

Metodología de Ordenamiento Ecológico Territorial para Áreas Naturales Protegidas, de escala media. Primera aproximación

María Eugenia Valdez Pérez
Patricia Mireles Lezama
Universidad Autónoma del Estado de México
Toluca, Estado de México
México

mevaldezp@uaemex.mx
paty_land@hotmail.com

Resumen

Este trabajo desarrolla una propuesta metodológica para elaborar programas de ordenamiento de cualquier área natural tomando la microcuenca como unidad de gestión.

Parte de cuatro metodologías aplicadas en otros países y en ámbitos diferentes, en esta propuesta se fusionan conceptos, formas de abordar, enfoques teóricos, técnicas de evaluación y detalle de la información. Las fases de la metodología que se propone son: diagnóstico, prospectiva y propuesta de ordenamiento, considerando a los Sistemas de Información Geográfica (SIG), como una herramienta fundamental (Valdez, 2008). Esta metodología podrá ser aplicada para la elaboración de programas de ordenamiento de ANP de aproximadamente 50,000 hectáreas.

En esta primera aproximación se describen de manera genérica los procedimientos para la obtención de información base -17 temas- del subsistema natural a nivel de microcuenca hidrográfica; que lleve a la máxima estabilidad del subsistema social –descripción demográfica-, a través de compatibilidad de los intereses y de las características de los actores sociales en función de la relación con el medio ambiente; que identifique las tradiciones y costumbres de las localidades y su relación con los recursos –subsistema productivo- dentro del ANP. Esta información conlleva al diagnóstico, el cual es el soporte para la fase prospectiva y el diseño de estrategias, políticas y acciones que regularán el uso de la tierra, que concilian las actividades económicas, con el desarrollo sustentable, por supuesto con la participación social como eje rector, debiendo ser lo suficientemente flexible, que pueda ser modificada en función de la dinámica propia del ANP.

Palabras clave: *ordenamiento, Áreas Naturales Protegidas, metodología*

Introducción

Áreas Naturales Protegidas en México

Inicialmente México concebía a la *conservación* como el establecimiento de áreas excluidas de las actividades productivas y decretadas con la finalidad de proteger zonas con valor paisajístico, recreativo o hidrológico o para decretar vedas sobre recursos maderables (INE, 2002).

El decreto de Áreas Naturales Protegidas (ANP) se justificaba sobre la base de conservar servicios ambientales sin consideraciones ecológicas, o con el objetivo de regular formas de uso de poblaciones silvestres que podrían en riesgo determinado recurso.

En la década de los noventa, México empieza a participar activamente en convenciones internacionales como la Convención sobre la Diversidad Biológica dentro del marco de la Declaración de Río de Janeiro, sobre medio ambiente y desarrollo, celebrada en 1992, conocida como “Cumbre de la Tierra”, en la que se manifestó un consenso mundial para favorecer la cooperación internacional en materia de medio ambiente y desarrollo.

A partir de entonces se han decretado alrededor de 160 áreas naturales protegidas clasificadas en diversas categorías, las cuales cubren una superficie aproximada de 227,122 Km², es decir el 11.3% del territorio nacional (Ávila, 2008).

Un área natural protegida, de acuerdo a la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), es la zona dentro del territorio nacional y aquella sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad de la sociedad o que requieren ser preservados y restaurados y están sujetos al régimen previsto por esta ley.

El decreto de un ANP contempla la indemnización correspondiente a la expropiación de los terrenos del área de la que se trate. Teóricamente el decreto de un ANP crea un sustrato jurídico que tiende a generar un proceso propio de organización, favoreciendo o induciendo la integración de grupos sociales locales y la participación de instituciones académicas y gobiernos estatales y municipales a favor de la conservación.

Ordenamiento Ecológico en Áreas Naturales Protegidas

La Ley General de Equilibrio Ecológico de Protección al Ambiente (LGEEPA), considera cuatro tipos de ordenamientos ecológicos: *Ordenamiento general del territorio*, cuya

competencia es de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT); *Ordenamiento regional*, puede expedirse por los gobiernos estatales, es posible que abarque la totalidad de una entidad federativa o parte de ella; *Ordenamiento local*, a las autoridades municipales les compete este nivel; y *Ordenamiento marino*. Es competencia de las autoridades federales, en coordinación con gobiernos estatales y municipales.

Es dentro del nivel local donde se ubican los ordenamientos de Áreas Naturales Protegidas, y deberán estar congruentes con el ordenamiento ecológico estatal.

Cuando el ordenamiento ecológico local incluya un área natural protegida, competencia de la Federación o el Estado, el programa debe ser aprobado conjuntamente por las autoridades federales competentes, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y los ayuntamientos municipales correspondientes. Cuando se regulen los usos del suelo donde se incluyan ejidos, comunidades y pequeñas propiedades, la participación de las asambleas será de vital importancia y deberán estar informadas de los motivos que justifiquen dicho ordenamiento.

Objetivo

Desarrollar una propuesta metodológica para elaborar programas de ordenamiento, que puede ser aplicada a cualquier área natural a nivel de microcuenca, a la escala de trabajo que se requiera.

Materiales y métodos

Parte de cuatro metodologías aplicadas en otros países y en ámbitos diferentes, en esta propuesta se fusionan conceptos, formas de abordar, enfoques teóricos, técnicas de evaluación y detalle de la información. Las fases de la metodología que se propone son: diagnóstico, prospectiva y propuesta de ordenamiento (Valdez, 2008).

Dadas las complejas relaciones que se desarrollan en la realidad, se requiere de estudios con enfoque sistémico que permita detectar las interacciones entre el medio físico, el sistema productivo y la estructura socioeconómica que se dan en el territorio y éste a su vez, dependerá del contexto histórico que lo llevó a la situación.

