossus molossus*	Cascabel cola prieta** (Pr)
		Crotalus pricei	Víbora de cascabel ** (Pr)
Clase Amphibia Orden Anura	Microhylidae	*Gastrophryne olivaceae*	Sapo boca angosta oliváceo ** (Pr)
	Ranidae	*Rana forreri*	Rana de Forrer ** (Pr)

** En Peligro de Extinción (P); Amenazada (A); Sujetas a Protección Especial (Pr); Probablemente extinta en el medio silvestre (E) (INE, SEMARNAT, 2010).

[5]Modificado de Parra, I. E. 1993. Propuesta de Modificación del Decreto que Crea la Reserva de Caza Cajón del Diablo, municipios de Guaymas y Hermosillo, Sonora, México, para establecerla como reserva de la biosfera. Centro Ecológico de Sonora, gobierno del Estado de Sonora.

Especies de reptiles y anfibios que se encuentran dentro de la NOM-059-ECOL-2001.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Categoría	Distribución
Culebridae	*Hypsiglena torcuata*	Culebra nocturna ojo de gato	Pr	No endémica
Colubridae	*Masticophis flagellum*	Chirrionera	A	No endémica
Colubridae	*Thamnophis cyrtopsis*	Culebra-listonada cuello negro	A	No endémica
Culebridae	*Lampropeltis getula*	Serpiente rey	A	No endémica
Iguanidae	*Ctenosaura hemilopha*	Iguana espinosa de Sonora	Pr	Endémica
Phrynosomatidae	*Callisaurus draconoides*	Perrita	A	No endémica
Testudinidae	*Gopherus agassizi*	Tortuga del desierto	A	No endémica
Viperidae	*Crotalus molossus*	Cascabel cola prieta	Pr	No endémica
Viperidae	*Crotalus pricei*	Víbora de cascabel	Pr	No endémica
Microhylidae	*Gastrophryne olivaceae*	Sapo boca angosta oliváceo	Pr	No endémica
Ranidae	*Rana forreri*	Rana de Forrer	Pr	No endémica

Anexo III. Atributos ambientales usados para el análisis de aptitud de los siete sectores y sus subsectores para la Subcuenca La Haciendita, Mátape, Sonora.

Sector	Subsector	Atributo ambiental	Ponderación	Descripción	Fuente cartográfica
1. AGRICULTURA	AGT. Agricultura de temporal	Suelos productivos	1	Suelos Fluvisoles y Xerosoles	Mapa de suelo 1:10,000, a partir del análisis de imagen de satélite SPOT 2011 y mapa fisiográfico 1:10,000 elaborado a partir de la imagen de satélite SPOT 2011 y mapa topográfico 1:50,000 INEGI, considerando la clasificación de suelos según INEGI (2004)
		Pendiente del terreno	2	Pendiente del terreno menor de 15%	Cartas topográficas escala 1:50,000 INEGI, Modelo Digital de Elevación y mapa de pendientes.
2. CINEGÉTICO	AAM. Aves acuáticas migratorias	Vegetación deseable	1	Vegetación de galería y cuerpos de agua	Mapa uso del suelo y vegetación 1:10,000, a partir del análisis de imagen de satélite SPOT 2011 y Cartas topográficas 1:50,000 INEGI; y a partir del análisis de imagen de satélite SPOT 2011
	AVT. Aves Terrestres o Residentes	Vegetación deseable	1	Toda la vegetación	Mapa uso del suelo y vegetación 1:10,000, a partir del análisis de imagen de satélite SPOT 2011
	GUA. Guajolote	Vegetación deseable	1	Bosque de encino	Mapa uso del suelo y vegetación 1:10,000, a partir del análisis de imagen de satélite SPOT 2011
		Topografía	2	Altitud ≥ 1000 msnm	Cartas topográficas 1:50,000 INEGI
	MAM. Mamíferos menores (liebre y jabalí)	Vegetación deseable	1	Toda la vegetación	Mapa uso del suelo y vegetación 1:10,000, a partir del análisis de imagen de satélite SPOT 2011
	VBU. Venado bura	Vegetación deseable	1	Matorrales: espinoso, mezquital, selva baja caducifolia,	Mapa uso del suelo y vegetación 1:10,000, a partir del análisis de imagen de satélite SPOT 2011
		Area Agricola		Area Agricola	Mapa uso del suelo y vegetación 1:10,000, a partir del análisis de imagen de satélite SPOT 2011
	VCB. Venado cola blanca	Vegetación deseable	1	Matorrales: espinoso, mezquital, pastizal cultivado, pastizal inducido, selva baja caducifolia y Bosque de encino	Mapa uso del suelo y vegetación 1:10,000, a partir del análisis de imagen de satélite SPOT 2011
3. CONSERVACIÓN	CBS. Bosques secos	Tipo de vegetación	1	Selva baja caducifolia y matorral subtropical	Mapa uso del suelo y vegetación 1:10,000, a partir del análisis de imagen de satélite SPOT 2011

Sector	Subsector	Atributo ambiental	Ponderación	Descripción	Fuente cartográfica
	CBT. Bosques templados	Tipo de vegetación	1	Bosque de encino	Mapa uso del suelo y vegetación 1:10,000, a partir del análisis de imagen de satélite SPOT 2011
	CEN. Distribución de la mayor densidad de 16 especies terrestres de la NOM-059-SEMARNAT-2010	Presencia de especies en listas de interés ecológico		Mapas de distribución de la mayor densidad de 16 especies terrestres de la NOM-059-SEMARNAT-2010	Información proporcionada por el grupo de trabajo con base en revisión de información bibliográfica de hábitat de especies
	CPA. Pastizal	Tipo de vegetación		Pastizal nativo	Mapa uso del suelo y vegetación 1:10,000, a partir del análisis de imagen de satélite SPOT 2011
	EAD. Ecosistemas de Agua Dulce	Presencia de cuerpos de agua	1	Manantiales, presas, represos, aguajes y arroyo perenne	Cartas topográficas 1:50,000 de INEGI
4. FORESTAL	CHI. No Maderable: colecta de chiltepín	Especie de interés: chile chiltepín	1	Se ubicaron áreas con cobertura de selva baja caducifolia, matorral subtropical y mezquital	Mapa uso del suelo y vegetación 1:10,000, a partir del análisis de imagen de satélite SPOT 2011
	LCP. No Maderable: Postes, leña y carbón	Especies de interés: encino y mezquite	1	Se ubicaron áreas con cobertura de encino y mezquite.	Mapa uso del suelo y vegetación 1:10,000, a partir del análisis de imagen de satélite SPOT 2011
5. GANADERO	GAE. Extensivo	Vegetación deseable	1	Especies palatables (gramíneas): pastizales, selva baja y matorrales semidesérticos	Mapa uso del suelo y vegetación 1:10,000, a partir del análisis de imagen de satélite SPOT 2011
		Pendiente del terreno	2	Pendiente del terreno menor de 15%	Cartas topográficas escala 1:50,000 INEGI, Modelo Digital de Elevación, mapa de pendientes.
6. MINERÍA	MIN. Todos	Lotes mineros	1	Concesiones mineras	SGM 2011
7. TURISMO	Turismo alternativo (etnoturismo, cultural y otros)	Manifestaciones culturales étnicas	1		
	Deportes Acuáticos	Presencia de cuerpos de agua perennes	1	Presencia de cuerpos de agua perennes	

Sector	Subsector	Atributo ambiental	Ponderación	Descripción	Fuente cartográfica
	Deportes Extremos Terrestres	Presencia de barrancas y cañadas	1	Presencia de barrancas y cañadas	
	Espeleologia y Atractivos Naturales	Atractivos naturales	1	Presencia de grutas y formaciones rocosas, miradores	
	Turismo Cultural	Atractivos histórico-culturales	1	Misiones jesuitas y franciscanas (siglos XVII y XVIII), templos (siglo XVII al XX), museos y monumentos	
		Atractivos arqueológicos	1	Sitios arqueológicos	

Anexo IV. Carta de Aceptacion del primer Articulo Científico

REVISTA MEXICANA DE CIENCIAS PECUARIAS

Mérida, Yucatán, 30 de octubre de 2013.

Villarruel-Sahagún L., Troyo-Diéguez E. Gutiérrez-Ruacho O., Nieto-Garibay A., Esqueda M., Ffolliot, P., Murillo-Amador B., Solís-Garza G.,

Re: 268-2

Estimados autores:

Tengo el agrado de comunicar a ustedes que su trabajo titulado **Valoración hidroambiental y actualización de los coeficientes de agostadero en zonas semiáridas del noroeste de México mediante indicadores termopluviométricos** ha sido aceptado por nuestro cuerpo arbitral, para su publicación en la Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias (antes Técnica Pecuaria en México).

OBSERVACIONES

Consideraron las observaciones de los Arbitros; sin embargo en su versión final deberán:
Incluir la primera página completa (nuevo Título, autores, Instituciones, etc)
El apartado de "Conclusiones" es de solamente media cuartilla. Acortarlo.
Escribir las referencias como se solicita en nuestras Notas al autor.
Sólo se admite un máximo de 8 cuadros y/o figuras, así que deberán acortarlas.

