

## CRITERIOS DE SUSTENTABILIDAD

Aprovechamiento sustentable. - La utilización de los recursos naturales en forma que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por periodos definidos;

Elaboración de un análisis de aptitud para determinar la capacidad de las UGA para permitir la realización sostenible de las actividades de los diferentes sectores, en función de los atributos ambientales de cada sitio Según el Manual del proceso de ordenamiento ecológico (V. Arriaga Martínez, A. Córdova y Vázquez, 2006: 30): “El análisis de aptitud es un método que permite conocer la capacidad del territorio para sostener las actividades de los diferentes sectores en el área de ordenamiento ecológico (...) Este análisis supone que existen (...) atributos ambientales que hacen que un sitio sea “apto” o no para cada actividad”. Estos atributos son variables de índole muy diversa, e incluso de diferente jerarquía, los de menor rango, llamados de segundo orden, se refieren a los bienes y servicios ambientales proporcionados por los ecosistemas (agua, suelo, madera, fijación de CO<sub>2</sub>, producción de O<sub>2</sub>, depuración del agua); los de clase superior, denominados de primer orden, son el acervo de elementos naturales (procesos y estructuras) de los que depende el funcionamiento de los ecosistemas y la producción de bienes y servicios ambientales. El Manual continúa afirmando: “Que, de hecho, (...) [los atributos ambientales] están definidos, en principio, porque están presentes en las áreas donde cada sector desarrolla sus actividades”, sin embargo, esta última afirmación no es correcta, pues muchas continúan realizándose, aunque algunos atributos ambientales, de segundo orden, hayan desaparecido del sitio, o incluso nunca hayan existido, y sea necesario importarlos; tal es el caso del agua y la madera en sitios de explotación minera. En otros ejemplos, como el de la explotación de algunos acuíferos, se consumen recursos acumulados por miles de años, aunque los procesos de renovación hayan desaparecido y el atributo se encuentre destinado a desaparecer. Un último ejemplo puede ser la eliminación de contaminantes al ambiente, que no se suspende, aunque los atributos de primer orden que dan al ecosistema la capacidad de depuración se hayan colapsado. En otras palabras, según Bocco et al., (2009), la oferta ambiental de un territorio se puede evaluar, por UGA, al determinar su capacidad para sostener diversos sistemas productivos, mediante un análisis de aptitud; que, en esencia, es el proceso de predicción del uso potencial del terreno, con base en sus atributos. La evaluación de la oferta ambiental, según los mismos autores, no puede ser soslayada en el ordenamiento ecológico de cualquier nivel, ya que es el único instrumento que permite, establecer los lineamientos y estrategias sobre el tipo de uso de la tierra, y al mismo Parte I 14 tiempo, evaluar los conflictos potenciales entre la demanda de recursos por parte de la población y la oferta de recursos por parte del paisaje. No es un trabajo sencillo evaluar la oferta ambiental de un territorio sin un eje conceptual articulador, el cual sólo puede ser comprendido, con base en el mejor conocimiento de las interacciones ecológicas y procesos necesarios para

sostener la composición, estructura y funcionamiento de los ecosistemas del sitio (N.L. Christensen, A. Bartuska, J.H. Brown, S. Carpenter, C. D'Antonio, R. Francis, J.F. Franklin, J.A. MacMahon, R.F. Noss, D.J. Parsons, C.H. Peterson, M.G. Turner, y R.G. Woodmansee, 1996). Normalmente se ha utilizado al constructo ecosistema, como eje articulador, y ciertamente este concepto es una poderosa herramienta, que ha permitido el uso de la primera ley de la Termodinámica en el análisis de sistemas ecológicos completos. Sin embargo, esta aproximación presenta una gran desventaja, su utilidad depende de la delimitación de los ecosistemas por fronteras específicas y desgraciadamente éstas son porosas y difuminadas, lo que permite a todos los ecosistemas intercambiar materia, energía, información, organismos y propágulos. En los hechos, esto significa que los ecosistemas, anteriormente definidos como unidades discretas, resultan ser realmente partes interconectadas de una unidad funcional de mayor jerarquía denominada paisaje; cuyo funcionamiento depende de sus interconexiones, definidas a partir de las entradas y salidas al sistema. El funcionamiento individual de un ecosistema depende, entre otros factores, de sus interacciones con otros de su misma especie. Entender la dinámica de los ecosistemas exige estudiarlos en el contexto del paisaje al que pertenecen. Por esta razón, se determinó la dinámica hidrológica (sistema de circulación que mantiene articulado al paisaje), en cada una de las subcuencas del estado; sobreponiendo a los mapas de las UGA, a las que previamente se había incorporado el modelo digital de elevación, los mapas de hidrología superficial, 1:250 000 para identificar el sentido del flujo y las interconexiones entre las UGA; adicionalmente se registraron las modificaciones en la dinámica hidrológica (G. Bocco, A. Priego, H. Cotler, 2005). El siguiente paso fue confeccionar los mapas de zonas hidrofuncionales por subcuenca, delimitando las zonas de cabecera, captación-transporte, emisión-confinamiento y captación-transporte-emisión.