La metodología que se propone considera a la microcuenca como unidad de gestión la cual se delimita por el parteaguas y determinado por un sistema de drenaje natural que escurre hacia un mismo cauce, con superficie promedio de 6,000 hectáreas a 60 km² (FIRCO 2005) y toma como base cuatro metodologías, aunque tres de ellas se aplican en el ámbito nacional o regional y sólo una en el ámbito municipal (no sobre una ANP); sin embargo, por la manera como abordan el problema, representan un soporte importante para la aplicación en áreas naturales protegidas.

La metodología base es la que propone la SEMARNAT-INE (2000), por tratarse del caso mexicano y por ser la única propuesta de Ordenamiento Ecológico del Territorio. La que propone el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (1997), se eligió por tratarse de una propuesta municipal, lo que implica un mayor detalle en la información requerida y el nivel de resultados, que concuerda más con ordenamientos locales, para este caso áreas naturales. La de Gómez (2002), por tratarse de una metodología en ámbitos más detallados (provinciales). Finalmente la propuesta de Pujadas y Font (1998) por el detalle de aplicación de las técnicas de valoración, de diagnóstico y de selección de alternativas.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG), juegan un papel primordial en el desarrollo de esta metodología, pues sin esta herramienta, difícilmente podría manejarse la gran cantidad de información que implica el desarrollo de una propuesta de ordenamiento. Pues es a través de los SIG, se podrán obtener los mapas síntesis y armar diversos escenarios ANP.

Se asume que toda la información se obtiene a través de la digitalización y la estandarización de la misma, lo cual permite ubicar espacialmente (sistema de coordenadas, proyección cartográfica y sistema geodésico) cada uno de los rasgos del territorio y vincularlo con una base de datos de atributos que caracterizan a las unidades espaciales. La base de datos integra la información social, económica y productiva de las localidades y las unidades territoriales, cuya clave para vincularla con la información cartográfica es la referencia espacial de cada atributo.

Para poder referenciar la información que se obtiene en cada una de las etapas de esta propuesta, se realiza la limpieza de los archivos y se genera la topología correspondiente, entendiendo por ésta la parte de las matemáticas que se encarga del estudio de la posición relativa de los objetos, independientemente de su forma, localización topográfica y tamaño (Franco y Valdez, 2003), lo cual facilita el análisis espacial dentro de los SIG, debido principalmente a que evita la duplicidad de información, facilita la captura y almacenamiento de los datos en la computadora, así como la exportación e importación de información referenciada.

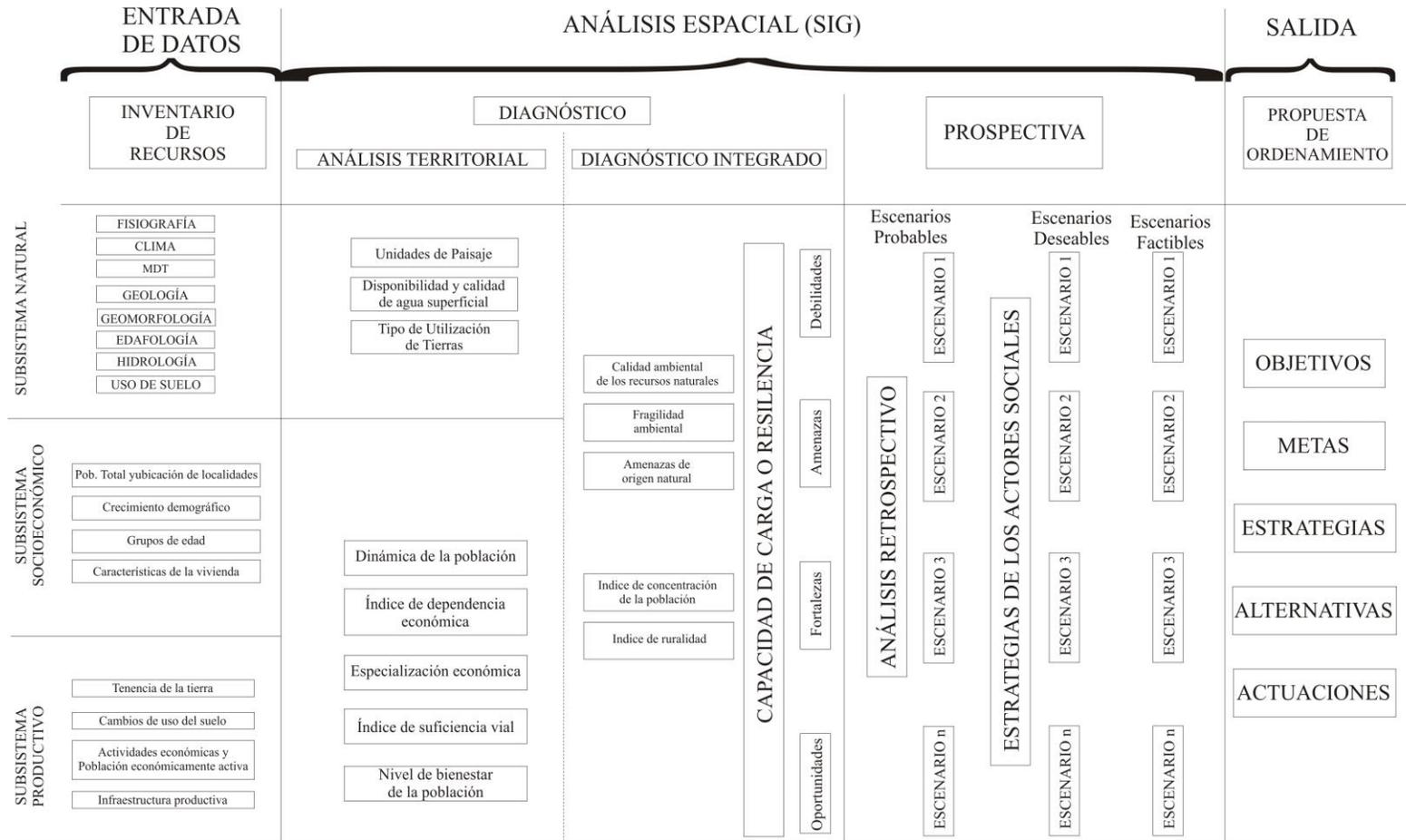
El análisis de toda esta información, se realiza utilizando las herramientas de dibujo cartográfico del software Autocad Map como primer paso; el almacenamiento de los atributos se hará en tablas y bases de datos en Excel y Access y finalmente la parte del análisis espacial, se realiza en el software ArcView GIS, el cual permite la manipulación de la información espacial y la obtención de nueva información a través de las herramientas de consulta y análisis con las que cuenta.