ATENTAMENTE

Oscar L. Rodríguez Rivera
Editor Adjunto

c.c.p. Expediente
c.c.p. Minutario

Calle 36 # 215 x 67 y 69, Col. Montes de Amé, 97115 Mérida, Yucatán.
Tel. y Fax 01(999)941.50.30
tecpecu@prodigy.net.mx
rodríguez.oscar@inifap.gob.mx

Anexo V. Articulo Cientifico publicado en la Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias

Valoración hidro-ambiental y evaluación de coeficientes de agostadero mediante indicadores termo-pluviométricos

Hydro-environmental assesment and grazing capacity valoration by thermo-pluviometrics indicators

Leopoldo Villarruel-Sahagún[a,b], Enrique Troyo-Diéguez[a], Oscar G. Gutiérrez-Ruacho[b], Alejandra Nieto-Garibay[a], Martín Esqueda[c], Peter Ffolliot[d], Bernardo Murillo-Amador[a], Gilberto Solís-Garza[e]

RESUMEN

Para un manejo sustentable de una superficie de pastoreo, es necesario conocer la estrategia de la naturaleza para sostener el pastizal. En consecuencia, los esquemas de manejo deben fundamentarse en programas de caracterización ambiental y de seguimiento adecuados. Con la finalidad de contar con un instrumento de apoyo para el diagnóstico de agostaderos, se propone la aplicación del indicador de disponibilidad hidroambiental (IDHA), con escala de 0 a 10. Según la aplicación del IDHA en 36 localidades de Sonora, cinco de las mismas (13.9 %) fluctuaron de 0 a 2.5, por lo que sus pastizales son altamente vulnerables a las sequías, con pocas posibilidades de manejo; 20 (55.6 %) oscilaron de 2.5 a 5, para las que se sugiere manejo con restricciones severas; once (30.5 %) fluctuaron de 5 a 7.5, para las que se propone manejo sostenible con rotaciones adecuadas y prevenciones durante la sequía, y ninguna de las localidades alcanzó valores de IDHA > 7.5, alto potencial de manejo sostenible mediante rotaciones adecuadas. Sin embargo las acciones para prevenir los efectos del sobrepastoreo, no siempre son suficientes para mitigar las consecuencias devastadoras de las sequías, las cuales son exacerbadas por el cambio climático.

PALABRAS CLAVE: Indice hidro-ambiental, Coeficiente de agostadero, Pastizales, Zonas áridas.

ABSTRACT

For a sustainable management of grazing lands, is necessary to know the strategy of nature to sustain the grassland, in consequence, the management schemes must be based in programs related to an environmental characterization and adequate monitoring. With the aim to develop a tool to support the diagnosis of grasslands, we hereby propose the application of the Hydro-Environmental Availability Index (HEAI), with scale from 0 to 10. According to the application of HEAI in 36 localities of Sonora, Mexico, five of them (13.9 %) fluctuated from 0 to 2.5, in consequence, their grasslands are highly vulnerable to drought, with very low possibilities for management. Twenty (55.6 %) oscillated from 2.5 to 5, suggesting a management with severe restrictions. Eleven (30.5 %) fluctuated from 5 to 7.5, proposing a sustainable management with adequate rotations and preventions during a drought, and none of localities reached values for HEAI > 7.5, high potential for sustainable management, with appropriate rotations. It must be considered that the actions to prevent the effects of overgrazing, not always are enough to mitigate the overwhelming consequences of droughts, which are exacerbated by climate change.

KEY WORDS: Hydro-environmental index, Sustainable management, Grazing lands, Arid zones.

Recibido el 25 de octubre de 2012. Aceptado el 17 de julio de 2013.

[a] Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, SC (CIBNOR). Calle Instituto Politécnico Nacional 195, Colonia Playa Palo de Santa Rita Sur. 23096 La Paz, B.C.S. México. etroyo04@cibnor.mx. Correspondencia al segundo autor.

[b] Universidad Estatal de Sonora (UES). Hermosillo, Son. México,

[c] Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Hermosillo, Son. México.

[d] School of Natural Resources, University of Arizona, Tucson, AZ. USA.

[e] Universidad de Sonora. Unidad Regional Centro. UNISON. Hermosillo, Son. México.

Trabajo financiado por el Fondo Sectorial para la Investigación básica CONACyT-SEP, mediante el Proyecto "Determinación y construcción de indicadores de la huella hídrica y desertificación como consecuencia de la sobreexplotación agropecuaria y del cambio climático" (0134460).

INTRODUCCIÓN

Los problemas derivados de la escasez de agua en zonas secas han demostrado la interdependencia del ecosistema con las comunidades que las habitan[1]. La actividad ganadera en agostaderos de dichas zonas genera beneficios económico-productivos. Sin embargo, el manejo no planificado y la sobreexplotación de los recursos naturales han ocasionado erosión, agotamiento del agua y en algunos casos desertificación irreversible[2]. La ordenación y rehabilitación de agostaderos y pastizales pueden concretarse de manera expedita en pequeñas cuencas unitarias, lo que facilita la integración de avances y resultados en el mosaico de una cuenca fluvial. La ordenación y manejo de cuencas implica la aplicación de estrategias a través de una coordinación interinstitucional en el sistema-cuenca. Desde esta perspectiva, el manejo integrado y el ordenamiento ecológico son instrumentos útiles para enfrentar los problemas ambientales[3], por medio de la aplicación de políticas de desarrollo sostenible, privilegiando el valor estratégico del recurso hídrico[4]. Un factor que merma el interés por proyectos de manejo de cuencas y agostaderos es la falta de resultados cuantitativos de los efectos benéficos[2], en virtud de que los proyectos tradicionales no valoran la condición inicial y final con indicadores que midan los resultados[1,3].

Los ecosistemas de pastizales son rentables cuando su manejo considera la capacidad de carga natural del terreno, la cual se asocia a la fertilidad del suelo, precipitación y capacidad de retención de humedad[4]. Según Hanselka y Kilgore[5], existen tres tipos de manejo para clasificar los sistemas de pastoreo: (a) método de pastoreo continuo, (b) sistemas de rotación diferida y (c) sistemas de corta duración.

Para el manejo sostenible de pastizales en zonas secas, el balance del agua debe analizarse en función de la disponibilidad hídrica resultante de la relación edafo-ambiental precipitación-evaporación-retención de humedad[4]. Dichos

INTRODUCTION

The problems arising from water shortages in dry areas have proven the interdependence of ecosystems with the communities that inhabit them[1]. Grazing in rangelands of such areas generates benefits. However, unplanned management and overexploitation of natural resources have caused erosion, water depletion and in some cases irreversible desertification[2]. The management and rehabilitation of rangelands and pastures can be realized expeditiously in small watersheds units, facilitating the integration of progress and results within the mosaic of a river basin. Management and watershed planning involves implementing strategies through inter-agency coordination in the System-Basin. From this perspective, integrated management and ecological system planning are useful instruments to address environmental problems[3], through the implementation of sustainable development policies, favoring the strategic value of water resources[4]. A factor that affects the interest in management of watershed and rangeland projects is the lack of quantitative results of beneficial effects[2], because traditional projects do not consider the initial value and final condition with indicators that measure the results[1,3].

Grassland ecosystems are profitable when its management considers the carrying capacity of the land, which is associated with the soil fertility, rainfall and water holding capacity[4]. According to Hanselka and Kilgore[5], there are three types of management to classify grazing systems: a) continuous grazing, b) systems of short duration and c) deferred rotation systems.

For sustainable rangelands management in dry areas, the water balance should be analyzed in terms on water availability, resulting from the relationship though edaphic-environmental moisture retention[4]. These ecosystems face normal periods of water shortage, but also abnormal periods extended dramatically, becoming droughts. The effects of a drought and its impact depend on precipitation and the

ecosistemas enfrentan periodos normales de déficit hídrico, pero también periodos anormales cuando se prolongan de manera extraordinaria, convirtiéndose en sequías. Los efectos de una sequía y su impacto dependen de las precipitaciones y de la oscilación térmica[6]. En el sector pecuario, la escasez de pastos y la necesidad de forraje almacenado y piensos para mantener el ganado están provocando pérdidas económicas en el norte, centro-norte y noroeste del país[4]. De acuerdo con la normatividad vigente en México, la Norma Oficial Mexicana NOM-020-RECNAT-2001[7] establece los procedimientos y lineamientos que deben observarse para la rehabilitación, mejoramiento y conservación de los terrenos forestales de pastoreo. En la norma citada, se indica que "la sequía puede considerarse como la disminución de las precipitaciones de una región respecto del valor normal en un periodo de tiempo, lo que crea una escasez de agua para los diferentes usos: de almacenamiento, agrícola, ganadero, municipal, industrial, etc. y para el ambiente: ríos, aguas subterráneas, humedad del suelo".

