



Planeación Territorial

# Manual del proceso de ordenamiento ecológico



MANUAL DEL PROCESO DE  
ORDENAMIENTO ECOLÓGICO.

# SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

Ing. Juan Rafael Elvira Quesada  
SECRETARIO

Dr. Fernando Tudela Abad  
SUBSECRETARIO DE PLANEACIÓN Y POLÍTICA AMBIENTAL

Dr. Antonio J. Díaz de León Corral  
DIRECTOR GENERAL DE POLÍTICA AMBIENTAL E INTEGRACIÓN REGIONAL Y  
SECTORIAL

## **Instituto Nacional de Ecología**

Dr. Adrián Alfredo Fernández Bremauntz  
PRESIDENTE DEL INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA.

Dra. Ana Córdova y Vázquez.  
DIRECTORA GENERAL DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO Y CONSERVACIÓN DE  
LOS ECOSISTEMAS

Primera edición: 2006  
*Manual para el Proceso de Ordenamiento Ecológico*

© Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales  
Bulevar Adolfo Ruíz Cortines 4209, fracc. Jardines en la Montaña  
C.P. 14210, México, D.F.  
[www.semarnat.gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx)

COORDINACIÓN  
M. en C. Vicente Arriaga Martínez/Dra. Ana Córdova y Vázquez

EDICIÓN Y REVISIÓN  
M. en C. Georgina Alcantar López  
Geóg. Santa Castro Miranda  
M. en C. Salomón Díaz Mondragón  
M. en C. Fernando Rosete Verges  
Geog. Josefina Gabriel Morales  
Biol. Juan Martín Aguilar Hernández

Diseño de Portada  
Raúl Marcó del Pont Lalli

# PRESENTACIÓN.

El ordenamiento ecológico del territorio es un instrumento de la política ambiental que está instituido por la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente desde 1988. En ese año la entonces Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) editó el primer, *Manual de Ordenamiento Ecológico del Territorio*. De ese tiempo a la fecha, son muchos los avances metodológicos y tecnológicos que se han desarrollado, sin embargo, los cambios más considerables son los de índole conceptual que permiten al Ordenamiento Ecológico constituirse como un instrumento de política pública para maximizar el consenso y minimizar el conflicto en la sociedad. Esto, ha provocado que este instrumento goce de buena aceptación entre los diferentes sectores ya que ven en él una forma de arribar a un consenso entre preservación del ambiente y desarrollo económico y social.

Para atender esta evolución conceptual, se publicó en agosto del 2003 el Reglamento de la LGEEPA en materia de ordenamiento ecológico. En él, el ordenamiento ecológico se plantea como un proceso de planeación que promueve la participación social corresponsable, la transparencia del proceso al hacer accesible la información que se genera y las decisiones que involucran; así como el rigor metodológico en la obtención de información, los análisis y la generación de resultados.

En efecto, quizá el rasgo que destaca en la evolución conceptual de este instrumento es la inclusión de la información, la transparencia y la

participación públicas como ingredientes sustanciales para la construcción de los programas de ordenamiento ecológico. Dicho en otras palabras, el Ordenamiento Ecológico ya no es una cuestión meramente técnica que incluye sólo la visión de los especialistas y sean estos los que de manera unívoca determinen la vocación del territorio para las distintas actividades. Ahora, en la formulación de los programas de ordenamiento ecológico, se incluyen los intereses y conflictos que se dan entre los diversos sectores de la sociedad, como un insumo indispensable para encontrar el mejor arreglo espacial, sin menospreciar la información que proviene de los especialistas y que constituye la base para el debate sobre los usos más adecuados del territorio. Todo esto con el único fin de promover el consenso social en la definición de los usos del territorio que permita dar certidumbre a la inversión, así como a la preservación del medio ambiente y a la conservación de los recursos naturales.

Asimismo, la conceptualización del ordenamiento ecológico como un proceso adaptativo que atiende el ciclo de las políticas públicas le confiere rigor en su formulación y, al mismo tiempo, flexibilidad suficiente para adaptarse de mejor manera al ritmo cambiante tanto del desarrollo nacional, regional o local, como de las condiciones ambientales y sociales en el territorio. Al ser cíclico, el proceso de ordenamiento ecológico incluye como un aspecto fundamental la evaluación. Esta característica permite valorar los logros y desviaciones respecto a las expectativas de ordenación del territorio y que a su vez servirán como insumo para realizar las adecuaciones necesarias.

Por todo lo anterior, el presente manual intenta ser una guía metodológica para la gestión de los procesos de ordenamiento ecológico, reconociendo que en esta materia existen diversidad de métodos y técnicas que pueden ser empleados. A su vez, respeta las competencias que la LGEEPA confiere a Estados y Municipios en la formulación y expedición de sus propios ordenamientos ecológicos. No obstante, ofrece una idea completa, aunque general, de lo que debe ser un ordenamiento ecológico y los principales aspectos que deben abordarse con suficiencia en este proceso.

Esperamos que este nuevo *Manual* sea además una provocación para el diálogo entre todos los actores que intervienen en la construcción de este proceso.

Antonio Díaz de León

Director General de Política Ambiental e Integración Regional y Sectorial.



## AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que con su experiencia y entusiasmo participaron en la formulación de este *Manual para el Proceso de Ordenamiento Ecológico*.

Al Dr. Luis A. Bojórquez Tapia, por su coordinación de la etapa de fundamentación teórica y legal para la realización del Reglamento de la LGEEPA en materia de Ordenamiento Ecológico, que da la base de construcción del presente Manual, por la elaboración del documento base para la construcción del manual del Proceso de Ordenamiento Ecológico al Biol. José Zepeda González; a la M. en C. Ofelia García de la Rosa en aspectos de participación pública para la identificación y ponderación de criterios de decisión en el Ordenamiento Ecológico; al Dr. Ricardo Rodríguez Estrella por los métodos para identificar áreas prioritarias de conservación de la biodiversidad; al Biól. Gerardo Grobet Vallarta por los métodos de análisis de decisión multicriterio multiobjetivo; a la M. en C. Laura Luna González y al Biól. Armando Peralta por la Guía para la elaboración de Bitácoras Ambientales; así como a la Geóg. Cleotilde Arellano por la revisión y asesoría de esta Guía.

A todos los funcionarios de la Dirección General de Política Ambiental e Integración Regional y Sectorial de la SEMARNAT, y de la Dirección de Ordenamiento Ecológico, del Instituto Nacional de Ecología.



# ÍNDICE

|                                                                                           |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| PRESENTACIÓN.....                                                                         | V    |
| INTRODUCCIÓN.....                                                                         | XIII |
| Antecedentes del Ordenamiento Ecológico en México .....                                   | XIV  |
| Fundamento jurídico-administrativo del Ordenamiento Ecológico. ....                       | XVI  |
| Modalidades de Ordenamiento Ecológico.....                                                | XVII |
| PROCESO DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO.....                                                    | 3    |
| I. FORMULACIÓN.....                                                                       | 7    |
| 1 Convenio de Coordinación.....                                                           | 7    |
| 2 Comité de Ordenamiento Ecológico.....                                                   | 10   |
| 3 Programa de Ordenamiento Ecológico.....                                                 | 14   |
| II. EXPEDICIÓN.....                                                                       | 49   |
| 1 Consulta Pública.....                                                                   | 50   |
| 2 Decreto en el Periódico Oficial.....                                                    | 53   |
| III. EJECUCIÓN.....                                                                       | 57   |
| 1 Instrumentación de las estrategias ecológicas.....                                      | 57   |
| 2 Coordinación de acciones sectoriales.....                                               | 57   |
| 3 Difusión y acceso a la información del Programa de Ordenamiento Ecológico.....          | 60   |
| 4 Apoyo y asesoría a Estados y Municipios.....                                            | 61   |
| IV. EVALUACIÓN.....                                                                       | 63   |
| 1 Evaluación del cumplimiento de acuerdos .....                                           | 63   |
| 2 Evaluación del cumplimiento y efectividad de lineamientos y estrategias ecológicas..... | 68   |
| 3 Bitácora Ambiental .....                                                                | 77   |
| V. MODIFICACIÓN.....                                                                      | 89   |
| 1 Causales de modificación .....                                                          | 89   |
| 2 Proceso de modificación.....                                                            | 90   |
| BIBLIOGRAFÍA.....                                                                         | 93   |
| GLOSARIO .....                                                                            | 94   |

|           |                                                                                                                             |     |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ANEXO 1.  | Construcción de unidades físico-bióticas (Regionalización ecológica) .....                                                  | 97  |
| ANEXO 2.  | Procesos de Participación Pública .....                                                                                     | 109 |
| ANEXO 3.  | Técnicas para la identificación y ponderación de atributos .....                                                            | 125 |
| ANEXO 4.  | Formato de metadatos.....                                                                                                   | 169 |
| ANEXO 5.  | Análisis de aptitud con técnicas multicriterio .....                                                                        | 187 |
| ANEXO 6.  | Métodos para identificar áreas prioritarias de conservación de la ...<br>biodiversidad para el ordenamiento ecológico ..... | 223 |
| ANEXO 7.  | Obtención del patrón óptimo de ocupación de territorio con .....<br>métodos multiobjetivo.....                              | 255 |
| ANEXO 8.  | Ejemplos de evaluaciones del grado de cumplimiento y efectividad<br>de los lineamientos y estrategias ecológicas.....       | 275 |
| ANEXO 9.  | Ejemplo del uso de una base de datos en ACCESS.....                                                                         | 291 |
| ANEXO 10. | Características de la información que se incluirá en la Bitácora ....<br>Ambiental.....                                     | 297 |
| ANEXO 11. | Elementos técnicos necesarios el mantenimiento de la Bitácora ....<br>Ambiental.....                                        | 309 |
| ANEXO 12. | Organización de la información en la Bitácora Ambiental .....                                                               | 317 |

# INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente manual es el de servir como una guía para orientar los Procesos de Ordenamiento Ecológico regionales y locales que llevan a cabo las autoridades competentes de los Gobiernos Estatales y Municipales, así como para personas o grupos interesados en esta temática.

Atiende las disposiciones que establece el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en materia de Ordenamiento Ecológico, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 8 de agosto del 2003, donde se dispone que en materia de apoyo técnico la SEMARNAT elaborará y difundirá Manuales técnicos para la formulación y la ejecución de los programas de Ordenamiento Ecológico regional y local.

No es la intención que ésta sea una guía rígida e inflexible del Proceso de Ordenamiento Ecológico o que resuelva todos los problemas técnicos y de gestión que se presentan a lo largo del mismo; tampoco es un documento exhaustivo en cuanto a métodos y técnicas que, como sabemos, son abundantes y deben ser elegidas de acuerdo a las características específicas del área de estudio y de la experiencia del consultor que elabora el estudio técnico. Más bien, intenta exponer la experiencia adquirida por las dependencias federales que han estado a cargo de impulsar dicho instrumento a lo largo de varios años, y en particular, presentar los procedimientos que actualmente se siguen en el Ordenamiento Ecológico.

Por lo tanto, se concibe como un punto de partida mediante el cual se genere un marco de política nacional en materia de ordenamiento territorial que lleve a la construcción de una visión común entre los distintos órdenes de gobierno que tienen competencia en la materia, lo que permitirá mayor congruencia entre Programas de Ordenamiento Ecológico de diversa modalidad, pero que inciden en un mismo territorio, lo que a final de cuentas dará como resultado la armonización de las distintas atribuciones y programas de los tres órdenes de gobierno.

## ANTECEDENTES DEL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO EN MÉXICO

La Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano (Estocolmo 1972) marcó un hito a nivel global en cuanto a la necesidad de planear el uso de los recursos naturales y de regular el crecimiento de los asentamientos humanos. A partir de entonces son diversos los países que utilizan al Ordenamiento del Territorio, con diferentes denominaciones, como un instrumento para planificar y regular en sus territorios las actividades productivas, conservar sus recursos naturales y mejorar la calidad de vida de sus poblaciones.

Las primeras experiencias en nuestro país se originaron con la Ley General de Asentamientos Humanos, publicada en 1976, en ésta empezaron a considerarse los aspectos ambientales del desarrollo para la planeación de los usos del suelo del territorio.

Con esta ley se establece una política ambiental de planeación de la cual se derivan los llamados “Ecoplanes” y los “Planes de Desarrollo Ecológico de Asentamientos Humanos”; estos comprendían, entre otras partes esenciales la descripción del medio físico y biótico, su diagnóstico, la ubicación espacial de los problemas ambientales y las recomendaciones para su atención.

En 1982 la Ley Federal de Protección al Ambiente incluye por primera vez el concepto de Ordenamiento Ecológico como instrumento básico de la planeación ambiental, y en la Ley de Planeación de 1983, el gobierno federal continúa con su labor de planificación ambiental instrumentando proyectos

de Ordenamiento Ecológico del territorio en zonas y áreas prioritarias para el desarrollo nacional. Con la Ley de Protección al Ambiente el Ordenamiento Ecológico no incorporaba la participación social y la falta de reglamentación dificultaba su aplicación.

Con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) de 1988, se fortalece el concepto de Ordenamiento Ecológico lo que permite el establecimiento de un marco básico de gestión integral del territorio y sus recursos, siendo una herramienta estratégica para la convergencia eficaz entre estado y sociedad.

Bajo este planteamiento se elaboraron diversos estudios de Ordenamiento Ecológico guiados por el Manual de Ordenamiento Ecológico del Territorio, publicado en 1988. El impulso a la participación social, que a partir de entonces es una de las partes fundamentales de la gestión de este instrumento, posibilitó que en 1994 se contara con los primeros ordenamientos ecológicos. Adicionalmente, la difusión de experiencias exitosas a través de publicaciones y un Congreso Nacional (1999), motivaron a los gobiernos estatales a que, paulatinamente, el Ordenamiento Ecológico se fuera incorporando en su legislación.

En 1996 con las modificaciones a la LGEEPA, el Ordenamiento Ecológico adquirió su forma actual, y en su metodología se incorporaron conceptos de la teoría de sistemas para realizar los análisis relativos a las tendencias de deterioro, la aptitud territorial y las potencialidades de aprovechamiento de los recursos naturales, apoyándose además en el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Con la reciente publicación del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Ordenamiento Ecológico (DOF del 8 de agosto de 2003) se definen con mayor claridad los objetivos y alcances, se fortalece la coordinación sectorial a través de acuerdos de voluntades, el Proceso de Ordenamiento Ecológico se institucionaliza mediante la constitución de un Comité de seguimiento representativo y plural y se transparenta a través de un registro electrónico denominado Bitácora Ambiental que permite dar cuenta de su avance.

## FUNDAMENTO JURÍDICO-ADMINISTRATIVO DEL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO.

El Ordenamiento Ecológico del Territorio tiene fundamento en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, la Ley de Planeación, diversas leyes federales y locales, el Sistema Nacional de Planeación Democrática y la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. En general estas leyes exigen que el Ordenamiento Ecológico del Territorio se incorpore al Plan Nacional de Desarrollo, a los programas sectoriales y a los planes de desarrollo estatal buscando la congruencia, la corresponsabilidad, y la cohesión entre ellos.

Entre los principales fundamentos jurídico-administrativos se encuentran:

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en la cual se establecen los principios de: a) Desarrollo Integral y Sustentable (Artículos 25); b) Participación Democrática de la Sociedad en la Planeación (Artículos 25 y 26); c) La Función Social de la Propiedad Privada (Artículos 27); y d) Concurrencia de los tres órdenes de gobierno y sus ámbitos de competencia (Artículos 115 y 116).

Por su parte, la Ley de Planeación establece las bases para la coordinación del Ejecutivo Federal con las Entidades Federativas, mediante la suscripción de convenios de coordinación (Capítulo V). Una vez aprobado un programa, éste será obligatorio para las dependencias de la Administración Pública Federal, incluidas las entidades paraestatales.

La Ley Orgánica de la Administración Pública Federal confiere a la SEMARNAT la promoción del Ordenamiento Ecológico del territorio nacional en coordinación con las autoridades federales, estatales y municipales y con la participación de los particulares (Artículo 32 bis fracción X).

Por otro lado, la LGEEPA establece que el Ordenamiento Ecológico es un instrumento de la política ambiental obligatorio para los programas de desarrollo nacional (Artículo 17). Señala además, cuáles son los criterios

que deben considerarse para la formulación de un Ordenamiento Ecológico (Artículo 19), cuáles son las modalidades de los programas de Ordenamiento Ecológico (Artículo 19 Bis), y describe cuáles son las instancias y los órdenes de gobierno a quienes corresponde la formulación de las diferentes modalidades del Ordenamiento Ecológico, lo mismo que los alcances de dichos programas (Artículos 20 al 20 Bis 7).

En el Reglamento de la LEGEEPA en materia de Ordenamiento Ecológico (DOF 8/08/2003) se definen las competencias de la SEMARNAT, así como la participación de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal en la formulación, expedición, ejecución, asesoría, evaluación, validación y vigilancia de los ordenamientos ecológicos de competencia federal; la participación en la formulación de los programas de Ordenamiento Ecológico Regional de interés de la Federación y en la participación y en la elaboración y aprobación de los programas de Ordenamiento Ecológico Local.

Finalmente, cada Entidad Federativa tendrá ciertas particularidades en materia de Ordenamiento Ecológico, según su legislación.

## MODALIDADES DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO.

No obstante que, el manual está dirigido a orientar en los Procesos de Ordenamiento Ecológico del territorio en sus modalidades regional y local, conviene mencionar la totalidad de las modalidades en las que se pueden presentar los ordenamientos, así como las características más sobresalientes de los mismos y la distribución de competencias. De esta forma, de acuerdo con lo que establece la LGEEPA en sus artículos 5º fracción IX, 7º fracción IX, 8º fracción VIII y los artículos 19 Bis al 20 Bis 7, las siguientes modalidades:

- **Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (OEGT)**

Tiene como objetivo fundamental, vincular las acciones y programas de la Administración Pública Federal cuyas actividades inciden en el patrón de ocupación del territorio. Su formulación deberá atender a lo

establecido en el artículo 20 de la LGEEPA y el capítulo tercero de su Reglamento en Materia de Ordenamiento Ecológico.

- **Programa de Ordenamiento Ecológico Marino (OEM)**

Tendrán por objeto establecer los lineamientos y previsiones a que deberá sujetarse la preservación, restauración, protección y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales existentes en áreas o superficies específicas ubicadas en zonas marinas mexicanas, incluyendo las zonas federales adyacentes. Se formularán conforme lo establece la LGEEPA en su artículo 20 bis 7 y bajo el procedimiento de los Programas de Ordenamiento Ecológico Regionales y con la participación que corresponda a otras dependencias de la Administración Pública Federal.

- **Programa de Ordenamiento Ecológico Regional. (OER).**

Tiene por objeto establecer y orientar la política de uso del suelo en función del impacto ambiental que generan las actividades productivas en regiones consideradas prioritarias o estratégicas para el país. Su formulación deberá atender a lo establecido en los artículos 20 bis 3 de la LGEEPA y 40 de su Reglamento en Materia de Ordenamiento Ecológico. Los OER presentan dos submodalidades:

- **De dos o más estados.**

Cuando una región ecológica se ubique en el territorio de dos o más entidades federativas, el Gobierno Federal, el de los Estados y Municipios respectivos, en el ámbito de sus competencias, podrán formular un programa de Ordenamiento Ecológico regional. Para tal efecto, la federación celebrará los acuerdos o convenios de coordinación procedentes con los gobiernos locales involucrados Art 20 bis 2 LGEEPA.

- **De la totalidad o parte de un Estado.**

Los Gobiernos de los Estados en los términos de las Leyes locales aplicables, podrán formular y expedir programas de Ordenamiento Ecológico regional que abarquen la totalidad o una parte del de una entidad federativa (Art. 20 bis 2) LGEEPA. En estos casos el Estado

en cuestión puede invitar a participar al Gobierno Federal a través de la suscripción de un Convenio de Coordinación.

- **Programa de Ordenamiento Ecológico Local (OEL)**

Que abarquen la totalidad o parte del territorio del Municipio. Tienen como objetivo determinar el diagnóstico de las condiciones ambientales y tecnológicas, regular los usos del suelo fuera de los centros de población. En ellos se establecen los criterios de regulación ecológica de los centros de población, para que sean integrados en los programas de desarrollo urbano con carácter obligatorio para las autoridades municipales. De acuerdo con lo que establecen los artículos 20 bis 4 y bis 5 de la LEGEEPA y los artículos 57 al 61 de su Reglamento en materia de Ordenamiento Ecológico. Asimismo, los municipios tendrán que formular su programa de ordenamiento con bases a las leyes locales en la materia. De igual forma los municipios en cuestión podrán invitar al Gobierno Federal a participar en el Proceso de Ordenamiento Ecológico a través de la suscripción de un convenio de coordinación, o bien, en los casos en que exista un área natural protegida federal la participación del Gobierno Federal será cuestión obligada.



## PROCESO DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO.



# PROCESO DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO.

El Proceso de Ordenamiento Ecológico es el conjunto de procedimientos para la formulación, expedición, ejecución, evaluación y modificación de los programas de Ordenamiento Ecológico.

La metodología aquí sugerida plantea un esquema general de trabajo y tiene como propósito convertirse en una guía conceptual y sistemática para cualquier institución o persona involucrada e interesada en los detalles técnicos y de gestión del Proceso de Ordenamiento Ecológico. Debe advertirse que los métodos, técnicas y sugerencias que se plantean no son de aplicación obligatoria para Estados y Municipios, sin embargo, se diseñaron con base en la experiencia práctica y documental de la evolución del Ordenamiento Ecológico en México y la visión prospectiva de expertos en la materia.

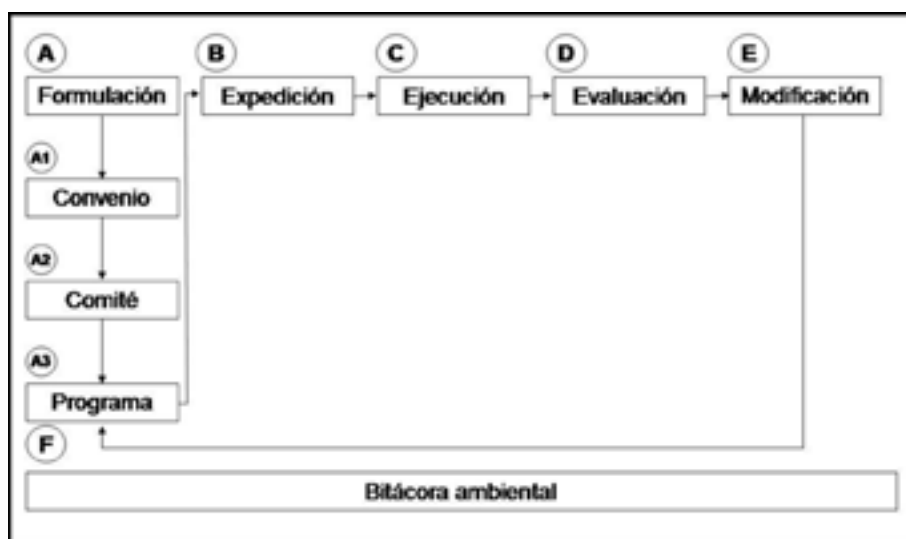
Existen diversas propuestas técnico metodológicas que permiten definir el uso y manejo del territorio, pero es importante considerar que para lograr la congruencia en la ordenación del territorio en las diferentes modalidades, se recomienda consultar como punto de partida la siguiente información:

- La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
- El Reglamento de la LGEEPA en materia de Ordenamiento Ecológico
- Las diversas leyes o regulaciones locales que rijan en la materia.

- El portal electrónico de la Dirección General de Política Ambiental e Integración Regional y Sectorial, DGPAIRS-SEMARNAT: <http://www.semarnat.gob.mx/dgpairs/>

En la Figura 1 se muestra el esquema general del Proceso de Ordenamiento Ecológico:

**FIGURA 1.- PROCESO DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO.**



Las fases que forman parte del Proceso de Ordenamiento Ecológico son:

### **Fase de Formulación (A)**

Durante esta fase se establecen los mecanismos e instrumentos necesarios que darán inicio y seguimiento al Proceso de Ordenamiento Ecológico. Entre ellos destacan: la celebración de un convenio de coordinación (**A1**); la instalación de un órgano responsable de la conducción del Proceso de Ordenamiento Ecológico, denominado Comité (**A2**); la formulación de bases técnicas (estudio técnico) que sustentará la propuesta del Programa de Ordenamiento Ecológico (**A3**), y el diseño y construcción de la Bitácora Ambiental (**F**), entendida como la herramienta para el registro del Proceso de Ordenamiento Ecológico que inicia en esta fase, y que se ejecuta a lo largo de todas sus fases.

### **Fase de Expedición (B)**

Es el procedimiento legal que deberá seguir la autoridad competente para decretar el Programa de Ordenamiento Ecológico. Tiene dos propósitos: 1) que los sectores que participaron en la formulación validen o manifiesten lo que a su derecho convenga, respecto de la propuesta final del programa que habrá de decretarse para su posterior ejecución y, 2) cumplir con las disposiciones jurídicas que establezcan las leyes en la materia para que el programa de Ordenamiento Ecológico se decrete y publique en los órganos de difusión oficiales que correspondan (Diario Oficial de la Federación, Periódicos Oficiales de las Entidades Federativas o Gacetas Municipales). Es a partir de este momento que el Programa de Ordenamiento empieza a tener vigencia legal.

### **Fase de Ejecución (C)**

Una vez que se expide (decreta) el programa, las autoridades responsables del ordenamiento apoyadas por el Comité, llevarán a cabo una serie de acciones (técnicas, administrativas y financieras) para su aplicación y seguimiento. Entre ellas se incluye: apoyar y asesorar a la sociedad en general en la toma de decisiones sobre los usos adecuados del suelo y del manejo de los recursos naturales, así como en la localización de las actividades productivas y los asentamientos humanos, es decir, definir los lineamientos y estrategias generales de planeación para que otros instrumentos que inciden en el uso y manejo del territorio, definan sus políticas y estrategias específicas a la escala que corresponda (planes de desarrollo urbano, evaluación del impacto, riesgo ambiental, los programas de manejo de áreas naturales protegidas, entre otros); así como, asesorar y capacitar a cuadros técnicos en los gobiernos locales y difundir el Programa y sus resultados.

### **Fase de Evaluación (D)**

La evaluación es una de las etapas más importantes del Proceso de Ordenamiento Ecológico, pues como lo establece el Reglamento de la LGEEPA en Materia de Ordenamiento Ecológico, está orientada a valorar dos cuestiones: 1) el grado de cumplimiento de los acuerdos asumidos en el Proceso de Ordenamiento Ecológico y 2) el grado de cumplimiento del Programa de Orde-

namiento Ecológico, es decir, la efectividad de los lineamientos y estrategias ecológicas en la solución de los conflictos ambientales.

Para el primer caso, no es necesario contar con un Programa de Ordenamiento Ecológico decretado, ya que el objetivo es tener una memoria histórica de las decisiones tomadas, los antecedentes técnicos, los argumentos que respaldaron la toma de decisiones, los compromisos, sus responsables y el cumplimiento de los mismos. Esta evaluación puede realizarse en cualquiera de las fases del Proceso de Ordenamiento Ecológico, ya sea en la formulación, la expedición, la ejecución, la evaluación o la modificación. En el segundo caso, es necesario contar con un Programa de Ordenamiento Ecológico ya expedido, pues se requiere de cierta información básica.

### **Fase de Modificación (E)**

Una vez que la autoridad responsable, en coordinación con el Comité, definen ajustar o reorientar el Proceso de Ordenamiento Ecológico, se lleva a cabo la modificación de los lineamientos y las estrategias del programa, para lo cual es necesario seguir el mismo procedimiento que se siguió para su formulación. La retroalimentación de experiencias y resultados, así como el comportamiento de los indicadores, señala el sentido de la adecuación, ya sea a través de la adaptación o la creación de nuevas estrategias y lineamientos, en función tanto de los cambios que hayan experimentado los ecosistemas como de los intereses de los gobiernos y sectores. Con base en lo anterior, el Comité determinará el periodo de tiempo que transcurrirá entre las revisiones del programa o las condiciones ambientales, económicas y sociales que deben imperar en el área de ordenamiento que justifiquen la revisión y, en su caso, la modificación del Programa.

# I. FORMULACIÓN

La fase de formulación constituye el inicio formal del Proceso de Ordenamiento Ecológico, pues se crean e instrumentan los mecanismos de coordinación entre los tres órdenes de gobierno, se promueve la participación social responsable, inicia el registro de información del Proceso de Ordenamiento Ecológico para garantizar la transparencia y acceso a la información, concluyendo con la integración de la propuesta del Programa de Ordenamiento Ecológico. Las actividades de esta fase incluyen:

- Suscripción del convenio de coordinación,
- Establecimiento del Comité de Ordenamiento Ecológico,
- Integración de la agenda ambiental,
- Inicio del registro del Proceso de Ordenamiento Ecológico en la Bitácora Ambiental, y
- Elaboración de la propuesta de programa (realización de Estudio Técnico).

## 1 CONVENIO DE COORDINACIÓN

Es un acuerdo de voluntades que permite a las partes que lo suscriben, la realización de obras y acciones de manera conjunta y coordinada, sin que ello comprometa las atribuciones que cada una de ellas tiene en la materia. Se fun-

damenta en el marco legal y administrativo de las instancias firmantes, para establecer, entre sí, compromisos de diversa índole (financieros, técnicos, etcétera).

### **Objetivos.**

- Formalizar la participación de la SEMARNAT, otras instancias federales, las Entidades Federativas y de éstas con sus Municipios en las cuestiones de su competencia;
- Institucionalizar la coordinación del Proceso de Ordenamiento Ecológico mediante la integración de un órgano denominado “Comité de Ordenamiento Ecológico”, el cual se encargará de su conducción, es decir, del seguimiento y evaluación de compromisos, la solución de controversias, así como para promover la participación de los diversos sectores de la sociedad;
- Determinar la metodología del Proceso de Ordenamiento Ecológico, así como los indicadores, lineamientos y estrategias aplicables;
- Ejecutar las acciones que deban realizarse en cada entidad federativa, y que competen a ambos órdenes de gobierno, considerando la participación que corresponda a los municipios y a los sectores de la sociedad.

### **1.1 Soporte jurídico y administrativo.**

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA, 11 de diciembre del 2001), en su artículo 11, faculta a la Federación a través de la SEMARNAT para celebrar convenios o acuerdos de coordinación con los Estados y con la participación, en su caso, de los municipios, con la finalidad de que asuman las acciones tendientes, entre otras, a la protección y preservación de los recursos naturales. En su artículo 12 se establecen las bases para la celebración de convenios por parte de la SEMARNAT. En el Reglamento de la LGEEPA en materia de Ordenamiento Ecológico artículos 8, 9 y 10 se definen con mayor detalle dichas disposiciones.

Asimismo, en las leyes locales se definen las facultades y disposiciones relativas a la celebración de Convenios.

Los convenios de coordinación, sus anexos y los convenios de concertación que se celebren dentro del Proceso de Ordenamiento Ecológico, se consideran de derecho público y serán de cumplimiento obligatorio para las partes que los celebren. En el caso de los convenios que la SEMARNAT suscriba con los gobiernos de los estados, se publicarán en el Diario Oficial de la Federación, y en el Periódico Oficial de las Entidades Federativas o del Distrito Federal.

## **1.2 Estructura y contenido**

En términos generales, el convenio de coordinación se compone de:

- **Proemio.** Es un breve resumen donde se establece el objeto del convenio y se identifican las dependencias del ejecutivo Federal y Estatal con competencia en el Proceso de Ordenamiento Ecológico, así como, los funcionarios que las representan, a quienes se denomina “ las partes”.
- **Antecedentes.** Mencionan los fundamentos jurídicos y administrativos, materia del convenio y se incluye una breve reseña del área de estudio y la motivación de las partes para suscribir el convenio.
- **Declaraciones.** Establecen la personalidad jurídica y capacidad de compromiso de cada una de las partes. Las declaraciones conjuntas reconocen dicha personalidad y la necesidad de hacer frente a la problemática ambiental de la región de interés y de sumar acciones y esfuerzos para este fin. En razón de lo anterior, se formula el articulado jurídico y administrativo que fundamenta el convenio. La estructura del articulado varía en función de la legislación en el ámbito de las Entidades Federativas y las disposiciones que, en su caso, al Municipio le correspondan.
- **Cláusulas.** Establecen acciones concretas a realizar, con responsables ejecutores, metas y beneficios que persiguen, entre otros: a) el objeto del convenio; b) las instancias de coordinación; c) el funcionamiento, atribuciones y responsabilidades del Comité; d) el Proceso de Orde-

namiento Ecológico, así como su registro y seguimiento en la Bitácora Ambiental; e) el contenido y alcances del programa; f) las responsabilidades y compromisos de las partes; g) la participación de los municipios; g) la coordinación y concertación de las partes; la publicación oficial del convenio y su vigencia; y h) los mecanismos e instancias para la solución de controversias y la posibilidad de modificaciones y adiciones al convenio.

En caso de existir acuerdos previos:

- **Recursos financieros** que en su caso, aportará cada uno de los actores involucrados y su origen; y
- **Recursos materiales y humanos** que se habrán de destinar y aplicar, así como los tiempos y formas en que se llevarán a cabo.

### ***1.3 Identificación de actores para la coordinación y concertación.***

La suscripción de los convenios de coordinación se lleva a cabo entre los actores de las instancias de la administración pública en los tres órdenes de gobierno (Federal, Estatal y Municipal).

Para la identificación de las dependencias y entidades del Gobierno con competencia en el Proceso de Ordenamiento Ecológico se deberá tomar en cuenta: a) la modalidad del Ordenamiento Ecológico que se trate (regional con participación federal, regional de competencia estatal y local de competencia municipal), b) los conflictos ambientales a resolver, y c) el tipo de actividades a fomentar como alternativas de aprovechamiento sustentable.

## **2 COMITÉ DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO.**

Es la instancia de coordinación entre las partes firmantes del convenio, con representación y participación democrática de los tres órdenes de gobierno, sus instituciones y las de la sociedad civil, con el propósito de lograr la congruencia de planes, programas y acciones sectoriales.

**Objetivo.**

Coordinar la realización de las acciones y procedimientos materia del Convenio de Coordinación, así como el seguimiento y la evaluación del Proceso de Ordenamiento Ecológico a través de sus órganos ejecutivo y técnico.

**2.1 *Instalación y operación***

La estructura del Comité de Ordenamiento Ecológico se integra incluyendo los órganos ejecutivo y técnico, según se establece en el artículo 70 del Reglamento de la LGEEPA en materia de Ordenamiento Ecológico.

Estando presentes los firmantes del convenio, se elabora el acta de instalación para formalizar la instauración del Comité de Ordenamiento Ecológico.

Entre las primeras responsabilidades del Comité, se encuentran la elaboración del Reglamento Interior del Comité y establecer la agenda del Proceso de Ordenamiento Ecológico.

El Comité debe operar a través de la celebración de sesiones de trabajo del órgano ejecutivo, del órgano técnico o de plenarias, y serán de carácter tanto ordinarias como extraordinarias. En ellas se atenderán las actividades propuestas en la agenda de trabajo. El registro de las sesiones se lleva por medio del acta de sesión, la cual debe contener: la fecha y lugar de reunión del Comité; la lista de los presentes, los asuntos a tratar en el orden del día (avances del Proceso de Ordenamiento Ecológico, reglamento, estudios técnicos, seguimiento del programa de trabajo, etc.), asuntos generales y acuerdos. Deberá estar firmada por los actores sociales que en ella intervinieron, según se acuerde en el Reglamento Interior del Comité.

**2.2 *Reglamento Interior***

El reglamento interior del Comité de Ordenamiento Ecológico es el instrumento a través del cual se regula su organización y funcionamiento para el programa de Ordenamiento Ecológico. El antecedente que origina el regla-

mento es una de las cláusulas del convenio de coordinación y el acta de instalación de dicho Comité.

El reglamento debe establecer claramente

- El objeto del reglamento;
- El fundamento jurídico y administrativo;
- La estructura, composición y funciones de cada órgano del Comité;
- Las funciones de SEMARNAT;
- Las funciones de los representantes de los gobiernos estatal y municipales;
- Los mecanismos para el desarrollo de las sesiones;
- Las funciones de los grupos de trabajo

### 2.3 *Estructura*

El Comité de Ordenamiento Ecológico debe estar integrado por personas, organizaciones e instituciones del sector público, privado y social. Para su funcionamiento cuenta con los siguientes órganos:

- **Órgano ejecutivo.** Es el responsable de la toma de decisiones en la instrumentación de las actividades, procedimientos, estrategias y programas del Proceso de Ordenamiento Ecológico. Los Miembros Permanentes son los representantes de la Administración Pública de los tres órdenes de gobierno, así como los representantes de la sociedad civil involucrada en el Proceso de Ordenamiento Ecológico. Entre sus atribuciones está la coordinación de acciones, la contratación de consultores, la asignación de recursos financieros para ese fin y el de la propia operación del Comité, además de la verificación y medición del grado de avance y cumplimiento de objetivos del Proceso de Ordenamiento Ecológico.
- **Órgano técnico** con facultades para validar los estudios y análisis técnicos necesarios para la instrumentación de acciones, procedimientos, estrategias y programas del Proceso de Ordenamiento Ecológico. Los representantes de la administración pública, los diversos grupos

y organizaciones de la sociedad (académicos, investigadores, ambientalistas, asociaciones civiles, etc.) y los representantes de los sectores productivos, pueden ser miembros permanentes en el órgano técnico. Es recomendable que estos miembros reúnan un perfil que contribuya de manera decisiva al Proceso de Ordenamiento Ecológico, como son: a) conocimiento de información crítica sobre el área de estudio, b) capacidad de convocatoria, c) representatividad e influencia sobre actores clave e instancias de gobierno, entre otros que defina el Comité. El órgano técnico deberá analizar la información y obtener los elementos para conformar la propuesta del programa de Ordenamiento Ecológico.

#### **2.4 Estructura y funciones de los órganos ejecutivo y técnico.**

Cada órgano del Comité estará integrado por un presidente, un secretario y miembros permanentes.

Entre las principales funciones del presidente de cada órgano se encuentran: la conducción de las sesiones del Órgano respectivo; la representación del Comité ante autoridades o particulares que lo soliciten; el someter a la consideración de las autoridades competentes los acuerdos alcanzados; la coordinación de la definición de la agenda de trabajo y verificar su cumplimiento; vigilar el cumplimiento efectivo de los acuerdos y resoluciones; invitar a representantes de organismos relacionados con el tema a tratar; presentar al pleno un informe anual de las acciones realizadas; presentar las propuestas y los resultados del órgano técnico en las sesiones del órgano ejecutivo; emitir voto de calidad durante los acuerdos tomados en las sesiones; entre otras.

Entre las principales funciones del secretario de cada órgano se encuentran: convocar a sesiones; formular y distribuir las actas de sesión; pasar lista de asistencia y determinar el quórum legal; ejecutar, llevar el registro y dar seguimiento a los acuerdos alcanzados y los compromisos realizados en cada sesión e integrar el expediente técnico correspondiente; entre otras.

Entre las funciones de los miembros permanentes de cada órgano del Comité, se encuentran: proporcionar la información de su competencia para llevar a cabo el Proceso de Ordenamiento Ecológico; emitir sugerencias, comentarios, propuestas o dudas sobre los temas del orden del día; proponer temas a incluir en el orden del día; revisar y aprobar las actas resultantes de cada sesión; revisar y aprobar el informe anual e informar con anticipación la asistencia de representantes o invitados a la sesión, los cuales deberán estar directamente relacionados con el sector que representan.

## **2.5 *Agenda de Trabajo***

La agenda de trabajo del Proceso de Ordenamiento Ecológico, también conocida como agenda ambiental, tiene como objetivo identificar los problemas ambientales de la región y categorizar las prioridades de atención de éstos, en función de su importancia y de los recursos técnicos, administrativos y financieros disponibles. La agenda se construye con base en la compilación de información técnica y científica de la región. Se deben incluir los estudios de Ordenamiento Ecológico que se hayan realizado en la región y los resultados de los procesos de participación pública.

## **3 PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO.**

Un Programa de Ordenamiento Ecológico es un documento que contiene los objetivos, prioridades y acciones que regulan o inducen el uso del suelo y las actividades productivas de una región. El propósito de estos programas es lograr la protección del medio ambiente, así como la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. El objetivo último es que, en el desarrollo de sus actividades, los diferentes sectores realicen un aprovechamiento sustentable que permita la conservación, preservación y protección de los recursos naturales de una región.

De acuerdo con el Reglamento de la LGEEPA en materia de Ordenamiento Ecológico (DOF 2003), un Programa de Ordenamiento Ecológico está integrado principalmente por dos elementos:

- **El Modelo de Ordenamiento Ecológico** (MOE, ejemplo en la Figura 2). Es la regionalización del área a ordenar y los lineamientos ecológicos aplicables a cada una de las regiones definidas.
- **Las estrategias ecológicas.** Para cada una de las regiones identificadas en el modelo, resultan de la integración de los objetivos, acciones y proyectos, así como de los responsables de realizarlos.

La construcción de la propuesta de Programa de Ordenamiento Ecológico debe:

- Contar con el **rigor metodológico** en la definición de los procesos de obtención de información, análisis y generación de resultados.
- **Transparentar** la obtención de la información y la generación de los resultados para que sea posible conocer la ruta de obtención, análisis y presentación de cada uno de los resultados obtenidos.
- Ser **sistemático** de manera que los resultados presentados puedan ser verificados.
- Incluir la **participación** de los principales sectores de la sociedad que inciden en la distribución de las actividades y uso del suelo, a través de recoger sus objetivos, intereses y necesidades.

En general, los estudios técnicos para la integración de los Programas de Ordenamiento Ecológico se realizan a través de cuatro etapas: Caracterización, Diagnóstico, Pronóstico y Propuesta

La ejecución de cada una de las etapas está sujeta a los lineamientos y mecanismos establecidos en la normatividad aplicable y determinados por el Comité de Ordenamiento Ecológico. Cada etapa tiene un objetivo definido, así como los productos mínimos que se esperan al final de cada una de ellas.