Las fases de la metodología que se propone son tres: diagnóstico, prospectiva y propuesta de ordenamiento; las fases de gestión, instrumentación, evaluación y seguimiento, queda fuera del alcance de esta propuesta, debido a que estas fases dependen de las instituciones públicas responsables, así como del seguimiento y evaluación.

RESULTADOS

La propuesta se resume en la siguiente tabla:

Tabla 1. Propuesta Metodológica para un Ordenamiento en Áreas Naturales Protegidas



Fuente: Valdez, 2008.

Diagnóstico

Es una síntesis espacial y una jerarquización con la que se explica la estructura territorial y su dinámica a partir de una síntesis situacional, de frente a las opciones de desarrollo territorial. Los resultados de éste dirigen la fase prospectiva y son la base para el diseño de estrategias, políticas y acciones que regularán el uso de la tierra, que compatibilizarán las actividades económicas, con el desarrollo sustentable, con la participación social como eje rector. Incluye: la generación de información base; el análisis territorial, y el diagnóstico integrado.

Generación de información base

La base para desarrollar una propuesta congruente de Ordenamiento, es un diagnóstico que contenga información actualizada, veraz y confiable que muestre una caracterización del territorio acorde a la realidad. El diagnóstico debe desarrollarse abarcando tres subsistemas:

Subsistema natural

La información base para caracterizar este subsistema es la que muestra la tabla 2, y se describe el procedimiento general para la obtención de la información cartográfica.

Tabla 2. Información cartográfica base para el análisis territorial del subsistema natural.

<i>Tema</i>	<i>Atributos</i>	<i>Nivel jerárquico de los atributos</i>
Fisiografía	Pendiente	Diferenciadores
	Modelo digital de elevación Pisos hipsométricos	Base para cálculo de otros atributos
Clima	Piso bioclimático Régimen de humedad	Diferenciadores
	Temperatura Precipitación	Base para cálculo de otros atributos
Geología	Litología Estructura geológica Tectónica Edad geológica	Diferenciadores
	Edad litológica del material parental	Caracterizadores

Tema	Atributos	Nivel jerárquico de los atributos
Geomorfología	Geformas	Diferenciadores
	Densidad de la disección Energía del relieve	Pueden definir o caracterizar
Edafología	Unidades de suelo	Pueden definir o caracterizar Base para cálculo de otros atributos
Hidrología	Cuencas hidrológicas Red de drenaje Cuerpos de agua Manantiales	Base para cálculo de otros atributos
Uso de suelo y vegetación	Zonas erosionadas Zonas de asentamientos humanos	Caracterizadores
	Cambio de usos de suelo (35 años) Uso del suelo en 1970 Uso actual del suelo (2 000 y verificación de campo 2 005) Deforestación	Base para cálculo de otros atributos
Fauna	Listado de especies	

Fuente: Valdez, 2008, con base en IGAC (1997) y SEMARNAT-SEDESOL (2005)

Fisiografía

Para la generación de un MDT se requiere de los archivos digitales de curvas de nivel a escala 1:50,000 que produce el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) y trabajarlo en un software que permita la manipulación de la información en tres dimensiones. Adicionalmente es necesario calibrar ese modelo con puntos obtenidos mediante el Posicionamiento Global por Satélite (GPS) distribuidos por todo el territorio del ANP, corregidos diferencialmente con las estaciones fijas del mismo INEGI, cercanas al área de la que se trate. Lo anterior requiere al menos dos equipos receptores de alta precisión. Una vez obtenido el MDT, es posible generar mapas de pendientes ya sea en porcentaje o en grados, así como el mapa de pisos altimétricos o hipsométricos, mapas de orientación e iluminación.

Clima

El clima es un conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado medio de la atmósfera en un punto de la superficie terrestre (García, 1989), determina en alto grado el tipo de vegetación, de suelo y por ende el uso de la tierra. Es uno de los factores de mayor jerarquía en la caracterización de paisajes. La clasificación de climas, se basa en la propuesta de Köppen, modificada por García (2004), en la cual se utilizan datos de temperaturas medias

mensuales y precipitación total mensual y anual de las estaciones que se encuentran dentro y en los límites del ANP, con datos de por lo menos 30 años.

Las aplicaciones que pueden tener en el ámbito de la hidrología superficial es la determinación de líneas de flujo, es decir, la simulación simple del proceso de escorrentía superficial.

Geología

La carta topográfica digital permite, a través de rasgos topográficos ubicar con precisión la información contenida en esquemas geológicos.

A través de la fotointerpretación se verifican los rasgos geológicos reportados en las investigaciones realizadas, integrando la información en un mapa geológico a partir del límite de la zona en estudio. Lo anterior permite validar la información existente en cuanto a contactos litológicos y localización de fallas y fracturas en forma más detallada, ya que con fines de ordenamiento es necesario contar con información específica sobre riesgos geológicos. La información obtenida por medio de la fotointerpretación, en este caso, escala 1:37 000, se transfiere a ortofotos digitales, a escala 1:20 000 o mayor.