Según Crespo-Pichardo[8], la sequía es un fenómeno que comienza y termina de maneras no bien definidas, que su impacto es variado y que involucra diferentes variables, además de una deficiencia de precipitación. Para dicha condición se ha desarrollado más de una concepción. Entre los métodos reportados para la valoración de la sequía, el Índice de Severidad de Sequía de Palmer (ISSP)[9] se utiliza ampliamente en el mundo, toda vez que la investigación de sus aplicaciones para evaluar las sequías se realiza para diferentes condiciones ambientales; una de sus desventajas es el caudal de información que requiere, alrededor de 20 variables, por lo que su uso se dificulta cuando no se dispone de suficiente información climática.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la valoración del régimen pluviométrico de zonas con pastizales en el estado mexicano de

thermal oscillation[6]. In the livestock sector, pastures scarcity and the need for stored herbage for feeding livestock are causing economic losses in the North, North-Central and North-West Mexico[4]. According with the current regulations in Mexico, Norma Oficial Mexicana (Official Mexican Norm) NOM-020-RECNAT-2001[7] establishes the procedures and guidelines for the rehabilitation, improvement and conservation of grazing forestlands. This norm states that "Drought can be declared when the rainfall decrease in a region with respect to the normal value in a period of time, which creates a water shortage for various uses: storage, livestock, agricultural, municipal, industrial, etc. and the environment: rivers, groundwater, and soil moisture".

According to Crespo-Pichardo[8], drought is a phenomenon that begins and ends in ways not well defined, its impact is changeful and involves different variables, along with a deficiency of precipitation. More than one concept has been developed for this condition; the Palmer Drought Severity Index[9] is one the methods for drought assessment. It is widely used in the world, whenever the investigation of their applications to evaluate drought performs for different environmental conditions; one of its disadvantages is the information flow required, around 20 variables, so its use becomes difficult when there is insufficient climate information.

MATERIALS AND METHODS

To evaluate the rainfall pattern of grassland in the Mexican State of Sonora, the hydro-environmental available index (HEAI), which is a modification of the De Martonne index, was applied[10]. HEAI was used for comparative purposes through the analysis of hydro-climate sensitivity of 36 weather stations (locations) in Sonora, using data obtained from CLICOM[11], useful for making management grasslands decisions, and obtained by the equation (1):

$$HEAI = Ke\ (12pp) / (t + 10) \quad \ldots\ldots (1)$$

Where: HEAI is the hydro-environmental availability index, pp is the monthly precipitation

Sonora, se aplicó el Índice de Disponibilidad Hidro-Ambiental (IDHA), el cual es una modificación del Índice de De Martonne[10]. El IDHA fue aplicado con fines comparativos para el análisis de la sensibilidad hídrica de 36 estaciones meteorológicas (localidades) en Sonora (datos obtenidos de CLICOM[11]), de utilidad para la toma de decisiones relativas al manejo de pastizales, mediante la ecuación (1):

$$IDHA = Ke\ (12pp) / (t + 10) \quad (1)$$

Donde: IDHA es el índice de disponibilidad hidro-ambiental, pp es la precipitación mensual en mm, t es la temperatura media mensual (ºC) y Ke es un coeficiente adimensional de ajuste de escala, con valor de 0.306, el cual fue aplicado con la finalidad de alcanzar una mayor resolución que el índice de De Martonne. A su vez, para complementar el análisis de la condición hídrica, el Índice de Sequia Hidro-Ambiental (ISHA) se calculó mediante la siguiente expresión (Ecuación 2):

$$ISHA = Ka - IDHA \quad (2)$$

Donde: ISHA es el índice de sequía hidro-ambiental; Ka= 10, es una constante que define el límite superior de escala (ordenada al origen) y que determina el complemento escalar de ISHA e IDHA.

in mm, t is the monthly average temperature (ºC) and Ke is a non-dimensional scale coefficient, with value of 0.306, which was applied in order to achieve a higher resolution than the De Martonne index. At the same time, to complement the analysis of water condition, the hydro-environmental drought index (HEDI) was calculated by the following expression (equation 2):

$$HEDI = Ka - HEAI \quad (2)$$

Where Ka= 10; it is a constant that defines the upper limit of the scale (ranked at the origin) and that determines the range complement of HEDI and HEAI.

With HEAI and HEDI obtained, results were plot and locations classified by its rainfall, with pasture management-oriented application, according to the criteria listed in Table 1. In order to corroborate the numerical functionality of HEAI and HEDI, regression and correlation analysis were applied with the rainfall generated by the information available from the 36 places evaluated. It also reviewed the stocking rates coefficients (SRC) (hectares per animal unit (AU) per year) determined by the "Technical Advisory Committee for the Regional Determination of

Cuadro 1. Criterios de aplicación e interpretación de los indicadores HEAI (índice de disponibilidad hidro-ambiental) y HEDI (índice de sequía hidro-ambiental)

Table 1. Application and interpretation criteria of indicators HEAI (hydro-environmental availability index and HEDI (hydro-environmental drought index)

	Vulnerability	Management recomendations
HEAI value		
0 a 2.5	Extreme	Total exclusion from grazing
2.5 a 5	High	Severe managements restrictions, total exclusion during dry months
5 a 7.5	Medium	Sustainable management with adequate rotations and preventions during drought
> 7.5	Low	High potential for sustainable management, use of adequate rotations
HEDI value		Zone clasification
< 2.5	Non vulnerable	Humid
2.5 a 5	Vulnerable	Semiarid (mediterranean type)
5 a 7.5	Very vulnerable	Semi-desertic (arid)
7.5 a 10	Greatly vulnerable	Desert (Hyperarid)

Una vez estimados IDHA e ISHA, se procedió a graficar los resultados obtenidos y a clasificar las localidades evaluadas por su pluviosidad, con aplicación orientada al manejo de pastizales,

the Stocking Rates" (COTECOCA, acronym in Spanish)[12,13] for each of the 36 meteorological stations, applied regression and correlation analysis between HEDI and SRC. The data

Cuadro 2. Estaciones meteorológicas del estado de Sonora analizadas con varios índices y sus coeficientes de agostadero (SRC) (ha/UA/año)[10,11]

Table 2. Weather stations in the State of Sonora analyzed with several indices, and their stocking rates coefficient (SRC) (ha/AU/yr)[10,11]

	Station	Code station	X	Y	PP, mm anual	T, ºC anual	MARI	HEAI	HEDI	SRC previous
1	4p6	26292	575789	3032654	266.234	23.920	7.849	2.40	7.60	26
2	Álvaro Obregón	26068	609988	3077227	411.917	25.870	11.484	3.51	6.49	33
3	Angostura	26069	655258	3367728	393.473	20.863	12.749	3.90	6.10	19
4	Bacadehuachi	26006	680419	3297906	481.066	20.610	15.716	4.81	5.19	25
5	Bacanuchi	26007	573513	3383491	505.426	17.561	18.338	5.61	4.39	19
6	Banamichi	26008	577161	3318875	454.618	21.804	14.295	4.37	5.63	27
7	Batacosa	26009	658027	3044517	553.403	23.267	16.635	5.09	4.91	20
8	Bavispe	26012	696777	3373945	405.979	19.519	13.753	4.21	5.79	19
9	Carbo	26016	504839	3281676	405.979	20.822	13.172	4.03	5.97	22
10	Cuauhtémoc	26092	452199	3414753	382.387	21.321	12.209	3.74	6.26	23
11	Cucurpe	26025	528843	3353736	540.394	20.225	17.879	5.47	4.53	27
12	El Orégano	26032	529159	3231855	421.223	23.809	12.459	3.81	6.19	24
13	Etchojoa	26034	637376	2975943	320.703	23.338	9.620	2.94	7.06	19
14	Félix Gómez	26035	454912	3300226	317.911	19.279	10.858	3.32	6.68	27
15	Hornos	26043	608459	3064284	409.359	24.087	12.009	3.67	6.33	27
16	Imuris	26045	512755	3405411	445.393	19.715	14.989	4.59	5.41	29
17	Mazatán	26052	584420	3208119	524.525	20.785	17.038	5.21	4.79	24
18	Minas Nuevas	26053	698370	2993381	757.160	23.020	22.930	7.02	2.98	22
19	Mulatos	26055	719954	3169255	591.120	19.699	19.904	6.09	3.91	21
20	Naco	26057	601500	3465007	343.621	17.299	12.587	3.85	6.15	19
21	Navojoa	26061	655363	2994622	415.967	25.153	11.833	3.62	6.38	20
22	Onavas	26265	645243	3147775	612.791	24.089	17.976	5.50	4.50	24
23	Pitiquito	26093	393037	3394854	245.261	21.754	7.724	2.36	7.64	46
24	Puerto Libertad	26071	339102	3310543	102.690	21.032	3.309	1.01	8.99	46
25	Puerto Peñasco	26072	257413	3471016	89.478	22.051	2.792	0.85	9.15	NC
26	Punta de Agua	26073	562019	3145192	425.351	23.745	12.605	3.86	6.14	27
27	Quiriego	26075	672845	3044717	661.968	24.131	19.395	5.93	4.07	20
28	Riíto	26076	132026	3561691	54.464	21.724	1.717	0.53	9.47	NC
29	Ruiz Cortines	26024	689796	3013561	561.978	24.817	16.141	4.94	5.06	NA
30	Sahuaripa	26077	672011	3214637	541.820	23.306	16.268	4.98	5.02	24
31	San Bernardo	26088	712586	3032407	710.917	24.391	20.672	6.33	3.67	NA
32	Suaqui Grande	26125	608986	3141463	478.443	23.657	14.215	4.35	5.65	24
33	Tesopaco	26100	660852	3079636	662.198	22.408	20.433	6.25	3.75	20
34	Tezocoma	26099	677569	3059557	730.100	22.970	22.144	6.78	3.22	NA
35	Tres Hermanos	26102	679972	3007873	571.024	25.176	16.233	4.97	5.03	24
36	Trincheras	26103	448771	3363049	277.924	21.287	8.883	2.72	7.28	23

PP= Precipitation; T= Temperature; MARI = De Martonne index; HEAI = Hydro-environmental availability index; HEDI = Hydro-environmental drought index; NC= Not for cattle; NA= Data not available. Mean HEAI= 4.2402; Mean HEDI = 5.7598.

de acuerdo con los criterios que se indican en el Cuadro 1.