### **Enfoque multicriterio-multiobjetivo**

En este manual, se considera el enfoque de Análisis Multicriterio-Multiobjetivo como eje metodológico en la construcción de un modelo de Ordenamiento Ecológico. Sin embargo, se reconoce que no es el único camino metodológico para cumplir con lo establecido en el Reglamento de la LGEEPA en materia de Ordenamiento Ecológico y que diversos enfoques pueden permitir la obtención de los productos aquí señalados.

Desde el Análisis Multicriterio-Multiobjetivo, el Ordenamiento Ecológico es un problema de decisión donde los tomadores de decisión deben encontrar el patrón de utilización del territorio que permita a los sectores ubicarse en aquellos lugares donde se maximice la aptitud del territorio para el desarrollo de su actividad pero, al mismo tiempo, promueva la disminución de los conflictos entre los sectores.

Bajo este enfoque, el proceso de toma de decisiones abarca una secuencia de actividades que comienza con la identificación del problema y termina con una serie de recomendaciones para cada alternativa de solución. En general, la secuencia planteada es (Malczewski 1999):

- a) Reconocimiento del problema de decisión. El tomador de decisiones percibe la existencia de diferencias entre el estado actual y el deseado para un sistema.
- b) Identificación de criterios de evaluación (objetivos y atributos). Incluye la definición del conjunto de objetivos que refleje todos los aspectos relevantes a considerar en el problema y las medidas (atributos) necesarios para satisfacer estos objetivos. El grado de cumplimiento de los objetivos, medido a partir de los atributos, es la clave para comparar las alternativas. En términos espaciales, los criterios de evaluación son asociados a entidades geográficas y a relaciones entre entidades, por lo que pueden ser representados a través de mapas de atributos y mapas de restricción.
- c) Generación y evaluación de alternativas. La generación de las alternativas a evaluar se hace a partir de la combinación de los mapas de criterios. Por otra parte, la evaluación de estas alternativas se da a partir de su calificación respecto a todos los criterios considerados. Estos valores deben ser normalizados para permitir su comparación posterior.
- d) Preferencias del tomador de decisión. Éstas son incorporadas a través de la ponderación que cada tomador de decisiones o conjunto de tomadores de decisiones asigna a cada criterio.

- e) Selección de una alternativa. En este punto es necesaria la construcción de diferentes reglas de decisión diseñadas para seleccionar la “mejor” alternativa que da solución al problema planteado, destacar otras alternativas considerables o clasificar las alternativas de acuerdo a la preferencia de los tomadores de decisión.
- f) Análisis de sensibilidad. Sirve para valorar la robustez del proceso al determinar cómo afectan los cambios pequeños en las entradas del análisis a la línea de acción recomendada (solución).
- g) Recomendación. Esta basada en la calificación de las alternativas y en el análisis de sensibilidad y podrá incluir la descripción de la mejor alternativa o grupo de alternativas.

En el contexto del Ordenamiento Ecológico, el análisis multicriterio se utiliza en el desarrollo de las reglas de decisión que pueden emplearse para obtener los mapas de aptitud por sector. Mientras que el análisis multiobjetivo expone el desarrollo de las reglas de decisión que son aplicables para la generación de un patrón óptimo de ocupación del territorio.

En general, los métodos Multicriterio-Multiobjetivo tienen seis componentes:

- 1) Una meta o un conjunto de metas a cumplir y que responden a un problema planteado.
- 2) Los tomadores de decisiones, junto con sus preferencias respecto a los criterios de evaluación.
- 3) El conjunto de criterios de evaluación (objetivos o atributos) a partir del cual se hace la valoración de las distintas alternativas.
- 4) El conjunto de alternativas posibles para darle solución al problema
- 5) Las variables de entorno, es decir, aquellas que influyen en el proceso de decisión pero que no se pueden controlar, y
- 6) Los resultados asociados a cada una de las alternativas en evaluación (Malczewski 1999).

Toda decisión involucra el análisis de los valores de quienes se verán afectados por la decisión. Esta valoración es recogida a partir de la importancia

relativa que cada persona, involucrada en el proceso, asigna a cada uno de los criterios evaluados. Por su parte, un criterio es aquel elemento de juicio que permite la evaluación de cada alternativa en función de la preferencia de los tomadores de decisión. Los criterios pueden ser tanto objetivos como atributos. En consecuencia, un problema de decisión multicriterio implica un conjunto de atributos o de objetivos o ambos (Malczewski 1999).

Así pues, en este Manual se ve al análisis de aptitud del territorio como un problema de decisión multicriterio, pues involucra la satisfacción de los intereses de varios tomadores de decisión o grupos de interés, reflejados en objetivos y en atributos (Steiner 1983, Bojórquez et al. 1994 y Malczewski et al. 1997). Desde este enfoque, el de decisión sobre los usos del suelo que involucra la formulación de un Programa de Ordenamiento Ecológico se enfrenta a la disyuntiva entre proteger o aprovechar y su impacto en los diferentes grupos de interés (Malczewski 1999). Por ello, en la planeación del uso del suelo deben considerarse los valores e intereses de los distintos grupos de interés para determinar la alternativa que minimiza el conflicto entre ellos. Es por esta razón que en este Manual se proponen este tipo de metodologías, sin reconocer que pueden existir otras que satisfagan igualmente los objetivos planteados en este capítulo.

### 3.1 Caracterización

El objetivo es describir el estado de los componentes natural, social y económico del área a ordenar, considerando, entre otras, las siguientes actividades:

| Actividades principales                                       | Productos principales                                                                                                      |
|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Delimitar el área a ordenar                                   | Mapa del área a ordenar                                                                                                    |
| Identificar los sectores con actividades en el área a ordenar | Descripción de los sectores en el área a ordenar y la compatibilidad entre ellos                                           |
| Realizar talleres sectoriales                                 | Definición de intereses sectoriales<br>Identificación de atributos ambientales<br>Ponderación de los atributos ambientales |

#### 3.1.1 Delimitación del área a ordenar.

Considerando las actividades sectoriales, las cuencas, los ecosistemas, las unidades geomorfológicas y los límites político-administrativos, las áreas de atención prioritaria, y demás información necesaria.

##### a) Criterios de delimitación del área de ordenamiento

En general, el área a ordenar es definida antes de iniciar el Proceso de Ordenamiento Ecológico. Las autoridades interesadas en iniciar un Proceso de Ordenamiento Ecológico ya conocen el área que es de su interés (por ejemplo, los ordenamientos ecológicos de todo un Estado o de un Municipio) y como tal se menciona en el Convenio de Coordinación que se firma como inicio del proceso (Ver Sección 1 Convenio de Coordinación).

Hay otros casos donde el Ordenamiento Ecológico es utilizado como un mecanismo para resolver un problema en particular o impulsar un proceso

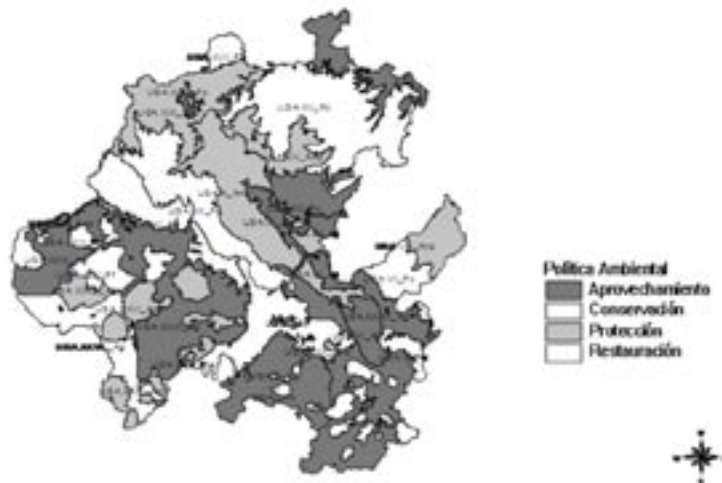
productivo específico (por ejemplo: los ordenamientos ecológicos de la Cuenca de Burgos, de la Región Popocatepetl y su zona de influencia, de la Mariposa Monarca, etc.)

El primer paso es considerar cuál es el objetivo específico que se persigue con el Ordenamiento Ecológico, así como los alcances que éste tiene como instrumento de planeación ambiental. Con esta base se incorporan otros criterios que, en la mayoría de los casos corresponden a criterios de homogeneidad (Gómez 2002), ya sea física o funcional (región económica o cuando se pretende analizar un problema que es concreto, aunque no en cuanto al área que comprende, por ejemplo el Ordenamiento Ecológico para la zona de influencia de la Zacatecana). De tal forma que el área a ordenar se define a partir de un criterio o de la combinación de varios como:

- **Cuencas** hidrológicas, subcuencas e incluso microcuencas o una combinación de estos criterios (Por ejemplo, el Ordenamiento Ecológico Región Cuenca de Burgos y el de la subcuenca de Valle de Bravo-Amalco)
- **Regionalización ecológica**, que permite la definición del área a ordenar con las siguientes ventajas: a) puede hacerse a diferentes niveles jerárquicos; b) las unidades naturales en que se divide proveen condiciones homogéneas para el análisis de aptitud desde el punto de vista físico-biótico; y c) las unidades están definidas por características que delimitan niveles regionales y escalas de trabajo convenientes y que reflejan la complejidad del territorio (Anexo 1);
- **Ecosistemas**. Por ejemplo, el Ordenamiento Ecológico de la Laguna de Cuyutlán, Colima. Sin embargo, este criterio también puede ser aplicable homologando ecosistema y formación vegetal, en cuyo caso, hay que definir con precisión los aspectos que caracterizan las formaciones que se utilicen.
- **Límites político-administrativos**. Resulta un buen criterio de delimitación cuando es consensuada entre las autoridades correspondientes estableciendo los límites en que los estados o municipios contiguos no entren en controversia por sus fronteras comunes;

- **Áreas prioritarias.** Definidas en los programas de desarrollo vigentes, por ejemplo las Microrregiones delimitadas por los Programas del Gobierno Federal.
- **Actividades sectoriales.** La actividad sectorial es un criterio auxiliar que permite definir límites claros en el territorio (áreas agrícolas, carreteras, líneas de conducción eléctrica, entre otros).
- **Criterios ad hoc.** Que permitan una delimitación más precisa del área a ordenar como por ejemplo: los límites de otros ordenamientos ecológicos, de programas de desarrollo urbano, declaratorias de áreas naturales protegidas, entre otros.

FIGURA 2  
EJEMPLO DE UN MODELO DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO  
Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Hidalgo  
[Escala 1:250,000]



#### b) Escala geográfica de trabajo

Una vez que se ha definido concretamente el área a ordenar, el siguiente aspecto importante que debe ser definido es la escala geográfica de trabajo. Para conseguirlo, es necesario considerar principalmente:

- La extensión del área que se va a ordenar, por ejemplo: si se trata de uno o varios municipios, de todo un Estado, de más de un Estado o de dos Estados.
- El nivel de detalle o profundidad al que se pretenden abordar los conflictos ambientales que serán evaluados durante el Proceso de Ordenamiento Ecológico.
- La existencia y disponibilidad de la información documental, estadística y cartográfica relativa al área a ordenar.

Para elegir la escala geográfica de trabajo es recomendable, primero, hacer una búsqueda del tipo de información cartográfica disponible para el área que se esté analizando.

En este sentido, un punto de referencia importante es la disponibilidad de información relativa a las características físico-bióticas del territorio. El Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) ha generado información temática al respecto en formato impreso o digital. En el Cuadro 1 se listan los productos básicos de referencia. Conviene recalcar que la información señalada sólo se recomienda como punto de partida, no es un listado exhaustivo, por lo tanto, de ser necesario se tendrían que hacer búsquedas de información en otras instituciones o empresas privadas.

CUADRO 1  
ALGUNA DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE EN EL INEGI Y QUE  
PUEDE SER UTILIZADA EN LA CONSTRUCCIÓN DE UN PROGRAMA DE  
ORDENAMIENTO ECOLÓGICO.

| Datos geográficos                                                        | Escala cartográfica     |          |           |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------|-----------|
|                                                                          | 1: 20 000 ó<br>1:10 000 | 1:50 000 | 1:250 000 |
| Topográficos                                                             |                         | X        | X         |
| Geológicos                                                               |                         | X        | X         |
| Hidrológicos de aguas su-<br>perficiales                                 |                         |          | X         |
| Hidrológicos de aguas sub-<br>terráneas                                  |                         |          | X         |
| Edafológicos                                                             |                         | X        | X         |
| De uso potencial del suelo<br>(ganadería, agricultura y fo-<br>restería) |                         |          | X         |
| De uso del suelo y vegeta-<br>ción                                       |                         | X        | X         |
| Ortofotos digitales                                                      |                         | X        |           |
| Modelos digitales de eleva-<br>ción                                      |                         | X        | X         |
| Fotografías aéreas (vue-<br>los especiales entre 1970 y X<br>1999)       | X                       |          |           |

Cuando, como parte del Proceso de Ordenamiento Ecológico, se considere necesario contar con información a escalas cartográficas que no haya sido generada, debe valorarse su elaboración. Sin embargo, antes de levantar esta información debe tomarse en cuenta:

- El tiempo disponible para la realización del estudio

- La extensión del área a cubrir por dicha información
- El cálculo aproximado de los costos para generar la información faltante
- Si existe otra fuente que de manera indirecta aporte información adecuada (aunque, en este caso, se debe tener presente el margen de error)

**3.1.2** *Identificar y describir el conjunto de atributos ambientales que reflejen los intereses sectoriales dentro del área a ordenar.*

Este apartado constituye el punto medular del enfoque que en este manual se desarrolla. Para ello, es necesario identificar aquellos sectores relacionados con el aprovechamiento de los recursos naturales, el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales o la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad y que desarrollan sus actividades en el área a ordenar.

Bajo esta perspectiva, algunos ejemplos de los sectores que pueden ser incluidos en el Proceso de Ordenamiento Ecológico son los siguientes:

- Agricultura
- Acuacultura
- Pecuario
- Aprovechamiento Forestal
- Minería
- Conservación
- Comunicaciones
- Urbano
- Turismo
- Áreas Naturales Protegidas
- Forestal

Una vez identificados los sectores que por sus actividades tienen influencia en la distribución del territorio en el área a ordenar, lo siguiente es identificar sus intereses sectoriales y los atributos ambientales que cada sector busca en el territorio para el desarrollo de sus actividades.

De acuerdo con el Reglamento de la LGEEPA en materia de Ordenamiento Ecológico (DOF 2003), un **interés sectorial** es el objetivo particular de personas, organizaciones o instituciones con respecto al uso del territorio, entre los que se incluyen el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales y la conservación de los ecosistemas y biodiversidad. Igualmente, el Reglamento señala que un **atributo ambiental** es aquella variable cualitativa o cuantitativa que influye en el desarrollo de las actividades humanas y de los demás organismos vivos.

La identificación tanto de los intereses sectoriales como de los atributos ambientales y su priorización es elaborada por los propios sectores involucrados. Para esto, es necesaria la realización de al menos un taller sectorial con mecanismos de participación pública (Anexo 2), en donde se convoque a los representantes de cada sector de la región del Ordenamiento Ecológico. Uno de los objetivos de este taller es que, como resultado del trabajo en mesas con productores, miembros de organizaciones no gubernamentales, académicos e instituciones públicas y privadas, se defina al menos un interés por sector.

En general, el **interés sectorial** se refiere a la maximización de la actividad, es decir, cada sector buscará la manera que su utilización del territorio resulte en el máximo cumplimiento de sus objetivos. En la definición de estos objetivos es preferible, aunque no indispensable, que se incluya algún umbral. Por ejemplo:

- Aprovechar las 45,000 ha aptas para la agricultura de temporal
- Conservar el 80% de las áreas prioritarias para la conservación de ecosistemas y bienes y servicios ambientales.
- Restaurar el 50% de las áreas que fueron deforestadas totalmente o alteradas en la estructura y composición de la vegetación.
- Restaurar el 100% de las zonas de vegetación con plagas.
- Aprovechar la capacidad forestal de más de 200,000 ha en la región.

Una vez identificados los sectores y que éstos hayan expresado cuáles son sus intereses, un segundo objetivo del **taller sectorial** será que los propios sectores identifiquen los atributos ambientales que les permiten el desarrollo de las actividades que realicen o pretendan realizar (algunos métodos útiles se presentan en el Anexo 3).

El conjunto de atributos ambientales que resulten del taller deberán cubrir las siguientes propiedades:

- Considerar todos los puntos de vista expuestos (completo)
- Ser medible y útil (operativo)
- Asegurar que dos o más criterios no midan la misma característica (no redundante)
- Tener el mínimo de atributos que influyen en el desarrollo de actividad sectorial (suficiente)

Un ejemplo del producto final de estos talleres se muestra en la Figura 3, para la actividad del cultivo de camarón, del Sector Acuicultura:

FIGURA 3  
ESTRUCTURA JERÁRQUICA DE INTERÉS SECTORIAL Y ATRIBUTOS AMBIENTALES



El tercer objetivo del **taller sectorial** es la priorización de los atributos ambientales necesarios para el desarrollo de cada una de las actividades sectoriales en el área de ordenamiento. Esta priorización también debe ser definida por los propios sectores (Anexo 2).

Recapitulando, resulta que el taller sectorial al que se convoque en esta etapa del Proceso de Ordenamiento Ecológico deberá tener como objetivos:

- Identificar los intereses de cada uno de los sectores con actividades en el área de Ordenamiento Ecológico, considerando aquellos secto-

res relacionados con el aprovechamiento de los recursos naturales, el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales o la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad

- Identificar y definir los atributos ambientales que permiten a cada sector cumplir con sus intereses
- Priorizar estos atributos ambientales en función de su importancia para el cumplimiento del interés sectorial.

### 3.1.3 *Productos esperados de la Caracterización:*

- a) Documento con la descripción de los componentes y elementos del medio social, económico y físico-biótico del área a ordenar. El documento deberá ser explícito en cuanto a cuáles son los elementos naturales, sociales y económicos característicos así como de su distribución territorial. También en cuanto a quiénes y para qué utilizan los recursos naturales, los ecosistemas y las infraestructuras económicas presentes. Además se deberá apoyar en:
- b) Caracterización de los sectores que inciden en el área a ordenar, incluyendo:
  - Matriz de sectores con sus actividades y objetivos. Incluir aquellos relacionados con el aprovechamiento de los recursos naturales, el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales o la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad.
  - Compatibilidad entre sectores:
    - Matriz de problemas detectados e indicar el sector o sectores involucrados. En la identificación de estos sectores, considerar los problemas de primera y segunda prioridad, así como los de atención especial.
    - Por cada problema se deberá señalar qué actividades y qué sectores lo causan, así como qué actividades y qué sectores se ven afectados. Asimismo, se deberá identificar cuáles son los recursos naturales afectados y la magnitud del conflicto (en términos de alguna medida de impacto, si es posible).

**Nota:** Esta información se utilizará en la etapa de Propuesta para definir usos del suelo y estrategias orientadas a: 1) atacar las causas de impacto y 2) mejorar directamente la condición del recurso impactado.

- c) Conjunto de atributos ambientales (nombre, definición y utilidad de cada atributo que indique los estados favorables y desfavorables) para el desarrollo de las actividades de cada sector
- d) Importancia de los atributos ambientales en el desarrollo de las actividades de cada sector. Se deberán presentar las estructuras jerárquicas que cada sector construyó.
- e) Relación de los planes, programas, proyectos y acciones de las instancias de gobierno que participan en el Ordenamiento Ecológico y que tienen influencia en el uso del territorio.
- f) Cartografía digital y los archivos de metadatos (Anexo 4) correspondientes de:
  - Límites del área a ordenar, así como de los insumos que permitieron su delimitación (límites política-administrativos, cuencas, unidades geomorfológicas, tipos de vegetación y usos del suelo, tipos de suelo, balance hídrico, presencia de acuíferos, entre otros).
  - La distribución de los atributos ambientales en el área a ordenar y que fueron identificados por los sectores, entre los que pueden estar, por ejemplo:
    - Calidad y balance hídrico del agua por cuencas y subcuencas.
    - Delimitación de unidades morfo-edafológicas, a partir de datos morfométricos del INE e información edafológica del INEGI, así como la identificación de los paisajes morfoedafológicos.
    - Tipos de vegetación y uso del suelo a partir de la base de datos del INE, 2000.
    - Degradación del suelo SEMARNAT-Colegio de Posgraduados, 2000.
    - Delimitación y distribución de Áreas Naturales Protegidas (de competencia Federal, Estatal y Municipal)
    - Presencia y distribución de especies de flora y fauna con estatus de protección, de acuerdo con los registros de especies de CONABIO.
    - Patrón de distribución espacial de la precipitación y la temperatura (promedios mensuales); así como la ubicación geográfica de las

estaciones climatológicas en la región. (Sistema Metereológico Nacional).

- Patrón territorial de las actividades económicas por subsector económico
- Patrón territorial de los indicadores económicos por sector, principalmente de aquellos que inciden en la distribución de los usos del suelo en la región (Indicadores del CONAPO, INEGI, INE, SAGARPA (SIAP) u otros; así como los Planes y Programas de Desarrollo Urbano existentes).
- Distribución territorial de la población (densidad, por tamaño de los asentamientos, por categoría rural y urbana)
- Patrón territorial de la infraestructura existente (carreteras, servicios hidráulicos, líneas eléctricas y transportes) en la región (SCT, Instituto Mexicano del Transporte, CFE, IMTA).

### 3.2 *Diagnóstico*

El objetivo de esta etapa es identificar y analizar los conflictos ambientales entre los sectores con actividades en el área a ordenar, mediante la realización de las siguientes acciones:

| Actividades principales                                              | Productos principales                                               |
|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Realizar el análisis de aptitud                                      | Mapas de aptitud por sector                                         |
| Analizar los conflictos ambientales                                  | Mapa y descripción de conflictos ambientales                        |
| Realizar el taller para validación de los mapas de aptitud           | Mapas de aptitud y de conflictos validados por los sectores         |
| Delimitar las áreas para preservar, conservar, proteger o restaurar. | Mapas con las áreas para preservar, conservar, proteger o restaurar |

### **3.2.1** *Elaborar un análisis de aptitud para los intereses sectoriales involucrados en el área a ordenar.*

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. De acuerdo con este enfoque, dicho análisis utiliza el conocimiento que tienen los sectores para decidir qué zonas proporcionan las mejores alternativas para su emplazamiento. El resultado es un mapa por actividad para toda el área de Ordenamiento Ecológico y que presenta un gradiente entre las zonas que son menos aptas y las zonas que son más aptas para cada sector.

Este análisis supone que existen características claras (atributos ambientales) que hacen que un sitio sea “apto” o no para cada actividad y que, de hecho, estas características están definidas, en principio, porque están presentes en las áreas donde cada sector desarrolla actualmente sus actividades (Bojórquez et al. 2001). Este método se describe paso a paso en el Anexo 5.

### **3.2.2** *Identificar los conflictos ambientales a partir del análisis de la concurrencia espacial de actividades sectoriales incompatibles*

La identificación de los conflictos ambientales se realiza mediante la combinación de los mapas de aptitud territorial de cada sector, obtenidos en el apartado anterior. El resultado es un mapa que refleja el gradiente de intensidad de los conflictos ambientales en el área (Anexo 5).

Para otros ordenamientos ecológicos se ha propuesto una clasificación para el mapa de conflictos en función de la superposición de los diferentes mapas de aptitud con el mapa de uso del suelo actual (Cuadro 2).

**CUADRO 2. PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN DE CONFLICTOS AMBIENTALES.**

| <b>NIVEL DE CONFLICTO</b> | <b>DESCRIPCIÓN</b>                                                                                                                                                                                             |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sin Conflicto             | El uso actual refleja la aptitud potencial del territorio sin existir sobreposiciones con las aptitudes de otros sectores.                                                                                     |
| Conflicto Muy Bajo        | El uso actual es compatible con una de las aptitudes potenciales del territorio, pero no el óptimo desde el punto de vista ambiental                                                                           |
| Conflicto Bajo            | El uso actual es diferente a la aptitud deseada (en términos de similitud al funcionamiento natural del territorio), pero coincide con una de las aptitudes que presenta la zona.                              |
| Conflicto Moderado        | No existe coincidencia con las aptitudes presentes, sin embargo la similitud del uso actual con las diferentes aptitudes reduce el nivel de conflicto                                                          |
| Conflicto Alto            | Las actividades necesarias para la prevalesencia del uso actual lo hacen completamente incompatible con aquellas necesarias para alcanzar la vocación del territorio.                                          |
| Conflicto Muy Alto        | La incompatibilidad de los usos actuales con los de la mayor aptitud del territorio, hacen que estas prácticas sean insostenibles y que presenten serios riesgos de degradación ambiental y erosión de suelos. |

Además, el mapa de conflictos debe considerar las zonas donde las actividades de los sectores resultaron incompatibles en la sección de *Compatibilidad entre Sectores* de la etapa de Caracterización.

### 3.2.3 *Talleres de validación.*

Una vez obtenidos los mapas de aptitud por sector y el o los mapas de conflictos ambientales, se deberán llevar a cabo talleres donde los representantes de los sectores conozcan estos mapas y corroboren, complementen o validen la información.

En este momento, es necesario conocer si tanto los mapas resultantes del análisis de aptitud como los mapas de conflictos ambientales reflejan lo que sucede en la región.

Por un lado, los mapas de aptitud deben reflejar las zonas donde las actividades sectoriales se realizan actualmente, así como aquellas zonas que los propios sectores reconocen como poco aptas para su actividad. Por otro lado, el mapa de conflictos debe reflejar cuales son las zonas donde los sectores tienen conflictos y con qué sectores.

Para ello, se convoca a un nuevo taller cuyo objetivo es presentar a los sectores los mapas resultantes y obtener retroalimentación al respecto. Para realizar este taller se pueden considerar los lineamientos y métodos del Anexo 2.

En el caso de que uno o varios sectores consideren que el mapa de aptitud no refleja las zonas que ellos consideran aptas para desarrollar sus actividades, será necesario revisar tanto la definición de los atributos ambientales como su ponderación y posición en la estructura jerárquica para realizar nuevamente el análisis de aptitud y obtener un nuevo mapa de aptitud para el sector de que se trate (Secciones 3.1.2, 3.1.3 y 3.2.1)

Lo mismo sucede cuando como resultado del análisis de conflictos ambientales (Sección 3.2.2) uno o varios sectores no ven reflejados sus conflictos con algún sector en particular. Sin embargo, en ese caso el grupo consultor deberá distinguir cuando esos conflictos no se reflejan por la escala cartográfica a la que se está manejando la información o porque no se cuenta con la información necesaria para que dicho conflicto sea visible en el mapa. Si ninguno de estos es el caso, el grupo consultor deberá revisar con el o

los sectores inconformes los resultados de las Secciones 3.1.2 y 3.1.3 y, si es necesario, realizar nuevamente el análisis de aptitud y de conflictos (Secciones 3.2.1 y 3.2.2.)

#### **3.2.4** *Delimitar las áreas que se deberán preservar, conservar, proteger o restaurar.*

En este punto se deberán incluir, entre otras, las áreas:

- Sujetas a procesos de degradación ambiental, desertificación o contaminación.
- Importantes para la conservación de ecosistemas, de biodiversidad y de los bienes y servicios ambientales (Anexo 6)
- Las Áreas Naturales Protegidas Federales, Estatales y Municipales
- Sujetas a riesgos naturales.
- Los hábitat críticos y las áreas de refugio
- Los recursos naturales importantes para el desarrollo de actividades sectoriales
- Las áreas susceptibles a efectos negativos de cambio climático

#### **3.2.5** *Productos esperados:*

- a) Descripción del método y los resultados del análisis de aptitud
- b) Descripción del método y resultados del análisis de concurrencia espacial de las actividades sectoriales e identificación de zonas con conflictos ambientales
- c) Descripción del método y resultados de los talleres de trabajo que se hayan realizado en esta etapa
- d) Descripción del método y resultados para la identificación de las áreas para preservar, conservar, proteger o restaurar
- e) Cartografía digital y archivos de metadatos (Anexo 4) de:
  - Mapa de aptitud del territorio por sector
  - Mapa con las zonas de conflictos ambientales
  - Mapas de las áreas para preservar, conservar, proteger o restaurar

### 3.3 *Pronóstico*

El pronóstico es la evaluación del comportamiento futuro de una situación, basándose en el análisis del pasado. Por ello, depende de un buen diagnóstico para que las previsiones que se puedan hacer a través del pronóstico sean robustas y nos permitan hacer inferencias válidas.

En general, 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 territorial que hagan los diversos sectores en el área de Ordenamiento Ecológico.

| Actividades principales                                                                               | Productos principales                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Analizar los procesos de deterioro de los atributos ambientales que definen la aptitud de cada sector | Mapas de tendencias de degradación de los atributos ambientales que definen la aptitud de cada sector |
| Construcción de escenarios                                                                            | Mapa y descripción de los escenarios tendencial, contextual y estratégico                             |

#### 3.3.1 *Objetivos del pronóstico en términos del Ordenamiento Ecológico:*

- Conocer el posible comportamiento futuro de los atributos ambientales que determinan la aptitud del territorio para sustentar las actividades de cada sector.
- Conocer si la aptitud por sector en el área a ordenar se modifica en el tiempo, cuáles son sus causas, y en qué zonas se da este cambio.
- Conocer si a partir de los resultados de la modelación existen cambios en los mapas de aptitud por sector o se modifican las zonas de conflicto identificadas (Sección 3.2.3)

### 3.3.2 *Principales actividades del Pronóstico:*

- Analizar 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

En la bibliografía especializada, existen diferentes métodos según el tema del que se trate para modelos específicos que permiten conocer el comportamiento futuro del atributo ambiental de que se trate. Por ello, en este Manual no existe ninguna recomendación específica ya que puede ser utilizado el método que los especialistas prefieran siempre que se alcancen los resultados requeridos.

- Construcción de escenarios:
  - Escenario tendencial que muestre el comportamiento de los atributos ambientales que definen la aptitud del territorio para cada sector y que permita la identificación de conflictos ambientales futuros.  
La construcción de este escenario considera las tasas de cambio calculadas a partir del análisis histórico de las variables. Por ejemplo, considera la tasa actual de cambio de uso del suelo, de pérdida de suelo, de crecimiento poblacional, etcétera, obtenidas en la Caracterización y el Diagnóstico.
  - Escenario contextual que muestre el comportamiento de la aptitud del territorio para cada sector a partir de la ejecución de proyectos (p. e. desarrollo turístico, instalación de industria, etc.)

Para construir este escenario, es necesario considerar como elementos externos los proyectos gubernamentales que pueden ponerse en marcha como la construcción de vías de comunicación, parques industriales, rellenos sanitarios, complejos residenciales, complejos turísticos, etcétera.

Una vez que se cuenta con la información sobre el proyecto, incluyendo la espacial, se hace un nuevo análisis de conflictos ambientales (Sección 3.2.3).

- Escenario Estratégico que muestre como a partir de diversas medidas estratégicas (programas, acciones, etc.) se pueden disminuir las tendencias de deterioro.

Este escenario puede ser útil cuando no existe un proyecto en puerta, como es el caso del escenario contextual, pero las tendencias del deterioro son desfavorables. En éste se busca establecer medidas estratégicas que nos permitan disminuir el deterioro de los diversos atributos sectoriales y de los conflictos ambientales. En éste, 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.

### 3.3.3 *Productos esperados:*

- a) Memoria técnica y resultados del análisis del comportamiento en tiempo y espacio de los atributos ambientales para cada actividad sectorial
- b) Memoria técnica y resultados del análisis de las tendencias de degradación de los atributos ambientales
- c) Memoria técnica y resultados del análisis de tendencias del crecimiento poblacional, así como de las demandas de infraestructura urbana, equipamiento e indicadores socioeconómicos.
- d) Memoria técnica y resultados del análisis de la evolución en tiempo y espacio de los conflictos ambientales
- e) Sistema de información geográfica compuesto por los mapas y archivos de metadatos de (Anexo 4):

- f) Comportamiento de los atributos ambientales en tiempo y espacio.
- Tendencias de degradación de los atributos ambientales y del crecimiento poblacional.
  - Escenarios que describan la evolución de los conflictos ambientales (tendencial, contextual y estratégico).

### 3.4 *Propuesta*

En esta etapa, el propósito es obtener un patrón de ocupación del territorio que maximice el consenso entre los sectores, minimice los conflictos ambientales y favorezca el desarrollo sustentable en el área a ordenar, que servirá de base para construir el Programa de Ordenamiento Ecológico.

Esta propuesta debe resumir:

- La definición del estado actual de los ecosistemas del área a ordenar
- La incorporación de los intereses de los actores en la determinación de la aptitud del territorio para el desarrollo sustentable de las actividades sectoriales
- La estimación de tendencias del deterioro
- La generación de la estrategia de gestión para maximizar el consenso y minimizar los conflictos ambientales

El desarrollo de la propuesta persigue la visión del Comité del Ordenamiento Ecológico sobre la condición deseable de los ecosistemas, tomando en cuenta las condiciones sociales y económicas e identificando las formas en las que todas las partes puedan contribuir a alcanzar objetivos comunes en torno a ellos.

| Actividades principales                       | Productos principales                                                                                                        |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Delimitar de la Unidades de Gestión Ambiental | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mapa de Unidades de Gestión Ambiental (Modelo de Ordenamiento Ecológico)</li> </ul> |

Asignar los lineamientos ecológicos a cada una de las Unidades de Gestión Ambiental

Definir las estrategias ecológicas para cada uno de los lineamientos ecológicos

Integrar el Programa de Ordenamiento Ecológico

- Tabla de asignación de lineamientos ecológicos por Unidad de Gestión Ambiental
- Tabla de asignación de las estrategias ecológicas por Unidad de Gestión Ambiental
- Modelo de Ordenamiento Ecológico
- Tablas de asignación de lineamientos ecológicos y estrategias ecológicas

Un Programa de Ordenamiento Ecológico es un documento que contiene los objetivos, prioridades y acciones que regulan o inducen el uso del suelo y las actividades productivas de una región. El propósito de estos programas es lograr la protección del medio ambiente, así como la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. Además, debe contener los objetivos, prioridades y políticas que regirán el desempeño de las actividades y programas de los gobiernos competentes en el área de Ordenamiento Ecológico, en términos de la planeación del uso del suelo.

El Programa de Ordenamiento Ecológico debe estar integrado principalmente por dos elementos:

- El modelo de Ordenamiento Ecológico (Figura 2)
- Las estrategias ecológicas

### **3.4.1** *Construir el modelo de Ordenamiento Ecológico.*

El modelo de Ordenamiento Ecológico es la representación, en un sistema de información geográfica, de las Unidades de Gestión Ambiental (UGA) y sus respectivos lineamientos ecológicos. Una UGA es la unidad mínima del área de Ordenamiento Ecológico a la que se asignan lineamientos y estrategias ecológicas. Posee condiciones de homogeneidad de atributos físico-bióticos, socioeconómicos y de aptitud sobre la base de un manejo administrativo común.

Además, representa la unidad estratégica de manejo que permite minimizar los conflictos ambientales, maximizando el consenso entre los sectores respecto a la utilización del territorio.

Para la definición de las UGA, la propuesta de este Manual es la utilización de análisis Multiobjetivo. Este tipo de análisis permiten elegir una alternativa de decisión y reconocen que los atributos de las alternativas son sólo los medios para alcanzar los objetivos de los tomadores de decisiones

El método paso a paso se describe en el Anexo 7, es importante destacar que al proceso descrito en este anexo deberán llevarse como insumos:

- Los mapas de aptitud por sector (Sección 3.2.1)
- El mapa de conflictos ambientales (Sección 3.2.2)
- El mapa con las áreas para preservar, conservar, proteger o restaurar (Sección 3.2.4)
- El mapa con el escenario tendencial (Sección 3.3.2)
- El mapa con el escenario contextual (Sección 3.3.2)
- El mapa con el escenario estratégico (Sección 3.3.2)

El resultado de este apartado es la regionalización del área de Ordenamiento Ecológico en unidades homogéneas (las UGA) a través de la combinación de los mapas mencionados. Además, la descripción de cada UGA estará dada a partir de la información integrada en los mismos mapas. Así, para cada UGA se debe tener un arreglo tabular que indique:

- La aptitud para los sectores en esa UGA, señalando el sector con mayor aptitud y así sucesivamente hasta llegar al sector con menor aptitud
- La intensidad de los conflictos entre que sectores, si los hubiera
- Cuáles son las áreas para preservar, conservar, proteger o restaurar y porqué
- Qué escenario está considerando
- Finalmente, si así se prefiere, una vez obtenidas las UGA pueden ser nuevamente divididas a partir de la regionalización obtenida en el Sección 3.1.1

### 3.4.2 *Asignar la política y el lineamiento ecológico en cada UGA.*

Con las UGA definidas y caracterizadas, el estado deseable de cada UGA se refleja en la asignación de política ambiental y lineamiento ecológico que le corresponde, en función de los resultados del apartado anterior.

#### a) Política Ambiental

La aplicación de las políticas ambientales obedece a los siguientes criterios:

- La política de **Aprovechamiento Sustentable** se asigna a aquellas áreas que por sus características, son apropiadas para el uso y el manejo de los recursos naturales, en forma tal que resulte eficiente, socialmente útil y no impacte negativamente sobre el ambiente.

Incluye las áreas con usos de suelo actual o potencial, siempre que estas no sean contrarias o incompatibles con la aptitud del territorio. Se tiene que especificar el tipo e intensidad del aprovechamiento, ya que de ello dependen las necesidades de infraestructura, servicios y áreas de crecimiento.

- La **Preservación** se usa como sinónimo de protección en el OET y corresponde a aquellas áreas naturales susceptibles de integrarse al Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) o a los sistemas equivalentes en el ámbito estatal y municipal.

En estas áreas se busca el mantenimiento de los ambientes naturales con características relevantes, con el fin de asegurar el equilibrio y la continuidad de los procesos evolutivos y ecológicos. La política de preservación de áreas naturales implica un uso con fines recreativos, científicos o ecológicos. Quedan prohibidas actividades productivas o asentamientos humanos no controlados.

- La política de **Conservación** está dirigida a aquellas áreas o elementos naturales cuyos usos actuales o propuestos no interfieren con su función ecológica relevante y su inclusión en los sistemas de áreas na-

turales en el ámbito estatal y municipal es opcional. Esta política tiene como objetivo mantener la continuidad de las estructuras, los procesos y los servicios ambientales, relacionados con la protección de elementos ecológicos y de usos productivos estratégicos.

- La política de **Restauración** se aplica en áreas con procesos de deterioro ambiental acelerado, en las cuales es necesaria la realización de un conjunto de actividades tendientes a la recuperación y restablecimiento de las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales. La restauración puede ser dirigida a la recuperación de tierras que dejan de ser productivas por su deterioro o al restablecimiento de su funcionalidad para un aprovechamiento sustentable futuro.

En la regulación, inducción y fomento de las actividades de los sectores en el área a ordenar, se considerarán aquellas políticas sectoriales que establezca el marco jurídico respectivo de manera congruente con las políticas ambientales.

Así, por ejemplo, es evidente que si en la *UGA X* el sector con mayor aptitud es alguno relacionado con el aprovechamiento de los recursos naturales, la política ambiental de esta UGA es Aprovechamiento Sustentable.

#### b) Lineamiento ecológico

El Reglamento de la LGEEPA en materia de Ordenamiento Ecológico define al **lineamiento ecológico** como la meta o el enunciado general que refleja el estado deseable de una unidad de gestión ambiental.

En este sentido, a diferencia de las políticas ambientales y sectoriales, el lineamiento ecológico permite la definición o identificación específica del objeto de la política, además de facilitar el establecimiento del mecanismo de seguimiento.

El lineamiento ecológico debe responder en su estructura a las siguientes preguntas:

- ¿Qué se quiere hacer en esa unidad?

- ¿Cuál es el objeto de esa acción?
- ¿En qué período de tiempo?, ¿Cuál es el umbral? o ¿Cuál es el parámetro de comparación?

Para la definición del lineamiento ecológico en cada UGA se deben considerar:

- Los criterios que definen la UGA
- La aptitud sectorial del suelo, la aptitud biofísica del suelo
- El uso actual del suelo
- Las unidades físico-bióticas

Por ejemplo, para una UGA que tiene bosque de pino en proceso de deforestación y cuyo objetivo de manejo es la recuperación del bosque, la construcción del lineamiento ecológico sería:

Otros ejemplos de lineamiento ecológico son:

En otras palabras, la política se refiere a qué se quiere hacer (conservar, restaurar, aprovechar o proteger) y el lineamiento ecológico es el objeto y los alcances

|                       |                                                                                  |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Política              | Restauración                                                                     |
| Lineamiento ecológico | Recuperar el <u>bosque de pino</u> en la extensión que tenía hace <u>20 años</u> |

Qué se quiere hacer en la unidad  
 (Arrows pointing to 'Restauración' and 'Recuperar el bosque de pino')  
 Cuáles el objeto de acción  
 (Arrow pointing to 'bosque de pino')  
 Período de tiempo o parámetro de comparación  
 (Arrow pointing to '20 años')

de esa acción (el aprovechar el bosque, rehabilitar la cuenca, etc).

|                       |                                                                              |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| Política              | Protección                                                                   |
| Lineamiento ecológico | Proteger las 130,000 ha de Áreas Naturales con estatus Oficial de protección |

|                       |                                                            |
|-----------------------|------------------------------------------------------------|
| Política              | Aprovechamiento                                            |
| Lineamiento ecológico | Aprovechar sustentablemente las 200,000 ha de uso forestal |

Al final, los lineamientos ecológicos deberán estar relacionadas con:

- El estado ambiental deseado de los recursos naturales o de relevancia ambiental que se quiere conservar, proteger o restaurar.
  - Los usos adecuados de acuerdo a la meta que se persigue.
  - La disminución de las tendencias de degradación ambiental, considerando los resultados de los escenarios de la etapa de Pronóstico.
- c) Diseñar las estrategias ecológicas que permitan el cumplimiento de los lineamientos ecológicos asignados a cada UGA y que atiendan los conflictos ambientales identificados en cada una.