Una vez definidas las unidades litológicas y los rasgos estructurales dominantes se organiza el trabajo de campo, se establecen los puntos de verificación, cubriendo la totalidad de las unidades detectadas en gabinete y se elabora el mapa geológico.

Geomorfología

La cartografía geomorfológica en la actualidad constituye una de las herramientas fundamentales del Ordenamiento Territorial, a través del conocimiento de la génesis, morfología, distribución del relieve, evolución y la dinámica actual es factible emplear la información en el desarrollo de trabajos interdisciplinarios, que conduzcan a la solución integral (Espinosa, 2001), por ejemplo: procesos de erosión fluvial, geliflaxión, reptación, remoción en

masa y zonas de depositación e inundación, entre otras; lo que permite predecir los usos adecuados del suelo, medidas de control de erosión, zonas de riesgo.

La elaboración de la carta geomorfológica se basa en:

La Recopilación de la información bibliográfica, base para realizar el análisis y edición cartográfica de parámetros morfométricos y morfológicos. *Análisis del relieve* a través del comportamiento de las curvas de nivel. *Análisis de los sistemas de drenaje* y su relación con la litología, los rasgos estructurales por los cuales escurre, así como la clasificación por órdenes de drenaje que permita identificar la dinámica del drenaje por subcuencas. *La Fotointerpretación* determina el detalle de la información obtenida hasta la etapa anterior, a través de la utilización de fotografías aéreas escala 1:37 000 o mayor.

Densidad de la disección

Este mapa permite identificar la áreas de susceptibilidad erosiva y de depósito en las cuales el material subyacente es más resistente, la base es la medición longitudinal de las corrientes que se encuentran en una unidad de superficie por ejemplo, un kilómetro cuadrado, lo cual permite identificar las zonas afectadas por erosión intensa y aquellas en las que se da una depositación, identificándolas a través de una gama de colores.

Energía del relieve

Esta carta sirve para expresar la intensidad relativa de la actividad endógena en relación con la exógena, con el fin de localizar de forma areal la mayor acción tectónica de la zona, y de aquellas secciones en las que los procesos erosivos tienen mayor actividad, ya sea por el tipo de materiales o por su debilidad estructural, también contribuye a la identificación de áreas en las cuales el material muestra resistencia a la erosión. Para la elaboración de esta mapa se divide la zona de estudio en unidades de superficie (km²), por ejemplo la cuadrícula UTM de la carta 1:50 000; a partir de las curvas de nivel se determina

la diferencia de altitud por unidad de superficie, se coloca el valor en cada cuadro y se establecen los rangos, de acuerdo al grado de detalle que se requiera.

Edafología

El enfoque holístico del desarrollo y planificación plantea que se tomen en cuenta la calidad, la potencialidad y la fragilidad de los suelos, así como su diversidad. Sólo desde la localización espacial de los distintos suelos, se podrán poner en concordancia los requerimientos de los diversos usos, con las aptitudes de los distintos suelos y, de este modo, se podrán tomar decisiones fundamentadas, al asignar usos óptimos a los suelos de un territorio determinado.

El objetivo de un levantamiento de suelos reside en describir las características y propiedades de los suelos de un área establecida, clasificarlos y situar los límites en un mapa, lo que permitirá entender su organización espacial para constituir un modelo simplificado de la realidad.

La metodología para levantamientos edafológicos desarrollada por Elbersen, et al (1986), será la utilizada para el levantamiento de suelos de 4° Orden, es decir, en el ámbito general o de reconocimiento y la escala de representación 1:50 000.

La ejecución de un levantamiento de suelos se divide en las siguientes etapas, varias de las cuales se realizan en forma casi simultánea: *Etapas preparatoria; Fotointerpretación preliminar, Reconocimiento en campo, Establecimiento de la leyenda edáfica, Mapeo sistemático, Procesamiento de las Muestras en Laboratorio, Compilación del mapa y del informe.*

La información de suelos representada en un mapa puede tener un enfoque analítico ya que es posible representar una o más características del suelo, lo que puede dar lugar a mapas isopléticos (de conductividad eléctrica, pH, entre otros), mapas coropléticos o

cartogramas (Textura de horizonte superficial). Al aumentar el número de atributos a representar en un mismo mapa, la lectura se complica, por lo que debe pasarse a un enfoque de síntesis, con métodos para evaluar los suelos que combinen un conjunto de características en cada unidad cartográfica.

Hidrología

La cuenca hidrológica constituye la unidad de gestión de los recursos hídricos y está a su vez integrada por subcuencas y estas últimas están integradas por microcuencas.

Para la clasificación de las órdenes de las corrientes, se ha utilizado la metodología de Strahler-Schumm, la cual considera corriente de primer orden aquella que no tiene ningún tributario, de segundo orden la formada por la unión de dos de primer orden y así sucesivamente (Parras, *et al.*, 2003).

La base para la delimitación de subcuencas y de las microcuencas son los mapas topográficos escala 1:50 000 del INEGI y el marco hidrológico de la carta de aguas superficiales escala 1:250 000 (SPP, 1983), es necesario incluir el nombre a las microcuencas en función de los nombres de las corrientes principales dentro de cada subcuenca tributaria, mediante recorridos de campo apoyados con ortofotos escala 1:20 000, se ajustan los parteaguas, comprobando la orientación del flujo de los escurrimientos.