Con la finalidad de corroborar la funcionalidad numérica de IDHA y del ISHA, se aplicaron análisis de regresión y correlación con la pluviometría generada por la información disponible para las 36 localidades evaluadas. Asimismo, se revisaron los coeficientes de agostadero (CAg) (hectáreas por unidad animal (UA), por año) determinados por la Comisión Técnico Consultiva para la Determinación Regional de los Coeficientes de Agostadero (COTECOCA)[12,13] para cada una de las 36 estaciones meteorológicas, se aplicaron análisis de regresión y correlación entre los valores del ISHA y los CAg. Con los datos obtenidos se generaron los mapas de interpolación de la precipitación y de los dos índices mencionados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de la información obtenida de las 36 estaciones meteorológicas del estado de Sonora (Cuadro 2), se observa que los sitios Tesopaco, San Bernardo, Tezocoma y Minas Nuevas son

obtained generated interpolation maps of precipitation from the two mentioned indices.

RESULTS AND DISCUSSION

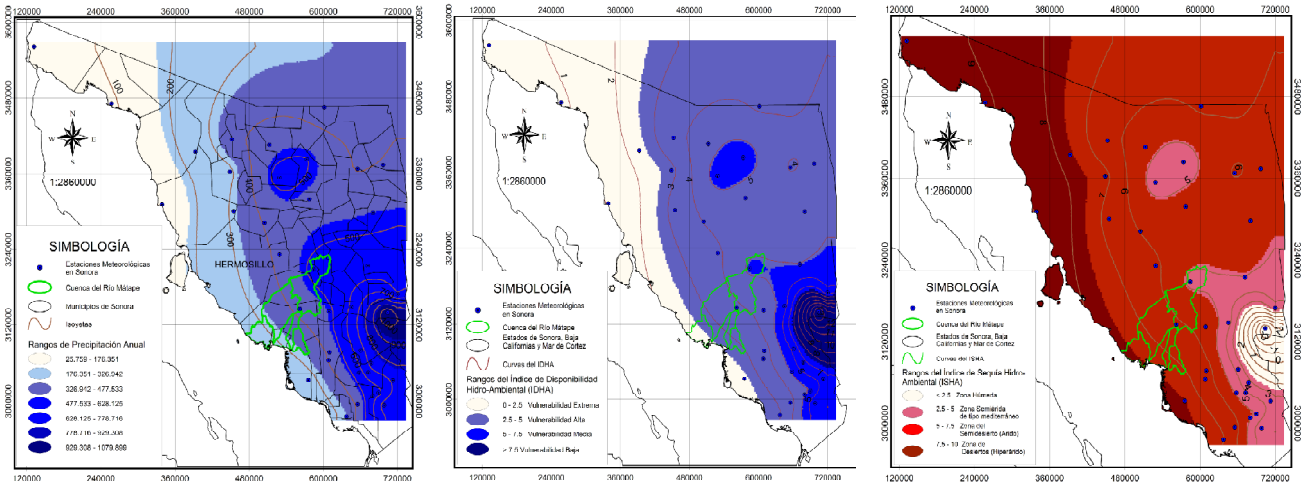
The information obtained from the 36 weather stations in the State of Sonora (Table 2), shows that sites Tesopaco, San Bernardo, Tezocoma, and Minas Nuevas presented greater rainfall, with annual precipitation (pp) of 757.2, 730.1 662.2 and 710.9 mm, respectively. The driest seasons were Riito, Puerto Peñasco, Puerto Libertad and Pitiquito, with annual values of 54.5, 89.5, 102.7 and 245.3 mm, respectively.

Due to the low pp, water deficiency manifests itself more intensely towards the coast of the Sea of Cortez, exacerbating towards the Northwest of the State (Figure 1a). In contrast, increased water availability is evident towards the mountainous area of the Southeast of the state, shared with the states of Chihuahua and Sinaloa (Figure 1b).

According to the numerical resolution of the HEAI and HEDI indicators, the stations which

Figura 1. (a) Precipitación anual con datos de 1920 hasta inicios de 2011[9]. (b) Índice de disponibilidad hidro-ambiental (IDHA). (c) Índice de sequía hidro-ambiental (ISHA)

Figure 1. (a) Annual rainfall with data from 1920 until early 2011[9]. (b) Hydro-environmental availability index (HEAI). (c) Hydro-environmental drought index (HEDI)



(a) (b) (c)

las que presentaron mayor pluviosidad, con precipitaciones (pp) anuales de 662.2, 710.9, 730.1 y 757.2 mm, respectivamente. Las estaciones más secas fueron Riíto, Puerto Peñasco, Puerto Libertad y Pitiquito, con valores de pp anual de 54.5, 89.5, 102.7 y 245.3 mm, respectivamente.

La deficiencia de agua debida a las bajas precipitaciones se manifiesta de manera más intensa hacia la costa del Mar de Cortés, exacerbándose hacia el noroeste del estado (Figura 1a). En contraste, una mayor disponibilidad hídrica se hace evidente hacia la zona montañosa del sureste del Estado, la cual se comparte con los estados de Chihuahua y Sinaloa (Figura 1b).

De acuerdo con la resolución numérica de los indicadores IDHA e ISHA, las localidades que enfrentan una deficiencia hídrica aguda son Riíto, Puerto Peñasco, Puerto Libertad, Pitiquito, estación 4p6 y Trincheras entre otras, cuyos valores de sequía hidro-ambiental se detallan en el Cuadro 2 y en la Figura 1b y c).

Por otro lado, las desviaciones de la media de IDHA e ISHA se muestran en el Cuadro 3. Dichas localidades se ubican en el noroeste de

face acute water deficiency were Riito, Puerto Penasco, Puerto Libertad, Pitiquito, station 4p6 and Trincheras, among others, whose drought hydro-environmental values are listed in Table 2 and Figure 1b and c).

On the other hand, deviations from the HEAI and HEDI average are shown in Table 3. These sites are located in the Northwest of Sonora, where the Altar Desert bioclimatic conditions prevail. The station 28 (Riito), is facing the hydro-environmental more severe drought, with HEDI value close to 10, which would be the highest numerical expression of drought.

The dispersion of results estimated for both indicators, related to the 36 weather stations of Table 2, is shown in Figure 2a, and illustrates localities with water deficit and those with water supply availability. It notes that the representative central value for HEDI oscillates around 5.8, while the representative average value for HEAI fluctuates around 4.2. The locality in which HEAI (4.98) and HEDI (5.02) will intersect the values is the number 30, which corresponds to the 26077 station, in the municipality of Sahuaripa, with 541 mm of annual average rainfall. According to the trends of both functions, it follows that localities of

Cuadro 3. Coeficientes de agostadero (SRC) para localidades que enfrentan sequía hidro-ambiental severa en Sonora

Table 3. Stocking rates coefficients (SRC) for areas facing severe hydro-environmental drought in Sonora

ID	Station	Desv. HEAI mean	Desv. HEDI mean	SRC previous	SRC nwc	SRC ccc
28	Riíto	-3.7102	3.7102	NC	NC	NC
25	Puerto Peñasco	-3.3902	3.3902	NC	NC	NC
24	Puerto Libertad	-3.2276	3.2276	46	41.1	45.3
23	Pitiquito	-1.8767	1.8767	46	31.2	35.4
1	4p6	-1.8384	1.8384	26	31.0	35.2
36	Trincheras	-1.5220	1.5220	23	29.5	33.8
13	Etchojoa	-1.2966	1.2966	19	28.6	32.8
14	Félix Gómez	-0.9177	0.9177	27	27.2	31.4
2	Álvaro Obregón	-0.7262	0.7262	33	26.5	30.8
21	Navojoa	-0.6193	0.6193	20	26.2	30.4

HEAI= Hydro-environmental availability index; HEDI= Hydro-environmental drought index; nwc= Normal wether conditions; ccc= Climate change conditions; NC= Not adequate for cattle.