Una vez que se tienen las políticas y los lineamientos ecológicos definidos, el siguiente paso es la integración de las estrategias ecológicas. Una **estrategia ecológica** es, de acuerdo con el Reglamento de la LGEEPA en materia de Ordenamiento Ecológico, la integración de los objetivos específicos, las acciones, los proyectos, los programas y los responsables de su realización dirigida al logro de los lineamientos ecológicos aplicables en el área de Ordenamiento Ecológico.

Las estrategias ecológicas estarán compuestas por:

- Objetivos específicos que lleven al logro de los lineamientos ambientales, así como a la minimización de los conflictos ambientales, que deberán establecer una medida cualitativa o cuantitativa, incluyendo, en lo posible, tiempos, cantidades y responsables.

Además, en caso de contar con la información, deberán establecer los umbrales de aprovechamiento de los ecosistemas con respecto a su capacidad de carga.

Los objetivos específicos deberán diferenciarse en:

- Aquellos que permitirán atacar las causas de los conflictos o problemas ambientales
- Aquellos que permitirán modificar la condición de un recurso natural o ecosistema para lograr un lineamiento ecológico.

- Usos autorizados, prohibidos y condicionados deberán corresponder con los sectores identificados en la sección de Sectores que inciden en el área a ordenar de la etapa de Caracterización.
- Las acciones, proyectos y programas de las dependencias y entidades de los gobiernos federal, estatal o municipal (incluyendo los programas de combate a la pobreza) dirigidas al logro de los objetivos específicos y los lineamientos ecológicos aplicables en el área a ordenar. Además, deberán cumplir con los incisos mencionados en los objetivos específicos.

Asimismo, deberán definir responsables y tiempos de cumplimiento para las acciones, proyectos y programas, para lo cual se debe retomar la información de la sección Programas, Proyectos y Acciones de Gobierno de la etapa de Caracterización.

- Criterios de Regulación Ecológica. Los programas de Ordenamiento Ecológico podrán incluir criterios de regulación ecológica, que no son otra cosa que aspectos generales o específicos que norman los diversos usos de suelo en el área de ordenamiento e incluso de manera específica a nivel de las distintas Unidades de Gestión Ambiental.

Estos criterios pueden referirse a los aspectos constructivos de alguna obra, o condiciones ambientales que los proyectos deben cumplir. Cabe señalar que este tipo de especificaciones son muy útiles en materia de impacto ambiental, ya que orientan tanto al promovente de la obra como a la autoridad que evalúa el impacto ambiental de la misma.

Los criterios de regulación ecológica se incluyen en la mayoría de los ordenamientos ecológicos decretados a la fecha, no importando su modalidad. Sin embargo, son importantes sobre todo en los Programas de Ordenamiento Ecológico Local, ya que son los municipios los que cuentan con dicha competencia (ejemplos de estos criterios se pueden encontrar en la página web de la SEMARNAT).

- Indicadores Ambientales. Finalmente, las estrategias ecológicas deberán incluir los indicadores ambientales que permitan evaluar el cumplimiento de los lineamientos ecológicos y la eficacia de las estrategias en la disminución de los conflictos ambientales.

Ejemplo:

| UGA | Política                                      | Lineamiento ecológico                                      | Estrategia ecológica           | Acciones                                                                                                                                             |
|-----|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 23  | Aprovechamiento sustentable                   | Aprovechar sustentablemente las 218,727 ha de uso forestal | Uso y manejo integral del agua | Asistencia técnica y apoyo para infraestructura de riego más efectiva y sustentable                                                                  |
|     |                                               |                                                            |                                | Uso de aguas tratadas para el riego agrícola                                                                                                         |
|     |                                               |                                                            |                                | Realizar obras de captación y almacenamiento de agua                                                                                                 |
|     |                                               |                                                            |                                | Desarrollos de presas y ríos                                                                                                                         |
|     |                                               |                                                            |                                | Construcción de plantas tratadoras                                                                                                                   |
|     |                                               |                                                            |                                | Ampliación de la red de distribución de agua potable                                                                                                 |
|     |                                               |                                                            |                                | Infraestructura para aprovechar el agua de ojos de agua y manantiales                                                                                |
|     |                                               |                                                            |                                | Construcción de drenajes separados (uno para aguas pluviales y otro para aguas servidas) en edificaciones y asentamientos humanos                    |
|     |                                               |                                                            |                                | Restaurar, conservar y manejar sustentablemente las masas forestales en las partes altas de la cuenca                                                |
|     |                                               |                                                            |                                | Reforestar con las especies más favorables las áreas de manantiales y de recarga de acuíferos                                                        |
|     |                                               |                                                            |                                | Proteger contra el cambio de uso de suelo las áreas de manantiales y de recarga de acuíferos; así como los aijos de agua intermitentes y permanentes |
|     |                                               |                                                            |                                | Desarrollar y establecer esquemas de pago por servicios ambientales                                                                                  |
|     |                                               |                                                            |                                | Implementación de prácticas de conservación de suelo (terraceo, surcado al contorno, gaviones, zanjas y presas filtrantes, cercos y barreras vivas)  |
|     | Restauración de áreas de atención prioritaria |                                                            | Conservación del suelo         | Reforestación con cultivos de alta densidad sobre todo en laderas                                                                                    |
|     |                                               |                                                            |                                | Fertilizar y/o abonar con residuos orgánicos                                                                                                         |
|     |                                               |                                                            |                                | Restauración de las masas forestales en las áreas de recarga de acuíferos y de manantiales                                                           |
|     |                                               |                                                            |                                | Reforestar/especies nativas                                                                                                                          |
|     |                                               |                                                            |                                | Impulsar la instalación de viveros                                                                                                                   |
|     |                                               |                                                            |                                | Promover plantaciones comerciales y sistemas agroforestales                                                                                          |
|     |                                               |                                                            |                                | Promover sistemas agroforestales                                                                                                                     |
|     |                                               |                                                            |                                | Restauración y saneamiento de áreas del bosque deterioradas                                                                                          |
|     |                                               |                                                            |                                |                                                                                                                                                      |

### 3.4.3 *Productos esperados:*

- a) Memoria técnica y reglas de decisión que llevaron a la construcción del Modelo de Ordenamiento Ecológico.
- b) Documento escrito con los criterios utilizados para el diseño y asignación de las estrategias ecológicas, así como la definición de acciones específicas.
- c) Sistema de información geográfica con:
  - Mapa del Modelo de Ordenamiento Ecológico que incluya la delimitación de las Unidades de Gestión Ambiental y su identificación. Este mapa deberá tener los colores que permitan identificar qué política ambiental es aplicable en cada UGA.
  - Tablas asociadas al Modelo de Ordenamiento Ecológico donde señale que lineamiento(s) ecológico(s) corresponden a cada UGA.
  - Archivo de metadatos del Modelo de Ordenamiento Ecológico.
  - Base de datos con las Estrategias Ecológicas, que incluya como mínimo:
    - Número de UGA
    - Política ambiental
    - Lineamiento ecológico
    - Estrategias ecológicas
    - Acciones
    - Indicadores ambientales

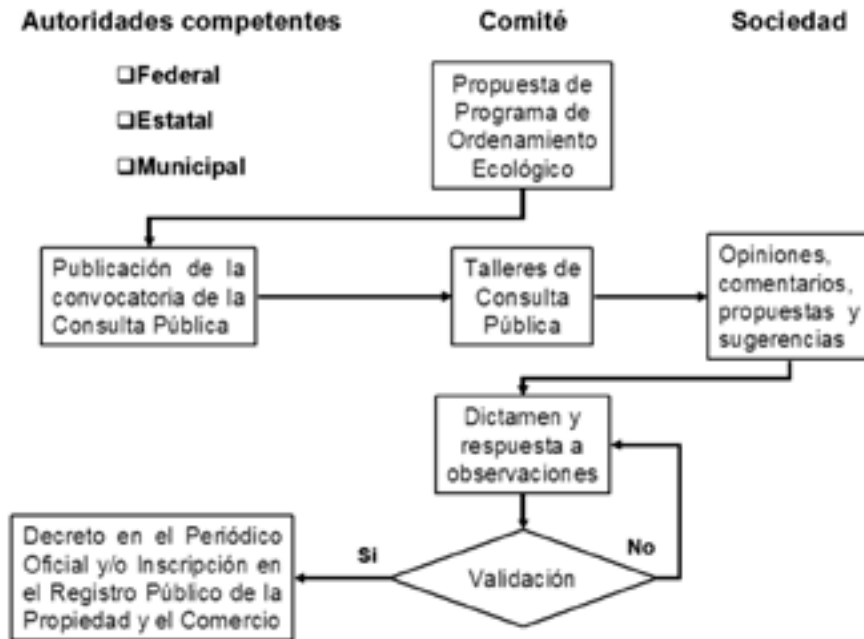


## II. EXPEDICIÓN

La expedición es la emisión de un acuerdo por parte del Ejecutivo federal, estatal o municipal, mediante el cual se decreta el Programa de Ordenamiento Ecológico (POE) y se publica en el Órgano Oficial de difusión respectivo (Diario Oficial, Periódico Oficial, Gaceta u otros). Esta fase inicia una vez que ha concluido la formulación de la propuesta del Programa y ha sido validado por el Comité de Ordenamiento Ecológico.

Entre las acciones relevantes de esta fase destacan, la consulta pública del programa y la publicación del decreto en los órganos oficiales de difusión. En la Figura 4 se muestra un esquema general de esta fase.

**FIGURA 4**  
**EXPEDICIÓN DEL PROGRAMA DE OET.**



## 1 CONSULTA PÚBLICA.

La consulta pública es un procedimiento legal que el ejecutivo debe llevar a cabo previo a un decreto. La Ley de Planeación exige este procedimiento con el objetivo de que los diversos sectores de la población expresen sus opiniones y propuestas para su ejecución.

En todo Proceso de Ordenamiento Ecológico, con la concurrencia de los actores involucrados y en los términos de los convenios respectivos, se deberán llevar a cabo las siguientes actividades:

### **1.1 *Publicación de la convocatoria***

Se deberá publicar en los medios de difusión oficial que correspondan, el aviso que indique el objeto de la convocatoria, las bases que establecen el tipo de información disponible, los sitios de consulta de la información del programa, los plazos y procedimientos de entrega de la información. A manera de ejemplo, se presenta la convocatoria para la consulta pública del OET de la Zona Costera de la Reserva de la Biosfera Sian ka'an, Quintana Roo (ver Figura 5)

### **1.2 *Talleres de consulta pública***

Realizar talleres de consulta promueve la participación social corresponsable. Constituyen espacios en los que se intercambia conocimiento y experiencia de todos los sectores que inciden en la región en torno a los lineamientos y estrategias del Programa de Ordenamiento Ecológico que se pretende decretar.

Entre los objetivos que persigue el taller se encuentran:

- Presentar a los actores sociales, dependencias de gobierno y público en general la propuesta de Programa de Ordenamiento Ecológico, que incluye el Modelo de Ordenamiento Ecológico, sus Lineamientos Ecológicos y las Estrategias Ecológicas;
- Recibir en forma escrita u oral, según lo determinen los lineamientos de la consulta, las observaciones y propuestas o cualquier otro tipo de información relativa a la Propuesta de Programa de Ordenamiento Ecológico presentada;
- Analizar en el seno del Comité las observaciones, y propuestas que se hayan recibido en la etapa de Consulta Pública;
- Incorporar las observaciones y propuestas que el Comité juzgue pertinentes en el Programa de Ordenamiento Ecológico; y
- Dar respuesta a los interesados de la forma en que sus observaciones, propuestas o información proporcionada en la Consulta Pública ha sido tomada en cuenta para enriquecer el Programa de Ordenamiento Ecológico.

**FIGURA 5**  
**CONVOCATORIA A LA CONSULTA PÚBLICA DEL PROGRAMA DE**  
**ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DE SIAN KA'AN, Q.ROO.**



El Gobierno de Estado de Quintana Roo, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, el H. Ayuntamiento de Solidaridad y el H. Ayuntamiento de F. Carrillo Puerto

**CONVOCAN**

A las dependencias federales, estatales y municipales, a los organismos no gubernamentales, a las instituciones de investigación y enseñanza superior, a las organizaciones sociales y a la sociedad en general a participar en la:

**CONSULTA SOBRE EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DE LA ZONA COSTERA DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA SIAN KA'AN, QUINTANA ROO**

**BASES**

Se ha puesto a disposición de los interesados el documento base para la revisión y emisión de propuestas y comentarios en las páginas de internet de la SEMARNAT ([www.semarnat.gob.mx/qroo](http://www.semarnat.gob.mx/qroo)), del Gobierno del Estado de Quintana Roo ([www.qroo.gob.mx](http://www.qroo.gob.mx)) y del H. Ayuntamiento de Solidaridad ([www.municipiosolidaridad.gob.mx](http://www.municipiosolidaridad.gob.mx)).

El documento también podrá ser consultado en los siguientes sitios:

**En Chetumal:**  
 Delegación de SEMARNAT en Chetumal. Av. Insurgentes # 445. Colonia Nagisterial. Tel. (983) 835 02 22/ 835 02 17/ 835 02 09/ 835 02 05

**SEDUMA.** Dirección General de Planeación y Política Ecológica Km. 2.9 Carretera Chetumal - Bacalar, Chetumal Quintana Roo. Tel. (983) 832 37 96/ 832 26 46/ 83227 57/ 832 24 29 ext. 130

**En Felipe Carrillo Puerto:**  
 Reserva de la Biosfera Sian Ka'an. Av. Constituyentes 813. Col. Jesús Martínez Ross.  
 Palacio Municipal H. Ayuntamiento Felipe Carrillo Puerto. Tel. (983) 83 404 49/ 83 400 45

**En Playa del Carmen:**  
 Dirección de Administración Urbana. Palacio Municipal. H. Ayto. Solidaridad Tel. (987) 87 305 40/ 87 700 50 ext. 2160

**En Cancún:**  
 En la Delegación de SEMARNAT. Dirección de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an. Boulevard Kukulcán Km. 4.8 Zona Hotelera. Tel. (998) 849 75 54

Los interesados en participar, deberán entregar sus comentarios y propuestas por escrito en las mismas direcciones de consulta arriba citadas.

Todas las propuestas recibidas hasta el día 24 de enero de 2001 a las 18:00 hrs. serán enviadas al Comité Técnico para su revisión, análisis y en su caso, su inclusión en la propuesta que será publicada en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo y el Diario Oficial de la Federación.

|                                                                    |                                                                           |                                                                           |                                                     |                                                          |
|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Ing. Jorge Morales C.<br>Secretaría SEDUMA<br>Cdo. del Edo. Q. Roo | Lic. Miguel R. Heredia A.<br>Presidente Municipal<br>H. Ayto. Solidaridad | Dr. Pedro Cruz Quintal<br>Presidente Municipal<br>H. Ayto. F. Carrillo P. | M. C. Luis Sánchez<br>Dir. SEMARNAT<br>Quintana Roo | Biol. Alfredo Arellano<br>Dir. R.B. Sian Ka'an<br>CONANP |
|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|

Para cumplir con estos objetivos, el Comité puede organizar los talleres a través de órganos de consulta permanentes relacionados con su actividad (organizaciones sociales y privadas, académicos y autoridades), mismos que tendrán

funciones de asesoría, evaluación y seguimiento de la política ambiental y que podrán emitir las opiniones y observaciones pertinentes.

### ***1.3 Atención a las observaciones de la consulta pública***

Las observaciones y modificaciones que sobre la propuesta del Programa de Ordenamiento Ecológico se emitan durante el proceso de consulta pública, deberán ser presentadas por escrito, estar fundamentadas con argumentos sólidos que permitan su adecuado análisis por parte del Comité de Ordenamiento Ecológico y se registrarán en la Bitácora Ambiental.

Cada observación o propuesta se responderá por escrito y por medios electrónicos en forma de un dictamen que indique los criterios utilizados para decidir si se acepta o rechaza, con el apoyo de las instancias que de manera conjunta señalen los gobiernos locales y el Comité. En los casos de opiniones procedentes se deberá describir la forma en que serán incorporadas al programa de Ordenamiento Ecológico.

## **2 DECRETO EN EL PERIÓDICO OFICIAL**

Una vez discutido y aprobado el Programa de Ordenamiento Ecológico, su publicación en el Periódico o Gaceta Oficial del estado se efectúa a través de un decreto que expide el ejecutivo (federal, estatal y/o municipal), apoyado en las leyes locales y sus reglamentos.

El decreto deberá especificar el fundamento jurídico y administrativo que sustenta al Programa de Ordenamiento Ecológico; los lineamientos técnicos básicos para decretarlo (problemática ambiental a resolver y objetivos a cumplir por el Programa de Ordenamiento Ecológico); sus productos y anexos de ejecución.

El proyecto de decreto será sometido a la consideración de la Secretaría de Gobierno del Estado y/o cabildo municipal, quien integrará lo conducente al marco jurídico local aplicable al Programa de Ordenamiento Ecológico

y recabará las firmas necesarias. Posteriormente, la autoridad competente solicitará al órgano de difusión oficial su publicación (la versión resumida del Programa de Ordenamiento Ecológico, los respectivos planos y demás documentos anexos). Finalmente se integrará al Sistema de Información Ambiental del estado y al Subsistema de Información del Ordenamiento Ecológico de la SEMARNAT. El Programa de Ordenamiento Ecológico, una vez decretado, se convierte de observancia obligatoria para las dependencias y entidades de la administración pública federal, estatal y municipal, y puede ser de observancia general para los sectores social y privado si es que este ordenamiento es de modalidad local.

La mayoría de las Entidades Federativas prevén además de la publicación oficial la inscripción del Programa de Ordenamiento Ecológico en el Registro Público de la Propiedad y el Comercio; con ello se ve reforzado su cumplimiento. El Programa de Ordenamiento Ecológico surtirá sus efectos legales a partir del día siguiente de su publicación. La Figura 6 muestra el ejemplo de publicación de un Decreto de Programa de Ordenamiento Ecológico.

FIGURA 6  
 DECRETO DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DE LÁZARO  
 CÁRDENAS, MICH.,  
 PUBLICADO EN EL PERIÓDICO OFICIAL DEL ESTADO.

|                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
|  | <p><b>PERIÓDICO OFICIAL</b><br/> <b>DEL GOBIERNO CONSTITUCIONAL DEL ESTADO</b><br/> <b>DE MICHOACÁN DE OCAMPO</b><br/>         FUNDADO EN 1867</p> <p><small>Las leyes y demás disposiciones son de observancia obligatoria por el sólo hecho de publicarse en este periódico. Registrado como artículo de 2a. clase el 28 de noviembre de 1931.</small></p> <p><b>Director: Arturo Hernández Tovar</b></p> |                                       |
| Pina Suárez # 154,<br>Centro Histórico, C.P. 88000                                | <b>SEGUNDA SECCIÓN</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Tel. 7 844: 3-12-32-33,<br>3-17-66-84 |
| TOMO CXXXI                                                                        | Morelia, Mich., Jueves 7 de Agosto del 2003                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | NUM. 53                               |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ÍNDICE</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>PODEREJECUTIVO DEL ESTADO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <p><b>LÁZARO CÁRDENAS BATEL</b>, Gobernador Constitucional del Estado Libre y Soberano de Michoacán de Ocampo, en ejercicio de las facultades que al Ejecutivo a mi cargo confieren los artículos 60, fracción XXII, de la Constitución Política del Estado, 19 bis, 20 bis-2 y 20 bis-3, de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, 1º, 25, 26 y 27, de la Ley de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado, 2º, 3º y 16, de la Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado, y,</p> <p style="text-align: center;"><b>CONSIDERANDO</b></p> <p>Que el Municipio de Lázaro Cárdenas, Michoacán de Ocampo, es un territorio con gran diversidad en fauna silvestre, vegetación, sistemas lagunares, costeros y estuarios, propicios para la actividad pesquera, además de ser considerado un polo de desarrollo industrial y portuario con rápido crecimiento en su zona urbana, con prioridad de conservación y preservación de carácter ambiental, necesario para lograr un desarrollo sustentable.</p> <p>Que para proporcionar un bienestar tanto a la población urbana, como rural y se logren beneficios óptimos para el desarrollo económico de la región, se requiere revertir el deterioro de los recursos naturales y dar solución a problemas ambientales, como lo son el agotamiento de los acuíferos, la contaminación de los cuerpos de agua superficiales, del aire y suelo, la deforestación, erosión y pérdida de la biodiversidad, los que se han agravado en las últimas décadas, requiriéndose por tanto, de la</p> | <p>implementación de medidas de remediación y restauración.</p> <p>Que de acuerdo a lo establecido por el artículo 20, Bis-2, de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, los gobiernos de los estados y del Distrito Federal, en términos de las leyes locales, podrán formular y expedir programas de ordenamiento ecológico regional, que abarquen la totalidad o una parte del territorio de una entidad federativa.</p> <p>Que el Plan Estatal de Desarrollo, Michoacán 2003-2008, establece que el Ordenamiento Ecológico del Territorio debe ser el principal instrumento de toda política ambiental, para inducir y regular el uso adecuado de los recursos naturales.</p> <p>Que el Ordenamiento Ecológico del Territorio tendrá como propósito fomentar el uso adecuado del suelo, esencialmente en su vocación ambiental y productiva, incrementando su reconversión y el cambio tecnológico hacia sistemas de producción sustentable.</p> <p>Que por lo anteriormente expuesto tengo a bien emitir el siguiente Decreto por el que se establece el:</p> <p style="text-align: center;"><b>ORDENAMIENTO ECOLÓGICO REGIONAL DE LA ZONA INDUSTRIAL Y PORTUARIA DEL LÁZARO CÁRDENAS, MICHOACÁN DE OCAMPO</b></p> <p style="text-align: center;"><b>CAPÍTULO PRIMERO</b></p> |



### III. EJECUCIÓN

La ejecución es poner en práctica el Programa de Ordenamiento Ecológico una vez decretado para apoyar la toma de decisiones. Las principales acciones a desarrollar en esta fase son: la instrumentación de las estrategias ecológicas; la coordinación de acciones sectoriales con otras instancias e instrumentos de planeación territorial; la difusión de la información mediante diversos mecanismos y el apoyo y asesoría a los estados y municipios.

#### 1 INSTRUMENTACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS ECOLÓGICAS

Esta fase tiene por objeto promover la aplicación de las acciones, proyectos y programas identificados en las estrategias ecológicas para resolver y prevenir conflictos ambientales y lograr los lineamientos ecológicos. Por otro lado, también tiene la finalidad de emitir recomendaciones para promover que se incluyan las estrategias ecológicas en la ejecución de planes, programas y acciones de los distintos sectores de gobierno.

#### 2 COORDINACIÓN DE ACCIONES SECTORIALES

Siendo el Programa de Ordenamiento Ecológico el marco de referencia de la planeación territorial, cuyo propósito es orientar de manera coordinada y

vinculada el desarrollo de la región, es importante a) Promover acuerdos de coordinación para orientar un patrón de ocupación territorial que maximice el consenso y minimice el conflicto entre los sectores representados en la Comisión; y b) Promover la suscripción de convenios de coordinación y concertación con las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, los gobiernos locales y los grupos y sectores involucrados. Entre otros, los siguientes:

## **2.1 *Impacto Ambiental***

A través de su análisis regional en la identificación y evaluación de los posibles impactos acumulativos y multiplicadores que puedan causar desequilibrios ecológicos por el desarrollo de proyectos, obras o actividades puntuales y en la toma de decisiones hacia el establecimiento de los sitios adecuados para su desarrollo.

## **2.2 *Áreas Naturales Protegidas (ANP)***

Se hacen compatibles los Planes de Manejo con los Programas de Ordenamiento Ecológico para asegurar la conservación de ecosistemas y recursos naturales al interior y más allá de los límites de las ANP. Con ello se reduce la presión en las ANP y se ofrecen oportunidades de organización productiva a la población.

## **2.3 *Regulación de la Vida Silvestre***

Orienta hacia una adecuada ubicación de las Unidades de Manejo y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre, así como para el aprovechamiento de especies de flora y fauna silvestre y acuática.

## **2.4 *Ordenamiento Pesquero y Acuicultura Ordenada***

Promueve la identificación de los sitios con mayor potencial productivo pesquero y de acuicultura e incorpora criterios ambientales con el fin de garantizar el rendimiento continuo de la producción y su menor deterioro.

## **2.5    *Protección de Zonas Costeras***

Genera propuestas integrales en estas zonas de interfase mar-tierra en las que se manifiesta gran dinamismo. Atiende los impactos provocados por las actividades humanas y el medio natural, regula los aprovechamientos productivos, establece mecanismos de inspección y vigilancia y mantiene un monitoreo ambiental para el adecuado uso, manejo y administración de dichas zonas.

## **2.6    *Desarrollo Urbano***

Promueve un desarrollo urbano-regional basado en criterios de sustentabilidad, al generar un marco de congruencia entre política ambiental y desarrollo urbano que induzca la creación de reservas territoriales y la localización de actividades productivas y comerciales con una lógica de sustentabilidad.

## **2.7    *Inspección y vigilancia***

La expedición del Programa de Ordenamiento Ecológico de competencia federal da atribuciones a la PROFEPA para que esta lleve a cabo la inspección y vigilancia del cumplimiento de los programas de Ordenamiento Ecológico, en las materias de competencia federal, de conformidad con el Reglamento y apoyada en los convenios que con este fin se suscriban. De esta manera, la Procuraduría, podrá convenir con los gobiernos de los estados, el Distrito Federal, sus municipios y sus delegaciones, respectivamente, la participación en los actos de inspección y vigilancia de los Procesos de Ordenamiento Ecológico regionales y locales. En el caso de los programas de Ordenamiento Ecológico Marino, la Secretaría de Marina coadyuvará en las acciones de inspección y vigilancia.

La inspección y vigilancia que realiza la Procuraduría constituyen importantes aportaciones a las fases de ejecución, seguimiento, evaluación y modificación de las disposiciones del Programa de Ordenamiento Ecológico, a través de la emisión de recomendaciones y dictámenes técnicos.

### 3 DIFUSIÓN Y ACCESO A LA INFORMACIÓN DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO

Una vez aprobado y publicado el Programa de Ordenamiento Ecológico, es necesario difundirlo a través de periódicos de amplia circulación en la región y poner la información a disposición de la sociedad a través de una página Web u otros medios locales.

La difusión y el acceso a la información permiten satisfacer la demanda de una interfase de comunicación entre los tomadores de decisión y la sociedad para que ésta participe en la vigilancia del cumplimiento de los lineamientos y estrategias ecológicas, a través de acciones tales como:

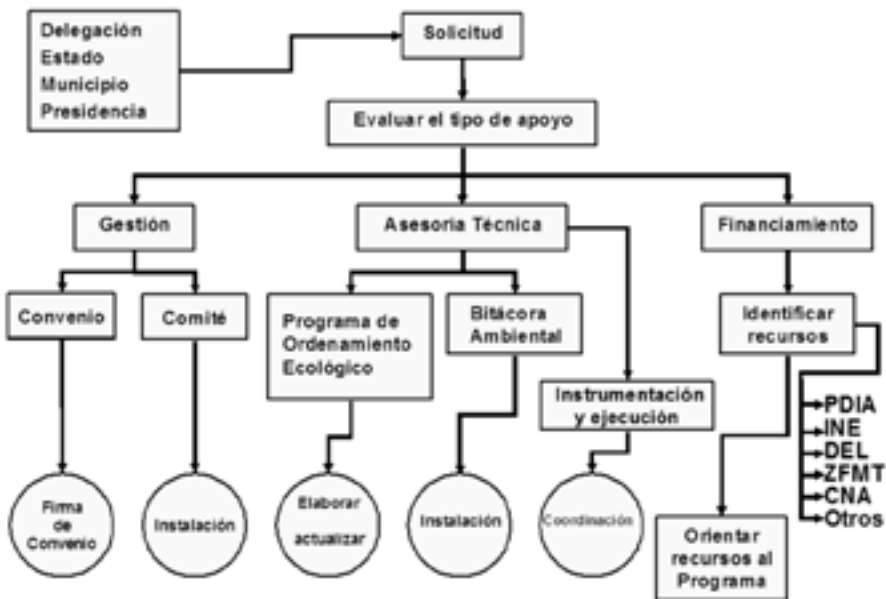
- Consulta de bases de datos con información actualizada y confiable del ámbito regional y local;
- Retroalimentación ágil y recolección de información básica;
- Ajuste oportuno de lineamientos y estrategias ecológicas conforme evolucionan los intereses de los sectores y los ecosistemas;
- Vigilancia eficiente del desempeño de actividades orientadas al cumplimiento de objetivos ambientales;
- Rendición de cuentas claras y transparentes en la realización de acciones y demanda del cumplimiento de compromisos; y
- Negociación del costo ambiental de manera justa y con equidad para alcanzar resultados aceptables con un fundamento técnico suficiente y con información de calidad.

La aplicación de acciones y el seguimiento del Proceso de Ordenamiento Ecológico se coordinan a través de la asignación de responsables para cada actividad emprendida. La renovación de representantes sectoriales y funcionarios públicos, así como la temporalidad de los objetivos de las administraciones federales, estatales y municipales fijan plazos de tres a seis años que es necesario considerar si se desea la continuidad del Proceso de Ordenamiento Ecológico a largo plazo.

## 4 APOYO Y ASESORÍA A ESTADOS Y MUNICIPIOS.

La LEGEPA y el Reglamento contienen disposiciones que prevén la coordinación necesaria para que el Gobierno Federal fomente y apoye los procesos de Ordenamiento Ecológico de competencia estatal y municipal sin menoscabo de sus atribuciones. Es a través del fomento y el apoyo institucional, que se puede incidir de manera coordinada en aspectos técnicos, administrativos, financieros y legales para fortalecer las capacidades ambientales de estados y municipios (Figura 7).

**FIGURA 7**  
**APOYO DE SEMARNAT A LOS PROCESOS DE ORDENAMIENTO**  
**ECOLÓGICO DE COMPETENCIA ESTATAL Y MUNICIPAL.**



La SEMARNAT evalúa, con base en las atribuciones y facultades que la legislación le confiere, la posibilidad de participar en los Procesos de Ordenamiento Ecológico que promuevan los estados y municipios mediante la celebración de convenios y participación en sus Comités.

En cuanto a la asesoría técnica, apoya en la formulación y actualización de los POE; en el diseño, instalación y operación de la Bitácora Ambiental, en la formación de cuadros técnicos, así como en el acompañamiento de las Fases de Instrumentación y Ejecución.

## IV. EVALUACIÓN

La evaluación es una de las etapas más importantes del Proceso de Ordenamiento Ecológico, pues como lo establece el Reglamento de la LGEEPA en Materia de Ordenamiento Ecológico, está orientada a valorar dos cuestiones: 1) el grado de cumplimiento de los acuerdos asumidos en el Proceso de Ordenamiento Ecológico y 2) el grado de cumplimiento y efectividad de los lineamientos y estrategias ecológicas en la solución de los conflictos ambientales. En este capítulo se describirán los pasos para realizar los dos tipos de evaluaciones y además se verá como organizar e integrar los resultados de la evaluación en la Bitácora Ambiental.

### 1 EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE ACUERDOS

Para realizar la evaluación del grado de cumplimiento de los acuerdos del Proceso de Ordenamiento Ecológico no es necesario contar con un Programa de Ordenamiento Ecológico decretado, ya que el objetivo es tener una memoria histórica de las decisiones tomadas, los antecedentes técnicos, los argumentos que respaldaron la toma de decisiones, los compromisos, sus responsables y el cumplimiento de los mismos. Esta evaluación puede realizarse en cualquiera de las fases del Proceso de Ordenamiento Ecológico, ya sea en la formulación, la expedición, la ejecución, la evaluación o la modificación. Se sugieren los siguientes pasos para llevar a cabo esta evaluación:

La evaluación de los compromisos y acciones se hace en términos de su cumplimiento, ya que su realización puede ser fundamental para el éxito del ordenamiento y sin embargo no tener ningún efecto directo sobre indicador ambiental alguno. Un ejemplo, es el compromiso de instalar el Comité, el de fortalecer la estructura de gestión ambiental o el de informar mensualmente a la ciudadanía sobre el avance del Proceso de Ordenamiento Ecológico. Las acciones, al igual que los compromisos, deben ser evaluadas de un modo más específico, en función de su cumplimiento o del grado de avance en su ejecución.

La evaluación del cumplimiento de compromisos es, en general, más sencilla que la de los lineamientos y las estrategias ecológicas. De hecho, esta evaluación no es una función realizada por la Bitácora Ambiental, sino por los encargados de realizar las acciones y de sus supervisores. Ellos son quienes pueden decir si una tarea ha sido concluida o no, o cuál es el grado de avance y los obstáculos que se presentan para su realización.

Esta fase se realiza a través de consultas a las bases de datos o a una matriz de evaluación, para conocer el valor de los campos relacionados con el avance del compromiso, el responsable de su cumplimiento y la fecha prevista para su cumplimiento. Existen numerosas consultas e indicadores de esfuerzo (tiempo o recurso invertidos en una tarea) o de avance, que pueden desarrollarse según las características del ordenamiento, la estructura destinada a su gestión y la participación de otros sectores. El requisito más importante, es el de contar con la información necesaria para realizar estas operaciones y que puede cumplirse con la estructura de base de datos propuesta.

La evaluación y seguimiento del ordenamiento no es sólo una función automática, propia del sistema de la Bitácora Ambiental, sino una actividad desarrollada por la autoridad ambiental y por el Comité de ordenamiento, que aprovecha los resultados generados por la Bitácora Ambiental, particularmente el cumplimiento de objetivos y de compromisos, para determinar si los criterios de manejo son adecuados y si se cumplen las expectativas de los diferentes sectores. Esta evaluación está imbricada en el Proceso de Ordenamiento Ecológico y sirve para alimentarlo con información de alta calidad en sus procesos de adaptación. No es posible automatizar todos los aspectos de esta evaluación; si bien en este proceso se aplican las herramientas utilizadas

para generar el programa de ordenamiento, resulta evidente que no existen algoritmos capaces de reemplazar la voluntad, la concertación y el ejercicio analítico que los actores del Proceso de Ordenamiento Ecológico pueden aplicar. A continuación se explican los pasos para lograr esta evaluación.

### 1.1 Registro de los compromisos

Registrar los compromisos adquiridos por los integrantes del Comité de Ordenamiento Ecológico, particularmente los que se tomen en las sesiones del Comité e incluirlos en una matriz de Evaluación y Seguimiento de la Bitácora Ambiental y en gráficas que permitan ver rápidamente su cumplimiento. Un ejemplo de las matrices se presenta en la Figura 8. Otros ejemplos se pueden consultar en la sección “Evaluación y Monitoreo” de las Bitácoras Ambientales que administra la SEMARNAT ([www.semarnat.gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx) en la sección de Ordenamiento Ecológico).

FIGURA 8

MATRIZ DE EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO DE LA BITÁCORA AMBIENTAL  
DEL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DE LA REGIÓN MARIPOSA MONARCA.

|    | Acuerdos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Clase    | Responsable                    | Fecha Límite | FECHAS DE EVALUACIÓN | Observaciones                                                                                                                                                                                                                    |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------------------------------|--------------|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | <b>Seguimiento de los Acuerdos en Sesión del Comité de Ordenamiento Ecológico de la Región Mariposa Monarca</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |                                |              |                      |                                                                                                                                                                                                                                  |
| 2  | <b>1a Sesión Plenaria</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |          |                                |              |                      |                                                                                                                                                                                                                                  |
| 3  | <b>18 de noviembre de 2005</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |                                |              |                      |                                                                                                                                                                                                                                  |
| 4  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |                                |              |                      |                                                                                                                                                                                                                                  |
| 5  | SEMARFUT atendió a la primera sesión del Consejo de Desarrollo Rural Sustentable convocada para el 20 de noviembre del presente año. El propósito es hacer la instalación formal a los Municipios de Intendencia para que asuman su rol de construcción del Modelo de Ordenamiento Ecológico. El caso del Estado de México, el Lic. Gerardo Sanz a la SEDAGRO, informó al Gobierno del Estado la fecha de la primera sesión del Consejo para asistir con el mismo propósito que en Michoacán. | SP-15-A1 | SEMARFUT                       | 30 Mayo-05   |                      | En el caso de la presentación del 20 de noviembre en Michoacán, asistió el Ing. Luis Enrique Rivera de la Coordinación en el Estado.<br><br>En el caso del Estado de Hidalgo no se han programado fechas de reunión del Consejo. |
| 6  | SEMARFUT envió por correo electrónico los archivos digitales del constitutivo a todos los señores a taller pafos ya comprometidos a enviar sus comentarios a más tarde el 25 de noviembre del presente.                                                                                                                                                                                                                                                                                       | SP-15-A2 | ODFARIS Comité                 | 25 Mayo-05   |                      | La Seng. Santa Cruz envió el correo electrónico el 23 de noviembre de 2005.<br>No se recibieron comentarios.                                                                                                                     |
| 7  | Una Subcomisión de los Estados de Hidalgo y Michoacán harán llegar al señores a los Municipios que forman parte de la Región de Ordenamiento Ecológico, el acta de Instalación y el Reglamento Interno.                                                                                                                                                                                                                                                                                       | SP-15-A3 | Sub. Eds. Mex y Sub. Eds. Hido | Sin fecha    |                      | La Seng. Santa Cruz envió la información por correo electrónico el día 27 de noviembre de 2005 para que los Señ. De los Estados la distribuyan.                                                                                  |
| 8  | La primera sesión del Comité se llevará a cabo en el mes de febrero del 2006. Oportunamente se les informará la Seng. por la fecha de la sesión.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | SP-15-A4 | Presidencia del Comité         | 31 Feb-06    |                      | Se programó para el mes de marzo.                                                                                                                                                                                                |
| 9  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |                                |              |                      |                                                                                                                                                                                                                                  |
| 10 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |                                |              |                      |                                                                                                                                                                                                                                  |
| 11 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |                                |              |                      |                                                                                                                                                                                                                                  |
| 12 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |                                |              |                      |                                                                                                                                                                                                                                  |
| 13 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |                                |              |                      |                                                                                                                                                                                                                                  |
| 14 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |                                |              |                      |                                                                                                                                                                                                                                  |
| 15 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |                                |              |                      |                                                                                                                                                                                                                                  |

Por otro lado, si los compromisos se registran en minutas, éstas se deberán incluir en la sección respectiva del acta de la sesión. También, se pueden registrar otros tipos de compromisos, como por ejemplo, los que se deriven del Convenio de Coordinación. De hecho, este documento contendría los primeros compromisos formales de cualquier Proceso de Ordenamiento Ecológico.

## **1.2    *Verificar el cumplimiento de los compromisos***

### **1.2.1        *Establecer plazos de revisión***

En este caso es conveniente establecer un plazo de revisión que estará en función de la cantidad de sesiones del Comité. De esta manera, si el Comité sesiona frecuentemente, la verificación podría ser mensual, mientras que si sesiona con poca frecuencia podría ser trimestral o semestre.

### **1.2.2        *Asignar responsables.***

Por otro lado, también es importante verificar que no existan tareas sin responsables, o bien personas con un exceso de responsabilidades. Esto es importante para poder lograr el cumplimiento de los compromisos.

## **1.3    *Evaluar el grado de cumplimiento de los compromisos***

### **1.3.1        *Registro de compromisos cumplidos***

Mantener un registro de los compromisos cumplidos, parcialmente cumplidos o concluidos y evaluar su eficiencia comparando fechas previstas y reales de terminación. Además, se deberá registrar quien es el responsable del compromiso.

### **1.3.2        *Control***

Mantener un control de los proyectos y programas, sus objetivos, alcances, avance y resultados.

### 1.3.3 Evaluación del desempeño de responsables

Evaluar el desempeño de funcionarios, instituciones y otros participantes, a través de la eficiencia en la ejecución de las acciones, estrategias, programas, proyectos y compromisos que les son asignados.

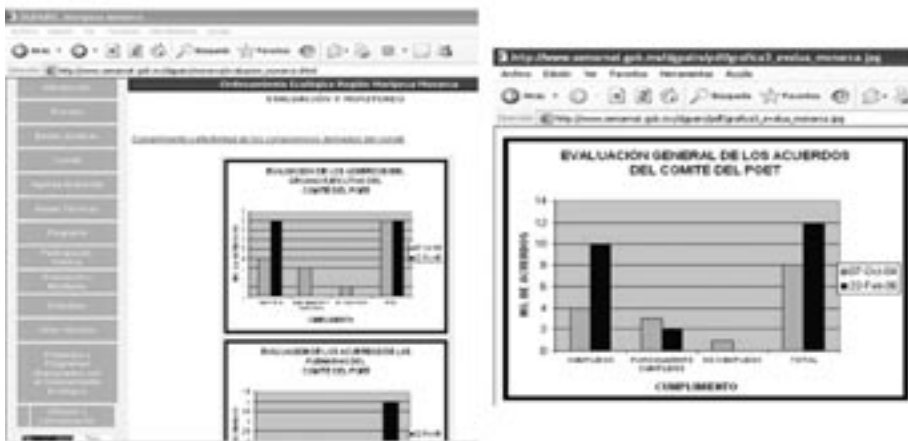
### 1.3.4 Evaluación de eficacia

Definir en qué medida el éxito o fracaso de una estrategia se debe a su diseño o a la eficiencia en su ejecución, para evaluar mejor su eficacia.

## 1.4 Incluir los resultados de la evaluación en la Bitácora Ambiental

Una forma de presentar los resultados de la evaluación de manera sencilla es a través de gráficas que muestren el grado de cumplimiento de los acuerdos y los periodos de evaluación. Un ejemplo de ello se puede ver en la Figura 9.

FIGURA 9  
GRÁFICAS DE LOS RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO DE  
LA BITÁCORA AMBIENTAL DEL  
ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DE LA REGIÓN MARIPOSA MONARCA.