Uso de suelo y vegetación

Con base en la fotointerpretación a escala 1:37 000, se identifican los diferentes usos de suelos y tipos de vegetación. Las fotografías aéreas deben ser pancromáticas y de vuelo reciente para obtener el uso y vegetación actual al año del vuelo; la diferencia entre el número de años del vuelo con respecto a la fecha del ordenamiento, marcará la intensidad de los recorridos de campo para la verificación de límites en cada uso, de tal forma que mientras menos años existan entre esas fechas, menor será el número de recorridos de campo.

Fauna

La investigación biológica requiere de tiempo y altos costos para la observación de campo, muestreo y clasificación en el laboratorio, lo cual en muchas ocasiones no es posible contar con esta información. Por lo que este apartado generalmente se queda en una revisión bibliográfica y documental que permita tener una idea general de la fauna que pudiera encontrarse en el área de estudio.

Subsistema social

El Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC, 1997), menciona que el análisis del subsistema social, busca convenir los intereses de los actores sociales para maximizar la estabilidad del sistema, es decir estos elementos interrelacionan para la adaptación, apropiación y transformación de la naturaleza y de la sociedad, para este subsistema su sugiere generar la información de la Tabla 3.

Tabla 3. Información base para el análisis territorial del subsistema social.

<i>Tema</i>	<i>Atributos</i>	<i>Resultados del análisis</i>
<i>Población total y Ubicación espacial de las localidades</i>	Total de hombres y mujeres	Índice de marginación por localidad Índice de ruralidad
<i>Crecimiento demográfico</i>	Características de la población Población económicamente activa Grupos de edad Analfabetismo	Índice de dependencia económica
<i>Características de la vivienda</i>	Total de vivienda Habitantes por vivienda	Nivel de bienestar

Fuente: Valdez, 2008, con base en SEMARNAT-SEDESOL (2005).

Población total y ubicación espacial de las localidades

La ubicación geográfica de las localidades se digitaliza directamente sobre ortofotos digitales escala 1:20 000 lo que permite definir cuanto han crecido espacialmente y las tendencias de crecimiento. Esta información está vinculada con los datos estadísticos de los censos de población, en los que se encuentran variables sociodemográficas que describen las localidades.

Crecimiento demográfico

Se realiza utilizando la información proporcionada por los últimos cuatro censos de población, con los cuales será posible obtener un análisis histórico y la proyección de crecimiento que pudiera presentarse en cada localidad.

Características de la vivienda

Esta información se toma directamente de los datos que proporciona el INEGI a través de los censos. Se adiciona a la base de datos vinculada a las localidades espacialmente referenciadas. Lo anterior permite realizar operaciones de análisis y consulta a través de los SIG.

Subsistema productivo

Se deben considerar los bienes o servicios que produce la sociedad, las actividades y sectores económicos más importantes, las formas de producción y los fines para los que se producen, el grado de apropiación entre los distintos grupos sociales, el destino del capital y las formas de relación de grupos sociales, a través de los parámetros que se detallan en la Tabla 4:

Tabla 4. Información base para el análisis territorial del subsistema productivo.

<i>Tema</i>	<i>Atributos</i>	<i>Resultados del análisis</i>
--------------------	-------------------------	---------------------------------------

Tenencia de la tierra	Ejidal Comunal Privada Federal	Posibilidades de inversión y protección
Cambio de uso de suelo	Cambios en la vegetación y el uso del suelo Sucesión de comunidades vegetales Deforestación y erosión Sustitución de áreas naturales y antrópicas	Utilización de los recursos
Actividades económicas	Sectores	Determinación de la aptitud territorial para las actividades productivas y para cada zona de asentamientos humanos. Especialización económica Características de la población que pudiera emplearse dentro del ANP
PEA ocupada por sector	Sectores Grupos quinquenales de edad Población Económicamente activa	
Infraestructura productiva	Caminos e infraestructura Unidades de producción	Accesibilidad y fragilidad

Fuente: Valdez, 2008 con base SEMARNAT-SEDESOL (2005).

Tenencia de la Tierra

La obtención de este mapa requiere visitar las diferentes instancias que generan este tipo de información para compilar los datos necesarios como: el Registro Agrario Nacional (RAN), INEGI a través del Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Titulación de Solares (PROCEDE), Comisión para la Regularización de la Tenencia de la Tierra (CORETT) y los Ayuntamientos que integran el ANP.

Este mapa es de suma importancia debido principalmente a que el uso y cuidado de los recursos naturales así como las posibilidades de inversión y cambios de uso del suelo están directamente relacionados con el tipo de tenencia de la tierra.

Cambios de uso de suelo

Un estudio de esta naturaleza permite conocer la dinámica que ha tenido un territorio, ya que es a partir de éste que se puede conocer la pérdida de biodiversidad, el deterioro ambiental y el grado de explotación que se ha realizado sobre una superficie concreta.

Para elaborar este mapa es necesario digitalizar la carta de uso de suelo 1:50 000 de la Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL, 1976), ahora INEGI. Posteriormente se realiza la fotointerpretación de fotografías aéreas a la escala adecuada según la superficie del área de estudio, es indispensable que la fecha del vuelo sea lo más reciente posible; la propuesta es que se tenga un análisis de 35 años y posteriormente se realiza el análisis del cambio de uso de suelo en este periodo.

Actividades económicas y Población económicamente activa por sector

La información relativa a estas variables se toma de los censos económicos y de población y vivienda del INEGI (1970, 1980, 1990, 1995, 2000 y 2005) y se concentra en una base de datos que estadísticamente se analiza y se utiliza para explicar su comportamiento espacial.

Infraestructura productiva

Una vez ubicadas espacialmente las localidades y digitalizados todos los caminos de la zona en estudio, directamente sobre las ortofotos digitales y auxiliados de la carta topográfica 1:50,000, se procede a realizar recorridos de campos que permitan clasificar e identificar cada elemento previamente digitalizado en gabinete, para obtener un inventario de la infraestructura con la que cuenta el ANP (caminos y unidades de producción), además se relaciona la información de tenencia de la tierra y actividades productivas a las que se dedica la población.