Sabemos que la dinámica hidrológica depende, en primer término, de la degradación del suelo, de la condición de la cobertura vegetal y de los cambios en los usos de la tierra por esta razón, se estudiaron estos atributos para todas las UGA representadas en el MOE. La información sobre la degradación de los suelos fue obtenida de la siguiente forma: en primer término, se intentó utilizar como base cartográfica la información del proyecto "Evaluación de la degradación del suelo causada por el Hombre en la República Mexicana a escala 1: 250 000", realizado por la SEMARNAT en colaboración con el Colegio de Posgraduados; pero la información no cumplió con los requisitos exigidos por el grupo de investigación; más del 20% de las validaciones realizadas en campo no corresponden con la información contenida en el estudio citado. Por esta razón, se prefirió utilizar, como base cartográfica de erosión hídrica y eólica, el Programa Estatal de Ordenamiento Territorial San Luis Potosí, elaborado en el año de 2002 por la Empresa Solta Pruna S.A. de C.V. Para cada zona hidro-funcional, se cartografiaron las áreas de suelo erosionado, utilizando diferentes clases, definidas con base en la magnitud del

fenómeno. Resulta innecesario aclarar, que el comportamiento y las consecuencias de la erosión dependen de la zona de la cuenca donde se presenten. Para estudiar los cambios en la cobertura y usos de la tierra se realizó un análisis en cada unidad paisajística mediante la sobreposición de las fuentes cartográficas corregidas digitalmente Serie I INEGI (t1 1976+3) y la base de datos del Inventario Forestal Nacional 2000 verificada (Velázquez 2002); el procedimiento resultó en un conjunto de mapas por subcuenca que representa los cambios de cobertura y uso de la tierra, en el periodo de 24 años+3. Se realizó la sobreposición de los mapas de cambios de cobertura y uso de la tierra con los mapas de zonas hidro-funcionales. Adicionalmente, mediante la realización de análisis históricos de la dinámica del paisaje aplicando ecuaciones de Chapman-Kolmogorov se construyeron clases de cadenas estocásticas de tiempo discreto; llamadas clases de cadenas de Markov (una clase está formada por todos los estados que son accesibles entre sí) y funcionan para identificar rutas reales de estado-ytransición. Parte I 16 Las rutas reales de estado-y-transición de los cambios de cobertura y uso de la tierra y la magnitud de los fenómenos de erosión identificados, fueron relacionadas con los factores ecológicos, naturales o antropógenos, que los determinan. Estos factores actúan en forma concurrente, y al efecto impulsor de la dinámica del paisaje, resultante de la acción de las variables, se le denomina régimen de disturbio. La influencia de este régimen sobre la dinámica del paisaje es variable, pues constantemente cambia la composición de los factores que lo conforman y, por tanto, los patrones temporales y espaciales de las variables. El análisis del régimen de disturbio se realizó de la forma siguiente: i. Basados en la carta Tipos de relieve, Estado de San Luis Potosí, escala 1:250 000, (2007), Instituto Nacional de Ecología, que se funda en, Priego-Santander, A.G., et al, (2003), Tipos Morfométricos del Relieve de México, escala 1:250 000, Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT; se construyeron los planos de tipos morfométricos del relieve de las subcuencas del estado de San Luis Potosí y siguiendo los criterios establecidos por Bocco et al. (2005), se construyeron mapas de aptitud agropecuaria. Posteriormente se sobrepusieron estos, a los mapas de usos principales de la tierra, con la finalidad de identificar las zonas no aptas donde se practica la agricultura. ii. Utilizando como mapa base los de cambio de cobertura y uso de la tierra por subcuenca, se realizó la sobreposición de los mapas de erosión eólica e hídrica, intentando determinar si existe correlación entre usos principales de la tierra y la erosión, en particular se consideraron las áreas no aptas para actividades agropecuarias donde se practica la agricultura, determinadas en la sección anterior. iii. Se efectuó un análisis comparativo entre la carga animal y la capacidad de carga para las unidades paisajísticas en 1974- 76; posteriormente el mismo procedimiento se desarrolló entre la carga animal y la capacidad de carga para las unidades paisajísticas en el año 2000. A partir de estos resultados se