## 2 EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO Y EFECTIVIDAD DE LINEAMIENTOS Y ESTRATEGIAS ECOLÓGICAS

Para realizar la evaluación del grado de cumplimiento y efectividad de los lineamientos y estrategias ecológicas es necesario contar con un programa de Ordenamiento Ecológico ya expedido, pues se requiere de cierta información básica, como los lineamientos y las estrategias ecológicas. Esta evaluación consiste básicamente en determinar el cumplimiento y efectividad de las estrategias adoptadas, para cumplir con los objetivos y los lineamientos ecológicos en cada UGA. Esta es una medida de la utilidad del ordenamiento para resolver o reducir los problemas ambientales en su ámbito de acción.

A continuación se explican los pasos para lograr esta evaluación (un ejemplo de este tipo de evaluación se puede consultar en el Anexo 8).

### 2.1 *Información básica*

Contar con la información básica es primordial ya que, por un lado, representa el punto de partida de la evaluación y, por otro, define el tipo de indicadores que se requieren. En general, el punto de partida pueden ser las políticas, los lineamientos ecológicos, los usos del suelo y/o los criterios ecológicos.

- Verificar que se cuente con Lineamientos Ecológicos claros y mesurables. El lineamiento ecológico es la meta o enunciado general que refleja el estado ambiental deseado en una unidad de gestión ambiental. Si el Ordenamiento Ecológico no cuenta con lineamientos ecológicos, lo cual es muy probable pues la mayoría de los ordenamientos decretados son anteriores al Reglamento, se pueden construir a partir de otros elementos parecidos, como las políticas ambientales, los criterios ecológicos u otros componentes que expresen de alguna manera las metas o fines que se quieren lograr en el área de estudio en cuestión. Como referencia, las metas se pueden construir de tal manera que reflejen tres situaciones deseadas: 1) mantener en la misma

situación el estado del objeto de interés (que puede ser una especie, un ecosistema, un paisaje, un sistema de aprovechamiento, etc; 2) incrementar la condición favorable del objeto de interés, y 3) disminuir la condición desfavorable del objeto de interés.

- En el caso de las políticas, que se incluyen en prácticamente todos los ordenamientos ecológicos, habría que especificar con más detalle el objeto de ellas. Por ejemplo: el aprovechamiento de qué; la preservación de qué; la restauración de qué; la protección de qué. Por ejemplo, en este último caso, habría que especificar un objeto de protección. Éste podría ser una especie carismática (la mariposa monarca), un ecosistema (manglares) o regiones (áreas naturales protegidas).

En el caso de la mariposa monarca, el lineamiento podría ser “mantener las 100,000 hectáreas del hábitat de la mariposa monarca en el estado en que se encuentran actualmente”. En el caso de que la política sea restauración (y que el diagnóstico indique degradación), entonces el lineamiento podría ser “incrementar la calidad del hábitat de la mariposa monarca en las 100,000 ha que existen actualmente”. O también, podría crearse un lineamiento de protección relacionado con “disminuir las fuentes de presión que afectan a las 100,000 ha del hábitat de la mariposa monarca”.

- Los lineamientos también pueden construirse a partir de los conflictos ambientales, los cuales, por definición son la concurrencia de actividades incompatibles en un área determinada. En este caso, los lineamientos estarían relacionados con la meta de “disminución”. Por ejemplo, “disminuir el conflicto existente entre la agricultura y la conservación en las unidades de gestión ambiental, A, B y C que abarcan 50,000 ha; “disminuir el conflicto existente entre el uso pecuario y la conservación de bienes y servicios ambientales en las unidades de gestión ambiental D, E, F que abarcan 10,000 ha”.
- Finalmente, como lo dice la definición de lineamiento ecológico, debe existir una relación espacial de la meta con las unidades de

gestión ambiental, es decir en qué partes del territorio se debe aumentar, mantener o disminuir el estado del objeto de interés.

- Verificar que las Estrategias Ecológicas cuenten con Objetivos Específicos claros y medibles. Los objetivos son precisiones de los lineamientos ecológicos y además le agregan la dimensión cuantificable y temporal. En el ejemplo de “incrementar la calidad del hábitat de la mariposa monarca en las 100,000 ha que existen actualmente”, habría que definir cómo es la calidad del hábitat que se quiere y en cuanto tiempo se logrará esa calidad. Como la calidad del hábitat puede estar relacionada con varios factores, pueden existir varios objetivos específicos. Así, uno de los objetivos específicos podría ser “incrementar la cobertura boscosa a 150,000 ha en 5 años (suponiendo que el incremento significa una mejora considerable del estado del hábitat y que esto es posible en 5 años). Otro objetivo relacionado podría ser “disminuir la concentración de los contaminantes en los 10 arroyos principales de la región de la mariposa monarca en 2 años”.

Para el ejemplo del lineamiento ecológico relacionado con el conflicto ambiental “disminuir el conflicto existente entre la agricultura y la conservación en las unidades de gestión ambiental, A, B y C”, su objetivo específico podría ser: “disminuir el conflicto existente entre la agricultura y la conservación en las unidades de gestión ambiental, A, B y C que abarcan 50,000 ha en 1 año”

- Verificar que las Estrategias Ecológicas cuenten con las acciones, los proyectos, los programas y los responsables de su realización dirigida al logro de los lineamientos ecológicos aplicables en el área de estudio. En este caso, es necesario además, contar con vínculos claros que permitan conocer cuáles de las estrategias sirven para alcanzar los objetivos específicos y cuáles de éstos sirven para lograr los lineamientos ecológicos. De esta manera se podrá saber si hay objetivos específicos o lineamientos ecológicos “huérfanos”. Se puede dar el caso que lineamiento ecológico no tenga asignada ninguna estrategia.

## 2.2 *Construcción de los indicadores ambientales*

El conjunto de indicadores seleccionado, debe proporcionar una imagen clara de las condiciones del ambiente y del territorio, para conocer cuánto difieren de los objetivos o lineamientos ecológicos establecidos en cada UGA. Partiendo de la suposición básica de que éstos últimos se han diseñado para resolver los problemas ambientales más relevantes, se deben seleccionar aquellos indicadores que reflejen mejor el efecto producido por las acciones emprendidas, para distinguirlo del generado por otros estímulos o presiones. Es decir que, en general, para tener una visión clara del estado del ambiente se requiere de conocer el estado de varios indicadores ambientales a la vez, que reflejan el grado de éxito logrado por el objetivo.

En algunos casos, lograr lo establecido por un lineamiento puede requerir de una sola acción y la evaluación puede hacerse a través de un solo indicador, pero ambos deben plantearse en términos de un objetivo, en la medida de lo posible. Esto es importante no sólo para cumplir con lo establecido en el reglamento de ordenamiento, sino por razones técnicas, para mantener una estructura y unos procedimientos consistentes. Cuando esto no sea práctico, es posible modificar la estructura de la tabla del indicador, para que haga referencia a una acción en lugar de un objetivo y se diseña una consulta específica para evaluar la eficacia de la acción.

- Verificar que los indicadores sirvan para evaluar alguno o varios de los componentes del programa de Ordenamiento Ecológico:
  - Si se están logrando o no las políticas, los lineamientos ecológicos y los objetivos específicos.
  - Si se están respetando los usos de suelo asignados a las unidades de gestión ambiental.
  - Si se están llevando a cabo o no las estrategias ecológicas (cumplimiento), incluyendo si los criterios ecológicos se están cumpliendo o no y si son efectivos o no.
  - Si las estrategias ecológicas están sirviendo o no para resolver los conflictos ambientales y para lograr los lineamientos ecológicos (efectividad); puede que se estén cumpliendo las estrategias pero no sirvan para resolver el conflicto.

- Verificar que los indicadores cuenten ciertas características básicas. Éstas se pueden consultar en la página de la SEMARNAT en la sección de Indicadores Básicos de Desempeño Ambiental de 2005/Sección de Información Ambiental ([www.semarnat.gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx)).
- Verificar que los indicadores incluyan sus Metadatos (Anexo 4).

### 2.3 Establecer mecanismos administrativos relacionados con los indicadores

- Definir quién y en qué periodos se llevará a cabo la recopilación de los datos de los indicadores.
- Definir cada cuándo se evaluará el programa, los índices o métodos de evaluación y tecnologías a utilizar.
- Definir el procedimiento para incorporar información de los indicadores ambientales a la Bitácora Ambiental. Un ejemplo de un procedimiento se puede ver en la Figura 10.

FIGURA 10.

PROCEDIMIENTO PARA INCORPORAR INFORMACIÓN DE LOS INDICADORES AMBIENTALES A LA BITÁCORA AMBIENTAL.



## **2.4 Integrar los datos de los indicadores a una base de datos**

La base de datos utiliza las tablas asociadas con el mapa del modelo de Ordenamiento Ecológico y con mapas temáticos, ya sea a través de un vínculo externo o incorporando copias de ellas como tablas locales. Además, contiene una serie de tablas no provenientes del SIG pero vinculadas con él y que se actualizan automáticamente en ambos componentes (SIG y base de datos); el único requisito es que deben existir reglas para establecer la nomenclatura y/o estructura y para disminuir la fragilidad de la Bitácora Ambiental ante fallas del sistema. Tanto la tabla del modelo de ordenamiento como las de otros mapas generados en el SIG, generalmente deben ser editadas dentro de éste para darles la estructura adecuada. Si su estructura se modifica externamente (p. ej. desde la base de datos), pueden perder su funcionalidad o dejar de mantener los vínculos adecuados con los polígonos de los mapas.

Para manejar las tablas, se requiere de un programa capaz de gestionar bases de datos relacionales, es decir, que permita asociar funcionalmente campos de diferentes tablas y establecer relaciones específicas entre ellas (Figura 11), por ejemplo, para garantizar la integridad de los datos y conectarlos de modo inequívoco. Aunque los procedimientos de unión, cálculo, selección y consulta de los datos (Figura 12) pueden realizarse de modo manual por medio de una hoja de cálculo, el trabajo es tedioso y aumenta la probabilidad de cometer errores de captura o de aplicar una operación incorrecta a un gran volumen de datos, sin notarlo. En todo caso, el costo y la dificultad de operación de sistemas de gestión de bases de datos (DBMS) suficientemente capaces, como Access, FoxPro o SQL Server no son significativamente mayores que los de una hoja de cálculo. Un ejemplo del uso de bases de datos en ACCESS se puede ver en el ANEXO 9, mientras que las características de las bases de datos se pueden consultar en el ANEXO 10.

FIGURA 11.  
EJEMPLO DE LA ESTRUCTURA DE BASES DE DATOS EN ACCESS.

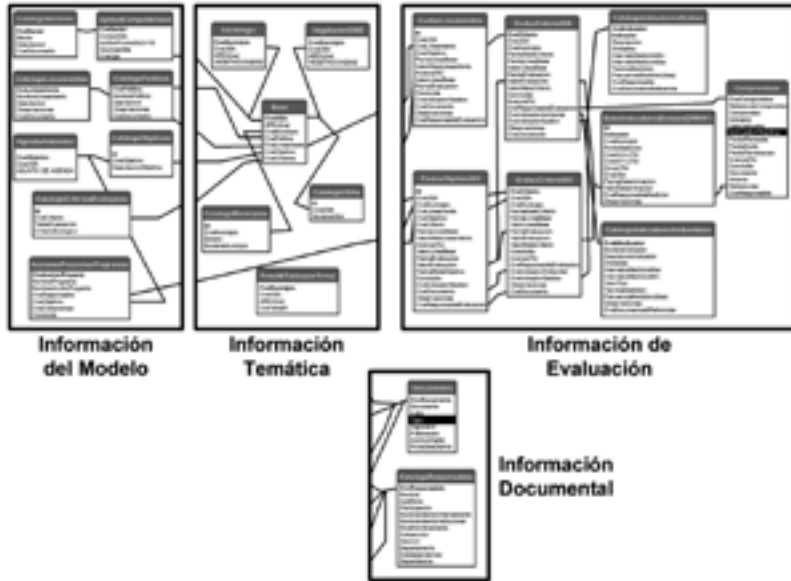
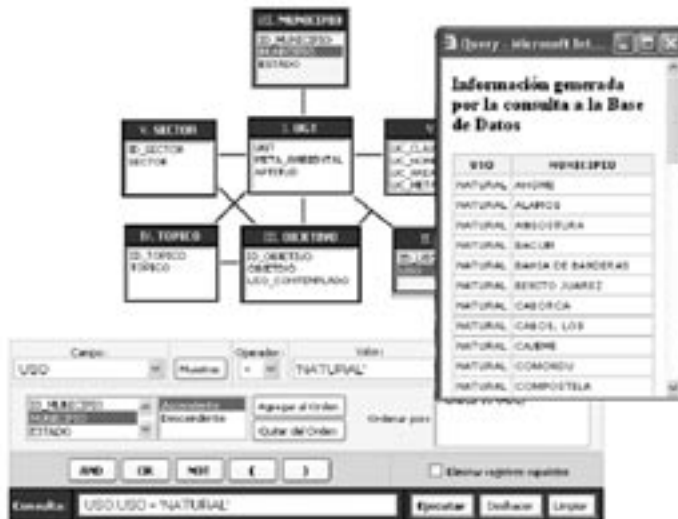


FIGURA 12.  
EJEMPLO DE LA ESTRUCTURA DE UNA BASE DE DATOS Y LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE SU CONSULTA.



## 2.5 *Evaluación a partir de los indicadores*

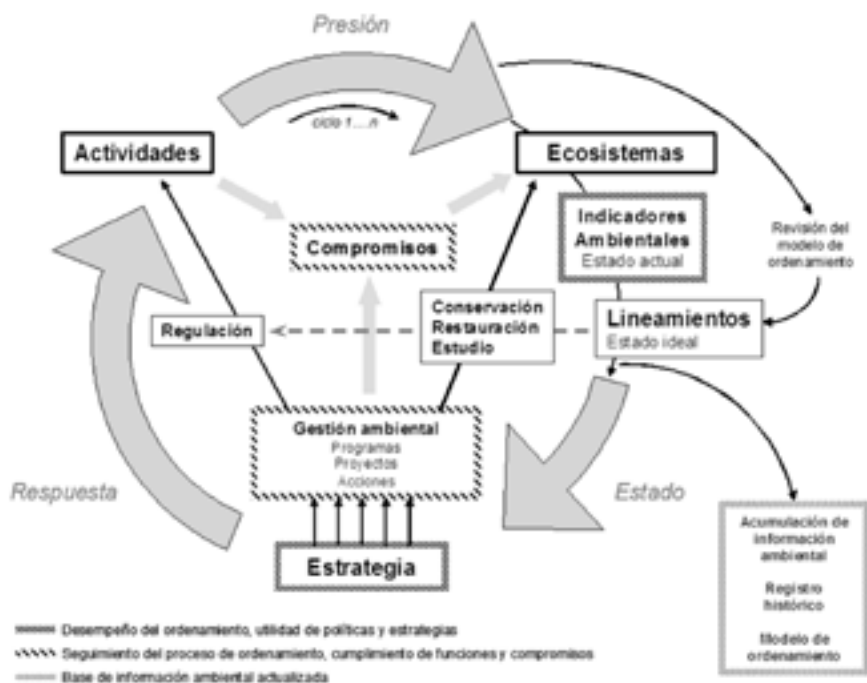
La Figura 13 representa de modo esquemático el ciclo de evaluación del Proceso de Ordenamiento Ecológico por medio de la Bitácora Ambiental, mostrando los dos principales mecanismos que utiliza. Como puede observarse, este esquema representa las relaciones que se forman entre el ordenamiento y el ambiente, como un modelo de Presión-Estado-Respuesta. La presión proviene de un sistema externo, constituido por las actividades humanas, el estado por el comportamiento del ecosistema y otros factores, que en condiciones ideales es modulado por las disposiciones del ordenamiento y por la participación y compromiso de los sectores involucrados en el Proceso de Ordenamiento Ecológico (respuesta).

El estado de las variables y atributos ambientales relevantes es definido a partir de los indicadores ambientales, en tanto que la respuesta se ejerce a través de la aplicación de las estrategias adoptadas. En el esquema pueden identificarse los elementos que deben considerarse para evaluar el Proceso de Ordenamiento Ecológico.

Un ejemplo de este tipo de evaluación se puede consultar en el ANEXO 8.

FIGURA 13.

ESQUEMA GENERAL DE UN CICLO DE OPERACIÓN DEL ORDENAMIENTO, QUE MUESTRA LAS FUNCIONES DE EVALUACIÓN Y REGISTRO DE INFORMACIÓN DE LA BITÁCORA AMBIENTAL. LOS ELEMENTOS CLAVE UTILIZADOS PARA LA EVALUACIÓN SE MUESTRAN ENFATIZADOS.



## 2.6 Reporte de los resultados de la evaluación y su registro en la Bitácora Ambiental

Al igual que la evaluación de los compromisos y acuerdos, los resultados de la evaluación de los lineamientos y estrategias, también se deben incluir en un reporte y posteriormente ingresarlo a la Bitácora Ambiental. Además, también es importante buscar otros medios de difusión del reporte de tal manera que se puede distribuir entre la población que no tiene acceso a internet. En este caso se pueden elaborar folletos que se distribuyan entre las diferentes dependencias que participan en el Proceso de Ordenamiento Ecológico.

### 3 BITÁCORA AMBIENTAL

De acuerdo con el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Ordenamiento Ecológico, la Bitácora Ambiental es la herramienta para registrar los avances del Proceso de Ordenamiento Ecológico. La Bitácora Ambiental incluye información de todas las etapas del Proceso de Ordenamiento Ecológico, desde la fase de formulación hasta la etapa de modificación (Figura 14). En términos generales, una bitácora es un registro detallado de las acciones realizadas para lograr un objetivo determinado y del resultado que producen. A través de ella es posible conocer la secuencia de sucesos y las condiciones en que se desarrollaron - incluyendo las eventualidades y obstáculos- para alcanzar el logro del objetivo.

Mantener una Bitácora Ambiental sirve para varios propósitos. En primer término, sirve para comunicar a otros los pormenores del Proceso de Ordenamiento Ecológico, de modo que puedan juzgar si se procedió de acuerdo con lo planeado y qué criterios se utilizaron, así como para comprender los factores que intervinieron para que no se cumpliera el objetivo, de ser éste el caso. Sirve también para determinar el avance y acumular experiencia; para el responsable de un proceso, la Bitácora Ambiental le permite valorar qué tan lejos está el objetivo, determinar si procede en la dirección correcta y con el ritmo adecuado, comprender cuáles han sido los errores y decidir qué medidas tomadas con anterioridad pueden resultar eficaces para encarar condiciones similares en el futuro. Aún cuando un proceso de degradación no pueda ser revertido y no sea posible más que atestiguar la pérdida de un recurso, la Bitácora Ambiental tendrá la utilidad de describir objetivamente qué ocurrió, cómo y por qué. Tiene también propósitos específicos. Los más importantes son: mantener una base de información actualizada y confiable, dar certidumbre a la inversión privada y pública, evaluar la eficacia e idoneidad de las políticas, estrategias y lineamientos ecológicos, facilitar la vigilancia y detección de actividades no permitidas y promover la transparencia y la rendición de cuentas,

El registro histórico en la Bitácora Ambiental de las medidas de manejo, conservación y aprovechamiento de los recursos naturales, del mejoramiento en la calidad del ambiente y de los cambios históricos experimentados por éste

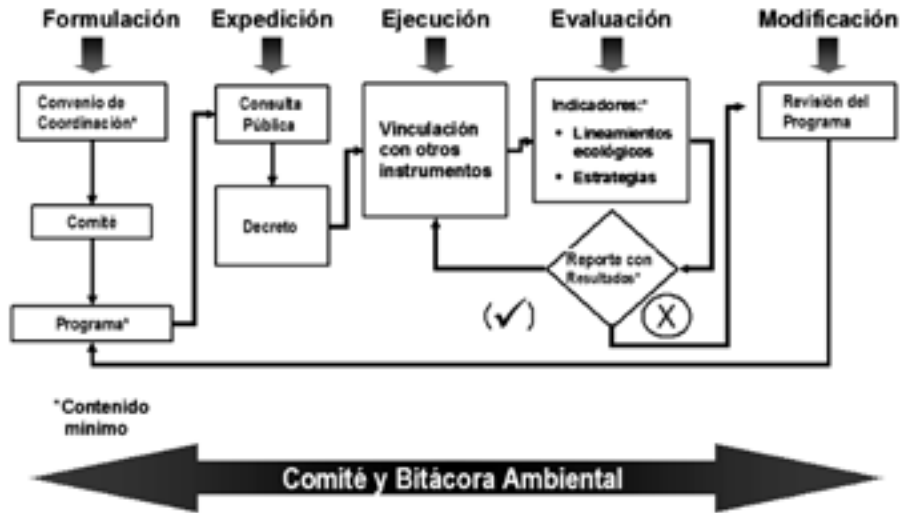
en un ámbito geográfico definido, puede ser asumido por cualquier entidad o persona. Esto significa que no es un instrumento de utilidad exclusiva para las instancias gubernamentales responsables de aplicar un programa de ordenamiento.

Los municipios, las comunidades, las asociaciones civiles y profesionales comprometidas con el desarrollo sustentable de áreas específicas, las organizaciones ambientalistas y no gubernamentales, las empresas, las instituciones de investigación científica y hasta personas individuales, pueden mantener una Bitácora Ambiental, en tanto la información que incorporan sea verificable y certificada por alguna instancia técnica; su utilidad será mayor si además es compatible con las especificaciones –algunas de las cuales se describen en este manual- adoptadas por las autoridades. Esto último permite el intercambio y actualización de información con fines de planeación, concertación, evaluación y documentación.

#### Objetivos.

- Proporcionar e integrar información actualizada sobre el Proceso de Ordenamiento Ecológico;
- Ser un instrumento para la evaluación de:
  - El cumplimiento de los acuerdos asumidos en el Proceso de Ordenamiento Ecológico y
  - El cumplimiento y la efectividad de los lineamientos y estrategias ecológicas en la solución de los conflictos ambientales;
- Fomentar el acceso de cualquier persona a la información relativa al Proceso de Ordenamiento Ecológico; y
- Promover la participación social corresponsable en la vigilancia de los Procesos de Ordenamiento Ecológico.

FIGURA 14.  
RELACIÓN DE LA BITÁCORA AMBIENTAL CON EL PROCESO DE  
ORDENAMIENTO ECOLÓGICO



A continuación se describen los pasos para lograr los objetivos mencionados.

### 3.1 Integrar información actualizada

Esta actividad se relaciona con todas las etapas del Proceso de Ordenamiento Ecológico, desde la formulación, hasta la modificación. Por lo tanto, la información puede ser de tipo técnico como datos sobre vegetación, suelos, etc. hasta un registro histórico de acuerdos y reuniones. Este objetivo no implica una función de evaluación en la Bitácora Ambiental sino de acopio de datos.

La integración de información actualizada requiere por un lado, crear una Bitácora Ambiental para tener un espacio donde incluir los datos y, por otro, una administración y mantenimiento de la información para poder

utilizarla. A continuación se detallan los pasos para cada una de las etapas de integración.

### 3.1.1 *Configuración del sistema*

- Verificar que se cuenta con las herramientas técnicas y el personal capacitado para su manejo. Por ejemplo, computadoras, programas para el manejo de documentos, bases de datos o mapas (ANEXO 11).
- Estimar cuáles serán los costos de operación y determinar los mecanismos de financiamiento.
- Determinar si es necesario generar o modificar instrumentos legales (por ejemplo: firmar o actualizar convenios o acuerdos para que incluyan el aspecto de Bitácora Ambiental).
- Determinar si es necesario realizar cambios administrativos para su operación (por ejemplo: personal con cierto perfil técnico).
- Determinar si es necesario realizar cambios para el intercambio de información entre dependencias (por ejemplo: un oficio a todas las dependencias) o para crear estructuras específicas (por ejemplo: un área o un departamento).
- Definir el espacio que incluirá la Bitácora Ambiental. Debido al creciente desarrollo de internet, se recomienda que el espacio sea una página electrónica del gobierno responsable de la coordinación de todo el Proceso de Ordenamiento Ecológico. También, se puede crear otro tipo de espacio como un boletín periódico que se pueda imprimir y repartir en la región del Ordenamiento Ecológico. Como referencia, se pueden consultar las bitácoras ambientales disponibles en: <http://www.semarnat.gob.mx/dgpairs/oe/bitacoras.shtml>.

- Verificar que la página de internet o el espacio de difusión se presente en formato sencillo y amigable, con tablas y gráficas que permitan la incorporación de datos provenientes de las futuras evaluaciones.

### 3.1.2 *Organización de la información.*

En sentido estricto, la Bitácora Ambiental está constituida por información y puede considerarse independiente de la plataforma tecnológica utilizada para contenerla. Sin embargo, al revisar los objetivos que le asigna el Reglamento, se hace evidente que existen varias funciones de análisis y consulta que le son inherentes y que, por lo tanto, debemos considerar a los mecanismos necesarios para realizarlas, como uno de sus componentes. Es decir que, en términos prácticos, la Bitácora Ambiental es un sistema constituido por toda la información relativa al Proceso de Ordenamiento Ecológico y por los procedimientos técnicos y administrativos necesarios para su registro, análisis, consulta y difusión.

Desde el punto de vista de su contenido, el Reglamento establece que toda Bitácora Ambiental debe incluir como mínimo (artículo 14):

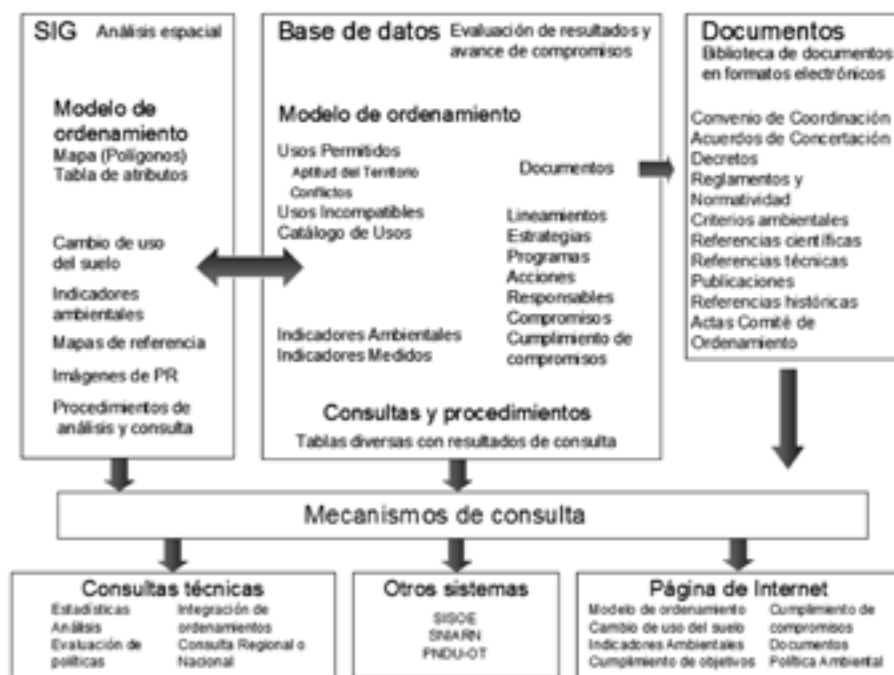
- El Convenio de Coordinación
- El Programa de Ordenamiento Ecológico
- Los indicadores ambientales
- La evaluación del cumplimiento y efectividad de los objetivos

Para optimizar sus funciones, también debería incluirse la información que da sustento al modelo de ordenamiento –la caracterización y diagnóstico ambientales- y toda aquella información básica o auxiliar que proporcione elementos de juicio adicionales. Debido a su naturaleza diversa, la información contenida en la Bitácora Ambiental es de tres tipos: mapas, tablas (idealmente integradas como una base de datos) y documentos (Anexo 10).

El diagrama de la Figura 15 muestra los principales componentes de la Bitácora Ambiental y las relaciones generales que guardan entre sí. En general, el SIG contiene mapas, tablas de atributos y procedimientos de

análisis espacial para evaluar algunos indicadores y la distribución espacial de los resultados. En la base de datos, se evalúa el rendimiento de programas, el avance de las acciones y la eficacia de las estrategias adoptadas. Los resultados pueden ser consultados a través de la página de Internet, dentro del sistema o ser vinculados a otros sistemas y bases de datos.

FIGURA 15.  
COMPONENTES DE UNA BITÁCORA AMBIENTAL Y PRINCIPALES  
RELACIONES ENTRE ELLOS.



### 3.1.3 *Incorporar la información a la Bitácora Ambiental*

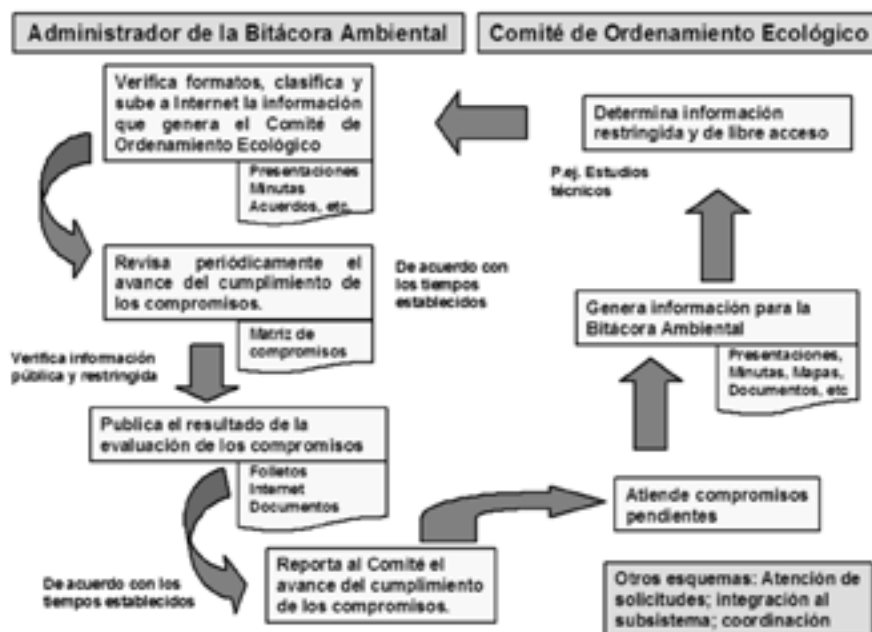
- Crear los apartados en la Bitácora Ambiental (ANEXO 12) y llenar cada uno de ellos con la información de los documentos, tablas, mapas y bases de datos (ANEXO 10)

- Verificar que la información a incluir cumpla con formatos y características básicas (ANEXO 10).
- Establecer los vínculos entre la información (por ejemplo: la sección de Agenda Ambiental deberá estar vinculada con las Bases Técnicas que dieron su origen).

#### 3.1.4 *Mecanismos de actualización de información y procedimientos administrativos asociados*

- Definir cuales serán los mecanismos para atender las solicitudes, recomendaciones, denuncias y quejas relacionadas con el ordenamiento, así como la transmisión de la información a las instancias designadas para su atención.
- Definir quién será el administrador encargado de la evaluación (por ejemplo: la autoridad ambiental u otra instancia que determine el Comité de Ordenamiento Ecológico). También, los mecanismos de comunicación entre el administrador y el Comité de ordenamiento (por ejemplo: cada cuándo se hará el intercambio de información). Se puede tomar como base el esquema de la Figura 16.
- Planear las actividades relacionadas con la creación y actualización de páginas de Internet (por ejemplo: el responsable y los recursos financieros)

FIGURA 16.  
ESQUEMA DE INCORPORACIÓN A LA BITÁCORA AMBIENTAL DE LA  
INFORMACIÓN GENERADA EN EL COMITÉ



### 3.1.5 Mantenimiento

- Verificar que toda la información esté actualizada cada determinado tiempo (por ejemplo: cada dos meses).
- Establecer parámetros de control de calidad (por ejemplo: toda la información debe incluir el nombre de quien la genera).
- Garantizar la consistencia entre elementos del programa (Por ejemplo: que los lineamientos y estrategias estén correctamente asociados a las UGA).

- Comprobar el funcionamiento correcto de los procedimientos de análisis y consulta (por ejemplo: que los resultados de la evaluación se generen con base en los datos de los indicadores).

### ***3.2 La Bitácora Ambiental como instrumento de evaluación del Programa y del Proceso de Ordenamiento Ecológico***

Este objetivo se relaciona primordialmente con la etapa de Evaluación ya que está orientado a valorar dos cuestiones: 1) el grado de cumplimiento y efectividad de los lineamientos y estrategias ecológicas en la solución de los conflictos ambientales y 2) el grado de cumplimiento de los acuerdos asumidos en el Proceso de Ordenamiento Ecológico. También es el elemento que determina si hay que realizar alguna modificación al programa o al Proceso de Ordenamiento Ecológico o si se continúa ejecutando sin ningún cambio.

A partir de la evaluación se generan reportes que se deben publicar en la Bitácora Ambiental, siguiendo estos pasos:

#### ***3.2.1 Describir los resultados de la evaluación***

- En caso de que la evaluación del programa indique que los lineamientos y/o las estrategias ecológicas previstas no se están cumpliendo o no están sirviendo para su propósito, se deberán incluir las causas de dicha situación, así como los cambios que sea necesario realizar.
- De manera similar, en caso de que la evaluación del Proceso de Ordenamiento Ecológico indique que no se están cumpliendo los acuerdos o compromisos, se deberá incluir las causas de dichas situación, así como los cambios que sea necesario realizar.
- Las implicaciones de la evaluación se incluirán en el reporte periódico, el cual se deberá incluir en la sección de Evaluación y Monitoreo de la Bitácora Ambiental.

### **3.2.2**      *Publicar el reporte de la evaluación*

- Se deberá elaborar un reporte periódico con los resultados de la evaluación del Programa y del Proceso de Ordenamiento Ecológico.
- Cada reporte deberá contener gráficas y tablas descriptivas que faciliten la comprensión de los resultados de la evaluación.
- El reporte se deberá incluir en la sección de Evaluación y Monitoreo de la Bitácora Ambiental.

### **3.2.3**      *Informar al Comité*

El administrador de la Bitácora Ambiental deberá informar periódicamente al Comité sobre el resultado de la evaluación.

## **3.3      *Acceso a la información del Proceso de Ordenamiento Ecológico***

### **3.3.1**      *Difundir la información*

- Informar a las dependencias gubernamentales, ONG's, consejos ciudadanos, etcétera, sobre la existencia de la Bitácora Ambiental. Esta acción la debe llevar a cabo el administrador y puede realizarla mediante el envío de correos electrónicos de forma periódica, por ejemplo, cada mes. En estos correos se les puede informar sobre los resultados de las evaluaciones, las últimas reuniones del Comité, entre otros asuntos.
- Crear folletos del programa. En estos folletos se puede incluir la información sintetizada del Ordenamiento Ecológico; también se pueden distribuir en las oficinas de las dependencias que participan en el Or-

denamiento Ecológico para que sean proporcionados a los interesados.

### **3.3.2**      *Fomentar la discusión*

- Crear foros de discusión sobre temas relevantes. Este foro se puede incluir en la Bitácora Ambiental y se pueden enviar correos electrónicos para que la gente participe. Se pueden crear foros temáticos que interesen a la ciudadanía, como por ejemplo: dudas, temas importantes de la agenda ambiental, información científica, y demás temas que incluso pueden ser sugeridos por el público participante.

## **3.4**      *Participación social corresponsable en la vigilancia del Proceso de Ordenamiento Ecológico*

### **3.4.1**      *Fomentar la capacitación*

- Capacitar a grupos de personas en el manejo y uso del programa de Ordenamiento Ecológico. Una acción importante en este punto, es la elaboración de un manual en el que se explique clara y didácticamente el contenido del Ordenamiento Ecológico y la forma en que se vinculan sus componentes (lineamientos, estrategias, etcétera).
- También es importante la realización de talleres o reuniones (que pueden ser dentro del seno del Comité) para comentar dudas o posibles confusiones al interpretar el Ordenamiento Ecológico.

### **3.4.2**      *Fomentar la participación*

- Crear redes de observadores. Por ejemplo: los integrantes del Comité de Ordenamiento Ecológico pueden monitorear permanentemente el Diario Oficial de la Federación y las Gacetas de Gobierno Estatales o Municipales, con la finalidad de detectar y evaluar la congruencia de proyectos, planes o programas con el Ordenamiento Ecológico. En el caso del orden federal, se pueden revisar los proyectos que ingresan al

procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental (Disponible en: [www.semarnat.gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx); “Trámites y permisos”, “Consulta tu trámite”, “SEMARNAT”, “Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental”).

- Crear un mecanismo mediante el cual la ciudadanía informe sobre el incumplimiento a las disposiciones del programa de Ordenamiento Ecológico. En este caso, cuando los miembros del Comité o de la red de observadores detecten algún incumplimiento, podrían informar al administrador de la Bitácora Ambiental para que canalice la solicitud o informe directamente a la dependencia correspondiente. En ambos casos, es necesario tener una relación de los funcionarios o dependencias responsables de atender el incumplimiento. Por ejemplo, si un proyecto de impacto ambiental federal se condicionó al cumpliendo los criterios ecológicos de un Ordenamiento Ecológico y no lo ha hecho, entonces se deberá solicitar la intervención de la instancia competente, en este caso la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA).

## V. MODIFICACIÓN

### 1 CAUSALES DE MODIFICACIÓN

La autoridad competente o el Comité pueden sugerir la modificación del Programa de Ordenamiento Ecológico dependiendo de los resultados de la evaluación (capítulo anterior), de acuerdo a las siguientes situaciones:

#### ***1.1 El Ordenamiento Ecológico fue elaborado conforme al Reglamento***

En este caso, la modificación depende de la ocurrencia de supuestos, tales como:

**1.1.1** Surgimiento de nuevas áreas de atención prioritaria dentro del área del Programa de Ordenamiento Ecológico (por ejemplo, nuevos conflictos ambientales derivados de nuevos proyectos turísticos, urbanos, etc.);

**1.1.2** Los lineamientos y estrategias ecológicas ya no resultan necesarios o adecuados para la disminución de los conflictos ambientales y el logro de los indicadores ambientales respectivos;

**1.1.3** Diferencias de compatibilidad entre Programas de Ordenamiento Ecológico vigentes en una misma región;

**1.1.4** Los lineamientos y estrategias ecológicas ya no resultan necesarios o adecuados para lograr las metas establecidas en el Ordenamiento Ecológico o cuando existen contingencias ambientales que pongan en riesgo el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, el mantenimiento de los servicios ambientales y la conservación de los ecosistemas y su biodiversidad.

## ***1.2 El Ordenamiento Ecológico no fue elaborado conforme al Reglamento.***

En esta situación, se debe considerar lo siguiente:

**1.2.1** En caso de contar con algún convenio de coordinación suscrito entre el Gobierno Federal y los gobiernos locales, éste deberá renovarse conforme al Reglamento de la LGEEPA en materia de Ordenamiento Ecológico y establecer el Comité respectivo.

**1.2.2** Iniciar el Proceso de Ordenamiento Ecológico conforme a los procedimientos y mecanismos establecidos en el Reglamento y las sugerencias del presente manual.

## **2 PROCESO DE MODIFICACIÓN.**

### ***2.1 Identificar al promovente de la modificación.***

El Comité tiene atribuciones para proponer la modificación de los planes, los programas y las acciones sectoriales, así como para plantear la necesidad de la suscripción de nuevos convenios o acuerdos de coordinación. A través a los mecanismos derivados del seguimiento del Proceso de Ordenamiento Ecoló-

gico, el acceso a la información de la Bitácora Ambiental y las páginas Web de las instituciones responsables, la sociedad también puede solicitar la modificación del programa.

## **2.2 *Definir el componente a modificar.***

Una vez identificado el promovente, hay que definir el componente a modificar. Se puede tratar de las políticas de Ordenamiento Ecológico, los límites de las unidades de gestión ambiental, las estrategias ecológicas, los criterios ecológicos o cualquier otro elemento. En cualquier caso, hay que fundamentar con claridad el motivo de modificación.

## **2.3 *Integrar grupos de trabajo.***

Ya sea que la sociedad demande la modificación del programa o que el monitoreo identifique la desviación de los objetivos iniciales, el Comité acordará la integración de grupos de trabajo que analicen la propuesta de modificación. Los Secretarios tanto del Órgano Ejecutivo como del Técnico, serán los responsables de proporcionar al grupo de trabajo respectivo toda la información necesaria para formular el dictamen correspondiente.

## **2.4 *Emitir dictamen de modificación.***

Los dictámenes del grupo de trabajo serán sometidos para votación de los integrantes de los Órganos del Comité de Ordenamiento Ecológico. En el caso de procedencia del dictamen se deberá describir la forma en que las modificaciones serán incorporadas al programa de Ordenamiento Ecológico.

## **2.5 *Periodos de revisión del programa.***

El periodo de revisión del programa de Ordenamiento Ecológico deberá sujetarse a las disposiciones del Convenio, Decreto o compromisos adquiridos por el Comité de Ordenamiento Ecológico.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bojórquez-Tapia, L.A., E. Ongay-Delhumeau y Exequiel Ezcurra. 1994. Multivariate approach for suitability assessment and environmental conflict resolution. *Journal of Environmental Management* 41:187-198
- Bojórquez et al. 2001. GIS-based approach for participatory decision making and land suitability assessment. *Int. J. Geographical Information Science* Vol. 5 No. 2 129-150 pp
- Gómez, D. (2002), *Ordenación Territorial*, Editorial Agrícola Española, Ediciones Mundi Prensa, Madrid, España.
- Malczewski J, R. Moreno-Sanchez, L.A. Bojórquez-Tapia y E. Ongay-Delhumeau. 1997. Multicriteria group decision-making model for environmental conflict análisis in the Cape region, Mexico. *Journal of Environmental Planning and Management* 40 (3):349-374.
- Malczewski J. 1999. *GIS and multicriteria decision analysis*. Jonh Wiley & Sons, New York. 392 pp.
- Steiner F. 1983. Resource suitability: methods for analysis. *Environmental Management*. 5: 401-420.

## GLOSARIO

**Actividades incompatibles.-** Aquellas que se presentan cuando un sector disminuye la capacidad de otro para aprovechar los recursos naturales, mantener los bienes y los servicios ambientales o proteger los ecosistemas y la biodiversidad de un área determinada.

**Análisis de aptitud.-** Procedimiento que involucra la selección de alternativas de uso del territorio, entre los que se incluyen el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales y la conservación de los ecosistemas en el área de estudio.