La parte social y productiva, se realizó con base en el análisis de las variables contenidas en los censos de población y vivienda, así como los censos económicos y el

agropecuario y ejidal del INEGI, considerando el comportamiento histórico de cada variable, y el posible comportamiento a mediano y largo plazo.

Análisis territorial

Debe realizarse un análisis integral de los factores y procesos formadores y modeladores del paisaje: geomorfología, geología, hidrología, clima, suelos y vegetación, así como la dinámica del paisaje y las transformaciones ecosistémicas derivadas de su interacción que se reflejan en el territorio como potencialidades y limitaciones, es decir la zonificación ecológica.

Unidades del paisaje

Las unidades de paisaje que se utilizarán como base para la caracterización del medio biofísico son las microcuencas. Una vez obtenida la caracterización del medio físico, se procede a sumar la información socioeconómica y productiva, para determinar los usos del suelo y las implicaciones que han tenido sobre el territorio.

Disponibilidad y calidad de agua superficial

Una vez delimitadas las microcuencas, se determina la corriente más importante a la cual se le mediría el caudal para obtener el volumen de agua. El muestreo debe realizarse preferentemente en dos periodos (estiaje y lluvias) para la obtención de muestras y su posterior análisis en el Laboratorio y así determinar la calidad del agua de acuerdo a las Normas Mexicanas vigentes.

El método utilizado para el cálculo de volumen de arroyos, fue el propuesto por el Departamento de Agricultura de la FAO (1997), el cual consiste en la medición del promedio de la corriente (calculando la velocidad que tarda en recorrer una distancia conocida una *pelota de unicel de 5 centímetros de diámetro*) y del *área de la sección transversal del canal*.

Dinámica de la población

Se refiere a los cambios cuantitativos que experimenta la población a lo largo del tiempo, esto puede medirse a través de la tasa de crecimiento medio anual, expresada en porcentaje de la población del año inicial (SEMARNAT-INE-UNAM, 2005). Para lo cual se necesita el total de población por localidad de los últimos 30 años considerando los levantamientos censales cada diez años y los conteos de población cada cinco años, elegidos a partir de la fecha en que se esté realizando el ordenamiento.

Índice de dependencia económica

Mide el grado de dependencia o carga que en promedio tiene que soportar cada persona disponible para la producción de bienes. Es decir, es la relación entre el porcentaje de población económicamente activa e inactiva. Lo anterior permite inferir el potencial de fuerza de trabajo susceptible de ser incorporada a las actividades productivas (SEMARNAT-INE-UNAM, 2005).

Se agrupa a la población de 0 a 14 años (edad escolar), de 15 a 64 (edad propia para trabajar) y población mayor a 65 años (edad improductiva).

Especialización económica

El coeficiente de especialización económica, es un método estadístico que permite conocer el grado de especialización o concentración de una actividad económica en una unidad especial con respecto a otra más amplia (SEMARNAT-INE-UNAM, 2005). El ajuste que se propone para áreas naturales protegidas es considerar los datos de las localidades dentro del área de estudio, en lugar de considerar la información municipal o estatal. Y la población total de los municipios que integran el ANP en lugar de la información nacional.

Índice de suficiencia vial

El indicador para calcularlo es la red vial, que se reconoce como factor de integración territorial y facilitadora de flujos y movimientos espaciales entre localidades y entre éstas y el

entorno. Se utiliza el coeficiente Engel (SEMARNAT-INE-UNAM, 2005), cuyo procedimiento se basa en la relación de la longitud total de vías existentes, la superficie total del ANP y su población total. Mientras más bajo sea el índice, menor es la capacidad de infraestructura vial.

Nivel de bienestar de la población

La influencia que la población ejerce sobre el medio natural se deriva en gran parte por las condiciones de vida de la población. Para abordar este aspecto se toma como base la metodología empleada en el documento “Niveles de bienestar en México” del INEGI, la cual considera cuatro temáticas: a) Calidad de la vivienda, b) Características de ocupación, c) Aspectos educativos y d) Niveles de urbanización (SEMARNAT-INE-UNAM, 2005).

Diagnóstico integrado

Calidad ambiental de los recursos del Área Natural Protegida

Es un resumen de las condiciones del medio natural, refleja el mantenimiento de los elementos y procesos del medio ambiente dentro de una unidad natural específica; de manera que, cuando se introduce un agente de presión que deteriora cierto recurso, se modifica la estructura de los elementos y ciertos procesos se modifican, alterando también la calidad de los recursos (SEMARNAP-INE, 2000). Lo anterior se obtiene relacionando las condiciones actuales del medio natural con las actividades productivas y las características de la población.

Fragilidad ambiental

Se considera como la capacidad intrínseca de la unidad territorial a enfrentar agentes de cambio, basado en la fortaleza de los componentes y en la capacidad y velocidad de regeneración del medio. La fragilidad territorial se determina por la correlación entre la sensibilidad conjunta de los componentes naturales, principalmente la relación relieve-

pendiente-suelo-vegetación. En este sentido cualquier cambio de origen natural o antrópico repercute directamente sobre el ambiente y lo modifica de manera irreversible (SEMARNAP-INE, 2000).

Se evalúa el relieve en función de la estabilidad y penestabilidad, apoyado en la pendiente del terreno y algunos parámetros relacionados con el clima, se toma como base el MDT. Otro parámetro a considerar es el suelo, en el sentido de la erodabilidad y la posibilidad de cambio de las características físicas y químicas. Finalmente se analiza a vegetación en función de la capacidad de regeneración, complementada con criterios de pendiente y resistencia a incendios forestales. En este último análisis se excluyen las áreas agrícolas y pecuarias.