Sonora, donde prevalecen las condiciones bioclimáticas del desierto de Altar. La localidad 28 (Riíto), es la que enfrenta la sequía hidro-ambiental más severa, con valor de ISHA cercano a 10, el cual representaría la máxima expresión numérica de la sequía.

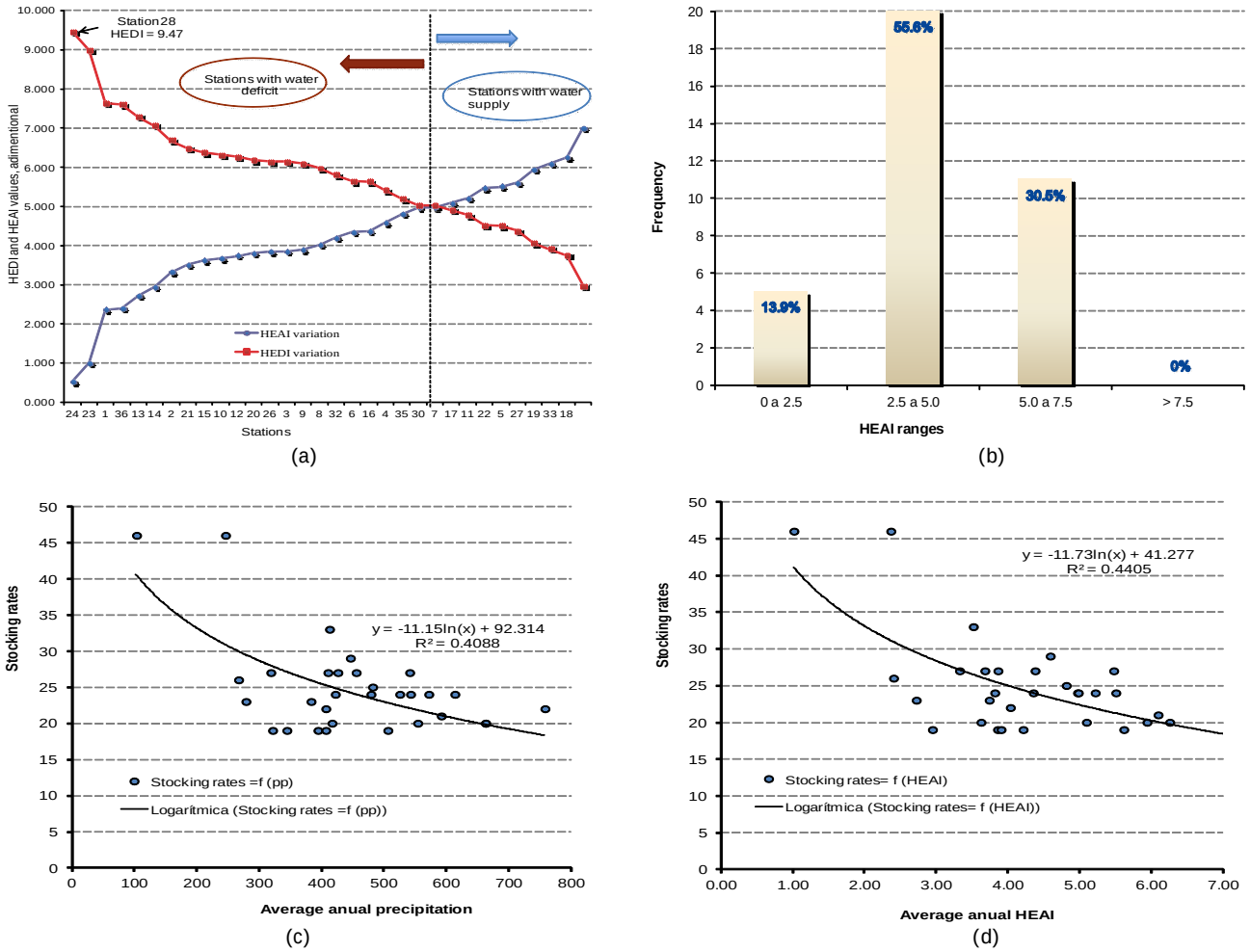
La dispersión de los resultados estimados para ambos indicadores, considerando las 36 estaciones meteorológicas del Cuadro 2, se muestra en la Figura 2a, donde se diferencian

lower precipitation, need water catchment works such as small or medium dams or other forms of retention. Such constructions are necessary for sustaining cattle in these areas, since moisture from precipitation is insufficient for growth and development of grasslands[4,12].

According to the results obtained by applying the HEAI index (Table 2, Figure 2a), five locations reached values from 0 to 2.5, representing 13.9 %. In these areas, the

Figura 2. (a) Variación de los indicadores IDHA e ISHA, para 36 estaciones meteorológicas de Sonora. (b) Frecuencia de intervalos del IDHA. (c) Regresión entre precipitación normal y coeficientes de agostadero. (d) Regresión entre IDHA y coeficientes de agostadero

Figure 2. (a) Variation of HEAI and HEDI, indicators for 36 weather stations in Sonora. (b) Frequency of intervals of HEAI. (c) Regression between normal precipitation and stocking rates. (d) Regression between HEAI and stocking rates



de manera ilustrativa las localidades con déficit hídrico de aquéllas con disponibilidad u oferta hídrica. Se observa que el valor central representativo para el ISHA oscila alrededor de 5.8, en tanto que el valor medio representativo para el IDHA fluctúa alrededor de 4.2. La localidad en la cual se interceptan los valores del IDHA (4.98) y el ISHA (5.02) es la número 30, que corresponde a la Estación 26077, en el municipio de Sahuaripa, en la cual se tiene una precipitación promedio anual de 541 mm. De acuerdo a las tendencias de ambas funciones, se infiere que en las localidades con pp menores son necesarias obras de captación de agua como los represos u otras formas de retención de la misma, ya que dichas construcciones son necesarias para el sostenimiento del ganado en estos sitios, toda vez que la humedad proveniente de la precipitación es insuficiente para el crecimiento y desarrollo de los pastizales[4,12].

Según los resultados de aplicación del índice IDHA (Cuadro 2, Figura 2b), cinco localidades presentaron valores de 0 a 2.5, lo que representa el 13.9 %. En dicha superficie los pastizales son altamente vulnerables a las sequias, recomendándose exclusión total para el pastoreo. Por su parte, 20 localidades alcanzaron valores de IDHA que oscilaron de 2.5 a 5, que constituye el 55.6 %, para las que se sugiere manejo con restricciones severas y exclusión total al ganado durante los meses de sequía. Asimismo, once localidades mostraron valores de 5 a 7.5, lo que caracteriza el 30.5 %, para las que se propone manejo sostenible con rotaciones adecuadas y prevenciones durante la sequía; por último, ninguna de las localidades analizadas alcanzó valores de la última categoría, IDHA > 7.5 (Figura 2b).

Para el análisis de la relación entre el IDHA y los coeficientes de agostadero (Cuadro 2) se eliminaron cinco estaciones que no cuentan con datos o que COTECOCA considera que no son zonas ganaderas[13]: Puerto Peñasco, Riíto, Ruiz Cortines, San Bernardo y Tezocoma. Las dos primeras se clasifican como zonas no ganaderas,

grasslands are highly vulnerable to drought, recommending total exclusion for grazing. Meanwhile, 20 stations reached HEAI values ranging from 2.5 to 5.0, which constitutes about 55.6 %, in which management with severe restrictions and total exclusion to livestock is suggested during the dry months. In addition, eleven locations showed values from 5 to 7.5, characterizing 30.5 %, for which it can be proposed a sustainable management with appropriate rotations and preventions in the dry season; finally, none of the evaluated locations reached values of the last category, HEAI > 7.5 (Figure 2b).

For the analysis of the relationship between HEAI and stocking rates (Table 2) five stations were eliminated because they do not have data or in some cases, COTECOCA considers it a non-livestock area[13]: Puerto Peñasco, Riito, Ruiz Cortines, San Bernardo and Tezocoma. The first two of them are non-livestock areas because they are in the Northwest of the State, in the Altar desert and have very low pp (historical average of 89.5 and 54.5 mm, respectively). In the other three stations, although the pp are high (over 500 to 730 mm), COTECOCA[12,13] mentions that these areas are inaccessible to cattle, due to the predominantly irregular and rugged topography (Tables 2,3).

A first approach to the setting of stocking rates was performed using regression analysis with normal values of pp, obtaining the logarithmic model illustrated in Figure 2c, with R^2= 0.4088. To increase the level of adjustment, with data of Table 2 an analysis of regression and correlation between the values of the HEAI and the available values of the SRC, showed that the model explained 44.05 % of the variability observed for the stocking rates in relation to changes in the HEAI. The correlation coefficient was 0.66, indicating a relationship between both variables; with a confidence interval of 95%, and a probability value of P=0.0015.