**Aptitud del territorio.-** Capacidad del territorio para el desarrollo de actividades humanas.

**Áreas de atención prioritarias.-** Zonas del territorio donde se presenten conflictos ambientales o que por sus características ambientales requieren de atención inmediata.

**Atributo ambiental.-** Variable cualitativa o cuantitativa que influye en el desarrollo de las actividades humanas y de los demás organismos vivos.

**Área de estudio.-** Región en la que se aplica el Proceso de Ordenamiento Ecológico.

**Bienes y servicios ambientales.-** Estructuras y procesos naturales necesarios para el mantenimiento de la calidad ambiental y la realización de las actividades humanas.

**Bitácora ambiental.-** Registro del Proceso de Ordenamiento Ecológico.

**Concurrencia espacial.-** Ubicación en un mismo lugar y tiempo de actividades humanas.

**Conflicto ambiental.-** Concurrencia de actividades incompatibles en un área determinada.

**Estrategia ecológica.-** Es la integración de los objetivos específicos, las acciones, los proyectos, los programas y los responsables de su realización dirigida al logro de los lineamientos ecológicos aplicables en el área de estudio.

**Indicador ambiental.-** Variable que permite evaluar la efectividad de los lineamientos y estrategias ecológicas.

**Interés sectorial.-** Objetivo particular de personas, organizaciones o instituciones con respecto al uso del territorio, entre los que se incluyen el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales y la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad.

**Ley.-** Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

**Lineamiento ecológico.-** Meta o enunciado general que refleja el estado deseable de una unidad de gestión ambiental.

**Modelo de Ordenamiento Ecológico del territorio.-** La representación, en un sistema de información geográfica, de las unidades de gestión ambiental y sus respectivos lineamientos ecológicos.

**Patrón de ocupación del territorio.-** Distribución de actividades sectoriales en el territorio, incluyendo el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales y la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad.

**Proceso de Ordenamiento Ecológico.-** Conjunto de procedimientos para la formulación, expedición, ejecución, evaluación y modificación de los programas de Ordenamiento Ecológico.

**Procuraduría.-** La Procuraduría Federal de Protección al Ambiente.

**Programa de Ordenamiento Ecológico.-** Es el modelo de Ordenamiento Ecológico y las estrategias ecológicas aplicables al mismo.

**Reglamento.-** El Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Ordenamiento Ecológico.

**Riesgos Naturales.-** Probabilidad de ocurrencia de daños a la sociedad, a los bienes y servicios ambientales, a la biodiversidad y a los recursos naturales, provocados, entre otros, por fenómenos geológicos o hidrometeorológicos.

**Secretaría.** La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

**Subsistema.-** El Subsistema de Información sobre Ordenamiento Ecológico que forma parte del Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales.

**Sector.** Conjunto de personas, organizaciones, grupos o instituciones que comparten objetivos comunes con respecto al aprovechamiento de recursos naturales, el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales o la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad.

**Unidad de Gestión Ambiental.-** Unidad mínima del territorio a la que se asignan determinados lineamientos y estrategias ecológicas

**Uso Actual.-** Es la actividad principal que se realiza en tiempo presente en el área.

**Uso compatible.-** Uso que se desarrolla simultáneamente con el que propone el Ordenamiento Ecológico, sin que se afecte ninguno de ellos.

**Uso incompatible.-** Uso del terreno que genera conflicto ambiental y/o sectorial. Esto debido a que compete con otros usos por recursos, es decir, disminuye la capacidad de desarrollo de otros usos.

## ANEXO 1. CONSTRUCCIÓN DE UNIDADES FÍSICO-BIÓTICAS (REGIONALIZACIÓN ECOLÓGICA)

Una de las cuestiones centrales en las etapas de caracterización y diagnóstico en los diferentes esquemas de ordenamiento del territorio es la regionalización ecológica, la cual es necesaria tanto para la evaluación de la aptitud del terreno -paso previo a la propuesta de Ordenamiento Ecológico-, como para la zonificación de peligros y vulnerabilidad o para establecer la distribución geográfica de los recursos naturales.

Los esquemas de regionalización biofísica dirigidos a evaluar un territorio con fines de planificación, han sido desarrollados utilizando diversos enfoques, entre los que se encuentran el levantamiento de tierras (land system CSIRO); el levantamiento geomorfológico (geomorphological surveying); el enfoque morfoedafológico; levantamiento de ecología del paisaje (landscape ecological surveying); levantamiento geoedafológico; la regionalización ecológica de SEDUE, 1986; el sistema fisiográfico de INEGI (Quiñones, 1987) y el levantamiento fisiográfico de suelos elaborado por la Universidad Autónoma Chapingo (Cuanalo, 1977; Cuanalo et al., 1981 y Santos et al. 1985-86).

Las diferentes corrientes o métodos de evaluación del terreno tienen el objetivo de caracterizar, analizar y discretizar el medio biofísico a través del uso de cartografía, productos de la percepción remota, bibliografía y trabajo de campo, en especial a escalas grandes. En cada uno de los enfoques, varía el componente del paisaje o terreno en el cual se basa el levantamiento, lo cual está en función de la formación profesional del personal dedicado a la evaluación

del medio natural (suelo, relieve, vegetación). Sin embargo, en general, el elemento que caracteriza a las unidades frecuentemente corresponde a formas de relieve reconocibles o apreciables a diferentes escalas (Bocco et al., 2006).

La regionalización a partir de las formas de relieve es la base de la mayoría de las estrategias de clasificación del terreno y el paisaje, las características del sustrato abiótico (controladas por el tipo de roca, expresado en un relieve concreto modificado por las condiciones climáticas) facilitan su segmentación en unidades relativamente homogéneas a menor o mayor detalle (zonificación de relieve o paisaje geomorfológico y formas de relieve) (Bocco y Mendoza, 1997).

En algunos enfoques, como el levantamiento geomorfológico y el geopedológico, existe un incremento en la cantidad de atributos del terreno a ser considerados para la diferenciación espacial de las unidades de mapeo, lo cual permite de manera sencilla realizar cartografía a varias escalas en función de los objetivos del trabajo. Este tipo de enfoques, además, permiten su replicabilidad, especialmente, en trabajos a escala mediana y pequeña, toda vez que en estas escalas la cantidad de atributos es menor (Bocco et al., 2006).

En México el proceso de agrupar unidades similares de terreno en cuanto a sus características físico-geográficas, tales como topoformas, tipos de suelo y clases de clima, data de principios del siglo veinte. Ya sobre los años 30 los trabajos más destacados fueron elaborados por Ordóñez (1936 y 1946), que propuso una división de territorial de 12 provincias principales y algunas subprovincias. Raisz (1959 y 1964) propuso el primer mapa geomorfológico para México con 11 provincias y varias subprovincias, tomando en cuenta para su definición el mantener una proporción entre el tamaño de cada una, evitando el problema de escalas existente hasta ese momento. Otros trabajos de la época son los de Álvarez (1961) y Alcorta (1964), en donde ambos proponen 16 provincias fisiográficas relativamente similares en cuanto a la ubicación de sus límites geográficos. Cabe destacar que los criterios utilizados para definir cada una de las provincias en todos esos trabajos son marcadamente geomorfológicos, por lo que se puede reconocer esta tendencia con claridad (Rosete y Bocco, 1999).

En la actualidad, el peso geomorfológico en la definición de provincias y sus divisiones es muy grande y es la base a partir de la cual se estudian las características ambientales del territorio definido. Las características del mismo definirán la distribución y abundancia de los suelos, la hidrología de laderas, características de los habitats y la distribución y abundancia de las especies. Es necesario respetar la secuencia roca - relieve - suelo - agua - vegetación - fauna a medida que se profundiza en el conocimiento de una región y se incrementa la escala de trabajo (Rosete y Bocco, 1999).

#### A 1.01 EL CONCEPTO DE REGIONALIZACIÓN ECOLÓGICA

El enfoque general se basa en el análisis de las formas del terreno para prospección de los recursos naturales (Verstappen, 1984) como una primera aproximación a la definición de unidades integrales de ecología del paisaje (en el sentido de Zonneveld, 1979 y Velázquez, 1993), para su posterior uso en el manejo de recursos y ordenamiento del territorio (Bocco y Ortiz, 1994). Este enfoque utiliza el mapeo de las formas del relieve, a diferentes resoluciones, como el principal insumo para la clasificación del paisaje.

Estas unidades espaciales deben describir tanto los componentes relativamente estables del terreno (roca, forma del relieve y suelos, en forma integrada), como los menos estables, cuya tasa de cambio en el tiempo es más alta (vegetación y uso del suelo, fauna). Ambos componentes se combinan en la definición de las unidades integrales de paisaje (Bocco *et al.*, 1999).

Las formas del relieve son unidades discretas que pueden ser definidas y verificadas a diferentes escalas siguiendo técnicas establecidas. La vegetación y los suelos tienden a variar en forma predecible dentro de una unidad de relieve y son afectados por la altitud y la inclinación siguiendo un gradiente. Las relaciones entre las formas del terreno y los suelos, la vegetación y el uso del suelo, pueden describirse utilizando diversas técnicas analíticas que involucran el manejo automatizado de las bases de datos de un sistema de información geográfica (SIG). En otras palabras, las unidades de relieve son clasificadores integrados del paisaje (Bocco *et al.*, 2001).

Los componentes de estas unidades territoriales homogéneas se definen mediante la utilización de técnicas de observación del terreno, cartografía digital y verificación selectiva en campo. El modelo espacial subyacente es una leyenda y su diseño a modo de base de datos espaciales y sus atributos. Como estas unidades territoriales deben ser aptas para modelar varios niveles de aproximación (nacional, estatal, municipal), y por tanto, diversas escalas, se debe utilizar un enfoque jerárquico y multiescalar, que permita moverse de lo general a lo particular, y viceversa (Bocco *et al.*, 1999).

De esta forma, la regionalización geomorfológica (a diferentes escalas) proporciona la base espacial para la delimitación de otros componentes del medio natural (generalmente modificado por diferentes grados de intervención antrópica). El papel de la geomorfología, y más específicamente de la cartografía geomorfológica, ha sido reconocido en México desde hace más de una década (Bocco y Palacio, 1982). Asimismo, está en la base de la mayoría de las estrategias de clasificación del terreno y el paisaje, toda vez que las características del sustrato abiótico (controladas por el tipo de roca, expresado en un relieve concreto modificado por las condiciones climáticas) lo hacen aceptablemente susceptible de ser segmentado (discretizado) en unidades relativamente homogéneas (zonificación del relieve o paisaje geomorfológico y formas de relieve) (Bocco *et al.*, 1999).

Los suelos y la vegetación, en cambio, varían más a lo largo de gradientes, por lo que son menos aptos para ser segmentados en unidades discretas. Sin embargo, la relación coherente y sistemática de las unidades geomorfológicas y su cobertura (vegetación y usos actuales) permite discretizar el paisaje a diferentes escalas, mismas que representan diferentes niveles de conceptualización (Bocco *et al.*, 1999).

## A 1.02 PROCESO METODOLÓGICO

El análisis completo para la regionalización ecológica involucra, según (Bocco *et al.*, 2001), el uso extensivo de:

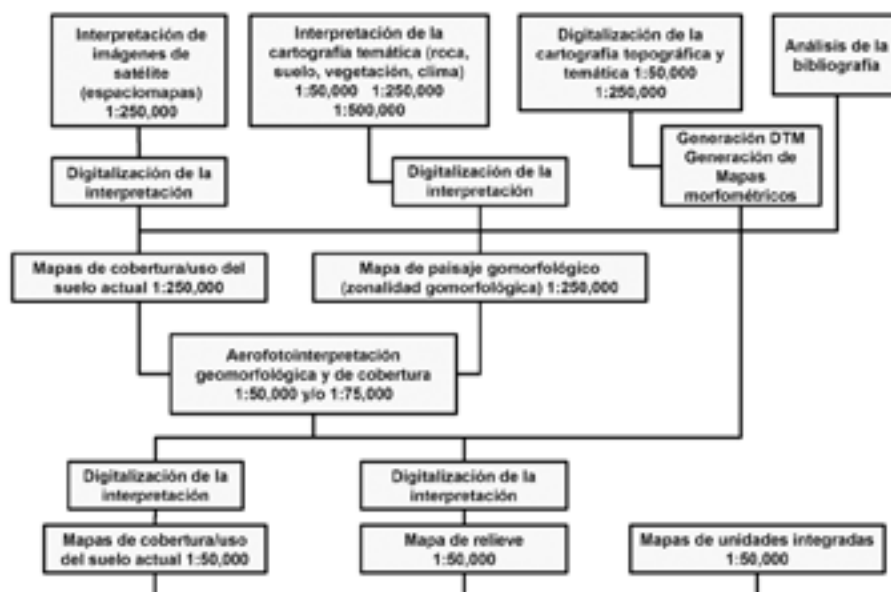
- 1) La interpretación de los mapas topográficos y modelos digitales del relie-

ve del terreno.

- 2) La interpretación de mapas litológicos para el sustrato rocoso.
- 3) La interpretación de fotografías aéreas y/o imágenes de satélite tanto para las formas del relieve y la cobertura del terreno.
- 4) La verificación selectiva en campo, y
- 5) El manejo y análisis automatizado de los datos en un ambiente de SIG. Es necesario aplicar técnicas de sobreposición de mapas a la par de análisis estadísticos para describir cuantitativamente la relación entre los componentes del paisaje: formas del relieve, suelos y vegetación.

En el diagrama de flujo de la Figura A1.1 se presenta el resumen del método global de regionalización ecológica a dos escalas de trabajo (1:250,000 y 1:50,000).

FIGURA A1.1- MÉTODO GLOBAL DE REGIONALIZACIÓN ECOLÓGICA.

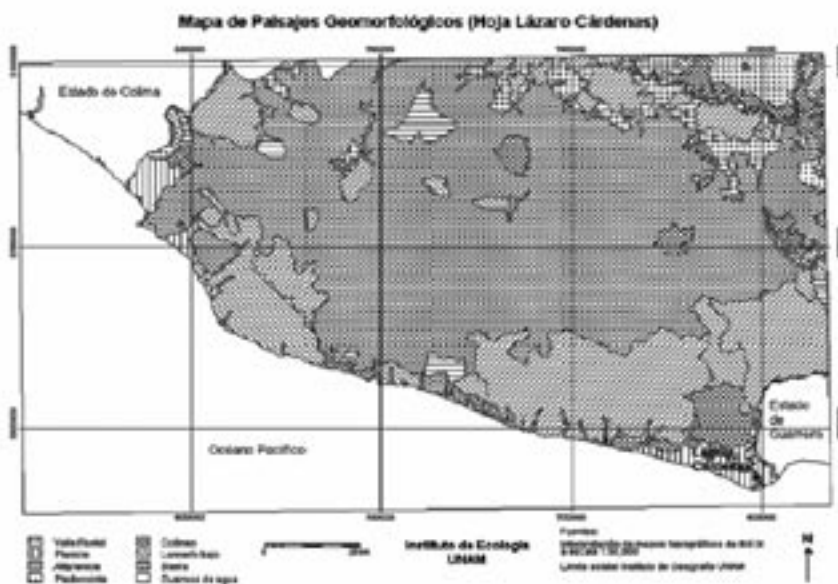


De manera simple, la regionalización ecológica o eco-regionalización consiste en delimitar espacios geográficos relativamente homogéneos en función del medio físico y biológico; en tanto que, la clasificación ecológica del territorio es el proceso de delimitar y clasificar áreas ecológicamente distintivas de la su-

perficie de la Tierra. El enfoque holístico en la clasificación de los territorios se puede aplicar en escalas crecientes, en forma jerárquica, desde los ecosistemas locales específicos hasta los continentales.

En la Figura A1.2 se muestra un producto de la regionalización ecológica ilustrando las unidades geomorfológicas.

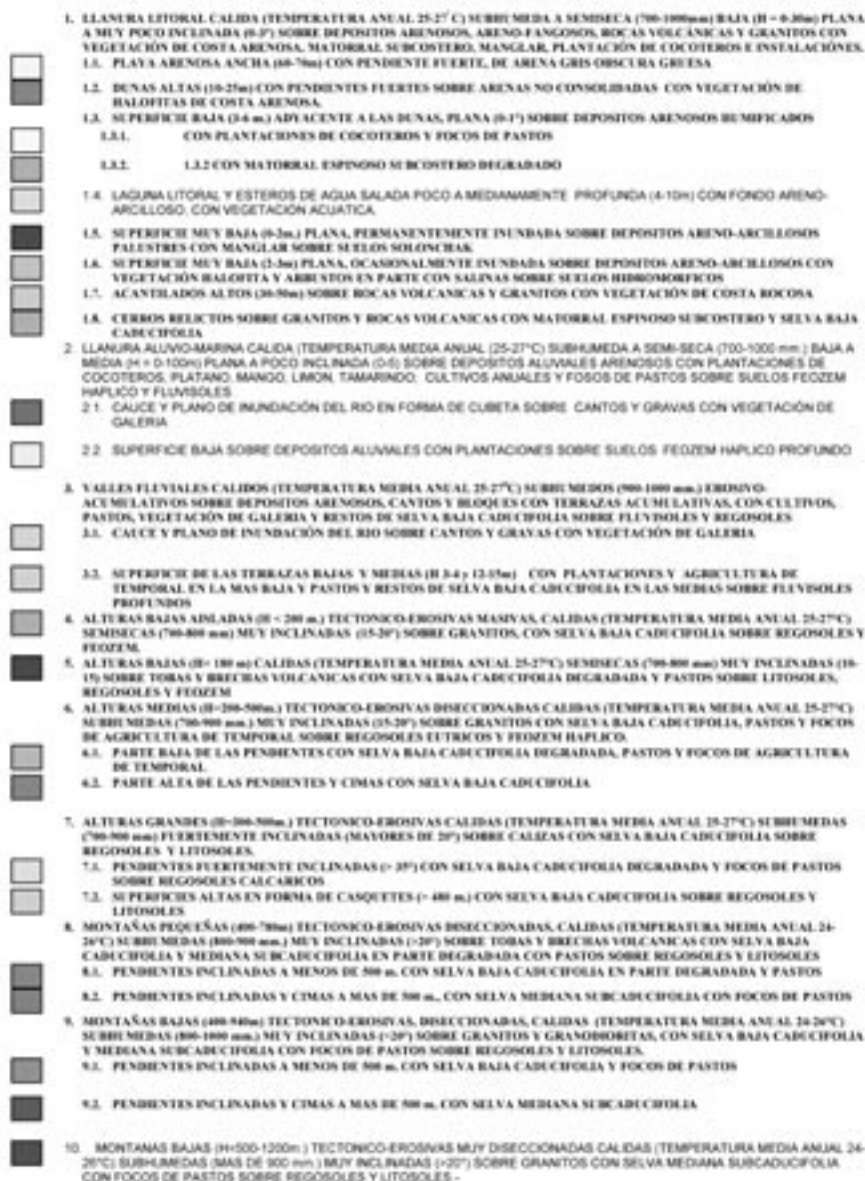
FIGURA A1.2.- MAPA DE UNIDADES FÍSICO-BIÓTIGEOMORFOLÓGICAS.



En la Figura A1.3 se presenta un ejemplo de regiones ecológicas elaborado para un Ordenamiento Ecológico territorial. La leyenda del mapa representa el esquema jerárquico de clasificación, y se muestran dos niveles de agregación.



### Leyenda de la Figura A1.3. Regionalización ecológica del OET Laguna de Cuyutlán, Colima.

- 
- 1. LLANURA LITORAL CALIDA (TEMPERATURA ANUAL 25-27°C) SUBHÚMEDA A SEMI-SECA (700-1000 mm) BAJA (H < 0-20m) PLANA A MUY POCO INCLINADA (0-1°) SOBRE DEPOSITOS ARENOSOS, ARENO-FANGOSOS, ROCAS VOLCÁNICAS Y GRANITOS CON VEGETACIÓN DE COSTA ARENOSA, MATORRAL SUBCOSTERO, MANGLAR, PLANTACIÓN DE COCOTEROS E INSTALACIONES.**
    - I.1. PLAYAS ARENOSAS ANCHA (60-70m) CON PENDIENTE FUERTE, DE ARENA GRIS OSCURA GRUESA**
    - I.2. DUNAS ALTAS (10-25m) CON PENDIENTES FUERTES SOBRE ARENAS NO CONSOLIDADAS CON VEGETACIÓN DE HALOFITAS DE COSTA ARENOSA.**
    - I.3. SUPERFICIE BAJA (3-4 m) ADYACENTE A LAS DUNAS, PLANA (0-1°) SOBRE DEPOSITOS ARENOSOS HUMIFICADOS**
      - I.3.1. CON PLANTACIONES DE COCOTEROS Y FOCOS DE PASTOS**
      - I.3.2. CON MATORRAL ESPINOSO SUBCOSTERO DEGRADADO**
    - I.4. LAGUNA LITORAL Y ESTEROS DE AGUA SALADA POCO A MEDIANAMENTE PROFUNDA (4-10m) CON FONDO ARENO-ARCILLOSO, CON VEGETACIÓN ACUÁTICA.**
    - I.5. SUPERFICIE MUY BAJA (0-3m) PLANA, PERMANENTEMENTE INUNDADA SOBRE DEPOSITOS ARENO-ARCILLOSONS PALUSTRES CON MANGLAR SOBRE SUELOS SOLONCHAK.**
    - I.6. SUPERFICIE MUY BAJA (2-3m) PLANA, OCASIONALMENTE INUNDADA SOBRE DEPOSITOS ARENO-ARCILLOSONS CON VEGETACIÓN HALOFITA Y ARBUSTOS EN PARTE CON SALINAS SOBRE SUELOS HIDROMORFICOS**
    - I.7. ACANTILLADOS ALTOS (20-50m) SOBRE ROCAS VOLCÁNICAS Y GRANITOS CON VEGETACIÓN DE COSTA ROCOSA**
    - I.8. CERROS REDUCTOS SOBRE GRANITOS Y ROCAS VOLCÁNICAS CON MATORRAL ESPINOSO SUBCOSTERO Y SELVA BAJA CADUCIFOLIA**
  - 2. LLANURA ALUVIO-MARINA CALIDA (TEMPERATURA MEDIA ANUAL (25-27°C) SUBHÚMEDA A SEMI-SECA (700-1000 mm) BAJA A MEDIA (H = 0-100m) PLANA A POCO INCLINADA (0-1°) SOBRE DEPOSITOS ALUVIALES ARENOSOS CON PLANTACIONES DE COCOTEROS, PLÁTANO, MANGO, LIMÓN, TAMARINDO, CULTIVOS ANUALES Y FOSOS DE PASTOS SOBRE SUELOS FEOTEM HAPLICO Y FLUVIOLES.**
    - I.1. CAUCE Y PLANO DE INUNDACIÓN DEL RIO EN FORMA DE CUBETA SOBRE CANTOS Y GRAVAS CON VEGETACIÓN DE GALERIA**
    - I.2. SUPERFICIE BAJA SOBRE DEPOSITOS ALUVIALES CON PLANTACIONES SOBRE SUELOS FEOTEM HAPLICO PROFUNDO**
  - 3. VALLES FLUVIALES CALIDOS (TEMPERATURA MEDIA ANUAL 25-27°C) SUBHÚMEDOS (900-1000 mm.) EROSIVO-ACUMULATIVOS SOBRE DEPOSITOS ARENOSOS, CANTOS Y BLOQUES CON TERRAZAS ACUMULATIVAS, CON CULTIVOS, PASTOS, VEGETACIÓN DE GALERIA Y RESTOS DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA SOBRE FLUVIOLES Y REGOSILES.**
    - I.1. CAUCE Y PLANO DE INUNDACIÓN DEL RIO SOBRE CANTOS Y GRAVAS CON VEGETACIÓN DE GALERIA**
    - I.2. SUPERFICIE DE LAS TERRAZAS BAJAS Y MEDIAS (H 3-4 y 12-15m) CON PLANTACIONES Y AGRICULTURA DE TEMPORAL EN LA MAS BAJA Y PASTOS Y RESTOS DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA EN LAS MEDIAS SOBRE FLUVIOLES PROFUNDOS**
  - 4. ALTURAS BAJAS ANLADAS (H < 200 m) TECTONICO-EROSIVAS MASIVAS, CALIDAS (TEMPERATURA MEDIA ANUAL 25-27°C) SEMI-SECA (700-800 mm) MUY INCLINADAS (15-20°) SOBRE GRANITOS, CON SELVA BAJA CADUCIFOLIA SOBRE REGOSILES Y FEOTEM.**
  - 5. ALTURAS BAJAS (H= 100 m) CALIDAS (TEMPERATURA MEDIA ANUAL 25-27°C) SEMI-SECA (700-800 mm) MUY INCLINADAS (18-19°) SOBRE TOMBAS Y BRECHAS VOLCÁNICAS CON SELVA BAJA CADUCIFOLIA DEGRADADA Y PASTOS SOBRE LITOSILES, REGOSILES Y FEOTEM**
  - 6. ALTURAS MEDIAS (H=100-500m) TECTONICO-EROSIVAS DISECCIONADAS CALIDAS (TEMPERATURA MEDIA ANUAL 25-27°C) SUBHÚMEDAS (700-900 mm.) MUY INCLINADAS (15-20°) SOBRE GRANITOS CON SELVA BAJA CADUCIFOLIA, PASTOS Y FOCOS DE AGRICULTURA DE TEMPORAL, SOBRE REGOSILES Y LITOSILES Y FEOTEM HAPLICO.**
    - I.1. PARTE BAJA DE LAS PENDIENTES CON SELVA BAJA CADUCIFOLIA DEGRADADA, PASTOS Y FOCOS DE AGRICULTURA DE TEMPORAL.**
    - I.2. PARTE ALTA DE LAS PENDIENTES Y CUMAS CON SELVA BAJA CADUCIFOLIA**
  - 7. ALTURAS GRANDES (H=300-700m.) TECTONICO-EROSIVAS CALIDAS (TEMPERATURA MEDIA ANUAL 25-27°C) SUBHÚMEDAS (700-900 mm) FUERTEMENTE INCLINADAS (MAYORES DE 20°) SOBRE CALIZAS CON SELVA BAJA CADUCIFOLIA SOBRE REGOSILES Y LITOSILES.**
    - I.1. PENDIENTES FUERTEMENTE INCLINADAS (> 30°) CON SELVA BAJA CADUCIFOLIA DEGRADADA Y FOCOS DE PASTOS SOBRE REGOSILES Y CALIZAS**
    - I.2. SUPERFICIE ALTAS EN FORMA DE CASQUETES (> 400 m.) CON SELVA BAJA CADUCIFOLIA SOBRE REGOSILES Y LITOSILES**
  - 8. MONTAÑAS PEQUEÑAS (400-700m) TECTONICO-EROSIVAS DISECCIONADAS, CALIDAS (TEMPERATURA MEDIA ANUAL 24-26°C) SUBHÚMEDAS (800-900 mm.) MUY INCLINADAS (>20°) SOBRE TOMBAS Y BRECHAS VOLCÁNICAS CON SELVA BAJA CADUCIFOLIA Y MEDIANA SUBCADUCIFOLIA EN PARTE DEGRADADA CON PASTOS SOBRE REGOSILES Y LITOSILES**
    - I.1. PENDIENTES INCLINADAS A MENOS DE 500 m. CON SELVA BAJA CADUCIFOLIA EN PARTE DEGRADADA Y PASTOS**
    - I.2. PENDIENTES INCLINADAS Y CUMAS A MAS DE 500 m. CON SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA CON FOCOS DE PASTOS**
  - 9. MONTAÑAS BAJAS (400-940m) TECTONICO-EROSIVAS, DISECCIONADAS, CALIDAS (TEMPERATURA MEDIA ANUAL 24-26°C) SUBHÚMEDAS (800-1000 mm.) MUY INCLINADAS (>20°) SOBRE GRANITOS Y GRANODIORITAS, CON SELVA BAJA CADUCIFOLIA Y MEDIANA SUBCADUCIFOLIA CON FOCOS DE PASTOS SOBRE REGOSILES Y LITOSILES.**
    - I.1. PENDIENTES INCLINADAS A MENOS DE 500 m. CON SELVA BAJA CADUCIFOLIA Y FOCOS DE PASTOS**
    - I.2. PENDIENTES INCLINADAS Y CUMAS A MAS DE 500 m. CON SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA**
  - 10. MONTAÑAS BAJAS (H=500-1200m) TECTONICO-EROSIVAS MUY DISECCIONADAS CALIDAS (TEMPERATURA MEDIA ANUAL 24-26°C) SUBHÚMEDAS (MAS DE 900 mm.) MUY INCLINADAS (>20°) SOBRE GRANITOS CON SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA CON FOCOS DE PASTOS SOBRE REGOSILES Y LITOSILES.**

La Regionalización Ecológica representa un primer nivel de trabajo, en donde se caracteriza al terreno en función del relieve (utilizando un sistema jerárquico de clasificación), la geología, los suelos presentes, las características climáticas, la vegetación y el uso del suelo. Las unidades resultantes, son la materia prima para realizar una evaluación de la aptitud del territorio para diferentes tipos de utilización del suelo, así como la base para la posterior construcción de las unidades de gestión ambiental (UGA).

## BIBLIOGRAFÍA

- Alcorta, G. R. 1964. Caminos de México-esquema geográfico de México. En: Atlas Gooddrich Euzkadi. México, D. F. 7 p.
- Álvarez, M. 1961. Provincias fisiográficas de la República Mexicana. Bol. Soc. Geol. Mex. 24 (2): 5-20.
- Bocco, G. y J. L. Palacio. 1982. Utilidad de la cartografía geomorfológico en la evaluación y planeación del territorio. Anuario de Geografía, año XXII. UNAM, México, pp. 29-40.
- Bocco, G. y M. A. Ortiz. 1994. Definición de unidades espaciales para el Ordenamiento Ecológico. Jaina 5 (1): 8-9.
- Bocco, G y M. E. Mendoza, 1997. La regionalización geomorfológica como una alternativa de regionalización ecológica en México. El caso de Michoacán de Ocampo. Geografía y Desarrollo.
- Bocco, G., M. Mendoza, A. Velázquez y A. Torres. 1999. La regionalización geomorfológica como una alternativa de regionalización ecológica en México. El caso de Michoacán de Ocampo. Investigaciones Geográficas 40:7-21.
- Bocco, G., M. Mendoza and A. Velázquez. 2001. Remote sensing and GIS-based regional geomorphological mapping – a tool for land use planning in developing countries. Geomorphology 39:211-219.
- Bocco, G., M. E. Mendoza, Á. Priego y A. Burgos. 2006. La cartografía de sistemas naturales como base geográfica para la planificación territorial: una revisión de la bibliografía. Serie Cuadernos de planeación territorial. INE. (en prensa).
- Cuanalo, H. 1977. El levantamiento fisiográfico de la República Mexicana y su utilización para la planificación del desarrollo rural. Proyecto de Investigación: Chapingo, México, Colegio de Postgraduados.
- Cuanalo, H., E. Ojeda, A. Santos y C. A. Ortiz. 1981. Provincias, regiones y subregiones terrestres de México. Chapingo, México, Colegio de Postgraduados.
- Ordoñez, E. 1936. Physiographic provinces of Mexico. American Association of Petroleum Geologist V.20: 1277-1307.

- Ordoñez, E. 1946. Principales provincias geográficas y geológicas de la República Mexicana. En: Guía del explorador minero, pp. 103-142., México, D. F. Instituto de Geología U.N.A.M.
- Quiñones, H. 1987. El sistema fisiográfico de la dirección general de geografía. *Revista de Geografía* 1(2): 13-20.
- Raisz, E. 1959. Landforms of Mexico. Cambridge, Mass., Ed. privada.
- Raisz, E. 1964. Landforms of Mexico (chart). Geography Branch of the Naval Research. 2° ed. Cambridge, Mass. USA.
- Rosete, F. y G. Bocco. 1999. Ordenamiento territorial. Bases conceptuales y estrategias de aplicación en México. *Revista de Geografía Agrícola* 28:21-39.
- Santos, A., H. Cuanalo y C. A. Ortiz. 1985-86. Metodología de regionalización natural para grandes territorios, basada en el concepto de paisaje. El caso de México. *Revista de Geografía Agrícola* 9-10: 14-24.
- Verstappen, H. 1984. Applied geomorphology. Elsevier. Amsterdam.
- Velázquez-Montes, A, 1993. Landscape Ecology of Tlálloc and Pelado Volcanoes, México. Whit special reference to the volcano rabbit (*Romerolagus diazi*), its habitats, ecology and conservation. ITC publicación No. 16. Enschede, The Netherlands: 152 p.
- Zonneveld, I. H. 1979. Land evaluation and landscape science. ITC, The Netherlands.



## ANEXO 2. PROCESOS DE PARTICIPACIÓN PÚBLICA

### INTRODUCCIÓN

En México la planeación participativa es una condición para el desempeño del gobierno. Se ha reconocido que la participación social es un factor fundamental para reforzar el régimen democrático, promover el desarrollo sostenible, lograr la integración económica y mejorar el nivel de vida de la población. Esto ha derivado en que la participación pública se integre en las políticas e instrumentos de planeación. De hecho, existe un marco jurídico que promueve la participación pública en la planeación. Esto es especialmente importante dado que en nuestra sociedad existe una diversidad de grupos o actores sociales, cada uno con intereses, valores y necesidades particulares que pueden ser opuestos a los de otros grupos. En ocasiones estas diferencias han derivado en conflictos ambientales por razones tales como el uso, aprovechamiento, manejo o conservación de recursos naturales. Uno de los beneficios de la participación pública es la prevención y atención de conflictos ambientales entre grupos de interés.

El Reglamento de la LGEEPA en materia de Ordenamiento Ecológico que señala al ordenamiento ecológico como un instrumento de planeación integral, participativo y transparente. Por ello, el planteamiento que se presenta es congruente con las disposiciones del Reglamento que se refieren a promover la participación social, la transparencia del proceso y la inclusión de

intereses sectoriales, Así, el presente anexo surge de la necesidad de establecer procedimientos que sirvan de guía para identificar y ponderar criterios de decisión a través del proceso de participación pública. No pretende establecer un procedimiento rígido, sino presentar un lineamiento general en el que se pueden combinar diferentes métodos y técnicas.

El Proceso de ordenamiento debe buscar la concurrencia de todos los actores sociales y autoridades de los tres órdenes de gobierno, procurando la conciliación de intereses mediante una negociación equitativa y justa. Ello permitirá establecer políticas públicas eficaces, eficientes y más sensibles a las demandas de los ciudadanos, así como mayor corresponsabilidad sobre la gestión ambiental. Bajo este esquema, la participación pública es importante a lo largo del proceso de ordenamiento, tanto para el desarrollo del programa de ordenamiento, donde la identificación de intereses sectoriales y conflictos ambientales es fundamental; como para su seguimiento y, en su caso, modificación. Pero más que eso, la relevancia de la participación pública radica en que los resultados obtenidos realmente sean considerados en la elaboración del modelo.

Este anexo está conformado por tres partes:

En la primera se presentan aspectos generales de la participación pública tales como los requisitos para lograr efectividad y las limitaciones a las que se enfrenta.

En la segunda, se presenta el proceso de participación pública donde el elemento fundamental es realizar un taller de planeación participativa.

Por último, en la tercera parte se presentan cuatro métodos para identificar y ponderar criterios de decisión para el ordenamiento ecológico. Los métodos que se presentan varían en su facilidad de uso y sustento teórico, pero con todos se obtiene la ponderación de criterios. La descripción de los métodos se acompaña con ejemplos y ejercicios para dar mayor claridad. Algunos de los ejemplos provienen de casos de estudio reales, mientras que otros son hipotéticos.

## A 2.01 ASPECTOS GENERALES DE LA PARTICIPACIÓN PÚBLICA

La participación pública es un proceso voluntario donde la sociedad puede intercambiar información, expresar opiniones, articular intereses y tener el potencial de influir en las decisiones o el resultado del tema en cuestión. En los procesos de toma de decisiones, la participación pública permite lograr varios objetivos, tales como tomar mejores decisiones que reflejen los intereses del público, y lograr soluciones acordadas en común, defensa de derechos e intereses colectivos, mejor aceptación de políticas, planes y programas y mayor compromiso por parte de los participantes en la correcta implementación y cumplimiento de las medidas adoptadas.

1) **Condiciones para una participación pública eficiente**

En el marco del ordenamiento ecológico, para que un proceso de participación pública sea eficiente y cubra los objetivos, debe ser:

- a) **Inclusivo** con respecto a los intereses. Debe involucrar a todos los actores sociales presentes en el área de ordenamiento.
- b) **Voluntario** con respecto a la participación. La naturaleza voluntaria de la participación pública se aplica en todas las etapas del proceso.
- c) **Equitativo:** Todos los participantes tienen la misma oportunidad de defender sus intereses. Nadie puede imponer decisiones a nadie.
- d) **Imparcial.** Significa que se hace el mejor esfuerzo para alcanzar el consenso considerando equitativamente todos los intereses.
- e) **Transparente.** Todos los participantes deben tener la oportunidad de conocer la totalidad del proceso y las reglas básicas. El establecimiento de reglas acordadas entre los participantes al inicio del proceso contribuye a evitar malos entendidos y conflictos sobre las funciones y los procedimientos. En particular, es importante que el público conozca el tiempo apropiado

para participar, qué se espera de él, hasta dónde llegará su participación.

**f) Oportuno.** Para que las aportaciones del público, surgidas de la consulta pública, realmente puedan ser consideradas éstas deben realizarse en el tiempo óptimo, para ello es necesario que se involucre desde las primeras etapas del estudio y a lo largo de él, siempre validando la información. Además, la participación pública debe ser una actividad continua; diseñándose mecanismos para ello. Con respecto al Ordenamiento Ecológico la participación pública es indispensable para identificar los intereses sectoriales y los atributos ambientales durante la fase de caracterización. A partir de los datos obtenidos en esta primera fase, se elabora un análisis de aptitud sectorial, un mapa de aptitud y se identifican los conflictos ambientales, necesarios para realizar las etapas de diagnóstico, pronóstico y propuesta. Esta última también debe someterse a un proceso de consulta pública. Entre los mecanismos para garantizar la continuidad en la participación pública están la Bitácora Ambiental y el Comité de Ordenamiento.

**g) Legítimo.** El público debe saber que sus intereses son reconocidos. La legitimación conlleva un compromiso ético de que los representantes defiendan y ejerzan los derechos de quienes representan, por encima de los suyos propios. La legitimación es relativa y temporal; relativa porque una comunidad puede elegir a una persona para que los represente en un tema específico, pero no necesariamente para otros temas en los que pueden no coincidir; y temporal porque los representantes legítimos pueden dejar de serlo en un momento dado. Un punto importante para impulsar la legitimidad es informar al público las responsabilidades y atribuciones de las autoridades, para que la sociedad esté informada de hasta dónde puede intervenir la autoridad y que sus limitaciones no se interpreten como falta de voluntad. Los comités de ordenamiento son una forma de legitimar el proceso.

**h) Iterativo.** Es preciso que la identificación de conflictos,

generación de alternativas y evaluación de impactos se contrasten repetidamente durante la planeación y la ejecución del estudio.

- i) **Confiable.** Debe desarrollar relaciones de confianza: La participación pública debe basarse en la confianza mutua, el intercambio de información veraz y oportuna, así como en la cooperación entre los actores involucrados para favorecer el mutuo entendimiento y la solución conjunta de los problemas. Este punto es relevante dado que la respuesta del público depende en gran medida de experiencias anteriores, propias o no, y de la confianza en las instituciones o actores sociales involucrados, no sólo del entendimiento de la información técnica presentada; es decir, no basta con que la información esté disponible y sea entendible.

## 2) La participación pública como proceso

En general, la participación pública debe ser vista como un proceso. Dependiendo de la escala del proceso, las etapas pueden ser más o menos articuladas formalmente. En términos generales, el proceso implica seis pasos (Figura 1). Se propone que este proceso se establezca como procedimiento general para emprender la participación pública durante la elaboración de ordenamientos. El elemento central es la realización de talleres de planeación participativa en los que se identifiquen y ponderen criterios.

### a) Definición del contexto de la participación pública

Definir claramente en qué contexto se ubica el programa de ordenamiento, a qué razones obedece, si se trata de un programa nuevo, o si la participación pública se emprende para dar seguimiento o modificar uno ya existente, es el punto de partida del proceso de participación pública. También se debe establecer los objetivos y alcances de la participación pública. El contexto será definido según las particularidades y el área geográfica de cada caso.

FIGURA A2.1.  
PROCESO DE PARTICIPACIÓN PÚBLICA



Para que el proceso de participación pública sea exitoso es importante que la autoridad y la comunidad decidan de común acuerdo la necesidad de realizar un ordenamiento. Si es así, la comunidad estará más dispuesta a participar. Si por el contrario, el ordenamiento es iniciativa tan sólo de una de las partes, puede suceder que la comunidad no participe o, si lo hace, no sea con la mejor actitud. O bien, por otro lado, que la autoridad no destine el apoyo y atención necesarios. En ambos casos se tendría una mala experiencia y no se contaría con el mejor ambiente para realizar este trabajo.

#### b) Análisis institucional

El análisis institucional, provee un mapa de los actores sociales rele-

vantes y sirve para identificar los posibles roles que pueden asumir los grupos de interés. Los productos de esta fase comprenden el análisis del contexto sociopolítico y cultural existente en el área de ordenamiento y la identificación de los grupos de interés para el proceso participativo. El análisis institucional puede realizarse a través de revisión de documentos administrativos e históricos, o mediante consulta con autoridades locales, grupos académicos, representantes de sectores socioeconómicos y organizaciones no gubernamentales.

### **c) Plan del proceso**

En la tercera fase del proceso de participación pública se elabora un plan en el que se definen los objetivos, las reglas, las responsabilidades, las técnicas a emplear y las actividades a realizar, así como las necesidades de información, de capacitación y de arbitraje externo. También se debe realizar una calendarización de actividades. Es importante mencionar que el Comité de Ordenamiento debe estar enterado y conforme con el plan de participación pública, dado que una de sus atribuciones es vigilar el cumplimiento de las actividades del proceso de ordenamiento.