Se elabora un árbol de decisión para cada uno de los componentes y posteriormente se integra en una matriz considerando tres niveles de fragilidad por parámetro y después se suman para obtener el mapa de fragilidad final (SEMARNAP-INE, 2000).

Amenazas de origen natural

Se mide en función de los riesgos geológicos e hidrológicos; a partir de los mapas de fallas y fracturas y el de escurrimientos superficiales, aplicando un buffer dentro de los sistemas de información geográfica. Se considera un riesgo geológico a todo aquel proceso, situación o suceso en el medio geológico, natural, inducido o mixto, que puede generar daño económico o social para alguna localidad (Parras, et al, 2003).

Índice de concentración de la población

Es una medida sintética que valora algunos aspectos de la población referentes a su grado de aglomeración a lo largo del área natural protegida. Lo anterior se realiza a través de los siguientes indicadores: Porcentaje de población que vive en localidades consideradas urbanas; Porcentaje de población inmigrante; Porcentaje de población ocupada en actividades

terciarias y, Tasa de crecimiento de la población de 1970 a 2000- 2005 (SEMARNAP-INE, 2000).

Índice de ruralidad

Sintetiza las características de la población que vive más ligada al campo y se encuentra distribuida en localidades menores a 5 000 habitantes. La construcción del mismo se realiza aplicando el método de componentes principales y los intervalos de clase o rangos con análisis de cluster. Lo anterior a partir de: a) Porcentaje de población rural; b) Porcentaje de población inmigrante y, c) Porcentaje de población ocupada en actividades primarias (*Op. cit.*, 2000).

Capacidad de carga o resiliencia del ANP

Expresa la relación de las actividades sobre el territorio y se considera un método para lograr la integración de ambos aspectos. La capacidad de carga se entiende como la medida en que el territorio cubre los requerimientos locacionales de la actividad y los efectos de ésta sobre el medio; indica y representa el mejor uso que puede hacerse del territorio teniendo en cuenta el punto de vista de las actividades que en él se puedan dar y el del medio. Representa la forma en que cada punto del territorio puede utilizarse en beneficio del hombre sin que sufra alteraciones inaceptables en sus características y sus valores (Gómez, 2002). Una de las formas más fáciles para determinar la capacidad de carga, es la representación de unidades del paisaje en un mapa (en este caso, microcuencas), vinculado a una matriz de doble entrada, en una de ellas se integran las unidades territoriales y en la otra las actividades a considerar en el plan y se define la capacidad de carga de las unidades para cada actividad con diferentes términos: muy alta, alta, media, baja y muy baja. O vocacional, compatible con limitaciones, compatible sin limitaciones e incompatible.

Prospectiva

En esta etapa, se identifican las tendencias de comportamiento ambiental; partiendo de la historia económica regional, de la integración territorial con su dinámica poblacional y los puntos críticos de deterioro ambiental. Se concluye con diversos escenarios probables, en función del análisis retrospectivo; integrando las estrategias de los diversos actores sociales, se llega a escenarios deseables y a los factibles. Lo anterior implica el uso de técnicas de análisis prospectivo cuyo insumo es información precisa y detallada que garantice mayor precisión de los resultados obtenidos, de acuerdo al tamaño de la zona en estudio.

Propuesta de Ordenamiento Ecológico Territorial

Se genera a partir de la inclusión de los acuerdos entre los diferentes actores y los escenarios deseables y factibles, en esta etapa se incluyen los objetivos, las estrategias, alternativas y las instancias involucradas; también se indican las políticas ambientales a implementarse en cada unidad de paisaje y actividades a corto, mediano y largo plazo.

La parte medular de un ordenamiento es la fase propositiva, en la cual se identifican las unidades de gestión ambiental en esta propuesta, microcuencas, en las cuales se podría aplicar alguna de las cuatro políticas ambientales, establecidas en la LGEEPA (2003): aprovechamiento; restauración; conservación y; protección (SEMARNAP-INE, 2000).

Conclusiones

Para explicar de manera integral al territorio, una sola metodología no cubre todos los aspectos que un ordenamiento requiere; dada la heterogeneidad que se presenta tanto en los paisajes, el tamaño del área en estudio, como en las actividades que se desarrollan dentro de las ANP, por lo que es necesario recurrir a varios autores que abordan la interpretación del espacio de maneras distintas: a nivel nacional, regional, provincial o local.

Después de la revisión de la legislación relacionada con las ANP, se observan contradicciones para el uso de los recursos naturales, entre los que destacan la personalidad

jurídica otorgada a los ejidos, las comunidades, la intervención de los gobiernos locales, estatales y la participación social, lo anterior se refleja en la falta de un plan de manejo, que permita la protección del área natural protegida.

Cuando se decreta un ANP como área de conservación, las localidades que se encuentran dentro ya están integradas y por lo tanto no es posible excluirlas y tampoco limitar su crecimiento. No debe olvidarse que le corresponde a la Asamblea de ejidatarios o comuneros definir los límites de crecimiento urbano y las reservas territoriales para este fin.

Debido a que las Áreas Naturales Protegidas, están directamente relacionadas con Recursos Naturales, Tenencia de la Tierra, objetivos y categorías de las ANP, participación social, Planeación democrática y, Planes de manejo; es necesario considerar lo que la legislación ambiental permite o no sobre las ANP, lo anterior por que cada uno de los actores involucrados puede interpretar parcialmente las leyes de acuerdo a sus propios intereses; es importante mencionar que en la legislación, se encuentran traslapes en relación a lo que cada actor le corresponde realizar con respecto a la *“protección, conservación o aprovechamiento”* de los recursos existentes en el ANP.

La puesta en marcha de una propuesta de Ordenamiento, dependerá en gran medida de la negociación de las partes involucradas y la política de ganar-ganar, en la que todos participantes protejan los recursos del ANP.