The obtained results confirm the significant adjustment estimated by the logarithmic model,

ya que se encuentran en el noroeste del Estado, en el desierto de Altar y tienen pp muy bajas (promedio histórico de 89.5 y 54.5 mm de total anual, respectivamente). En las otras tres estaciones, aunque las precipitaciones son altas, de más de 500 a 730 mm, COTECOCA)[12,13] menciona que son zonas donde los terrenos son inaccesibles para el ganado, debido a la topografía irregular y accidentada predominante en dichas localidades (Cuadros 2, 3).

Una primera aproximación al ajuste de los coeficientes de agostadero se realizó mediante análisis de regresión con los valores normales de pp, del cual se obtuvo el modelo logarítmico que se ilustra en la Figura 2c, con R^2= 0.4088. Para incrementar el nivel de ajuste, con los datos del Cuadro 2 se realizó un análisis de regresión y correlación entre los valores obtenidos del IDHA y los valores disponibles de los coeficientes de agostadero (Figura 2d). El estadístico R^2 indicó que el modelo explica 44.05 % de la variabilidad observada para los coeficientes de agostadero en relación a los cambios en el IDHA. Por su parte, el coeficiente de correlación fue igual a 0.66, indicando una relación suficiente entre ambas variables; con un intervalo de confianza de 95%, toda vez que el valor de probabilidad fue de *P*=0.0015.

Los resultados obtenidos confirman el ajuste significativo estimado por el modelo logarítmico, que describe la relación numérica entre los coeficientes de agostadero y el IDHA. Del anterior procedimiento se generó la ecuación del modelo obtenido para el análisis de localidades en condiciones de clima normal (ccn), el cual se representa mediante la siguiente expresión (Ecuación 3):

Coeficiente de agostadero ccn =
-11.73 ln(IDHA) + 41.277 ..... (3)

En virtud de que la desviación absoluta promedio de los coeficientes de agostadero en relación con la media fue de 4.3 ha, para la aplicación del modelo obtenido en condiciones de cambio climático (que en la zona de estudio se espera cause sequías más intensas y más

which describes the numerical relationship between SRC and the HEAI. The following expression represents the equation model (Equation 3) obtained for the analysis of localities with normal weather conditions (nwc).

Stocking rate nwc = -11.73 ln(HEAI) + 41.277 ..... (3)

Since the absolute average deviation of the stocking rates in relation to the mean was 4.3 ha, for the application of the model obtained under conditions of climate change (which in the study area expects to cause more intense and more prolonged droughts), this deviation was included in the subsequent analysis. The equation of the model for determining the SRC under climate change conditions (ccc), is represented by the following expression (Equation 4):

Stocking rate ccc = -11.73 ln(HEAI) + 45.5 ..... (4)

The values set for the rangeland in normal conditions averaged 24.8 ha AU^{-1}, which increased to 29.1 ha for the climate change conditions. The stocking rate coefficients estimated for both conditions (SR nwc and SR ccc are shown in Table 3).

Regional agricultural production systems have been subjected for decades to a series of paternalistic policies and with little or no participation of the social grassroots in development planning[1,2]. This, coupled with a poor management application and land-use programs, exacerbates the fragility of such ecosystems and mainly in the rangelands; dynamic ecosystems, able to reach states of equilibrium where grazing and conservation are compatible, or conversely, reach degraded states as a result of overgrazing[14]. In this sense, in different forums has been debated and confirmed that to halt and reverse soil degradation in the watershed of arid rangelands, the causing factors should be excluded and also it is relevant to modify the use and management according to its productive potential[15]. Some authors[16] pointed out that in addition to the water shortage and water deficit, the livestock problem is accentuated by

prolongadas), dicha desviación se consideró en el análisis subsecuente. La ecuación del modelo para la determinación del coeficiente de agostadero en condiciones de cambio climático (ccc), se representa mediante la siguiente expresión (Ecuación 4):

Coeficiente de agostadero ccc =
-11.73 ln(IDHA) + 45.5 ..... (4)

El promedio de los valores ajustados para el coeficiente de agostadero en condiciones normales fue de 24.8 ha/UA, el cual se incrementó a 29.1 ha/UA, para las condiciones de cambio climático. Los coeficientes de agostadero estimados para ambas condiciones (CAg ccn y CAg ccc) se muestran en el Cuadro 3.

Los sistemas regionales de producción agropecuarios han estado sometidos durante décadas a una serie de políticas paternalistas y con poca o nula participación de la base social en la planificación del desarrollo[1,2]. Lo anterior, aunado a una escasa aplicación de programas de manejo y ordenamiento, exacerba la fragilidad de este tipo de ecosistemas y principalmente en los agostaderos, que son ecosistemas dinámicos, capaces de alcanzar estados de equilibrio donde es compatible la explotación y la conservación o, por el contrario, alcanzar estados degradados a consecuencia del excesivo pastoreo[14]. En este sentido, en diversos foros se ha debatido y confirmado que para detener y revertir la degradación de los suelos en los agostaderos de cuencas de zonas áridas deben excluirse los factores causantes y modificar su uso y manejo conforme a su potencial productivo[15]. Se ha mencionado[16] que además del desabasto de agua y deficiencia hídrica, el problema ganadero es acentuado por la distribución inadecuada del ganado que provoca sobrecarga de los agostaderos y deterioro del potencial forrajero.

Para valorar la condición hidrológica del agostadero y pronosticar eficazmente las sequias, existen métodos como el Índice de Palmer[9] y otros, aunque demandan una amplia

the inadequate distribution of livestock triggering overgrazing and herbage potential deterioration.

To assess the hydrologic condition of the rangeland and effectively predict droughts, there are methods like the Palmer Index[9], and others, although they require a wide range of climatic variables, not always available for analysts. The modification of De Martonne to HEAI Index shows a better numerical trend associated and correlated to the increases of humidity generated by precipitation, while the supplementary indicator, HEDI, is a tool to differentiate locations and times, with respect to the consequent hydrological deficiency due to an abnormally low and scarce rainfall[10]. The advantage of the proposed model is the possibility of updating it in terms of climate change.

The precipitation distribution in Sonora is typical of arid and semi-arid areas, insufficient and irregular in its distribution throughout the year. The pp that occurs in the summer-autumn period represents 88 % of the total and the winter-spring around 12 %[11]. According to COTECOCA, the pp rating was the classification of the last forty years with records of the “Water National Commission” (CONAGUA, acronyms in Spanish) Sonora, on the basis of a mean annual rainfall of 366.2 mm, obtained with the records for the period 1968 to 2007[13,16,17]. This classification shows the occurrence of droughts in six of the past 40 yr (Table 4). There are 14 yr that presented pp less than normal for the area[4], whose analysis is complicated by anomalous precipitation patterns that seems to be influenced by complex thermodynamic interactions between the orography and regional circulation of the monsoon[18].

The number of cattle lost by drought in 2011 reached 33,300 heads, what is considered a normal mortality per year, that is, 2 % of the cattle herd of Sonora[17]. In February, 2012 SAGARPA stated that 600,000 heads are at risk due to lack of water in the State; in this regard, technical difficulties still prevail for predicting

gama de variables climáticas, no siempre disponibles para los analistas. La modificación del índice de De Martonne a IDHA, muestra una tendencia numérica mejor asociada y correlacionada a los incrementos de la humedad ambiental generada por la precipitación, en tanto que el indicador complementario, el ISHA, constituye una herramienta para diferenciar localidades y épocas, con respecto a la deficiencia hidrológica consecuente de pp anormalmente bajas y escasas[10]. La ventaja del modelo propuesto es la posibilidad de actualizarlo en condiciones de cambio climático.

La distribución de la precipitación en Sonora es típica de las zonas áridas y semiáridas, escasas e irregulares a lo largo del año. La pp que ocurre en el período verano-otoño representa 88 % del total y la de invierno-primavera alrededor del 12 %[11]. Conforme a los criterios establecidos por COTECOCA, para valorar las pp se realizó la clasificación de los últimos cuarenta años con los registros de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Delegación Sonora, tomando como base una precipitación media anual de 366.2 mm, obtenida con los registros del periodo 1968 al 2007[13,16,17]. Dicha clasificación se muestra en el Cuadro 4, donde se observa la ocurrencia de sequías en seis de los últimos 40 años. En dicho periodo se detectan 14 años en que se presentaron pp menores a las normales para la zona[4], cuyo análisis se complica por los patrones anómalos en la precipitación que parecen estar influidos por interacciones termodinámicas complejas entre la orografía y la circulación regional del monzón[18].