En la elaboración del plan, se debe reconocer al proceso de participación pública como adaptativo, secuencial y capaz de moverse en diferentes direcciones. En general, se recomienda involucrar al público desde la planeación del proceso para producir planes consistentes con los valores de la comunidad local y así promover el interés, la transparencia y la representación desde su inicio.

### **d) Ejecución del plan**

En esta fase se pone en práctica el plan elaborado. Los dos elementos importantes son la convocatoria y el taller de planeación participativa, ya que de ellos depende, en gran medida, la respuesta del público, la validez de los resultados y, consecuentemente, el cumplimiento de los compromisos establecidos.

- **Convocatoria**

Dependiendo de los objetivos planteados, la convocatoria puede ser abierta y ampliamente difundida si se desea la intervención de la sociedad en su conjunto, o bien puede dirigirse a representantes o expertos si se pretende obtener información de representantes de los grupos de interés o de los grupos académicos, por ejemplo. En todo caso, es importante que desde el inicio de la ejecución del plan se informe al público sobre los objetivos, las técnicas a emplear y las oportunidades de participación.

En esta fase se debe recurrir a las técnicas de participación pública consideradas de índole informativa, tales como folletos, boletines, asistencia técnica, capacitación, exposiciones, insertos en periódicos, televisión, oficinas de campo, correo electrónico y línea telefónica. Aunque algunas de ellas promueven la participación, no se tiene garantizada la respuesta de la sociedad, y mucho menos que sus resultados sean representativos de la comunidad. Estas técnicas se presentan en el Anexo 1.

- **Taller de planeación participativa**

Se propone la realización de un taller de planeación participativa para obtener información sobre los objetivos y las actividades de los grupos de interés. Dado que el proceso involucra diferentes actores sociales, cada uno con sus propios valores, intereses y necesidades, el taller consiste en reunir a diferentes sectores o sus representantes y pedirles que definan sus objetivos y expresen sus opiniones e intereses para determinar los patrones de ocupación del territorio que maximicen el consenso y minimicen el conflicto.

En la realización de los talleres es importante la logística. Si bien la prioridad de este apéndice no es abordar este tema, se considera necesario mencionar ciertos puntos generales que resultan clave para el éxito de los talleres. Así, por ejemplo, debe definirse: la dinámica a aplicar, el sitio apropiado para efectuar el taller, la disposición de mesas que se adapte mejor a la dinámica elegida, la organización de

grupos de trabajo, y la orden del día. Es conveniente que la cuestión logística y el taller sean coordinados por un facilitador, quien generalmente estructura las deliberaciones y sugiere o coordina también los aspectos logísticos.

El taller debe incluir una presentación, sesiones plenarias, sesiones en mesas de trabajo y recesos.

La presentación es para dar la bienvenida a los participantes y explicar los objetivos, la dinámica y las reglas a seguir, así como las limitaciones y atribuciones de quienes convocan. Esta parte puede estar a cargo del facilitador y/o de los organizadores del proceso de participación pública.

En cuanto a las sesiones plenarias, generalmente es necesario realizar dos: una al inicio del taller, para exponer el proceso de ordenamiento, el contexto ambiental, social, económico y político de la región, los conflictos ambientales existentes y la metodología a emplear durante el proceso de ordenamiento. También pueden incluirse otras actividades tales como exposiciones de temas concretos o lectura de artículos o resúmenes técnicos. Es importante que se establezca claramente el alcance de la participación pública. La otra sesión plenaria se realiza después del trabajo en mesas, para que cada mesa presente sus conclusiones y, en su caso, se discutan puntos particulares. Las sesiones plenarias deben ser coordinadas por el facilitador y el equipo organizador.

En las sesiones en mesas de trabajo los asistentes se distribuyen en grupos pequeños. Cada mesa de trabajo tiene un moderador que dirige la sesión. Es importante que el moderador tenga claridad en su papel para que pueda coordinar objetivamente la discusión en el grupo. Generalmente la discusión en las mesas de trabajo se realiza mediante una serie de preguntas diseñadas con anticipación, de acuerdo con los objetivos del taller.

Finalmente, dado que es común que los talleres se realicen en jornadas largas, es preciso programar recesos; su intervalo y duración de-

penderá de la dinámica de trabajo y, en su caso, de las sugerencias del facilitador.

Para ser congruentes con las disposiciones que señala el Reglamento para la etapa de caracterización de los estudios técnicos de ordenamiento, los objetivos del taller de planeación participativa deben incluir cuatro puntos básicos:

- identificación y definición de atributos ambientales
- jerarquización de atributos ambientales
- ponderación de atributos ambientales
- identificación de actividades incompatibles

En el Anexo 3 se particulariza cada uno de estos puntos, explicando en qué consisten y cuáles son los productos a obtener.

#### **e) Análisis de resultados**

Los resultados obtenidos en procesos participativos dependen de los objetivos planteados y de las técnicas aplicadas. En algunos casos, la información que se obtiene a través de la participación pública tiene el nivel de detalle requerido, pero en otros casos los datos deben ser procesados para obtener resultados que guíen al logro de un consenso. El análisis que precisen los datos dependerá de los objetivos planteados, la información disponible y el nivel de detalle requerido.

#### **f) Presentación de resultados al público**

Después de obtener, sintetizar y procesar los resultados, la información debe compartirse con el público para que conozca los avances del proceso y, en su caso, externe sus comentarios o dudas. El público evalúa las propuestas que se le presenta, incluyendo los componentes científicos y técnicos. Como respuesta, la comunidad puede aceptar los resultados, proponer modificaciones o soluciones diferentes que sean viables. Es importante asegurarse de que la comunidad local tenga un adecuado conocimiento de las posibles implicaciones la propuesta.

En esta etapa se prueba la factibilidad política y social de la propuesta y se busca el consenso, mediante la negociación. Al respecto, cabe señalar que existen diferentes estilos de negociación, pero en general se obtienen mejores beneficios con una postura de cooperación más que de competencia.

| Resumen de la aplicación del proceso de participación pública en el marco de ordenamiento ecológico |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Definir el contexto de la participación pública</li> <li>2. Realizar el análisis institucional</li> <li>3. Elaborar el plan</li> <li>4. Ejecutar el plan             <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Convocatoria</li> <li>b) Taller de planeación participativa para                 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar y definir atributos</li> <li>• Establecer la jerarquía de los atributos</li> <li>• Ponderar los atributos</li> <li>• Identificación de actividades incompatibles.</li> </ul> </li> </ol> </li> <li>5. Análisis de resultados             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación de mapas sectoriales</li> </ul> </li> <li>6. Presentación de resultados al público</li> </ol> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### 3) Problemas y limitaciones de la participación pública

A pesar de las expectativas asociadas con la participación pública, estos procesos tienen limitaciones. Algunas son inherentes a los temas, otras se deben al contexto institucional y cultural y otras se relacionan con los grupos de interés. Los problemas deben ser reconocidos claramente y verse como un reto a superar más que como un pretexto para no aspirar a óptimos resultados. Entre los factores que limitan la efectividad de la participación pública se tiene:

#### a) El contexto cultural o institucional:

La participación pública se inserta en un marco institucional y cultural más amplio. Dependiendo de su naturaleza e historia, puede o no favorecer un enfoque participativo. Además, el acceso puede estar restringido por barreras psicológicas o culturales. Por ejemplo, las

mujeres y los jóvenes son los grupos menos representados en procesos de participación pública.

**b) El marco legal.**

La participación pública puede ser un complemento a requerimientos legales, pero siempre debe de estar limitado a un ámbito específico el cual tiene que estar claro para el público que participa. El marco legal es dinámico y cambia con el tiempo. Aunque la tendencia es que cada vez se refuerce más la participación pública, siguen existiendo ciertas limitaciones que generalmente se relacionan con el ámbito de atribuciones de las autoridades.

**c) El aspecto económico**

Los costos pueden restringir la participación amplia o duradera. Quienes inician, organizan y toman parte en el proceso de participación pública pueden estar limitados por la disponibilidad de dinero y tiempo.

**d) La representatividad:**

Por lo general, es muy difícil lograr una representatividad absoluta, sin embargo, habrá que buscar los de mayor legitimidad y que representen todas o la mayoría de las posturas o visiones existentes.

**e) La falta de información:**

Si los grupos de interés no tienen la información necesaria o el conocimiento para entender los temas o cómo pueden ser afectados, no pueden dar opiniones o tomar una posición.

**f) La falta de interés**

La falta de interés del público puede deberse a que existan otros mecanismos para informar e influir en los resultados, o bien que el tema

en cuestión no sea percibido como importante.

**g) La falta de credibilidad**

Si el público no cree en su capacidad de influir en el resultado, se puede dar una carencia total o parcial de credibilidad. Esto quizá suceda si no existe cultura de participación o confianza en la organización que convoca. También puede deberse a malas experiencias anteriores, porque el público no perciba un balance de poder en el proceso participativo, en recursos o capacidad organizacional, o bien por ideas preconcebidas acerca del proyecto o de la autoridad y sus objetivos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Anselin, A., P.M. Meire y L. Anselin, 1989. Multicriteria techniques in ecological evaluation: an example using the analytical Hierarchy Process. *Biological Conservation* 49: 215-229.
- Bojórquez-Tapia, L.A., E. Ongay-Ddelhumeau y E. Ezcurra. 1994. Multivariate Approach for Suitability Assessment and Environmental Conflict Resolution. *Journal of Environmental Management*.
- Bojórquez-Tapia, L.A., S. Díaz y R. Saunier. 1997. Ordenamiento ecológico de la Costa Norte de Nayarit. OEA-UNAM, México, D.F.
- Bojórquez-Tapia, L.A., S. Díaz y E. Ezcurra. 2001. GIS-based Approach for Participatory Decision Making and Land Suitability Assessment. *Journal of Geographical Information Science* 15: 129-151.
- D.O.F. 1996. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Diario Oficial de la Federación, 13 de diciembre de 1996. México.
- D.O.F. 2002. Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública Gubernamental. Diario Oficial de la Federación 11-06-02.
- D.O.F. 2003. Reglamento de Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Ordenamiento Ecológico. Diario Oficial de la Federación 08-08-03.
- Goodwin, P. y G Wright. 1998. *Decision Analysis for Management Judgment*. John Wiley & Sons. England. 454 pp
- Halvorsen, K. E. 2001. Assessing Public Participation Techniques for comfort, convenience, satisfaction, and deliberation. *Environmental Management* 28:179-186.
- Jasanoff y B. Wynne, 1988. Science and decisionmaking. En: Rayner, S y E.L. Malone (eds), *Human choice and climate change*. Batelle Memorial Institute. U.S.A. 41 pp.
- Malczewski, J. 1999. Spatial Multicriteria Decision Analysis. En: pp 11-48, Thill, J.C. (ed.), *Spatial Multicriteria Decision Making and Analysis, a Geographic Information Sciences Approach*. Ashgate Publishing Ltd. Gower House.

- Malczewski, J. 1999. GIS and Multicriteria Decision Analysis. John Wiley & Sons. Nueva York. 392 pp.
- Malczewski, J. 1999. Spatial Multicriteria Decision Analysis. En: pp 11-48, Thill, J.C. (ed.), Spatial Multicriteria Decision Making and Analysis, a Geographic Information Sciences Approach. Ashgate Publishing Ltd. Gower House.
- Munda, G. 2003 a. Social multi-criteria evaluation” (SMCE): methodological foundations and operational consequences. Sometido a: European Journal of Operational Research
- Munda, G. 2003 b. Multicriteria assessment. International Society for Ecological Economics. Internet Encyclopaedia of Ecological Economics.
- Ragsdale, C.T. 1998. Spreadsheet modeling and decision analysis. A practical introduction to management science. South western College Publishing. Ohio, U.S.A.



## **ANEXO 3. TÉCNICAS PARA LA IDENTIFICACIÓN Y PONDERACIÓN DE ATRIBUTOS**

### **A 3.01 Identificación y ponderación de atributos.**

En este Anexo se presentan métodos de participación pública que permiten identificar y ponderar atributos de decisión en la etapa de caracterización de los estudios técnicos de ordenamiento ecológico. En el desarrollo del capítulo se integran ejemplos y ejercicios para dar claridad a los temas o métodos expuestos.

#### **1) Identificación de atributos**

Esta fase consiste en identificar los atributos que deban emplearse para establecer el uso del territorio. El producto de esta etapa es una lista de atributos con su definición y su escala de medición. Para hacerlo, los actores sociales deben especificar: a) los objetivos que reflejen sus intereses, b) los atributos que indiquen el grado de cumplimiento de los objetivos y c) la definición de los atributos y su escala de medición. Una manera de hacer esto es organizar a los sectores por mesas de trabajo en el taller de planeación participativa. Así, el producto de cada mesa representa los objetivos y atributos de un sector en particular.

##### **a) Establecer objetivos**

Cada sector establece un objetivo que refleje de manera general sus

intereses. Generalmente el objetivo va enfocado al desempeño de sus actividades productivas. Así, por ejemplo, el objetivo para el sector forestal puede ser: maximizar la producción forestal, el sector acuacultura puede plantear incrementar la producción acuícola, y el sector conservación puede establecer como objetivo incrementar las áreas bajo conservación.

## **b) Identificar atributos**

Una vez definido el objetivo, es necesario que cada sector identifique los atributos que favorecen el desarrollo de sus actividades, es decir, se debe identificar las características o atributos que permiten el logro del objetivo planteado. La finalidad de esta etapa es tener una lista de atributos a los cuales se les puede evaluar, cartografiar y cuantificar. La cuantificación de un objetivo se logra mediante la adopción de alguna escala numérica que indique el grado de cumplimiento del objetivo dentro de una escala determinada. Por ejemplo, siguiendo con el sector acuacultura, los atributos pueden ser: tipo de suelo, presencia de manglar, zonas con agua salobre, cercanía a carreteras y caminos, y zonas inundables.

Posteriormente, se debe desarrollar una estructura jerárquica en la que se relacionen los objetivos y los atributos. En una estructura jerárquica, el nivel superior está ocupado por el objetivo general (Figura A3.1), y el nivel inferior por los atributos o características que son indicadores cuantificables del grado en que los objetivos se cumplen. Los niveles intermedios pueden variar; puede haber objetivos particulares, grupos de atributos o subatributos. Puede que los atributos ocupen más de un nivel jerárquico para ganar entendimiento y claridad. Como sea, es importante que los atributos del último nivel jerárquico sean cartografiables, o sea, que puedan ser representados en mapas.

Dado que en casos de ordenamiento intervienen diferentes grupos de interés, es necesario diseñar una estructura jerárquica para cada sector. De ahí la importancia de que las mesas de trabajo en el taller se constituyan por representantes de un mismo sector. Si es así, entonces la estructura jerárquica resultante indicará los objetivos e intereses del

sector que se agrupó. Así, siguiendo con el ejemplo del sector acuacultura, la estructura jerárquica de los atributos queda como se muestra en la Figura A3.2.

FIGURA A3.1. ESTRUCTURA JERÁRQUICA DE ATRIBUTOS

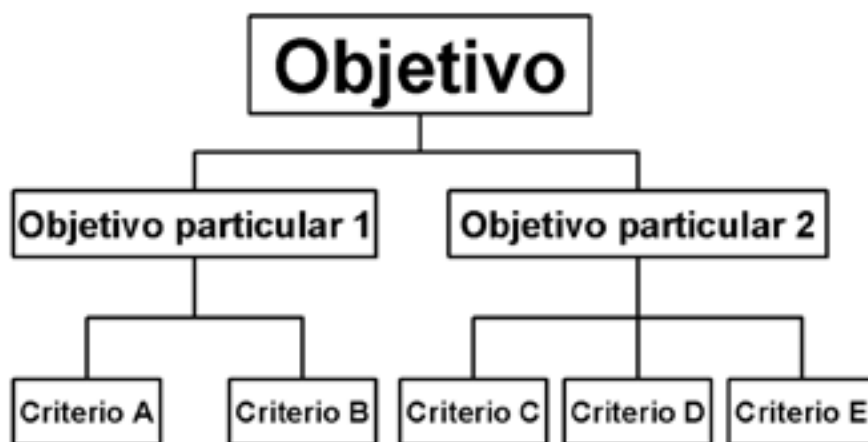
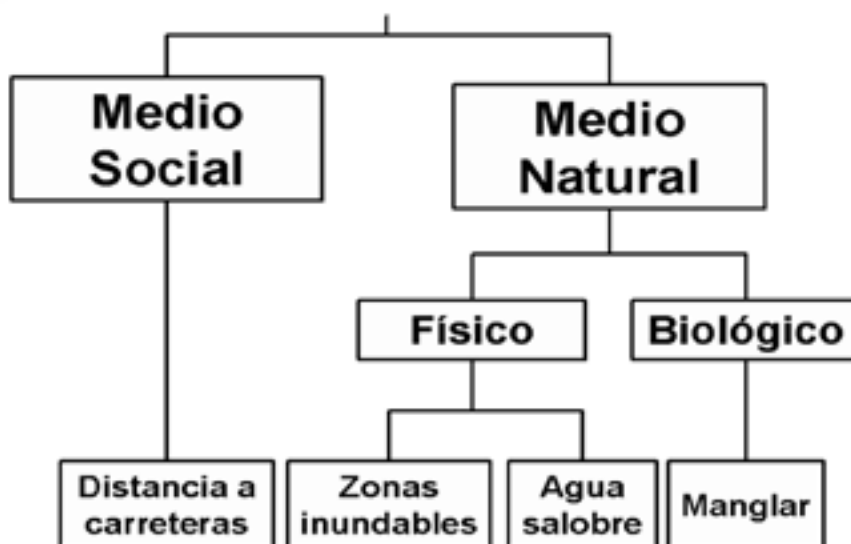


FIGURA A3.2. EJEMPLO DE ESTRUCTURA JERÁRQUICA DE ATRIBUTOS



En otro ejemplo, en un estudio el objetivo general puede ser conservar la vegetación natural, los objetivos particulares pueden ser minimizar la fragmentación, incrementar la cobertura, mantener la heterogeneidad de hábitats y maximizar la conservación de suelo. Los atributos pueden incluir distancia a carreteras y a poblaciones, cobertura, diversidad, pendiente y geología.

La regla general para seleccionar atributos es que deben ser identificados con respecto a la situación del problema. Los atributos deben reflejar los aspectos relevantes del problema, sin caer en los extremos de trabajar con un elevado número de ellos que llevaría a tener problemas en el manejo, síntesis, validez e interpretación de resultados, aunque en el caso contrario se podría caer en la sobre simplificación.

No existe un procedimiento para seleccionar el conjunto de atributos de evaluación. Como regla general su selección debe basarse en las propiedades que los atributos tienen para representar adecuadamente la naturaleza multiatributo del problema. De esta manera, se deben cumplir ciertas propiedades: cada atributo debe ser comprensible y medible; y el conjunto de atributos debe ser completo, operacional, descomponible, no redundante y mínimo.

Un atributo es comprensible si su nivel en un problema de decisión indica claramente en qué grado se logra el objetivo asociado. No debe ser ambiguo o confuso para los participantes. Para que un atributo sea medible debe ser posible: 1) asignar un número al atributo y 2) evaluar las preferencias de los participantes. Por ejemplo, el atributo de “paisaje” es difícil de medir objetivamente. Es preferible identificar atributos susceptibles de medirse objetivamente. Por ello, es preferible emplear el atributo de cobertura vegetal, que es medible.

Además de las propiedades de cada atributo, es preciso que el conjunto de ellos cumpla las siguientes condiciones: debe ser completo, operacional, descomponible, no redundante y mínimo. El conjunto de atributos es completo si estos cubren todos los aspectos de un problema de decisión, y son suficientes para indicar el logro del objetivo general.

El conjunto de atributos es operacional si estos son útiles en el análisis y entendibles; es descomponible si los atributos pueden desagregarse en partes para simplificar el proceso. Por ejemplo, en un problema con los siguientes siete atributos de evaluación: residuos, ruido, contaminación del agua, educación, empleo, vivienda, infraestructura, es posible desagregar el proceso de evaluación en dos partes, involucrando los tres primeros como un grupo y después los últimos cuatro atributos.

La propiedad de no redundancia se cumple si no hay dos atributos que representen el mismo aspecto. Por ejemplo, si se consideran el estilo de vida en términos de bienestar y el ingreso económico como indicador de calidad de vida, se tienen atributos redundantes dado que el estilo de vida depende de los ingresos.

Por último, el conjunto de atributos es mínimo si es imposible definir un conjunto de atributos más pequeño que represente el mismo problema. Esto implica que el número de atributos sea tan pequeño como sea posible. Por ejemplo, si el problema involucra atributos tales como generación de residuos, emisiones atmosféricas y descarga de aguas residuales, entonces tal vez puedan agruparse en un atributo más general denominado nivel de contaminación. Esta propiedad de conjunto mínimo reduce el esfuerzo requerido para coleccionar datos y cuantificar las preferencias de los participantes.

Aunque las propiedades anteriores pueden ser una guía para seleccionar los atributos de evaluación, no existen técnicas para determinarlos. El procedimiento para identificarlos debe ser un proceso iterativo que puede derivar en diversos resultados: 1) la eliminación de atributos redundantes; 2) la combinación de dos o más atributos, o 3) la descomposición de un atributo en varios para facilitar el proceso de medición.

El conjunto de atributos es específico para cada problema, y puede desarrollarse mediante una revisión de la literatura relevante, estudios analíticos (modelos de simulación) y opiniones del público. Un aspecto importante en la definición de atributos es la disponibilidad

y calidad de información. Técnicas tales como la de grupo nominal, Delphi, entrevistas, encuestas y audiencia pública pueden usarse para identificar el conjunto de atributos para un problema particular. Es conveniente combinar las técnicas de dinámica de grupo con lecturas en las mesas de trabajo para lograr un mayor entendimiento de las herramientas analíticas a emplear y facilitar la generación de atributos con sus preferencias y la interpretación de resultados.

### c) Definir atributos y su escala de medición

Es importante que se establezca la definición de cada uno de los atributos de tal manera que todos los participantes tengan claridad de lo que representa cada atributo. Una vez definidos, se debe establecer para cada uno una escala de medición. Hay cuatro niveles básicos de medición: nominal, ordinal, intervalo y proporción. Técnicamente, la medición es el proceso de asignar números o símbolos con implicaciones cuantitativas a los atributos.

Ejemplo: Continuando con el ejemplo del sector acuacultura, la definición de los atributos identificados y su escala de medición se presenta en la Cuadro 1.

CUADRO 1. EJEMPLO DE DEFINICIÓN DE ATRIBUTOS Y ESCALA DE MEDICIÓN

| Atributo                        | Definición                           | Escala             |
|---------------------------------|--------------------------------------|--------------------|
| Suelo                           | Tipo de suelo (clasificación)        | Categoría de suelo |
| Zonas inundables                | Área cubierta con agua               | Ha                 |
| Zonas con agua salobre          | Superficie con agua salobre          | Ha                 |
| Presencia de manglar            | Superficie con vegetación de manglar | Ha                 |
| Cercanía a carreteras y caminos | Distancia a carreteras y caminos     | m                  |

## 2) Establecimiento de la jerarquía de atributos

Después de identificar los atributos, es preciso establecer la prioridad, dado que no todos tienen la misma importancia. Así, este paso consiste en que los participantes acomoden los atributos, definidos en el paso anterior, con base en el orden de importancia o preferencia. Para ello se pueden emplear los métodos de grupo nominal, Delphi y lluvia de ideas, así como los primeros pasos del Proceso Analítico Jerárquico, comparaciones pareadas y SMART. El producto de esta etapa es una lista con los atributos escritos en orden de preferencia.

Ejemplo: En la Cuadro 2 se presenta la jerarquía de los atributos definidos por el sector acuacultura. En otro ejemplo, los atributos identificados por el sector conservación pueden ser vegetación de selva baja caducifolia, vegetación de manglar, cercanía a carreteras, cercanía a zonas con uso agropecuario, lagunas y zonas inundables. Pero después de la jerarquización el orden de prioridad de los atributos queda así: 1 manglar, 2 zonas inundables, 3 lagunas, 4 selva baja caducifolia, 5 cercanía a carreteras y caminos y 6 distancia a uso agropecuario.

CUADRO 2. EJEMPLO DE LA JERARQUÍA DE ATRIBUTOS.

| Atributo                        | Prioridad |
|---------------------------------|-----------|
| Tipo de suelo                   | 1         |
| Presencia de manglar            | 2         |
| Zonas con agua salobre          | 3         |
| Cercanía a carreteras y caminos | 4         |
| Zonas inundables                | 5         |

## 3) Ponderación de atributos

Los problemas multicriterio típicamente involucran atributos de diferente importancia para los grupos de interés. Por lo tanto, es necesario tener información sobre la importancia relativa de cada atributo. Esto generalmente se logra asignando un peso a cada uno de ellos. El peso es el valor

asignado a un atributo de evaluación que indica su importancia relativa con respecto a los otros atributos.

Los pesos de importancia de los atributos reflejan los diferentes grados de importancia adheridos a estos rangos de variación. Es falso interpretar los pesos sólo como una medida general de la importancia del atributo de evaluación. El valor del peso depende del rango de valores del atributo, esto es, la diferencia entre el valor mínimo y máximo para un atributo dado. El peso de un atributo puede ponerse arbitrariamente grande o pequeño incrementando o decreciendo el rango. En general, mientras mayor sea el peso de un atributo, mayor es su importancia. En el caso de  $n$  atributos, un conjunto de pesos está definido por:  $w=(w_1, w_2,..., w_j,..., w_n)$ ,  $w_j \geq 0$ , y  $\sum w_j = 1$ .

En la literatura sobre decisión multicriterio existen diferentes procedimientos para ponderar atributos con base en las preferencias de los participantes. Algunos de ellos son: grupo nominal, ordenación, proporción, comparaciones pareadas, proceso analítico jerárquico y SMART. Estos métodos varían en su grado de dificultad, supuestos teóricos y rigor. Se describen en el Apartado 3.02 de este Anexo.

#### **4) Identificación de actividades incompatibles**

Uno de los objetivos de un taller de participación pública diseñado en el marco del ordenamiento ecológico es identificar las actividades incompatibles entre sectores. El producto de esta fase es una matriz de interacciones. Primero se elabora una lista de los principales actores sociales, sectores o actividades humanas presentes en el área de ordenamiento. Después se realiza la matriz de interacciones colocando los elementos de la lista tanto en los renglones como en las columnas. Posteriormente en cada celda, se identifica el tipo de interacción entre pares de actores sociales, sectores o actividades.

Las interacciones se identifican como positivas si los actores sociales, sectores o actividades se juzgan como compatibles o que pueden coexistir sin conflicto en un mismo lugar. En este caso se coloca un “+” en la celda de intersección de los elementos compatibles. Por el contrario, las inte-

racciones son negativas si se consideran incompatibles, es decir, que no pueden coexistir en un mismo sitio o que generan un conflicto ambiental. En este caso se coloca un “-“ en la celda correspondiente. Esta matriz se utiliza posteriormente en el análisis de aptitud.

Ejemplo: En el caso del ordenamiento de la costa norte de Nayarit, los sectores involucrados fueron acuacultura, agropecuario, pesquero y conservación. Las interacciones identificadas entre los sectores se presentan en la Cuadro 3.

CUADRO 3. EJEMPLO DE MATRIZ DE INTERACCIONES ENTRE SECTORES

| Sector       | Acuacultura | Agropecuario | Pesquero | Conservación |
|--------------|-------------|--------------|----------|--------------|
| Acuacultura  |             | -            | -        | -            |
| Agropecuario | -           |              | -        | -            |
| Pesquero     | -           | -            |          | -            |
| Conservación | +           | -            | +        |              |

### 5) Generación de mapas temáticos.

Después de establecer el conjunto de atributos de decisión, cada atributo debe ser representado como un mapa en una base de datos de un Sistema de Información Geográfica (SIG). Estos mapas son referidos como mapas de atributos y representan la distribución espacial de un atributo. Estos se generan a partir de bases de datos que incluyen la distribución geográfica de los diferentes valores que adopta el atributo. El proceso para generar los mapas se basa en funciones de SIG que incluyen la entrada, almacenamiento, manipulación, análisis y elaboración de reportes de datos geográficos. Una vez que los datos relevantes se almacenan en una base de datos de un SIG, los datos son procesados y analizados para obtener información sobre un atributo particular.

El proceso puede empezar con un mapa base que muestra el área de estudio. En Cuadros se introducen los datos de los atributos y los valores que toma en diferentes puntos geográficos. Los mapas pueden generarse fácilmente usando operaciones fundamentales de SIG. Se asignan los valores de los atributos a las unidades geográficas. Por ejemplo, con la

operación de proximidad a caminos se puede generar un mapa de dicho atributo.

Los mapas de atributos constituyen el insumo para análisis de decisión multicriterio. Sin embargo, estos mapas no pueden ser comparados entre sí dado que los atributos son medidos en diferentes unidades y diferente escala. Puesto que la mayoría de las decisiones multicriterio requieren que los mapas de atributos sean comparables entre sí, los mapas de atributos deben estandarizarse antes de que puedan ser usados en análisis de decisión multicriterio. Una forma de generar mapas de atributos comparables es emplear la transformación lineal de escalas o las funciones de valor.

#### a) Transformación lineal de escalas

Los métodos de transformación lineal de escalas convierten los datos originales en valores estandarizados. Existen diferentes procedimientos para transformaciones lineales; los más comunes son el de máximo valor y el de rangos. El primero consiste en dividir cada dato original entre el valor máximo, esto es:

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_{j\max}} \quad (\text{A3-1})$$

Donde  $x'_{ij}$  es el valor estandarizado para el  $i$ -ésimo objeto y el  $j$ -ésimo atributo,  $x_{ij}$  es el valor original y  $x_{j\max}$  es la calificación máxima para el atributo.

En el método de rangos se aplica la siguiente fórmula:

$$x'_{ij} = \frac{x_{j\max} - x_{ij}}{x_{j\max} - x_{j\min}} \quad (\text{A3-2})$$

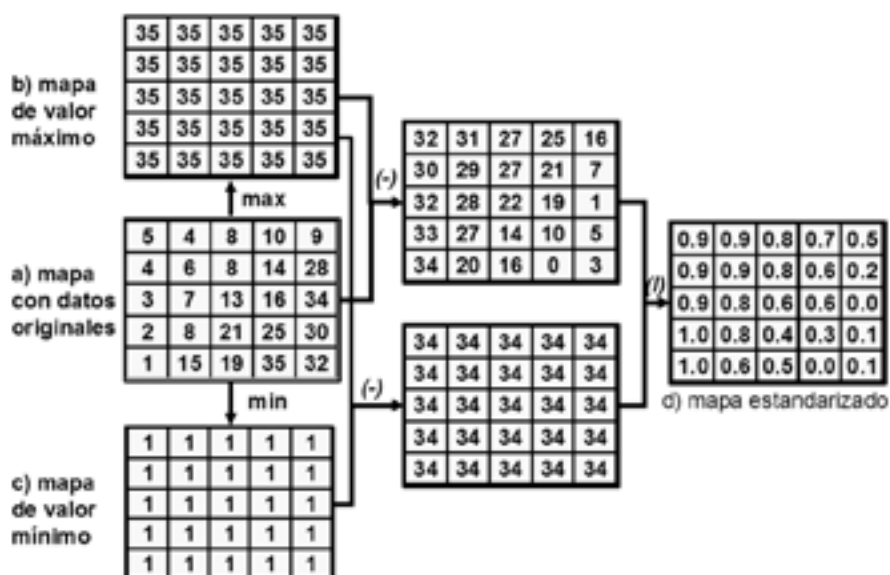
Donde  $x_{j\min}$  es el valor mínimo para el  $j$ -ésimo atributo,  $x_{j\max} - x_{j\min}$  es el rango de un atributo dado y los términos restantes son como se definieron previamente. Los valores estandarizados van de cero a uno.

En la Figura A3.3 se muestra un ejemplo para estandarizar un mapa de un atributo particular (pendiente) mediante el procedimiento de rangos. Como punto de partida se tienen los datos originales (a). Para aplicar la ecuación

(2) se genera el mapa del valor máximo (b), el mapa del valor mínimo (c) y se hacen las operaciones correspondientes. Como resultado se obtiene un mapa estandarizado donde los valores oscilan entre 0 y 1.

FIGURA A3.3.

CREACIÓN DE UN MAPA ESTANDARIZADO MEDIANTE LA TRANSFORMACIÓN LINEAL.



### A 3.02 MÉTODOS PARA IDENTIFICACIÓN Y PONDERACIÓN DE ATRIBUTOS

Las técnicas que se presentan en esta sección permiten obtener información directa del público. Si se cuenta con los recursos adecuados y suficientes en el taller de planeación, con todos estos métodos se puede obtener la ponderación de atributos directamente en el taller. De cualquier forma, posteriormente se requiere que los resultados sean procesados para su integración, análisis y síntesis. En general, deben preferirse los métodos que tienen un respaldo teórico.

## 1) Proceso de grupo nominal

Esta técnica es útil para identificar y establecer la prioridad de los atributos. La audiencia se divide en grupos pequeños, por ejemplo, de seis a nueve participantes. Cada grupo tiene un líder que guía la discusión mediante una pregunta, formulada previamente, para conocer las inquietudes del público. Los pasos del método son:

### a) Lluvia de ideas.

Los participantes deben escribir todos los atributos que puedan pensar.

### b) Generación de más ideas.

Se invita a producir cualquier tipo de ideas, no sólo las más lógicas o naturales. Esto puede llevar a pensar en el problema de una manera no rígida o tradicional, y dar cabida a otras ideas que pueden ser productivas o creativas.

### c) Elaboración y discusión de una lista de atributos.

Cada persona expone un atributo resumido que se anota en una lista. No se permite discusión alguna, ni se limita a los participantes en las ideas, pueden compartirse ideas de otros participantes. Todas las ideas, sin importar su aparente validez, se escriben en una lámina. Cuando nadie tenga una nueva aportación, se alfabetizan los atributos de la lista: A-Z, AA-ZZ. Se discute cada uno para que se entienda claramente su definición, su importancia o su debilidad.

### d) Selección de atributos.

Se procede a la elección de los atributos preferidos. Cada persona elige los que considera más importantes. Se puede pedir que seleccionen un número específico, tal vez cinco u ocho y los escriban en una tarjeta; uno por tarjeta.

## e) Ordenar los atributos.

Cada participante arregla sus tarjetas en orden de preferencia, la de mayor preferencia hasta arriba. Si se pidió que seleccionaran 8 atributos, deberán poner un “8” en la opción más favorecida y la numeración decrece según lo haga la preferencia. Después se hace el conteo de puntos. En una hoja que contenga todas las letras usadas en la lista de atributos se anotan los valores que lee cada participante. Por ejemplo: R-6, P-4, B-1, donde la letra indica qué atributo es y el número representa el valor que se le asignó. Al terminar, se suma la calificación de cada letra del alfabeto. El mayor puntaje puede ser mostrado como #1.

La lluvia de ideas es una técnica participativa simple y fácil de usar. La lluvia de ideas pretende resolver tres problemas: 1) la necesidad de un clima de seguridad psicológica para reforzar la creatividad, 2) la necesidad de suspender la evaluación para ser creativos y 3) la tendencia a enfocar los problemas de manera fija, limitada.

|                                                                                                 |                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Pasos a seguir para aplicar el método de grupo nominal para identificar y jerarquizar atributos |                                                                             |
| 1.                                                                                              | Formular la pregunta o las preguntas al público                             |
| 2.                                                                                              | Elaborar una lista con los atributos que aporten los participantes          |
| 3.                                                                                              | Revisar cada uno de los atributos                                           |
| 4.                                                                                              | Seleccionar los atributos preferidos y asignarles una puntuación            |
| 5.                                                                                              | Sumar los puntos que obtuvo cada atributo y ordenarlos según su puntuación. |

| Elementos a considerar para la selección y aplicación del método de grupo nominal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Ventajas:</b><br/>Es un método fácil de aplicar, relativamente corto y se obtiene una jerarquía de atributos en el taller.</p> <p><b>Desventajas:</b><br/>No produce resultados rigurosos. No emplea métodos sistemáticos<br/>Existe el riesgo de que el público se sienta “procesado” más que incluido. Generalmente existe la tendencia de dedicar mucho tiempo a la primera mitad de la lista y apresurarse con la segunda mitad</p> |

## 2) Delphi

El método Delphi es un proceso diseñado para obtener consenso en pronósticos por un grupo de participantes con diferentes puntos de vista. En el caso específico del ordenamiento, se plantea su uso más que para hacer estimaciones, para llegar a acuerdos sobre, por ejemplo, la agenda ambiental, manejo de la bitácora ambiental o identificación y ponderación de atributos en mesas de trabajo. Dependiendo de la aplicación que se le vaya a dar, los panelistas pueden ser los miembros del Comité de Ordenamiento Ecológico.

En Delphi primero se selecciona al grupo de personas de las que se desea su opinión. Se elabora un cuestionario que se envía a cada participante de manera independiente, solicitando su participación. Por ejemplo, se puede preguntar cuáles son los temas que deban abordarse en la agenda. Cada panelista contesta y las respuestas se envían a un coordinador. Éste analiza e integra las respuestas tratando de unificar resultados. Los resultados se reenvían a los participantes solicitando esta vez que establezcan la prioridad de los temas. Nuevamente el coordinador recibe las respuestas y prepara un resumen estadístico que se distribuye a los participantes. En esta ocasión se les solicita una nueva estimación ahora que han visto su respuesta en las respuestas del grupo total. A los participantes cuyas respuestas difieren sustancialmente del resto del grupo se les solicita que expongan las razones de su respuesta. Las nuevas respuestas se resumen estadísticamente y se envían a los participantes, que hacen su estimación

final. Se elabora un resumen estadístico final.

Delphi puede combinarse con otras técnicas de participación pública. Puede dirigirse a un grupo pequeño o grande de participantes. En algunos casos, el cuestionario inicial se envía a un gran número de personas, y aunque pocos respondan, se recomienda que el primer resumen de resultados sea enviado de nueva cuenta a toda la gente, aún cuando no hubieran respondido, de esta forma poco a poco se va incrementando la participación.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Pasos a seguir para aplicar el método Delphi para identificar atributos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Formular la pregunta o las preguntas y distribuir las entre los participantes</li> <li>2. Los participantes elaboran su respuesta y la envían al coordinador</li> <li>3. Revisar e integrar las respuestas y regresarlas a los participantes</li> <li>4. Hacer otras rondas para buscar el consenso en las respuestas</li> </ol>                                                                                                                           |
| Elementos a considerar para la selección y aplicación del método Delphi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <p><b>Ventajas:</b></p> <p>Es un método fácil de aplicar. Puede utilizarse en diferentes etapas del proceso de ordenamiento. Es efectivo en la búsqueda de consenso entre grupos de expertos. Minimiza las desventajas de las dinámicas de grupos tales como la dominancia de una personalidad.</p> <p><b>Desventajas:</b></p> <p>El proceso de envío de cuestionarios y resultados puede requerir tiempo. El público puede no estar dispuesto a aceptar los resultados de un panel de expertos.</p> |

### 3) Método de clasificación.

Un método simple para evaluar la importancia de los pesos es arreglarlos en orden de preferencia. Se puede hacer de manera directa o inversa. En el primer caso, se asigna el número 1 al atributo más importante, mientras que en el segundo, el valor menos importante tiene un valor de 1. Después de establecer el orden de los atributos se pueden realizar varios

procedimientos para generar pesos numéricos; los más comunes son: suma y recíproco.

El método de suma consiste en sumar los pesos de los atributos, los cuales se calculan de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$w_j = \frac{n - r_j + 1}{\sum (n - r_k + 1)} \quad (\text{A3-3})$$

donde  $w_j$  es el peso normalizado para el  $j$ -ésimo atributo,  $n$  es el número de atributos bajo consideración ( $k=1,2,\dots,n$ ), y  $r$  es la posición que ocupa el atributo en la lista ordenada. Cada atributo es pesado con  $n-r+1$  y el valor se normaliza dividiéndolo entre la suma de los pesos.

Ejemplo: Consideremos un caso de ordenamiento donde un sector considera cinco atributos: tipo de suelo, zonas inundables, agua salobre, manglar y cercanía a carreteras y caminos (Figura A3.4). Primero se ordenan los atributos según la preferencia (columna C). Después se calcula  $n-r+1$  (columna E). Finalmente, se normaliza dividiendo cada uno de los pesos entre el peso total (columna G).

FIGURA A3.4. CÁLCULO DE PESOS MEDIANTE LA SUMA, MÉTODO DE CLASIFICACIÓN.

| A  | B  | C                                                    | D         | E          | F | G                 | H |
|----|----|------------------------------------------------------|-----------|------------|---|-------------------|---|
| 1  | No | Criterio                                             | Orden de  | Peso       |   | Peso normalizado  |   |
| 2  |    |                                                      | criterios | (n-r+1)    |   | (peso/peso total) |   |
| 3  |    |                                                      |           | (5-C+1) *  |   | (E5/E15) *        |   |
| 6  | 1  | Tipo de suelo                                        | 1         | 5          |   | 0.333             |   |
| 7  | 2  | Zonas inundables                                     | 5         | 1          |   | 0.067             |   |
| 8  | 3  | Agua salobre                                         | 3         | 3          |   | 0.200             |   |
| 9  | 4  | Manglar                                              | 2         | 4          |   | 0.267             |   |
| 10 | 5  | Cercanía a caminos                                   | 4         | 2          |   | 0.133             |   |
| 11 |    |                                                      |           | 15         |   | 1.000             |   |
| 12 |    |                                                      |           |            |   |                   |   |
| 13 |    | n=5                                                  | rj        | peso total |   |                   |   |
| 14 |    |                                                      |           |            |   |                   |   |
| 15 |    | * fórmula para obtener el primer valor de la columna |           |            |   |                   |   |
| 16 |    |                                                      |           |            |   |                   |   |
| 17 |    |                                                      |           |            |   |                   |   |
| 18 |    |                                                      |           |            |   |                   |   |
| 19 |    |                                                      |           |            |   |                   |   |

En el método de recíprocos, los pesos se derivan de los recíprocos normalizados de los atributos, con la siguiente fórmula:

$$w_j = \frac{1/r_j}{\sum (1/r_k)} \quad (\text{A3-4})$$

donde  $w_j$  es el peso normalizado para el  $j$ -ésimo atributo,  $k$  es el número de atributos bajo consideración ( $k=1,2,\dots,n$ ), y  $r$  es la posición que ocupa el atributo en la lista ordenada.