determinaron las tendencias de sobrepastoreo y, donde resultó pertinente, se asociaron los procesos de sucesión en las fitocenosis con el sobrepastoreo. iv. Para cada subcuenca se identificaron los cambios en ubicación y extensión, de los usos

principales de la tierra: agricultura de temporal, agricultura de riego y humedad, industria; minería, entre 1976+3 y el año 2000. Para el periodo 1970-2000 se identificaron los cambios en las áreas ocupadas por asentamientos humanos y los cambios en la población y la densidad de población en el área de estudio; correlacionando los cambios en los usos principales de la tierra (incluyendo los cambios en la intensidad de los aprovechamientos) con los cambios en la densidad de población. v. Se seleccionaron las mejores series de tiempo, de largo periodo, de temperatura y precipitación diaria, para calcular los índices de cambio climático del Grupo de Expertos en Detección e Índices de Cambio Climático (ETCCDI por sus siglas en inglés), para el estado de San Luis Potosí. Los índices fueron determinados para cada una de las estaciones climatológicas disponibles; seleccionadas, siempre y cuando, presentaran cuando menos el 90% de los datos, en un espacio de treinta años cercano al periodo 1961-90, muy utilizado en otros estudios. Cada serie fue previamente homogenizada y se consideró representativa de una región, que en lo posible se intentó hacer coincidir con las UGA. Los índices clave del ETCCDI se calcularon utilizando el Rclimdex2; al igual que las tendencias en el tipo de señal de cambio climático, calculadas mediante regresión lineal por mínimos cuadrados y regresión lineal con ponderamientos locales. Finalmente se construyeron los mapas de tendencias. vi. Se realizó la comparación entre la tasa de crecimiento poblacional y las Tasas de cambio anualizadas por tipo de cobertura. En ambos casos se utilizó el siguiente algoritmo: Parte I 18 Crecimiento exponencial:  $V_{t+\Delta t} = V_t e^{r\Delta t}$   $r = [1/\Delta t \ln (V_{t+\Delta t}/V_t)] \times 100$  Consumada la investigación bibliográfico-documental, se procedió a iniciar el proceso participativo de análisis de aptitud, mediante la realización de cuatro talleres de participación ciudadana. En estos talleres se reunieron representantes de los sectores involucrados en las diferentes subcuencas del territorio, a los que, previamente, se proporcionó un resumen ejecutivo de los resultados obtenidos en la caracterización y el diagnóstico y los mapas de usos de la tierra actuales. Con el objetivo de integrar: las visiones, prioridades generales de manejo, objetivos, atributos ambientales y conocimientos para el mejor emplazamiento de los sistemas de producción. En primer término se validaron los mapas de uso de la tierra integrando la información faltante o depurando los datos erróneos. En segundo lugar, se obtuvieron mapas de aptitud por actividad, que realmente son mapas potenciales de uso de la tierra; para toda el área de ordenamiento ecológico, indicando las zonas que son menos y más aptas para cada sector. La consulta se extendió mediante la aplicación de mil quinientos cuestionarios, distribuidos a informantes clave en todas las subcuencas del estado, la información recabada fue procesada de la misma forma que la de los talleres. Dado que la escala de la investigación y el consiguiente nivel de resolución de los datos, condicionan el enfoque utilizado para la evaluación de tierras – como afirman Mendoza y colaboradores 2009 –, en el presente estudio se utilizaron procedimientos cualitativos para determinar las aptitudes de uso de la tierra; los cuales resultan apropiados para ordenamientos regionales de pequeña escala