La cantidad de ganado muerto por la sequía en el 2011 ascendió a 33,300 cabezas, lo que se considera mortandad normal por año, esto es, 2 % del hato ganadero de Sonora[17]. En febrero del 2012 SAGARPA señaló que 600 mil cabezas de ganado están en riesgo debido a la falta de agua en la entidad; al respecto, aún prevalecen dificultades técnicas para predecir la mortandad del ganado en función de la condición de los pastizales y para ajustar de

Cuadro 4. Calificación de las sequías para el estado de Sonora en los últimos 40 años según precipitaciones, considerando precipitación media anual de 366.2 mm

Table 4. Qualification of droughts for the State of Sonora in the past 40 years according to rainfall, considering annual average precipitation of 366.2 mm

Number of years	Qualification	Accumulated number of dry years
1	Good	
8	Very good	
17	Normal	
3	Dry	14
5	Very dry	11
6	Drought	6
40		14

Source: CONAGUA data with registers form 1968 to 2007. Adapted from López-Reyes *et al*.[2]

the livestock mortality depending on the condition of grasslands and to adjust in a timely manner the stocking rates. The field methodology employed by COTECOCA is very demanding of man-hours and requires a continuous effort[13]. The theoretical framework based on this methodology is related to the climax vegetation or balance. I.e. each vegetation type and in particular each herbage productivity site is a plant community in equilibrium, which is the result of a plant succession. Because of this, there is a need to reckon for methods and appropriate infrastructure that are applied promptly in case of hydro-climatic contingencies[1,12,16]. To mitigate the effects of drought in Sonora, during 2012, the Government allocated resources by 50 million pesos. The Regional Livestock Union of Sonora (UGRS) disposed of 38.1 million pesos approved by the Federal Government to address the problem of drought, which caused shortages of water and grass in rangelands[17]. However, such support is granted without the application of quantitative criteria, so existing diagnostic tools could optimize it. Several studies on the impact of the drought on livestock have generated recommendations to mitigate the effects of the phenomenon. The practices

manera oportuna los coeficientes de agostadero. La metodología de campo empleada por COTECOCA es muy demandante de horas-hombre y requiere de un esfuerzo continuo[13]. El marco teórico en el que se basa dicha metodología es el de la vegetación clímax o de equilibrio. Es decir, cada tipo de vegetación y en particular cada sitio de productividad forrajera es una comunidad vegetal en equilibrio, que es el resultado de una sucesión vegetal. Por lo anterior, es evidente la necesidad de métodos y en su caso de infraestructura, que se apliquen de manera expedita en caso de contingencias hidroclimáticas[1,12,16]. Para mitigar los efectos de la sequía durante 2012 en Sonora, SAGARPA destinó recursos por 50 millones de pesos. La Unión Ganadera Regional de Sonora (UGRS) dispuso de 38.1 millones de pesos autorizados por el Gobierno Federal para atender el problema de sequía, que causó escasez de agua y pasto en los agostaderos[17]. No obstante el esfuerzo, dichos apoyos se otorgan sin la aplicación de criterios cuantitativos, por lo que pudieran optimizarse de existir herramientas de diagnóstico. Diversos estudios sobre el impacto de la sequía en la ganadería han generado recomendaciones para mitigar los efectos del fenómeno. Las prácticas necesarias para enfrentar la sequía se basan en la búsqueda del equilibrio entre la disponibilidad de forraje y la carga animal[4].

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

Según los resultados obtenidos, el índice de aridez de De Martonne muestra suficiente sensibilidad a las características climáticas de Sonora, variando de manera directamente proporcional con la precipitación. Los índices IDHA e ISHA que se derivan del primero mencionado, muestran una elevada sensibilidad en correspondencia con la distribución espacial de la vegetación de pastizales y presentan una estrecha relación con los coeficientes de agostadero. Mediante dichas herramientas numéricas se puede proponer la carga animal según la estimación de las variaciones u oscilaciones de la precipitación y la temperatura en el Estado, siendo factible su aplicación en condiciones de deficiencia pluviométrica y en escenarios de cambio climático.

needed to face the drought are based on the search for the balance between the availability of fodder and stocking rates[4].

CONCLUSIONS AND IMPLICATIONS

The aridity index of De Martonne shows sufficient sensitivity to the climatic characteristics of Sonora, varying directly proportionally with precipitation. HEAI and HEDI, which were derived from the first one, are closely related to the stocking rates and show a high sensitivity in correspondence with the spatial vegetation distribution in grasslands. Through these numerical tools, grazing capacity could be established according to the estimation of the rainfall variations and temperature fluctuations in the State, and its application on precipitation deficiency conditions and climate change scenarios being feasible.

ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by the Sectorial Fund for basic research SEP-CONACyT, through the project “Determination and construction of indicators of the water footprint and desertification as a result of agricultural overexploitation and climate change” (0134460), with internal code 180 c. The authors are grateful to the staff of the technical area of the CONAGUA in Hermosillo, Sonora, for data provided and the thematic network of disasters associated with hydro meteorological phenomena and climate of CONACYT (REDESClim) for partial support of this research. Particular thanks to Lic. Omar Acosta Fajardo for his guidance and support for databases maintenance, and geographic information systems.

End of english version

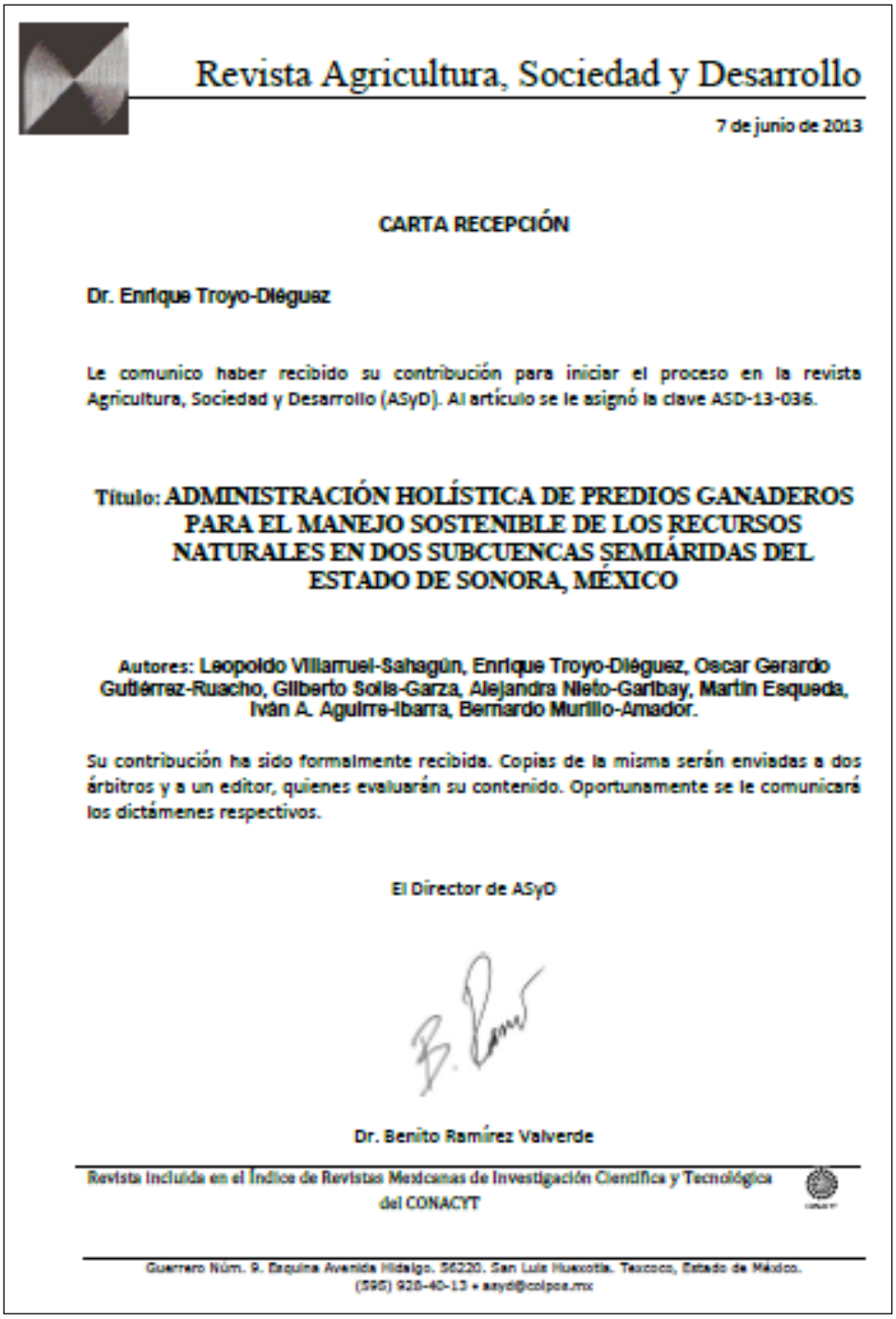
AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fue financiado por el Fondo Sectorial para la Investigación básica CONACyT-SEP, mediante el Proyecto *"Determinación y construcción de indicadores de la huella hídrica y desertificación como consecuencia de la sobreexplotación agropecuaria y del cambio climático"* (0134460), con clave interna 180C. Los autores agradecen al personal del Área Técnica de la CONAGUA en Hermosillo, Sonora, por los datos proporcionados y a la Red Temática de Desastres Asociados a Fenómenos Hidrometeorológicos y Climáticos de CONACYT (REDESClim) por apoyo parcial a esta investigación. Particular agradecimiento al Lic. Omar Acosta Fajardo por su orientación y apoyo en sistemas de información geográfica y mantenimiento de bases de datos.