Ejemplo. En la figura A3.5 se presenta el método de recíprocos considerando los mismos atributos que en el caso anterior. Primero se establece el orden o peso de los atributos (columna C), luego se obtiene el recíproco de cada peso (columna E). Finalmente se calcula el peso normalizado, dividiendo el valor de cada atributo entre el peso total (columna G).

FIGURA A3.5. CÁLCULO DE PESOS MEDIANTE EL RECÍPROCO, MÉTODO DE CLASIFICACIÓN.

| No. | Criterio                                             | Orden de criterios ( $r_j$ ) | Peso recíproco ( $1/r_j$ ) | Peso normalizado (peso/peso total) |
|-----|------------------------------------------------------|------------------------------|----------------------------|------------------------------------|
| 1   |                                                      |                              | $=1/C5 *$                  | $=E5/\$E\$10 *$                    |
| 2   |                                                      |                              |                            |                                    |
| 3   |                                                      |                              |                            |                                    |
| 4   |                                                      |                              |                            |                                    |
| 5   | 1 Tipo de suelo                                      | 1                            | 1.000                      | 0.438                              |
| 6   | 2 Zonas inundables                                   | 5                            | 0.200                      | 0.088                              |
| 7   | 3 Agua salobre                                       | 3                            | 0.333                      | 0.146                              |
| 8   | 4 Manglar                                            | 2                            | 0.500                      | 0.219                              |
| 9   | 5 Cercanía a caminos                                 | 4                            | 0.250                      | 0.109                              |
| 10  |                                                      |                              | 2.283                      | 1.000                              |
| 11  |                                                      |                              |                            |                                    |
| 12  |                                                      |                              |                            |                                    |
| 13  | $n=5$                                                |                              | peso total                 |                                    |
| 14  |                                                      |                              |                            |                                    |
| 15  | * fórmula para obtener el primer valor de la columna |                              |                            |                                    |
| 16  |                                                      |                              |                            |                                    |
| 17  |                                                      |                              |                            |                                    |

Este método es atractivo debido a su simplicidad. Su utilidad práctica está limitada por el número de atributos a ordenar. En general, mientras mayor sea el número de atributos usados, el método es menos apropiado. La técnica

puede usarse como técnica de aproximación de pesos, pero se debe tener cuidado al interpretar los resultados en términos del grado de preferencia. El valor del peso depende del rango de los valores del atributo. El peso de un atributo puede ponerse arbitrariamente grande o pequeño incrementando o disminuyendo el rango. Este método es criticado por la falta de un fundamento teórico.

|                                                                                                                                                                                                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Pasos a seguir para aplicar el método de clasificación para ponderar atributos                                                                                                                                                               |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ordenar los atributos según el orden de preferencia</li> <li>2. Asignar valores de 0 y 1 a los atributos de los extremos</li> <li>3. Establecer el orden para el resto de los atributos</li> </ol> |
| Elementos a considerar para la selección y aplicación del método de clasificación                                                                                                                                                            |
| <p><b>Ventajas:</b><br/>Es un método fácil de aplicar</p> <p><b>Desventajas:</b><br/>Se puede ordenar un número limitado de atributos. Carece de fundamento teórico</p>                                                                      |

#### 4) Método de proporción

En el método de proporción los participantes estiman pesos con base en una escala predeterminada. Por ejemplo, una escala de 0 a 100. Uno de los métodos más simples para hacerlo es el de punto de localización. Este método consiste en que los participantes repartan 100 puntos entre los atributos de interés. Específicamente, se trata de asignar puntos, de 0 a 100, donde 0 indica que el atributo puede ser ignorado y 100 representa la situación donde sólo se necesita considerar un atributo para una decisión dada. Mientras más puntos reciba un atributo, su importancia relativa es mayor.

Ejemplo: Si se tienen los atributos de a) pendiente, b) suelo, c) disponibilidad de agua y d) paisaje, habrá que repartir 100 puntos. Un modo de

hacerlo podría ser a) 20, b) 40, c) 25, d) 15, por tanto, los pesos de cada atributo serían: a)0.2 b)0.4 c)0.25 y d)0.15.

Una alternativa al método de punto de localización es un procedimiento de estimación de proporción. Primero se asigna una calificación de 100 al atributo más importante. Después se asignan pesos proporcionalmente menores a los atributos de menor orden de importancia, hasta llegar al atributo menos importante. La calificación asignada al atributo menos importante se toma como punto de partida para calcular las proporciones. Para hacerlo, este valor se divide entre la calificación de cada atributo. Esto es igual a  $w/w^*$ , donde  $w^*$  es la calificación menor y  $w$  es la calificación para el atributo  $j$ -ésimo. Este procedimiento se repite para el siguiente atributo más importante hasta que se asignan pesos a todos los atributos. Finalmente, los pesos se normalizan dividiendo cada uno entre el total.

Ejemplo: En un caso en el que los atributos son tipo de suelo, zonas inundables, agua salobre, manglar y cercanía a caminos (Figura A3.6). Lo primero que debe hacerse es definir el atributo más importante y asignarle un valor de 100. Después se asignan valores consecutivamente más bajos al resto de los atributos, conforme descienda su importancia (celdas B5 a B8). Posteriormente se divide el valor de cada atributo entre el valor más bajo, en este ejemplo representado por B:5 (columna D). Finalmente los valores se normalizan dividiendo el peso proporcional de cada atributo entre el peso total (columna F).

FIGURA A3.6 CÁLCULO DE PESOS MEDIANTE EL MÉTODO DE PROPORCIÓN

|    | A                                                    | B                    | C | D                 | E | F                | G |
|----|------------------------------------------------------|----------------------|---|-------------------|---|------------------|---|
| 1  | Criterio                                             | Escala de proporción |   | Peso proporcional |   | Peso normalizado |   |
| 2  |                                                      |                      |   | (B4/B5)*          |   | (D4/D8)*         |   |
| 4  | Tipo de suelo                                        | 100                  |   | 10                |   | 0.385            |   |
| 5  | Zonas inundables                                     | 10                   |   | 1                 |   | 0.038            |   |
| 6  | Agua salobre                                         | 50                   |   | 5                 |   | 0.192            |   |
| 7  | Manglar                                              | 25                   |   | 2.5               |   | 0.096            |   |
| 8  | Cercanía a caminos                                   | 75                   |   | 7.5               |   | 0.288            |   |
| 9  |                                                      |                      |   | 26                |   | 1.000            |   |
| 10 |                                                      |                      |   |                   |   |                  |   |
| 11 | * fórmula para obtener el primer valor de la columna |                      |   |                   |   |                  |   |
| 12 |                                                      |                      |   |                   |   |                  |   |
| 13 |                                                      |                      |   |                   |   |                  |   |
| 14 |                                                      |                      |   |                   |   |                  |   |
| 15 |                                                      |                      |   |                   |   |                  |   |
| 16 |                                                      |                      |   |                   |   |                  |   |
| 17 |                                                      |                      |   |                   |   |                  |   |
| 18 |                                                      |                      |   |                   |   |                  |   |

Pasos a seguir para aplicar el método de proporción para ponderar atributos

1. Asignar un valor de 100 al atributo más importante y valores menores a los atributos menos importantes.
2. Obtener el peso de cada atributo dividiendo el valor del atributo menos importante entre el valor de cada uno de los atributos
3. Normalizar los pesos dividiéndolos entre el peso total

Elementos a considerar para la selección y aplicación del método de proporción

Ventajas:

Es un método fácil de aplicar

Desventajas:

Se puede ordenar un número limitado de atributos. Carece de teoría y fundamentos formales. Puede ser difícil justificar el peso asignado a los atributos. No se tiene una idea clara de la distancia entre dos atributos.

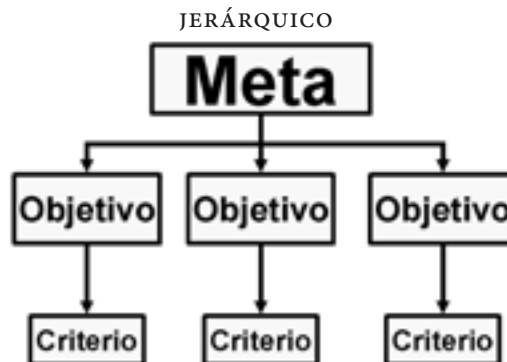
## 5) Proceso Analítico Jerárquico.

El Proceso Analítico Jerárquico (PAJ) se basa en tres principios: descomposición, juicios comparativos y síntesis de prioridades. El principio de descomposición consiste en que el problema de decisión sea descompuesto en una jerarquía que capte los elementos esenciales del problema. El principio de juicios comparativos requiere evaluación de comparaciones pareadas de los elementos dentro de un nivel dado de la estructura jerárquica, con respecto a sus antecesores en el nivel superior siguiente. El principio de síntesis construye un conjunto global de prioridades para los elementos en el nivel más bajo de la jerarquía (atributos). Bajo estos principios, el procedimiento PAJ involucra los siguientes pasos: a) definir la jerarquía y b) realizar comparaciones pareadas de los elementos.

### a) Definir la jerarquía

El primer paso es establecer la jerarquía de los elementos más importantes del problema. En el nivel superior de la jerarquía se coloca la meta que se pretende lograr y a partir de este nivel, la jerarquía desciende de lo general a lo particular, hasta que se alcanza el nivel de atributos. Cada nivel debe vincularse al nivel superior siguiente. La estructura jerárquica consiste de diferentes niveles, que pueden ser: meta, objetivos y criterios o atributos (Figura A3.7), pero la estructura puede variar, con diferentes combinaciones que pueden incluir escenarios, subobjetivos, grupos de interés.

FIGURA A3.7. ESTRUCTURA JERÁRQUICA PARA EL PROCESO ANALÍTICO



b) Comparaciones pareadas de los elementos

El Procedimiento Analítico Jerárquico utiliza comparaciones entre cada par de elementos. Así se reduce la complejidad de la toma de decisiones ya que sólo se consideran dos componentes a la vez. Las comparaciones pareadas involucran tres pasos:

- Generación de la matriz de comparaciones pareadas.

Se elabora una matriz de comparaciones, colocando los atributos tanto en las columnas como en los renglones (Figura A3.8). Para llenar la matriz se utiliza una escala de 1 a 9 con la que se evalúa la preferencia entre cada par de atributos (Cuadro 4). Los valores que resultan de la comparación de atributos se colocan en las celdas correspondientes, empezando por la parte superior (definida por la diagonal). Por ejemplo, si la preferencia del atributo A sobre el B es de moderada a fuerte, en la celda donde se intersecta el renglón del atributo A con la columna del atributo B se coloca un cuatro (A-B=4).

FIGURA A3.8 MATRIZ DE COMPARACIONES PAREADAS

The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet titled "Matriz de comparaciones pareadas". The spreadsheet has columns labeled A, B, C, D, E, F, G, H and rows numbered 1 through 16. The data is as follows:

|    | A                                | B | C | D | E | F | G | H |
|----|----------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|
| 1  | Matriz de comparaciones pareadas |   |   |   |   |   |   |   |
| 2  |                                  |   |   |   |   |   |   |   |
| 3  | Criterio                         | A | B | C |   |   |   |   |
| 4  | A                                |   |   |   |   |   |   |   |
| 5  | B                                |   |   |   |   |   |   |   |
| 6  | C                                |   |   |   |   |   |   |   |
| 7  |                                  |   |   |   |   |   |   |   |
| 8  |                                  |   |   |   |   |   |   |   |
| 9  |                                  |   |   |   |   |   |   |   |
| 10 |                                  |   |   |   |   |   |   |   |
| 11 |                                  |   |   |   |   |   |   |   |
| 12 |                                  |   |   |   |   |   |   |   |
| 13 |                                  |   |   |   |   |   |   |   |
| 14 |                                  |   |   |   |   |   |   |   |
| 15 |                                  |   |   |   |   |   |   |   |
| 16 |                                  |   |   |   |   |   |   |   |

The cell at row 10, column D is highlighted with a black border. The status bar at the bottom shows "matriz / lista / índice de inconsistencia / cálculo de pi".

CUADRO 4. ESCALA PARA VALORAR LAS PREFERENCIAS DE LOS  
ATRIBUTOS

| Intensidad de<br>importancia | Definición                                 |
|------------------------------|--------------------------------------------|
| 1                            | Igual importancia                          |
| 2                            | Importancia igual a moderada               |
| 3                            | Importancia moderada                       |
| 4                            | Importancia moderada a fuerte              |
| 5                            | Importancia fuerte                         |
| 6                            | Importancia fuerte a muy fuerte            |
| 7                            | Importancia muy fuerte                     |
| 8                            | Importancia fuerte a extremadamente fuerte |
| 9                            | Importancia extrema                        |

Durante el llenado de la matriz debe considerarse que la matriz es recíproca. Esto implica que si el atributo A es cuatro veces preferido que el atributo B, podemos concluir que el atributo B es preferido solo una cuarta parte del atributo A. Así, si el atributo A recibe una calificación de 4 relativa al atributo B, el atributo B debe recibir una calificación de  $\frac{1}{4}$  cuando se compara con el atributo A ( $B-A=\frac{1}{4}$ ). Se aplica esta lógica para completar el lado inferior izquierdo de la matriz. Para llenar las celdas de la diagonal se observa que cuando se compara cualquier atributo consigo mismo la escala de evaluación debe ser 1, que representa un atributo igualmente preferido. Se coloca 1 en la diagonal principal de la matriz.

Ejemplo: En un caso de ordenamiento, los atributos son: especies endémicas (A), estado de conservación (B) y riqueza de especies (C). Se crea la matriz de comparaciones, como se muestra en la Figura 9.

Posteriormente se evalúan los pares de atributos que en este caso son A-B, A-C y B-C, con la escala de 1 a 9 (Cuadro 4). Si al comparar el atributo A con B y con C, resulta que la preferencia de A sobre B se ubica entre moderada y fuerte, y la preferencia sobre B es muy fuerte, entonces se asignan valores de 4 y 7 en las celdas correspondientes. De la misma manera, si al comparar B-C, si B es fuertemente preferido sobre C, se asigna un 5. Para llenar el resto de las celdas, se asigna un valor de uno a las celdas de la diagonal y los recíprocos de

A-B, A-C y B-C en las celdas B-A, C-A y C-B, como se muestra en la Figura A3.9.

FIGURA A3.9. MATRIZ DE COMPARACIONES PAREADAS

|    | A                                              | B   | C   | D | E | F | G | H | I |
|----|------------------------------------------------|-----|-----|---|---|---|---|---|---|
| 1  | Llenado de la matriz de comparaciones pareadas |     |     |   |   |   |   |   |   |
| 2  |                                                |     |     |   |   |   |   |   |   |
| 3  | Criterio                                       | A   | B   | C |   |   |   |   |   |
| 4  | A                                              | 1   | 4   | 7 |   |   |   |   |   |
| 5  | B                                              | 1/4 | 1   | 5 |   |   |   |   |   |
| 6  | C                                              | 1/7 | 1/5 | 1 |   |   |   |   |   |
| 7  |                                                |     |     |   |   |   |   |   |   |
| 8  |                                                |     |     |   |   |   |   |   |   |
| 9  |                                                |     |     |   |   |   |   |   |   |
| 10 |                                                |     |     |   |   |   |   |   |   |
| 11 |                                                |     |     |   |   |   |   |   |   |
| 12 |                                                |     |     |   |   |   |   |   |   |
| 13 |                                                |     |     |   |   |   |   |   |   |
| 14 |                                                |     |     |   |   |   |   |   |   |
| 15 |                                                |     |     |   |   |   |   |   |   |
| 16 |                                                |     |     |   |   |   |   |   |   |
| 17 |                                                |     |     |   |   |   |   |   |   |

- Cálculo de los pesos de los atributos

Para calcular los pesos se realizan las siguientes operaciones: i) suma de valores en cada columna de la matriz comparaciones pareadas, ii) división de cada elemento de la matriz entre el total de su columna. Este resultado es referido como la “matriz normalizada de comparaciones pareadas”, y iii) cálculo del promedio de los elementos de cada renglón de la matriz normalizada. Esto es, dividir la suma de las calificaciones normalizadas de cada renglón entre el número de atributos. Estos promedios proveen una estimación de los pesos relativos del atributo comparado. Usando este método, los pesos son interpretados como el promedio de todas las maneras posibles de comparar el atributo.

Ejemplo: Al emplear una hoja de cálculo para obtener los pesos de la matriz del ejemplo anterior, tenemos los resultados que se muestran en la Figura A3.10.

FIGURA A3.10. CÁLCULO DE PESOS DE LOS ATRIBUTOS

| b) Cálculo de los pesos en la matriz de comparaciones pareadas |      |      |    |                        |         |         |               |
|----------------------------------------------------------------|------|------|----|------------------------|---------|---------|---------------|
| i) suma de valores                                             |      |      |    | ii) matriz normalizada |         |         | iii) promedio |
| Criterio                                                       | A    | B    | C  | A                      | B       | C       | Peso          |
|                                                                |      |      |    | =B7/B10                | =D7/D10 | =F7/F10 | =(H7+J7+L7)/3 |
| A                                                              | 1.00 | 4.00 | 7  | 0.718                  | 0.769   | 0.538   | 0.675         |
| B                                                              | 0.25 | 1.00 | 5  | 0.179                  | 0.192   | 0.385   | 0.252         |
| C                                                              | 0.14 | 0.20 | 1  | 0.103                  | 0.038   | 0.077   | 0.073         |
| Sumas                                                          | 1.39 | 5.20 | 13 | 1.0                    | 1.0     | 1.0     | 1.000         |

- Estimación de la consistencia

En este paso se analiza si las comparaciones son consistentes. Para ello se debe:

- Determinar el vector de la suma ponderada.

El vector se obtiene multiplicando el peso del primer atributo por la primera columna de la matriz de comparaciones pareadas, el peso del segundo atributo por la segunda columna y el peso del tercer atributo por la tercera columna de la matriz original. Finalmente, se suman estos valores sobre los renglones.

- Determinar el vector de consistencia.

Se divide el vector de la suma de pesos entre los pesos de los atributos determinados previamente.

- Calcular el índice de consistencia (IC).

Para calcular IC debe obtenerse primero el valor de Lambda ( $\lambda$  que es el promedio del vector de consistencia. El cálculo de este índice se basa en la observación de que  $\lambda$  es siempre mayor o igual al número de atributos bajo consideración ( $n$ ) para matrices positivas y recíprocas y  $\lambda = n$  si la matriz de comparaciones pareadas es consistente. Consecuentemente,  $\lambda - n$  puede considerarse una medida del grado de inconsistencia. Esta medida puede ser normalizada como sigue:

$$IC = \frac{\lambda - n}{n - 1}$$

donde IC es el índice de consistencia. Este índice provee una medida de la consistencia. Ahora se debe calcular la proporción de consistencia PC, mediante la siguiente ecuación:

$$PC = \frac{IC}{IA}$$

donde IA es el índice de azar, esto es el índice de consistencia de una matriz de comparaciones pareadas generada aleatoriamente. Este índice se muestra en la Cuadro 5. Se puede ver que IA depende del número de elementos que son comparados. Un valor de  $PC < 0.10$  indica un nivel razonable de consistencia en las comparaciones pareadas;  $PC > 0.10$ , indica inconsistencia en los juicios.

CUADRO 5. INDICES DE INCONSISTENCIA ALEATORIA PARA  $N=1,2,...,15$

| N | RI   | n  | RI   | n  | RI   |
|---|------|----|------|----|------|
| 1 | 0.00 | 6  | 1.24 | 11 | 1.51 |
| 2 | 0.00 | 7  | 1.32 | 12 | 1.48 |
| 3 | 0.58 | 8  | 1.41 | 13 | 1.56 |
| 4 | 0.90 | 9  | 1.45 | 14 | 1.57 |
| 5 | 1.12 | 10 | 1.49 | 15 | 1.59 |

Ejemplo: Al continuar con el ejercicio que se ha venido trabajando, los vectores de la suma ponderada y de consistencia quedan como se muestra en la Figura A3.11.

FIGURA A3.11. CÁLCULO DEL VECTOR DE CONSISTENCIA

Microsoft Excel

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana ?

104 = (N6\*B6)+(N7\*D6)+(N8\*F6)

104 = (N6\*B6)+(N7\*D6)+(N8\*F6)

| c) Cálculo del índice de inconsistencia |                                           |      |    |                        |               |       |              |  |  |  |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------|------|----|------------------------|---------------|-------|--------------|--|--|--|
|                                         | b) suma de valores                        |      |    | a) matriz normalizada  |               |       | b) promedio  |  |  |  |
| Criterio                                | A                                         | B    | C  | A                      | B             | C     | Peso         |  |  |  |
|                                         |                                           |      |    | =B6/B9                 | D6/D9         | F6/F9 | (B6+B6+L6)/3 |  |  |  |
| A                                       | 1.00                                      | 4.00 | 7  | 0.718                  | 0.769         | 0.538 | 0.675        |  |  |  |
| B                                       | 0.25                                      | 1.00 | 5  | 0.179                  | 0.192         | 0.385 | 0.252        |  |  |  |
| C                                       | 0.14                                      | 0.20 | 1  | 0.103                  | 0.038         | 0.077 | 0.073        |  |  |  |
|                                         | 1.39                                      | 5.20 | 13 | 1.0                    | 1.0           | 1.0   | 1.000        |  |  |  |
|                                         | Vector de la suma ponderada               |      |    | Vector de consistencia |               |       |              |  |  |  |
|                                         |                                           |      |    |                        |               |       | =J14/N6      |  |  |  |
| A                                       | (0.675*1) + (0.252*4) + (0.073*7) =       |      |    | 2.192                  | 2.192/0.675 = | 3.247 |              |  |  |  |
| B                                       | (0.675*0.25) + (0.252*1) + (0.073*5) =    |      |    | 0.784                  | 0.784/0.252 = | 3.110 |              |  |  |  |
| C                                       | (0.675*0.14) + (0.252*0.20) + (0.073*1) = |      |    | 0.220                  | 0.220/0.073 = | 3.022 |              |  |  |  |
|                                         | Lambda= (3.247+3.11+3.022)/3=             |      |    |                        |               |       | 3.126        |  |  |  |

línea / cálculo de pesos / índice de inconsistencia /

Por último, la proporción de consistencia queda definida como se muestra en la Figura A3.12. El valor obtenido de PC (0.1086) señala inconsistencia en los juicios. En este caso, se debe reconsiderar y revisar los valores originales en la matriz de comparaciones pareadas y repetir el procedimiento. Al revisar la matriz se puede ver que una manera de mejorar la consistencia de las comparaciones pareadas es hacer ligeros cambios en la importancia del atributo B con respecto al atributo C. Por ejemplo, si se asigna un 4 en la intersección de los atributos B-C (dispuestos en renglón-columna, respectivamente) en lugar del 5 que originalmente se había colocado, se estaría indicando una preferencia de moderada a fuerte. Al realizar los cálculos se obtiene una proporción de consistencia de 0.073. Este valor indica un nivel razonable de consistencia en las comparaciones pareadas. El cambio introducido produce cambios en los pesos de los atributos. La significancia o no de esas diferencias dependerá del nivel de cambio en la valoración de las preferencias.

Microsoft Excel - Paj



sesgo e inconsistencias. Hay que notar que el procedimiento de comparaciones pareadas sólo puede emplearse con un número relativamente pequeño de elementos en cada nivel de la jerarquía. Por tanto, sólo se puede aplicar a problemas que involucren un número relativamente pequeño de atributos. En general, es aceptado que el cerebro humano puede comparar  $7 \pm 2$  elementos, es decir, una comparación consistente involucra entre 5 y 9 elementos.

Cuando se considera un número grande, el PAJ se termina en el nivel de atributo y sus pesos se asignan al mapa-capa de atributos y es procesado en el ambiente de SIG. Este enfoque es referido como “PAJ espacial”

|                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Pasos a seguir para aplicar el método de proceso analítico jerárquico</p> |
|------------------------------------------------------------------------------|

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Definir la jerarquía de los atributos más importantes del problema.</li> <li>2. Realizar comparaciones pareadas de los elementos de decisión, valorar la preferencia entre cada par de atributos, utilizando una escala de 1 a 9 y llenar la matriz asumiendo que es recíproca             <ul style="list-style-type: none"> <li>• desarrollar una matriz de comparación en cada nivel de la jerarquía,</li> </ul> </li> <li>3. Cálculo de los pesos de los atributos             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sumar los valores de cada columna de la matriz</li> <li>• Generar la matriz normalizada, dividiendo cada elemento de la matriz entre el total de su columna.</li> <li>• Calcular el promedio de los elementos de cada renglón de la matriz normalizada.</li> <li>• Estimar la proporción de consistencia</li> </ul> </li> <li>4. Determinar la consistencia             <ul style="list-style-type: none"> <li>• determinar el vector de la suma ponderada, multiplicar el peso del primer atributo por la primera columna de la matriz, el peso del segundo atributo por la segunda columna y así, sucesivamente.</li> <li>• sumar los renglones</li> <li>• dividir el vector de la suma de pesos entre los pesos de los atributos determinados previamente</li> <li>• calcular el valor de lambda promediando el vector de consistencia</li> <li>• calcular el índice de consistencia</li> </ul> </li> </ol> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------|
| Elementos a considerar para la selección y aplicación del proceso analítico jerárquico |
|----------------------------------------------------------------------------------------|

**Ventajas:**

Reduce la complejidad conceptual de toma de decisiones al trabajar con dos componentes a la vez.

Toma en cuenta la inconsistencia inherente a los juicios de los participantes. Se puede ejecutar en hoja de cálculo o en software específico

**Desventajas:**

Sólo puede emplearse con un número relativamente pequeño de elementos en cada nivel de la jerarquía.

**6) SMART**

Esta técnica se denomina SMART por las siglas de su nombre en inglés (Simple Multi-Attribute Rating Technique). Se ha utilizado ampliamente debido a la simplicidad de las respuestas requeridas de los participantes y la manera en que las respuestas son analizadas. El principal papel en el análisis es permitir un mayor entendimiento del problema. Dado que el análisis es transparente, se facilita la aceptación de los resultados. El costo de su simplicidad es que el método no captura todos los detalles y complejidades del problema real. Además, considera la incertidumbre. El método produce resultados relativamente rápido.

El método original está diseñado para situaciones donde se reconoce que existe cierto número de alternativas posibles, y se evalúa cada una. En el caso de ordenamiento esto no es posible, ya que el número de alternativas posibles es muy grande. Por tanto, los pasos que a continuación se mencionan representan una adaptación para aplicar SMART en ordenamiento ecológico, específicamente para ponderar atributos.

**a) Identificación de atributos**

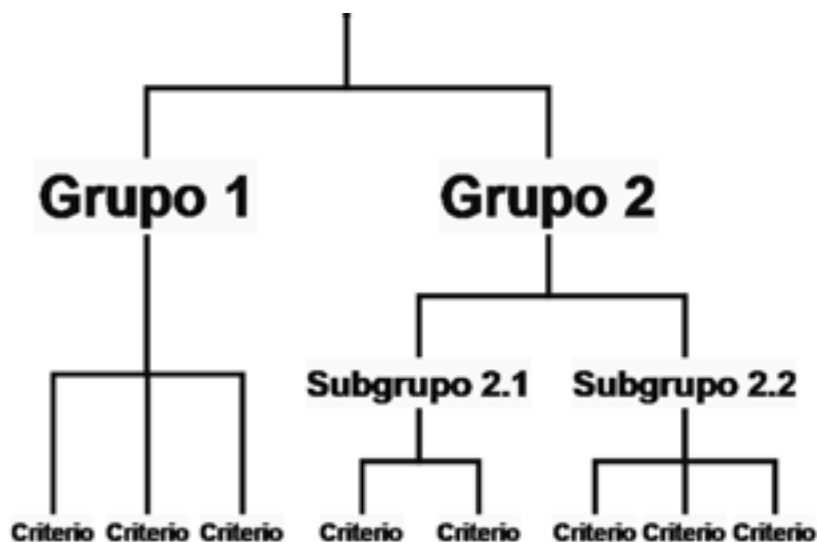
Primero se identifican los atributos relevantes del problema, con base en lo expuesto en el Anexo 3. Los atributos deben cumplir con las pro-

iedades señaladas en ese anexo (comprensible, medible, completo, operacional, descomponible, no redundante y mínimo).

b) Generar un árbol de valores

Una vez identificados, se puede generar un árbol de valores (Figura A3.13) donde los atributos pueden dividirse en grupos y subgrupos. Los atributos iniciales pueden necesitar diferente número de subdivisiones; lo importante es que los del último nivel puedan ser evaluados numéricamente.

FIGURA A3.13. ÁRBOL DE VALORES DE LOS ATRIBUTOS SELECCIONADOS



c) Asignación de pesos

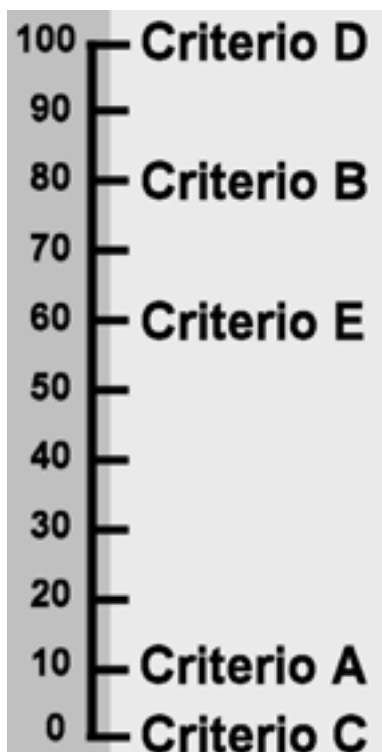
- Clasificación directa

De los atributos establecidos, se selecciona cuál es el más preferido y se le asigna un peso de cien. En contra parte, al menos preferido se le asigna un cero. Se puede usar cualquier par de números, siempre que el mayor se asigne a la opción más preferida. Sin embargo, el uso de 0

y 100 hace que las valoraciones siguientes sean más fáciles y simplifica la aritmética.

La clasificación se facilita si se realiza sobre una escala gráfica, como la que se muestra en la Figura A3.14. Así, se forma una escala de 0 a 100, donde los extremos están ocupados, respectivamente, por las variables menos y más preferidas. Ahora se ubican en esta escala las alternativas restantes, de tal manera que el espacio entre las alternativas represente su grado de preferencia.

FIGURA A3.14. CLASIFICACIÓN DE ATRIBUTOS EN UNA ESCALA GRÁFICA



Posteriormente se debe verificar si los resultados son consistentes con las preferencias de los participantes. Para hacerlo, se revisa tanto el orden de las variables como la distancia entre ellas. Tomando la Figura 14 como ejemplo, en la revisión se deben hacer preguntas para confirmar si la preferencia del atributo *D* sobre el *B* es la misma que la del atributo *B* sobre el *E*; si la preferencia del

atributo A es sólo ligeramente superior que la del atributo C; si la distancia entre cada par de atributos corresponde realmente a su nivel de preferencia.

- Cambio de pesos

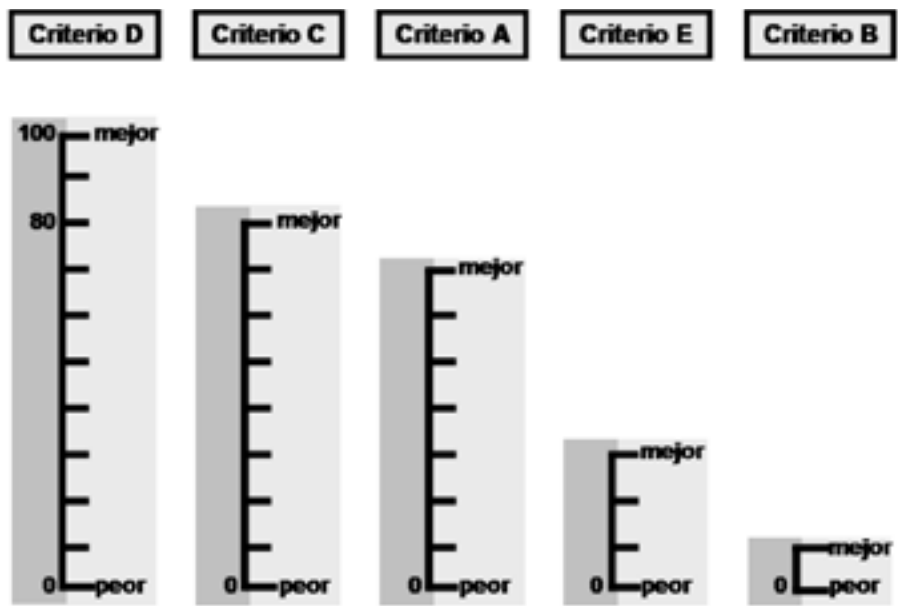
Para calcular el peso de los atributos se debe tomar en cuenta el rango entre las opciones menos y más preferidas de cada atributo. Los participantes deben comparar qué tan importante es un cambio desde el nivel menos preferido al nivel más preferido de cada atributo. Si no hay mucha diferencia entre la opción menos y más preferida de un atributo, entonces probablemente se trate de un atributo sin importancia para la decisión.

El enfoque más simple es considerar inicialmente el peor nivel de todos los atributos. Se pide a los participantes que imaginen a los atributos en sus peores condiciones. Entonces se pregunta: si pudiera cambiar sólo uno de estos atributos a su mejor nivel ¿cuál cambiaría? Los participantes seleccionan uno. Después de ubicar este atributo como el más importante, se plantea una pregunta similar: de los atributos que quedan, cuál seleccionarías para llevarlo a sus mejores condiciones? Y se repite la pregunta con el resto de los atributos. De este proceso se obtiene una lista jerarquizada de atributos, sin pesos.

Al atributo de mayor jerarquía se le atribuye un peso de 100. Para calcular el peso del segundo atributo se pide a los participantes que comparen un cambio desde su nivel más bajo al más alto, con respecto a un cambio desde el peor al mejor nivel del atributo de mayor jerarquía. Así se determina qué tan importante es la mejoría del segundo atributo con respecto al primero. Siguiendo con el ejemplo, si los participantes consideran que los cambios en el atributo C son 80% tan importantes como los cambios en el atributo D, se asigna un peso de 80 al atributo C. Se repite el procedimiento para el resto de los atributos de los niveles inferiores. En la Figura A3.15 se presenta de manera gráfica la derivación de pesos para el ejemplo de cinco atributos, suponiendo que los atributos C,A,E y B se ubicaran respectivamente en porcentajes de 80, 70, 30 y 10.

Posteriormente, se suman los pesos obtenidos, se normalizan y se obtiene un peso estandarizado, como se muestra en la Cuadro 6.

FIGURA A3.15. DERIVACIÓN DE PESOS DE LOS ATRIBUTOS



CUADRO 6. CÁLCULO DE PESOS DE ATRIBUTOS

| Atributo | Peso original | Peso normalizado |
|----------|---------------|------------------|
| D        | 100           | 0.34             |
| C        | 80            | 0.28             |
| A        | 70            | 0.24             |
| E        | 30            | 0.10             |
| B        | 10            | 0.03             |
|          | 290           | 1                |

| Pasos a seguir para aplicar el método SMART |                                                                |
|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| 1.                                          | Identificar los atributos relevantes del problema de decisión. |
| 2.                                          | Elaborar un árbol de valores                                   |
| 3.                                          | Determinar un peso para cada atributo.                         |

| Elementos a considerar para la selección y aplicación de SMART                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Para aplicar el modelo se asume independencia mutua de preferencias entre los atributos. Otros supuestos son:</p> <p><b>Decisión.</b>- Se asume que quien decide es capaz de establecer cuál de dos opciones prefiere.</p> <p><b>Transitividad.</b>- Si se prefiere la opción A sobre la B, y la B sobre la C, implica que A es más preferida que C</p> <p><b>Suma.</b>- Implica que si se prefiere A sobre B y B sobre C, la fuerza de la preferencia de A a C debe ser mayor que la fuerza de preferencia de A sobre B, o B sobre C.</p> <p><b>Ventajas:</b><br/>El análisis transparente facilita la aceptación de los resultados.</p> <p><b>Desventajas:</b><br/>El método no captura todos los detalles y complejidades del problema real.<br/>No considera la incertidumbre</p> |

### Ejercicio de SMART

En el Ordenamiento Ecológico Costero de la Costa de Norte de Nayarit los atributos identificados por el sector conservación fueron: cercanía a carreteras y caminos, distancia a uso agropecuario, lagunas, manglar, selva baja caducifolia y matorral y zonas inundables. Se elabora el árbol de valores, como en la Figura A3.16. Con la clasificación directa se genera la jerarquización que se ilustra en la Figura A3.17.

FIGURA A3.16. ÁRBOL DE VALORES PARA EL SECTOR CONSERVACIÓN

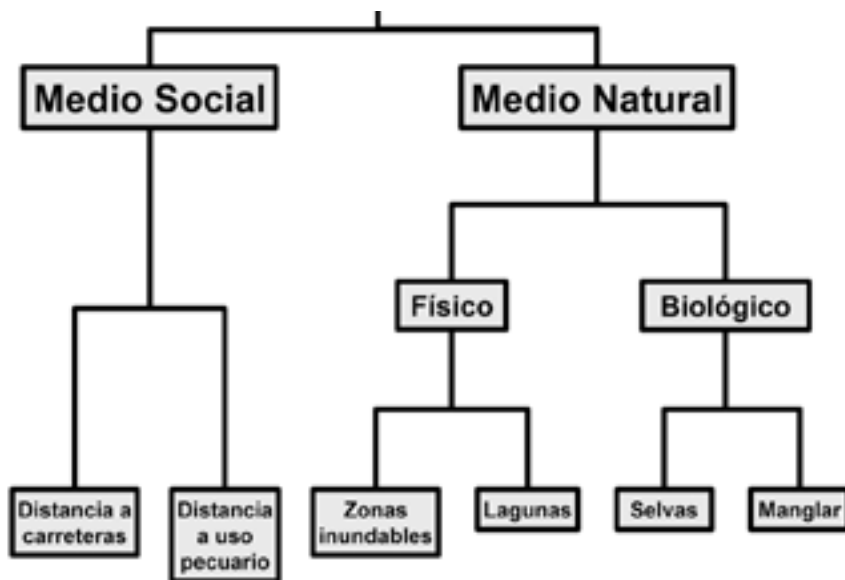
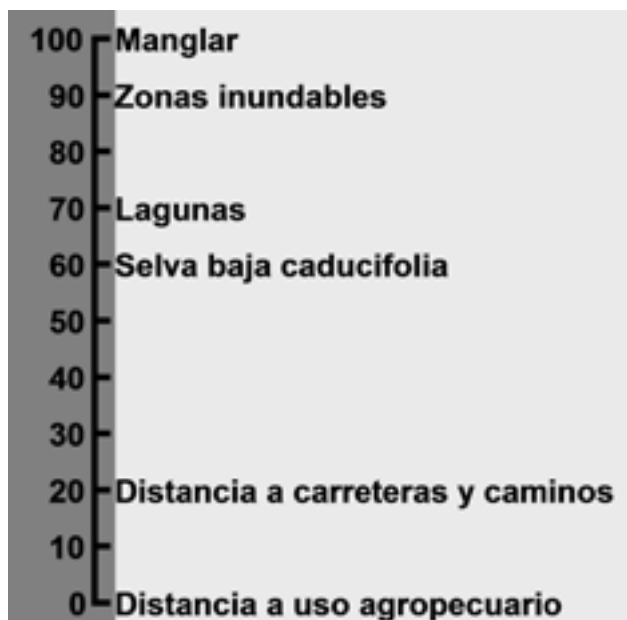


FIGURA A3.17. JERARQUIZACIÓN DE ATRIBUTOS MEDIANTE CLASIFICACIÓN DIRECTA



Posteriormente se derivan los pesos considerando el porcentaje. Para ello se imagina las peores condiciones: proximidad a carreteras y a zonas con uso agropecuario, manglar y selva perturbados, zonas inundables en proceso de desaparecer. Considerando todos los atributos en sus peores situaciones, se debe decidir cuál cambiaríamos si pudiéramos cambiar uno y llevarlo a su mejor condición. Siendo consistentes con la jerarquización anterior, se seleccionaría el manglar. Después se razona qué porcentaje de este cambio representa cambiar el resto de los atributos. Un posible resultado es: zonas inundables 80%, lagunas 70%, selva 50%, distancia a carreteras 20% y a uso agropecuario 10%. Con estos datos se obtienen los valores normalizados que se muestran en la Cuadro 7.

CUADRO 7. VALORES NORMALIZADOS DE LOS PESOS DE LOS ATRIBUTOS

| Criterio | Peso original |  | Peso normalizado |
|----------|---------------|--|------------------|
| D        | 100           |  | 0,34             |
| C        | 80            |  | 0,28             |
| A        | 70            |  | 0,24             |
| E        | 30            |  | 0,10             |
| B        | 10            |  | 0,03             |
|          | 290           |  | 1                |

## GLOSARIO

**Actividades compatibles.-** Aquellas que pueden concurrir en el espacio sin afectarse unas a otras

**Actividades incompatibles.** Aquellas que se presentan cuando un sector disminuye la capacidad de otro para aprovechar los recursos naturales, mantener los bienes y los servicios ambientales, proteger los ecosistemas y la biodiversidad de un área determinada.

**Análisis de aptitud.-** Procedimiento que involucra la selección de alternativas de uso del territorio entre los que se incluyen el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, el mantenimiento de los bienes y los servicios ambientales y la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad, a partir de los atributos ambientales en el área de estudio

**Análisis de decisión.** Conjunto de procedimientos sistemáticos para el análisis de problemas de decisión complejos. La estrategia básica consiste en dividir el problema en partes pequeñas, analizar cada parte e integrarlas después para obtener la solución.