Se identifica que para la elaboración de un Ordenamiento territorial de cualquier ANP, es necesario la participación de un grupo multidisciplinario e interdisciplinario que permita la generación e interpretación de la información temática de manera profunda e integral; las Universidades Públicas Estatales, cuentan con los recursos humanos especializados para realizar investigaciones que coadyuven a la conservación del medio ambiente, como uno de sus compromisos con la sociedad.

La propuesta de ordenamiento, debe ser flexible, de tal manera que pueda ser modificado en función de las condiciones cambiantes de la propia ANP o de los intereses predominantes de los involucrados en la propuesta.

La parte más costosa de un ordenamiento es la generación de la información en la fase de diagnóstico, debido principalmente a la escasez de ésta o al nivel de detalle en que se encuentran algunas variables (nacional, estatal, municipal), lo que implica un trabajo de campo intensivo. Este trabajo de campo debe ser bien planeado, de tal manera que se optimicen los recursos y se aprovechen al máximo las visitas de campo, tanto de verificación como de levantamiento mismo.

El uso de los Sistemas de Información Geográfica para un ordenamiento, es primordial, prácticamente en todas las fases, desde la generación de la información base, hasta el análisis espacial, del que dependerá el tamaño de la unidad mínima cartografiable, ya que ésta define el grado de generalización que debe considerarse durante la elaboración de la cartografía en todas sus etapas.

Por tratarse de una propuesta de tipo académico, las fases de gestión, instrumentación, seguimiento y evaluación, quedan fuera de nuestro alcance, debido a que estas fases dependen de las instituciones públicas.

Agradecimientos

A la Universidad Autónoma del Estado de México, por el financiamiento del Proyecto de investigación 2028/2005, con el cual se produjo parte de la información del área natural protegida que se utilizó como base para probar la metodología.

Bibliografía

- Ávila, I. K (2008). *Propuesta en materia de políticas públicas para promover la conservación de áreas naturales protegidas con categoría de Parques Nacionales. Caso de estudio: Parque Nacional Nevado de Toluca*. Tesis de Maestría. Tecnológico de Monterrey.
- CETENAL, Comisión de Estudios del Territorio Nacional (1976). *Carta de uso de suelo y vegetación, escala 1:50,000*. CETENAL, México.
- DOF, Diario Oficial de la Federación (2003). *Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA)*. Última reforma 25 de febrero de 2003.
- Elbersen, Benavides y Botero, (1986). *Metodología para levantamientos edafológicos; especificaciones y manual de procedimientos*. Editorial IGAC, Colombia.
- Espinosa R, L. (2001). *Geomorfología del Noreste del Nevado de Toluca*, Tesis de Maestría, Facultad de Filosofía y Letras. Colegio de Geografía, UNAM, México D. F.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Departamento de Agricultura, 1997: *Medición sobre el terreno de la erosión del suelo y de la escorrentía*, Roma: ONU, en: [<http://www.fao.org/docrep/T08485/T0848500.htm>: agosto de 2005].
- FIRCO, Fideicomiso de Riesgo compartido (2005). *Guía Técnica para la Elaboración de Planes Rectores de Producción y Conservación*. México: FIRCO
- Franco, M.S. y Valdez, P., E. (2003). *Principios básicos de cartografía y cartografía automatizada*. Ed. UAEM. Toluca, México. 156 p.
- García, de Miranda, E. (1989). *Apuntes de climatología*. Sexta edición 1989. Enriqueta García. México, D.F.
- García, E. (2004). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. Quinta edición. México. UNAM.
- Gómez, O. D. (2002). *Ordenación Territorial*. Ediciones Mundi-Prensa y Editorial Agrícola Española, S.A. España. 703 p.
- IGAC, Instituto Geográfico Agustín Codazzi (1997). *Guía metodológica para la formulación del plan de ordenamiento territorial municipal*. Santafé de Bogotá. Columbia. 186 p.
- INE, Instituto Nacional de Ecología (2002). *Áreas Naturales Protegidas y conservación in situ de la biodiversidad en México*. México. En: [<http://www.ine.gob.mx>: noviembre de 2004].
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 1997: *Carta topográfica 1:50,000*, México: INEGI.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, (1970, 1980, 1990, 2000). *Censo General de Población y Vivienda*. México. INEGI.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, (1995 y 2005). *Conteo de Población y Vivienda*. México. INEGI.
- Parras, L., Corral, L., Gil, J (2003). *Ordenación Territorial del Parque Natural de Despeñaperros (Jaén). Criterios Metodológicos*. Instituto de estudios Giennenses, Diputación de Jaén, España. 308 p.
- Pujadas, R. y Font, J. (1998). *Ordenación y planificación territorial*. Editorial Síntesis. Madrid, Esp. 399 p.
- SEMARNAP-INE, Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca – Instituto Nacional de Ecología (2000). *Ordenamiento Ecológico General del territorio. Memoria técnica 1995-2000*. México. 535 p.

- SEMARNAT-INE-UNAM, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales – Instituto Nacional de Ecología – Universidad Nacional Autónoma de México (2005). *Actualización del Programa de Ordenamiento Ecológico del País Monarca*. Informe final. México.
- SEMARNAT-SEDESOL, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales - Secretaría de Desarrollo Social (2005), *Términos de referencia para la elaboración del Programa Municipal de Ordenamiento Ecológico y Territorial (PMOET)*. México.
- SPP, Secretaría de Programación y Presupuesto, 1983: *Carta hidrológica de aguas superficiales 1:250,000*, México: SPP.
- Valdez, M.E. (2008). *Diagnóstico integrado para el Ordenamiento Ecológico Territorial del Parque Nacional Nevado de Toluca*. Tesis de maestría. UNAM. México.