LITERATURA CITADA

1. Gil SB, Herrero MA, Flores MC, Pachoud ML, Hellmers MM. Intensificación agropecuaria evaluada por indicadores de sustentabilidad ambiental. Arch Zootec 2009;58(223):413-423.
2. Torres-Lima PA, Martínez-Cano AG, Portes-Vargas L, Rodríguez-Sánchez LM, Cruz-Castillo JG. Construcción local de indicadores de sustentabilidad regional. Un estudio de caso en el semidesierto del noreste de México. Región y Sociedad 2008;20(43):25-60.
3. Caire G. El manejo integrado de cuencas como instrumento para el desarrollo regional. En: Abardía A, Morales F (coordinadores). Desarrollo regional - Reflexiones para la gestión de los territorios. Alternativas y Capacidades, A.C. Primera ed. Ciudad de México: MC editores; 2008:187-213.
4. López-Reyes M, Solís-Garza G, Murrieta-Saldíva J, López-Estudillo R. Percepción de los ganaderos respecto a la sequía. Viabilidad de un manejo de los agostaderos que prevenga sus efectos negativos. Estudios Sociales 2010; XVII (Núm. Esp.):221-242.
5. Hanselka CW, Kilgore DE. The Nueces River Valley: The cradle of the Western livestock industry. Rangelands 1987;9(5):195-198.
6. Lok S, Crespo G, Torres V. Metodología para la selección de indicadores de sostenibilidad del sistema suelo-planta en pastizales. Rev Cubana Cienc Agr 2008;42(1):71-76.
7. DOF. 2001. Norma Oficial Mexicana NOM-020-RECNAT-2001. Subsecretaría de Fomento y Normatividad Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). México, DF. Diciembre 10, 2001.
8. Crespo-Pichardo G. Comparación de dos metodologías para el cálculo del índice de severidad de sequía para doce reservas de la biosfera mexicana. Reporte final al Programa MAB-UNESCO 2004; [en línea]: http://portal.unesco.org/science/en/ev.php-URL_ID=7087&URL_DO= DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html. Consultado 5 Sep, 2012.
9. Palmer WC. Meteorological Drought. U.S. Dep. Commerce. Weather Bureau Res. Paper 45. USA: 1965.
10. Mercado-Mancera G, Troyo-Diéguez E, Aguirre-Gómez A, Murillo-Amador B, Beltrán-Morales LF, García-Hernández JL. Calibración y aplicación del índice de aridez de De Martonne para el análisis del déficit hídrico como estimador de la aridez y desertificación en zonas áridas. Universidad y Ciencia 2010;26(1):51-64.
11. WMO. World Meteorological Organization, CLImate COMputing Project. 2012. [on line]: http://www.wmo.ch/pages/prog/wcp/wcdmp/clicom/indexen.html. Accessed March 20, 2012.
12. Comisión Técnico Consultiva para la Determinación Regional de los Coeficientes de Agostadero (COTECOCA). Tipos de vegetación en el Edo. de Sonora con diferenciación de sitios de productividad forrajera. Escala 1:500,000. COTECOCA, SARH, México. 1986.
13. Comisión Técnico Consultiva para la Determinación Regional de los Coeficientes de Agostadero (COTECOCA). Coeficientes de agostadero de la República Mexicana, Estado de Sonora. COTECOCA, SARH, México. 1989.
14. Rebollo S, Gómez-Sal A. 2003. Aprovechamiento sostenible de los pastizales. Ecosistemas 2003/3. [en línea]: http://www.aeet.org/ecosistemas/033/investigacion7.htm. Consultado: 25 Jul, 2012.
15. Márquez-Madrid M, Ruiz-Garduño RR, Valdez-Cepeda RD, Blanco-Macías F, Pérez-Pérez VG. Estado de degradación del suelo en los pastizales de la cuenca del Río Juchipila. Simp Inter Pastizales. UANL – ITESM. 2009:16-27.
16. Anaya-Nevárez E, Barral H. La ganadería y su manejo en relación con los recursos agua y pastizal en la zona semi-árida de México. Folleto Científico No 5. INIFAP-ORSWM. CENID-RASPA. Gómez Palacio, Dgo. 1995.
17. Navarro-Córdova A. Situación actual de los agostaderos en Sonora. Efecto del manejo y cambio climático. Informe de estudio. SAGARPA, SAGARHPA, CTEE. Hermosillo, Son. 2012.
18. Brito-Castillo L, Vivoni ER, Gochis DJ, Filonov A, Tereshchenko I, Monzon C. An anomaly in the occurrence of the month of maximum precipitation distribution in northwest Mexico. J Arid Environ 2010;74(2010):531-539.

Anexo VI. Carta de Acuse de Recibido del segundo Articulo Científico



Revista Agricultura, Sociedad y Desarrollo

7 de junio de 2013

CARTA RECEPCIÓN

Dr. Enrique Troyo-Diéguez

Le comunico haber recibido su contribución para iniciar el proceso en la revista Agricultura, Sociedad y Desarrollo (ASyD). Al artículo se le asignó la clave ASD-13-036.

Título: **ADMINISTRACIÓN HOLÍSTICA DE PREDIOS GANADEROS PARA EL MANEJO SOSTENIBLE DE LOS RECURSOS NATURALES EN DOS SUBCUENCAS SEMIÁRIDAS DEL ESTADO DE SONORA, MÉXICO**

Autores: Leopoldo Villarruel-Sahagún, Enrique Troyo-Diéguez, Oscar Gerardo Gutiérrez-Ruacho, Gilberto Solis-Garza, Alejandra Nieto-Garibay, Martín Esqueda, Iván A. Aguirre-Ibarra, Bernardo Murillo-Amador.

Su contribución ha sido formalmente recibida. Copias de la misma serán enviadas a dos árbitros y a un editor, quienes evaluarán su contenido. Oportunamente se le comunicará los dictámenes respectivos.

El Director de ASyD

Dr. Benito Ramírez Valverde

Revista incluida en el Índice de Revistas Mexicanas de Investigación Científica y Tecnológica del CONACYT

Guerrero Núm. 9. Esquina Avenida Hidalgo. 56220. San Luis Huexotla. Texcoco, Estado de México.
(595) 928-40-13 • asyd@colpos.mx

ADMINISTRACIÓN HOLÍSTICA DE PREDIOS GANADEROS PARA EL MANEJO SOSTENIBLE DE LOS RECURSOS NATURALES EN DOS SUBCUENCAS SEMIÁRIDAS DEL ESTADO DE SONORA, MÉXICO.

Leopoldo **Villarruel-Sahagún**[1,2], Enrique **Troyo-Diéguez**[1*], Oscar Gerardo **Gutiérrez-Ruacho**[2], Gilberto **Solís-Garza**[3], Alejandra **Nieto-Garibay**[1], Martín **Esqueda**[4], Iván A. **Aguirre-Ibarra**[5], Bernardo **Murillo-Amador**[1]

[1]Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste SC (CIBNOR). La Paz, BCS, 23096, Méx. (lvillarruel@cibnor.mx, etroyo04@cibnor.mx, anieto04@cibnor.mx, bmurillo04@cibnor.mx), [2]Unidad Académica Hermosillo de la Universidad Estatal de Sonora (UES), Hermosillo, Sonora, 83100, Méx. (ruachogr@hotmail.com), [3]DICTUS. Universidad de Sonora, Hermosillo, Son., 83100, Méx. (gsolis@guayacan.uson.mx), [4]Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo. Hermosillo, Son. CP 83304. Méx. (esqueda@cascabel.ciad.mx), [5]La Inmaculada de los Aguirre, S.P.R. de R.I., Pitiquito, Son. Méx. (rancholainmaculada@gmail.com).

* Autor para correspondencia

* Author for correspondence

RESUMEN

Se evaluaron los resultados del método de administración holística, conocido como manejo holístico (MH), en predios ganaderos de zonas semiáridas en la Subcuenca La Haciendita, Villa Pesqueira, en el centro-sureste de Sonora y en el Rancho La Inmaculada, Pitiquito, Son. En la subcuenca La Haciendita, se realizó una aproximación del método de MH, mediante el diagnóstico de los componentes del entero ecosistémico (EE), con fines de planeación. En el Rancho La Inmaculada, se aplicó el MH para la planeación de los factores de manejo que impactan la dinámica productiva del recurso suelo, sustento de la vegetación aprovechable en las actividades pecuaria, forestal, cinegética y ecoturística, entre otras. Los muestreos y registros biológicos se realizaron en octubre o noviembre, considerando el impacto animal y el descanso en la temporada de lluvias. Con el MH, el forraje disponible se calcula para la siguiente temporada, con la finalidad de planear la distribución del pastoreo, la poda y otras actividades. De esta manera, se influye positivamente en el mejoramiento del hábitat para la flora y fauna silvestre y doméstica. Al mejorar el hábitat, las especies tienden a

sobrevivir y a reproducirse, por lo que el número de individuos en sus poblaciones tiende a mantenerse o a incrementarse.

Palabras clave: Manejo holístico, manejo de cuencas hidrológicas, definición del entero ecosistémico.