**Análisis de decisión multiatributo.** Conjunto de procedimientos para el análisis de problemas de decisión complejos que implican la evaluación de alternativas de decisión con base en atributos inconmensurables y conflictivos.

**Análisis de sensibilidad.** Procedimiento sistemático para identificar los efectos debidos a cambios pequeños en los datos de entrada (datos geográficos o preferencias de los tomadores de decisiones) sobre los resultados (selección de alternativas).

**Atributos.** Propiedades de los elementos de un sistema real. Es una cantidad o calidad medible de una entidad o una relación entre las entidades.

**Conflicto ambiental.** Disputa intersectorial por la concurrencia de actividades incompatibles (objetivos conflictivos) en un área determinada.

**Consistencia.-** Cualidad de ser sólido, estable, seguro y sin contradicciones.

**Atributo.** Término genérico que incluye tanto a los atributos como a los objetivos; son los elementos por medio de los cuales se evalúan las alternativas en un problema de decisión.

**Decisión.** Selección entre alternativas.

**Estandarización.-** Procedimiento para convertir a una misma escala Variables incomparables, tanto cualitativas como cuantitativas, para realizar operaciones matemáticas.

**Etapas de caracterización.-** Primera etapa de los estudios técnicos para desarrollar programas de ordenamiento. Incluye la identificación de actividades y conflictos sectoriales mediante procesos de participación pública

**Facilitador.-** Persona con capacidad de dirigir trabajo en grupos y negociaciones entre partes en conflicto.

**Grupos de interés.-** Conjunto de personas físicas o morales con un objetivo común en relación al uso o aprovechamiento de los recursos naturales

**Interacción competitiva.-** Relaciones que crean conflictos entre los sectores implicados

**Interacción complementaria.-** Relación que prevalece cuando los sectores desarrollan sus actividades sin afectarse mutuamente. Las actividades de un sector no limitan otros sectores.

**Jerarquía de atributos.-** Atributos organizados en una escala de acuerdo con su nivel de preferencia o importancia

**Meta.** Valor establecido a priori o nivel de aspiración.

**Normalizar.-** Estandarización de datos

**Objetivo.** Enunciado o expresión acerca del estado deseable del sistema en consideración; indica la dirección de cambio de uno o más atributos

**Objetivo sectorial.** Es un interés particular de personas, organizaciones o instituciones con respecto al uso del territorio, entre los que se incluyen, de manera general, el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, el mantenimiento de los bienes y los servicios ambientales y la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad.

**Objetivos complementarios (compatibles).** Aquellos que pueden concurrir en el espacio sin afectar unos a otros el valor de los atributos ambientales que los condicionan.

**Objetivos conflictivos (incompatibles).** Aquellos que se presentan cuando un sector disminuye la capacidad de otro para aprovechar los recursos naturales, mantener los bienes y los servicios ambientales o proteger los ecosistemas y la biodiversidad de un área determinada.

**Participantes.-** Personas físicas o no, agrupadas o no que intervienen en el proceso de participación pública

**Proceso de toma de decisiones (Decisión making).** Abarca desde la definición de un problema y su contexto, hasta la identificación de las alternativas de decisión, su evaluación, comparación y selección.

**Público.-** Conjunto de personas vasto y heterogéneo, conformado en grupos de interés, organizados o no. Incluye a la sociedad civil y a los sectores académicos y científicos.

**Sector.** Conjunto de personas, organizaciones o instituciones que comparten objetivos comunes con respecto al aprovechamiento de los recursos naturales, el mantenimiento de los bienes y los servicios ambientales o la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad.

**Tomador de decisiones.** Son los representantes de los sectores o expertos a los que se consulta en un proceso de participación pública sobre sus intereses y preferencias con el objeto de asignar los usos del territorio en el área de estudio.

**Transitividad.** Estructura de preferencias que cumple con la siguiente propiedad: Si A es preferido a B, y B es preferido a C, entonces A es preferido a C.

## BIBLIOGRAFÍA

- Anselin, A., P.M. Meire y L. Anselin, 1989. Multicriteria techniques in ecological evaluation: an example using the analytical Hierarchy Process. *Biological Conservation* 49: 215-229.
- Bojórquez-Tapia, L.A., E. Ongay-Ddelhumeau y E. Ezcurra. 1994. Multivariate Approach for Suitability Assessment and Environmental Conflict Resolution. *Journal of Environmental Management*.
- Bojórquez-Tapia, L.A., S. Díaz y R. Saunier. 1997. Ordenamiento ecológico de la Costa Norte de Nayarit. OEA-UNAM, México, D.F.
- Bojórquez-Tapia, L.A., S. Díaz y E. Ezcurra. 2001. GIS-based Approach for Participatory Decision Making and Land Suitability Assessment. *Journal of Geographical Information Science* 15: 129-151.
- D.O.F. 1996. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Diario Oficial de la Federación, 13 de diciembre de 1996. México.
- DOF. 2002. Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública Gubernamental. Diario Oficial de la Federación 11-06-02.
- DOF. 2003. Reglamento de Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Ordenamiento Ecológico. Diario Oficial de la Federación 08-08-03.
- Goodwin, P. y G Wright. 1998. *Decision Analysis for Management Judgment*. John Wiley & Sons. England. 454 pp
- Halvorsen, K. E. 2001. Assessing Public Participation Techniques for comfort, convenience, satisfaction, and deliberation. *Environmental Managment* 28:179-186.
- Jasanoff y B. Wynne, 1988. Science and decisionmaking. En: Rayner, S y E.L. Malone (eds), *Human choice and climate change*. Batelle Memorial Institute. U.S.A. 41 pp.
- Malczewski, J. 1999. Spatial Multicriteria Decision Analysis. En: pp 11-48, Thill, J.C. (ed.), *Spatial Multicriteria Decision Making and Analysis, a Geogrpaphic Information Sciences Approach*. Ashgate Publishing Ltd. Gower House.

- Malczewski, J. 1999. GIS and Multicriteria Decision Analysis. John Wiley & Sons. Nueva York. 392 pp.
- Malczewski, J. 1999. Spatial Multicriteria Decision Analysis. En: pp 11-48, Thill, J.C. (ed.), Spatial Multicriteria Decision Making and Analysis, a Geographic Information Sciences Approach. Ashgate Publishing Ltd. Gower House.
- Munda, G. 2003 a. Social multi-criteria evaluation" (SMCE): methodological foundations and operational consequences. Sometido a: European Journal of Operational Research
- Munda, G. 2003 b. Multicriteria assessment. International Society for Ecological Economics. Internet Encyclopaedia of Ecological Economics.
- Ragsdale, C.T. 1998. Spreadsheet modeling and decision analysis. A practical introduction to management science. South western College Publishing. Ohio, U.S.A.



## ANEXO 4. FORMATO DE METADATOS.

### MODELO DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL CORREDOR CANCÚN - TULUM

Available as - [Outline] - [Parseable text] - [SGML]

#### METADATA:

- Identification\_Information
- Data\_Quality\_Information
- Spatial\_Data\_Organization\_Information
- Spatial\_Reference\_Information
- Entity\_and\_Attribute\_Information
- Distribution\_Information
- Metadata\_Reference\_Information

*Identification\_Information:*

*Citation:*

*Citation\_Information:*

*Originator:*

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales - Dirección  
General de Política Ambiental e Integración Regional y Sectorial  
- Dirección de Ordenamiento Ecológico(ed.)

*Originator:* Gobierno del Estado de Quintana Roo(ed.)

*Publication\_Date:* 20011200

*Publication\_Time:* Unknown

*Title:* Modelo de Ordenamiento Ecológico del Corredor Cancún - Tulum

*Edition:* Segunda

*Geospatial\_Data\_Presentation\_Form:* map

*Series\_Information:*

*Publication\_Information:*

*Publication\_Place:* Chetumal, Quintana Roo

*Publisher:* Gobierno del Estado

*Online\_Linkage:* [www.semarnat.gob.mx/dgpairs/oe/corredor.shtml](http://www.semarnat.gob.mx/dgpairs/oe/corredor.shtml)

*Online\_Linkage:* [www.qroo.gob.mx/qroo/enlace.phtml?dir=documentos/ocancun/](http://www.qroo.gob.mx/qroo/enlace.phtml?dir=documentos/ocancun/)

*Larger\_Work\_Citation:*

*Citation\_Information:*

*Title:* Periodico Oficial del Estado de Quintana Roo

*Edition:* Diciembre de 2001

*Geospatial\_Data\_Presentation\_Form:* map

*Series\_Information:*

*Publication\_Information:*

*Publication\_Place:* Chetumal, Quintana Roo

*Publisher:* Gobierno del Estado

*Online\_Linkage:* [www.qroo.gob.mx/qroo/enlace.phtml?dir=documentos/ocancun/](http://www.qroo.gob.mx/qroo/enlace.phtml?dir=documentos/ocancun/)

*Description:*

*Abstract:*

El Ordenamiento Ecológico del corredor Cancún-Tulum fue de los primeros en instrumentarse en el país en 1994. Estuvo sujeto a un proceso de actualización que culminó en diciembre de 2001. Se presenta el mapa del modelo de Ordenamiento Ecológico, junto con información de carreteras y caminos, poblaciones y localidades dentro del área de ordenamiento.

*Purpose:*

Este mapa se ofrece al público en general para la difusión, así como para la consulta especializada del modelo de Ordenamiento Ecológico del Corredor. Asimismo, se espera que proporcione una herramienta interactiva para la evaluación o planificación de proyectos de desarrollo para diversas actividades productivas.

*Time\_Period\_of\_Content:*

*Time\_Period\_Information:*

*Single\_Date/Time:*

*Range\_of\_Dates/Times:*

*Beginning\_Date:* 19961000

*Ending\_Date:* 20011200

*Multiple\_Dates/Times:*

*Currentness\_Reference:* Ground Condition

*Status:*

*Progress:* Complete

*Maintenance\_and\_Update\_Frequency:* Irregular

*Spatial\_Domain:*

*Bounding\_Coordinates:*

*West\_Bounding\_Coordinate:* -087.621666

*East\_Bounding\_Coordinate:* -086.775000

*North\_Bounding\_Coordinate:* +21.066666

*South\_Bounding\_Coordinate:* +20.108333

*Keywords:*

*Theme:*

*Theme\_Keyword\_Thesaurus:* None

*Theme\_Keyword:* Política ambiental

*Theme\_Keyword:* Uso de suelo predominante

*Theme\_Keyword:* Usos de suelo compatibles

*Theme\_Keyword:* Usos de suelo condicionados

*Theme\_Keyword:* Usos de suelo incompatibles

*Theme\_Keyword:* Turismo

*Theme\_Keyword:* Ordenamiento Ecológico

*Place:*

*Place\_Keyword\_Thesaurus:* None

*Place\_Keyword:* Cancún

*Place\_Keyword:* Tulum

*Place\_Keyword:* Playa del Carmen

*Place\_Keyword:* Puerto Morelos

*Place\_Keyword:* Quintana Roo

*Stratum:*

*Temporal:*

*Access\_Constraints:* None

*Use\_Constraints:*

Para el uso de la información, se tiene que citar a SEMARNAT y Gobierno de Quintana Roo como Dependencias editoras.

*Point\_of\_Contact:*

*Contact\_Information:*

*Contact\_Person\_Primary:*

*Contact\_Person:* Biól. Francisco Javier Medina González

*Contact\_Organization:* SEMARNAT - Dirección de Ordenamiento Ecológico

*Contact\_Organization\_Primary:*

*Contact\_Position:* Director

*Contact\_Address:*

*Address\_Type:* mailing and physical address

*Address:*

Blvd. Adolfo Ruíz Cortines 1409 Col. Jardines en la Montaña

*City:* México

*State\_or\_Province:* Distrito Federal

*Postal\_Code:* 14210

*Country:* México

*Contact\_Voice\_Telephone:* (52) 5 56280811

*Contact\_Facsimile\_Telephone:* (52) 5 56280641

*Contact\_Electronic\_Mail\_Address:* fmedina@semarnat.gob.mx

*Hours\_of\_Service:* 9 - 18 hrs

*Contact\_Instructions:* de lunes a viernes

*Data\_Set\_Credit:*

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURA-  
LES GOBIERNO DEL ESTADO DE QUINTANA ROO

*Security\_Information:*

*Native\_Data\_Set\_Environment:*

Archivos "export" y coberturas Arc Info, "Shape file" de ArcView

*Cross\_Reference:*

*Citation\_Information:*

*Originator:* SEMARNAT

*Originator:* Gobierno del Estado de Quintana Roo

*Publication\_Date:* 20011200

*Title:* Periodico Oficial del Estado de Quintana Roo

*Edition:* Diciembre de 2001

*Geospatial\_Data\_Presentation\_Form:* map

*Series\_Information:*

*Publication\_Information:*

*Publication\_Place:* Chetumal, Quintana Roo

*Publisher:* Gobierno del Estado

*Online\_Linkage:* [www.semarnat.gob.mx/dgpairs/oe/corredor.shtml](http://www.semarnat.gob.mx/dgpairs/oe/corredor.shtml)

*Online\_Linkage:* [www.qroo.gob.mx/qroo/enlace.phtml?dir=documentos/ocancun/](http://www.qroo.gob.mx/qroo/enlace.phtml?dir=documentos/ocancun/)

*Data\_Quality\_Information:*

*Attribute\_Accuracy:*

*Logical\_Consistency\_Report:* si

*Completeness\_Report:*

La delimitación de las Unidades de Gestión Ambiental (UGA) se hizo con planos restituidos fotográficamente 8,000 y rodalizando los tipos de vegetación a partir de un mosaico de fotografía aérea a la misma escala, apoyado en la cartografía de unidades de vegetación del Estudio de Ecología Costera y Determinación de Áreas de Protección y Conservación del Corredor Cancún-Tulum del Instituto de Ecología de la UNAM. Las fichas técnicas que de ahí se derivaron, hicieron uso también del Inventario Forestal Nacional y de Aspectos Geomorfológicos y Tenencia de la Tierra, contando además con un montaje 4,500, utilizando además las Fuentes Cartográficas de los Decretos del Parque Nacional de Tulum, Parque Natural Estatal Xel-Ha, Parque Marino de Puerto Morelos, los Planes de Desarrollo Urbano de Puerto Morelos, Playa del Carmen, Tulum y los Estudios Ecológicos para abrogar los Polígonos de Veda. También fueron consultados los estudios socioeconómicos de planes Estatales y Subregionales de desarrollo, entre otros.

*Positional\_Accuracy:*

*Horizontal\_Positional\_Accuracy:*

*Vertical\_Positional\_Accuracy:*

*Lineage:*

*Source\_Information:*

*Source\_Citation:*

*Citation\_Information:*

*Originator:* INEGI(ed.)

*Publication\_Date:* Unknown

*Publication\_Time:* Unknown

*Title:* Carta topográfica F16D51 - Puerto Morelos

*Geospatial\_Data\_Presentation\_Form*: map  
*Series\_Information*:  
*Series\_Name*: F16D51  
*Publication\_Information*:  
*Publication\_Place*: Aguascalientes, Ags.  
*Publisher*: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática  
*Larger\_Work\_Citation*:  
*Citation\_Information*:  
*Series\_Information*:  
*Publication\_Information*:  
*Source\_Scale\_Denominator*: 50,000  
*Type\_of\_Source\_Media*: paper  
*Source\_Time\_Period\_of\_Content*:  
*Time\_Period\_Information*:  
*Single\_Date/Time*:  
*Calendar\_Date*: 19860000  
*Range\_of\_Dates/Times*:  
*Multiple\_Dates/Times*:  
*Source\_Currentness\_Reference*: Publication Date  
*Source\_Citation\_Abbreviation*: INEGI  
*Source\_Contribution*:  
 Se uso para la digitalización de vias de comunicación, localidades y rasgos fisiográficos  
*Source\_Information*:  
*Source\_Citation*:  
*Citation\_Information*:  
*Originator*: INEGI(ed.)  
*Publication\_Date*: Unknown  
*Publication\_Time*: Unknown  
*Title*: Carta Topográfica F16C59 - Leona Vicario  
*Geospatial\_Data\_Presentation\_Form*: map  
*Series\_Information*:  
*Series\_Name*: F16C59  
*Publication\_Information*:  
*Publication\_Place*: Aguascalientes, Ags.  
*Publisher*: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática  
*Larger\_Work\_Citation*:

*Citation\_Information:*

*Series\_Information:*

*Publication\_Information:*

*Source\_Scale\_Denominator:* 50,000

*Type\_of\_Source\_Media:* paper

*Source\_Time\_Period\_of\_Content:*

*Time\_Period\_Information:*

*Single\_Date/Time:*

*Calendar\_Date:* 19860000

*Range\_of\_Dates/Times:*

*Multiple\_Dates/Times:*

*Source\_Currentness\_Reference:* Publication Date

*Source\_Citation\_Abbreviation:* INEGI

*Source\_Contribution:*

Se uso para la digitalización de vias de comunicación, localidades y rasgos fisiográficos

*Source\_Information:*

*Source\_Citation:*

*Citation\_Information:*

*Originator:* INEGI(ed.)

*Publication\_Date:* Unknown

*Publication\_Time:* Unknown

*Title:* Carta topográfica F16C69 - Playa del Carmen

*Geospatial\_Data\_Presentation\_Form:* map

*Series\_Information:*

*Series\_Name:* F16C69

*Publication\_Information:*

*Publication\_Place:* Aguascalientes, Ags.

*Publisher:* Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática

*Larger\_Work\_Citation:*

*Citation\_Information:*

*Series\_Information:*

*Publication\_Information:*

*Source\_Scale\_Denominator:* 50,000

*Type\_of\_Source\_Media:* paper

*Source\_Time\_Period\_of\_Content:*

*Time\_Period\_Information:*

*Single\_Date/Time:*

*Calendar\_Date:* 19860000

*Range\_of\_Dates/Times:*

*Multiple\_Dates/Times:*

*Source\_Currentness\_Reference:* Publication Date

*Source\_Citation\_Abbreviation:* INEGI

*Source\_Contribution:*

Se uso para la digitalización de vias de comunicación, localidades y rasgos fisiográficos

*Source\_Information:*

*Source\_Citation:*

*Citation\_Information:*

*Originator:* INEGI(ed.)

*Publication\_Date:* Unknown

*Publication\_Time:* Unknown

*Title:* Carta topográfica F16C78 - Xel Ha

*Geospatial\_Data\_Presentation\_Form:* map

*Series\_Information:*

*Series\_Name:* F16C78

*Publication\_Information:*

*Publication\_Place:* Aguascalientes, Ags.

*Publisher:* Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática

*Larger\_Work\_Citation:*

*Citation\_Information:*

*Series\_Information:*

*Publication\_Information:*

*Source\_Scale\_Denominator:* 50,000

*Type\_of\_Source\_Media:* paper

*Source\_Time\_Period\_of\_Content:*

*Time\_Period\_Information:*

*Single\_Date/Time:*

*Calendar\_Date:* 19860000

*Range\_of\_Dates/Times:*

*Multiple\_Dates/Times:*

*Source\_Currentness\_Reference:* Publication Date

*Source\_Citation\_Abbreviation:* INEGI

*Source\_Contribution:*

Se uso para la digitalización de vias de comunicación, localidades y rasgos fisiográficos

*Source\_Information:*

*Source\_Citation:*

*Citation\_Information:*

*Originator:* INEGI(ed.)

*Publication\_Date:* Unknown

*Publication\_Time:* Unknown

*Title:* Carta topográfica F16C79 - Akumal

*Geospatial\_Data\_Presentation\_Form:* map

*Series\_Information:*

*Series\_Name:* F16C79

*Publication\_Information:*

*Publication\_Place:* Aguascalientes, Ags.

*Publisher:* Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática

*Larger\_Work\_Citation:*

*Citation\_Information:*

*Series\_Information:*

*Publication\_Information:*

*Source\_Scale\_Denominator:* 50,000

*Type\_of\_Source\_Media:* paper

*Source\_Time\_Period\_of\_Content:*

*Time\_Period\_Information:*

*Single\_Date/Time:*

*Calendar\_Date:* 19860000

*Range\_of\_Dates/Times:*

*Multiple\_Dates/Times:*

*Source\_Currentness\_Reference:* Publication Date

*Source\_Citation\_Abbreviation:* INEGI

*Source\_Contribution:*

Se uso para la digitalización de vias de comunicación, localidades y rasgos fisiográficos

*Source\_Information:*

*Source\_Citation:*

*Citation\_Information:*

*Originator:* INEGI(ed.)

*Publication\_Date:* Unknown

*Publication\_Time*: Unknown

*Title*: Carta topográfica F16C88 - Tulum

*Geospatial\_Data\_Presentation\_Form*: map

*Series\_Information*:

*Series\_Name*: F16C88

*Publication\_Information*:

*Publication\_Place*: Aguascalientes, Ags.

*Publisher*: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática

*Larger\_Work\_Citation*:

*Citation\_Information*:

*Series\_Information*:

*Publication\_Information*:

*Source\_Scale\_Denominator*: 50,000

*Type\_of\_Source\_Media*: paper

*Source\_Time\_Period\_of\_Content*:

*Time\_Period\_Information*:

*Single\_Date/Time*:

*Calendar\_Date*: 19860000

*Range\_of\_Dates/Times*:

*Multiple\_Dates/Times*:

*Source\_Currentness\_Reference*: Publication Date

*Source\_Citation\_Abbreviation*: INEGI

*Source\_Contribution*:

Se uso para la digitalización de vias de comunicación, localidades y rasgos fisiográficos

*Process\_Step*:

*Process\_Description*:

Se digitalizó el mapa en un tableta GTCO con arcinfo PC 3.5

*Process\_Date*: 19980000

*Process\_Contact*:

*Contact\_Information*:

*Contact\_Person\_Primary*:

*Contact\_Organization\_Primary*:

*Contact\_Address*:

*Spatial\_Data\_Organization\_Information*:

*Direct\_Spatial\_Reference\_Method*: Vector

*Point\_and\_Vector\_Object\_Information:*

*SDTS\_Terms\_Description:*

*SDTS\_Point\_and\_Vector\_Object\_Type:* G-polygon

*Point\_and\_Vector\_Object\_Count:* 77

*Spatial\_Reference\_Information:*

*Horizontal\_Coordinate\_System\_Definition:*

*Planar:*

*Grid\_Coordinate\_System:*

*Grid\_Coordinate\_System\_Name:* Universal Transverse Mercator

*Universal\_Transverse\_Mercator:*

*UTM\_Zone\_Number:* 16

*Transverse\_Mercator:*

*Scale\_Factor\_at\_Central\_Meridian:* 0.9996

*Longitude\_of\_Central\_Meridian:* -087.000000

*Latitude\_of\_Projection\_Origin:* +00.000000

*False\_Easting:* 500000

*False\_Northing:* 0

*Universal\_Polar\_Stereographic:*

*Polar\_Stereographic:*

*State\_Plane\_Coordinate\_System:*

*Lambert\_Conformal\_Conic:*

*Transverse\_Mercator:*

*Oblique\_Mercator:*

*Oblique\_Line\_Point:*

*Polyconic:*

*ARC\_Coordinate\_System:*

*Equiarectangular:*

*Azimuthal\_Equidistant:*

*Planar\_Coordinate\_Information:*

*Planar\_Coordinate\_Encoding\_Method:* coordinate pair

*Coordinate\_Representation:*

*Abscissa\_Resolution:* 1

*Ordinate\_Resolution:* 1

*Distance\_and\_Bearing\_Representation:*

*Planar\_Distance\_Units:* Meters

*Geodetic\_Model:*

*Horizontal\_Datum\_Name*: North American Datum of 1927

*Ellipsoid\_Name*: Clarke 1866

*Semi-major\_Axis*: 6,378,205

*Denominator\_of\_Flattening\_Ratio*: 294.98

*Vertical\_Coordinate\_System\_Definition*:

*Altitude\_System\_Definition*:

*Depth\_System\_Definition*:

*Entity\_and\_Attribute\_Information*:

*Detailed\_Description*:

*Entity\_Type*:

*Entity\_Type\_Label*: UGAS

*Entity\_Type\_Definition*:

Unidades de gestión ambiental del modelo de Ordenamiento Ecológico

*Entity\_Type\_Definition\_Source*: SEMARNAT

*Attribute*:

*Attribute\_Label*: POLITICA

*Attribute\_Definition*:

Política ambiental asignada a la unidad de gestión ambiental

*Attribute\_Definition\_Source*: SEMARNAT

*Attribute\_Domain\_Values*:

*Enumerated\_Domain*:

*Enumerated\_Domain\_Value*: 1

*Enumerated\_Domain\_Value\_Definition*: APROVECHAMIENTO

*Enumerated\_Domain\_Value\_Definition\_Source*: DIRECCIÓN DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO

*Attribute\_Domain\_Values*:

*Enumerated\_Domain*:

*Enumerated\_Domain\_Value*: 2

*Enumerated\_Domain\_Value\_Definition*: PROTECCIÓN

*Enumerated\_Domain\_Value\_Definition\_Source*: DIRECCIÓN DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO

*Attribute\_Domain\_Values*:

*Enumerated\_Domain*:

*Enumerated\_Domain\_Value*: 3

*Enumerated\_Domain\_Value\_Definition*: CONSERVACIÓN

*Enumerated\_Domain\_Value\_Definition\_Source:* DIRECCIÓN DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO

*Attribute\_Domain\_Values:*

*Enumerated\_Domain:*

*Enumerated\_Domain\_Value:* 4

*Enumerated\_Domain\_Value\_Definition:* RESTAURACIÓN

*Enumerated\_Domain\_Value\_Definition\_Source:* DIRECCIÓN DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO

*Beginning\_Date\_of\_Attribute\_Values:* 19980000

*Attribute\_Value\_Accuracy\_Information:*

*Attribute\_Measurement\_Frequency:* None planned

*Attribute:*

*Attribute\_Label:* CVE\_USO

*Attribute\_Definition:*

Uso de suelo predominante asignado por unidad de gestión ambiental

*Attribute\_Definition\_Source:* SEMARNAT

*Attribute\_Domain\_Values:*

*Enumerated\_Domain:*

*Enumerated\_Domain\_Value:* 10

*Enumerated\_Domain\_Value\_Definition:* Agricultura - Ag

*Enumerated\_Domain\_Value\_Definition\_Source:* DIRECCIÓN DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO

*Attribute\_Domain\_Values:*

*Enumerated\_Domain:*

*Enumerated\_Domain\_Value:* 20

*Enumerated\_Domain\_Value\_Definition:* Pecuario - P

*Enumerated\_Domain\_Value\_Definition\_Source:* DIRECCIÓN DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO

*Attribute\_Domain\_Values:*

*Enumerated\_Domain:*

*Enumerated\_Domain\_Value:* 30

*Enumerated\_Domain\_Value\_Definition:* Forestal - Fo

*Enumerated\_Domain\_Value\_Definition\_Source:* DIRECCIÓN DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO

*Attribute\_Domain\_Values:*

*Enumerated\_Domain:*

*Enumerated\_Domain\_Value:* 40

*Enumerated\_Domain\_Value\_Definition:* Pesca - Pe

*Enumerated\_Domain\_Value\_Definition\_Source:* DIRECCIÓN DE  
ORDENAMIENTO ECOLÓGICO

*Attribute\_Domain\_Values:*

*Enumerated\_Domain:*

*Enumerated\_Domain\_Value:* 50

*Enumerated\_Domain\_Value\_Definition:* Acuacultura - Ac

*Enumerated\_Domain\_Value\_Definition\_Source:* DIRECCIÓN DE  
ORDENAMIENTO ECOLÓGICO

*Attribute\_Domain\_Values:*

*Enumerated\_Domain:*

*Enumerated\_Domain\_Value:* 60

*Enumerated\_Domain\_Value\_Definition:* Asentamientos humanos  
- Ah

*Enumerated\_Domain\_Value\_Definition\_Source:* DIRECCIÓN DE  
ORDENAMIENTO ECOLÓGICO

*Attribute\_Domain\_Values:*

*Enumerated\_Domain:*

*Enumerated\_Domain\_Value:* 70

*Enumerated\_Domain\_Value\_Definition:* Infraestructura y equipa-  
miento - If

*Enumerated\_Domain\_Value\_Definition\_Source:* DIRECCIÓN DE  
ORDENAMIENTO ECOLÓGICO

*Attribute\_Domain\_Values:*

*Enumerated\_Domain:*

*Enumerated\_Domain\_Value:* 80

*Enumerated\_Domain\_Value\_Definition:* Turismo - Tu

*Enumerated\_Domain\_Value\_Definition\_Source:* DIRECCIÓN DE  
ORDENAMIENTO ECOLÓGICO

*Attribute\_Domain\_Values:*

*Enumerated\_Domain:*

*Enumerated\_Domain\_Value:* 90

*Enumerated\_Domain\_Value\_Definition:* Industria - In

*Enumerated\_Domain\_Value\_Definition\_Source:* DIRECCIÓN DE  
ORDENAMIENTO ECOLÓGICO

*Attribute\_Domain\_Values:*

*Enumerated\_Domain:*

*Enumerated\_Domain\_Value:* 95

*Enumerated\_Domain\_Value\_Definition:* Minería - Mi

*Enumerated\_Domain\_Value\_Definition\_Source:* DIRECCIÓN DE  
ORDENAMIENTO ECOLÓGICO

*Attribute\_Domain\_Values:*

*Enumerated\_Domain:*

*Enumerated\_Domain\_Value:* 100

*Enumerated\_Domain\_Value\_Definition:* Manejo de flora y fauna - Ff

*Enumerated\_Domain\_Value\_Definition\_Source:* DIRECCIÓN DE  
ORDENAMIENTO ECOLÓGICO

*Attribute\_Domain\_Values:*

*Enumerated\_Domain:*

*Enumerated\_Domain\_Value:* 110

*Enumerated\_Domain\_Value\_Definition:* Área natural - An

*Enumerated\_Domain\_Value\_Definition\_Source:* DIRECCIÓN DE  
ORDENAMIENTO ECOLÓGICO

*Attribute\_Domain\_Values:*

*Enumerated\_Domain:*

*Enumerated\_Domain\_Value:* 115

*Enumerated\_Domain\_Value\_Definition:* Corredor natural - Cn

*Enumerated\_Domain\_Value\_Definition\_Source:* DIRECCIÓN DE  
ORDENAMIENTO ECOLÓGICO

*Attribute\_Domain\_Values:*

*Enumerated\_Domain:*

*Enumerated\_Domain\_Value:* 130

*Enumerated\_Domain\_Value\_Definition:* Actividades marinas - M

*Enumerated\_Domain\_Value\_Definition\_Source:* DIRECCIÓN DE  
ORDENAMIENTO ECOLÓGICO

*Beginning\_Date\_of\_Attribute\_Values:* 19980000

*Attribute\_Value\_Accuracy\_Information:*

*Attribute\_Measurement\_Frequency:* None planned

*Overview\_Description:*

*Entity\_and\_Attribute\_Overview:*

Políticas ambientales y usos de suelo a promover por unidad de gestión ambiental en el modelo de Ordenamiento Ecológico

*Entity\_and\_Attribute\_Detail\_Citation:* SEMARNAT/DOE

*Distribution\_Information:*

*Distributor:*

*Contact\_Information:*

*Contact\_Person\_Primary:*

*Contact\_Person:* Biól. Francisco Javier Medina González

*Contact\_Organization:* Dirección de Ordenamiento Ecológico (DOE)

*Contact\_Organization\_Primary:*

*Contact\_Position:* Director

*Contact\_Address:*

*Address\_Type:* mailing and physical address

*Address:*

Blvd. Adolfo Ruíz Cortines 1409 Col. Jardines en la Montaña

*City:* México

*State\_or\_Province:* Distrito Federal

*Postal\_Code:* 14210

*Country:* México

*Contact\_Voice\_Telephone:* (52) 5 56280811

*Contact\_Facsimile\_Telephone:* (52) 5 56280641

*Contact\_Electronic\_Mail\_Address:* fmedina@semarnat.gob.mx

*Hours\_of\_Service:* 9 a 18 hrs

*Contact\_Instructions:* lunes a viernes

*Distribution\_Liability:*

La SEMARNAT, a través de la Dirección de Ordenamiento Ecológico, es responsable de la información presentada. Toda modificación que sea hecha será responsabilidad de la institución o persona que los realice, debiendo siempre citar a las instituciones que generaron la información como fuente.

*Standard\_Order\_Process:*

*Digital\_Form:*

*Digital\_Transfer\_Information:*

*Digital\_Transfer\_Option:*

*Online\_Option:*

*Computer\_Contact\_Information:*

*Network\_Address:*

*Dialup\_Instructions:*

*Offline\_Option:*

*Recording\_Capacity:*

*Technical\_Prerequisites:*

La información se encuentra en coberturas formato exportable (\*.e00) de arcinfo y “shape” compatible con arcview.

*Available\_Time\_Period:*

*Time\_Period\_Information:*

*Single\_Date/Time:*

*Range\_of\_Dates/Times:*

*Multiple\_Dates/Times:*

*Metadata\_Reference\_Information:*

*Metadata\_Date:* 20020717

*Metadata\_Review\_Date:* 20020717

*Metadata\_Future\_Review\_Date:* 20030000

*Metadata\_Contact:*

*Contact\_Information:*

*Contact\_Person\_Primary:*

*Contact\_Person:* Roberto Rosado

*Contact\_Organization:* Dirección de Ordenamiento Ecológico

*Contact\_Organization\_Primary:*

*Contact\_Address:*

*Address\_Type:* mailing and physical address

*Address:*

Bvd. Adolfo Ruíz Cortines 1409 Col. Jardines en la Montaña

*City:* México

*State\_or\_Province:* Distrito Federal

*Postal\_Code:* 14210

*Country:* México

*Contact\_Voice\_Telephone:* (52) 5 56280811

*Contact\_Facsimile\_Telephone:* (52) 5 56280811

*Contact\_Electronic\_Mail\_Address:* rrosado@semarnat.gob.mx

*Hours\_of\_Service:* 9 a 18 hrs

*Contact\_Instructions:* Lunes a viernes

*Metadata\_Standard\_Name:* FGDC Content Standards for Digital Geospatial Metadata

*Metadata\_Standard\_Version:* FGDC-STD-001-1998

*Metadata\_Access\_Constraints:* None

*Metadata\_Use\_Constraints:* None

*Metadata\_Security\_Information:*

## ANEXO 5. ANÁLISIS DE APTITUD CON TÉCNICAS MULTICRITERIO

### INTRODUCCIÓN

En este capítulo se explica una serie de métodos para el análisis de aptitud del área de estudio, útiles para la identificación de conflictos ambientales y la determinación del patrón de ocupación del territorio, ambos requeridos para la formulación de los distintos programas de Ordenamiento Ecológico. El *Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Ordenamiento Ecológico* obliga a llevar a cabo estos estudios en un contexto de participación social, valiéndose de métodos rigurosos y procedimientos sistemáticos. La selección de métodos, además de ser compatible con este mandato, ha sido probada con éxito en diversas experiencias de planeación ambiental nacionales e internacionales.

El Ordenamiento Ecológico es un problema de decisión espacial complejo en tanto que involucra varios sectores socioeconómicos con intereses diferentes sobre la ocupación del territorio y el aprovechamiento de sus recursos naturales, y con actividades muchas veces incompatibles entre sí. El análisis de aptitud es una estrategia útil para lidiar con este tipo de problemas, ya que permite evaluar las características del terreno que favorecen los distintos intereses sectoriales, y diseñar, a partir de esto, un patrón de ocupación del territorio que segregue las actividades incompatibles para resolver o prevenir los conflictos ambientales entre los grupos involucrados.

No obstante, el éxito del análisis de aptitud depende de cómo son incluidas en el estudio las interacciones entre las actividades de los sectores y de cómo las reglas de decisión sean construidas, de manera que se consideren simultáneamente todos los criterios de decisión en juego y que se satisfagan en la medida de lo posible, todos los intereses involucrados de una manera equilibrada. Los métodos multicriterio (multiatributo y multiobjetivo) ligados a los sistemas de información geográfica (SIG) responden a esta cuestión, ya que es posible construir con ellos reglas de decisión claras, adaptadas a procesos de participación pública, que permiten manejar, en la dimensión espacial, un conjunto diverso de variables, tanto cualitativas como cuantitativas, para construir un patrón de ocupación del territorio que maximice la aptitud del territorio y minimice el conflicto entre los distintos sectores implicados.

Los métodos que trata este capítulo están divididos en dos secciones principales: el Análisis Multiatributo y el Análisis Multiobjetivo. El primero trata el desarrollo de las reglas de decisión que pueden emplearse para obtener los mapas de aptitud por sector. El segundo expone el desarrollo de las reglas de decisión que son aplicables para la generación de un patrón óptimo de ocupación del territorio.

## CÓMO USAR ESTE ANEXO

Existen varios métodos multicriterio adecuados para la formulación del Ordenamiento Ecológico. Se presentan algunas alternativas con distintos niveles de profundidad en el análisis y su selección depende básicamente de los siguientes elementos:

- el tiempo disponible para la realización de los talleres
- el conocimiento de los participantes
- disponibilidad de la información
- los supuestos teóricos en los que se basa cada método
- la compatibilidad con otros métodos y herramientas (identificación y ponderación de atributos ambientales, SIG, hojas de cálculo)
- la capacidad técnica del grupo integrador, el equipo y programas de cómputo, el presupuesto y el personal de apoyo

En cada método se presenta un recuadro con especificaciones para su aplicación, en términos de los supuestos teóricos, ventajas, desventajas y demás observaciones pertinentes, relativas a los elementos arriba mencionados.

La selección de un método puede estar condicionada también a la existencia de determinados insumos de información provenientes de análisis previos. En general, se recomienda el uso de los métodos más avanzados. El empleo de los más simples debe estar justificado por alguna de las limitaciones arriba mencionadas, o bien porque la complejidad del caso no requiere mayor esfuerzo.

Al final de la exposición de cada método se resume en un recuadro su procedimiento de aplicación en el SIG y la hoja de cálculo, y se incluye un ejemplo sencillo para facilitar su comprensión y aprendizaje.

El capítulo viene acompañado de un ejercicio en un SIG, , tomado de un caso real, en el que se provee un conjunto de instrucciones, mapas digitales, bases de datos y hojas de cálculo preprogramadas, para que el usuario practique por su cuenta el procedimiento de análisis de aptitud, desde la generación de los mapas de atributos ambientales hasta la obtención del patrón óptimo de ocupación del territorio.

Se recomienda al usuario que estudie el capítulo en el orden en que está organizado para que se familiarice primero con los métodos más sencillos y sus ejemplos, antes de proceder con los más avanzados.

## A 5.01 EL ANÁLISIS MULTIATRIBUTO.

### 1) Reglas de decisión para obtener los mapas de aptitud sectoriales.

Para efectos del análisis de aptitud, un interés sectorial se representa por medio de un objetivo sectorial; es decir, como un enunciado que refleja el estado deseable del territorio que le convenga ocupar, ya sea para el aprovechamiento de determinados recursos naturales, el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales o la conservación de la biodiversidad,

dependiendo del sector socioeconómico de que se trate. Se considera, asimismo, que un objetivo sectorial está condicionado por un conjunto de atributos ambientales, que pueden ser de carácter físico, biológico o socioeconómico, y que en este caso deben estar expresados en forma de variables espaciales, denominadas en adelante variables de decisión. Los sectores expresan sus preferencias sobre los atributos ambientales asignándoles pesos de importancia relativa, según el grado en que satisfagan el logro de sus objetivos.

Los anteriores son los insumos básicos de información para los métodos multiatributo aquí expuestos y resultan de la etapa de caracterización en que se obtiene, para cada sector socioeconómico, la estructura jerárquica de criterios de decisión, conformada por el objetivo sectorial, los atributos ambientales y sus pesos de importancia relativa. Para instrumentar las reglas de decisión multiatributo de manera espacial en un SIG y obtener los mapas de aptitud sectoriales es conveniente que cada atributo ambiental esté representado por una capa de información geográfica en formato raster. Los métodos para obtener estos insumos mediante procesos de participación pública están expuestos en la Sección 3.1 del Capítulo I de este manual (Caracterización).

Las alternativas de decisión, a las que se asignará una u otra actividad sectorial, según su aptitud, son en este caso las unidades geográficas que quedan acotadas por las celdas ráster, también llamadas píxeles. A cada alternativa le corresponde un conjunto de celdas, una por cada atributo, todas ellas con la misma ubicación espacial. En consecuencia, cada alternativa queda caracterizada por el conjunto de valores que toman las variables de decisión en las celdas que la conforman.

Expresado de manera formal, las alternativas de un problema de decisión espacial multiatributo pueden representarse como el conjunto  $X$  de píxeles que comprenden el área de estudio (Zeleny en Pereira y Duckstein, 1993):

$$X = \{x^1, x^2, \dots, x^K\}$$

(A5-1)

Donde cada alternativa,  $x^k$ , está caracterizada por un conjunto  $I$  de atributos, correspondientes a las capas de información:

$$x^k = (x_1^k, x_2^k, \dots, x_I^k) \quad (A5-2)$$

En la cual, cada  $x_i^k$  designa el valor que toma el atributo  $i$  en la alternativa  $k$ , donde  $i = 1, \dots, I$ ;  $k = 1, \dots, K$ . De tal forma que cada  $x^k$  es un vector de  $I$  números que reúne toda la información disponible para esta alternativa en términos de múltiples variables de decisión.

### Ejemplo 1

De manera sencilla podemos representar un SIG de una determinada área de estudio mediante un conjunto de hojas de cálculo, cuyas celdas hacen las veces de pixeles o celdas ráster. Tómese por ejemplo la expresión (A5-1):

FIGURA A5.1. MAPA RÁSTER DEL ÁREA DE ESTUDIO



Esta hoja de cálculo representa simplemente el mapa en ráster que contiene todas las unidades geográficas que conforman el área de estudio. En este caso son 25 las unidades geográficas o alternativas de decisión, una por cada celda.

Siguiendo la expresión (A5-2), a este mapa le corresponde a su vez un conjunto de hojas (llamadas capas de información en la jerga de los SIG), una por cada atributo ambiental considerado, los cuales caracterizan el área de estudio en términos de variables de decisión ya sea cualitativas (tipo de vegetación; tipo de suelo; municipio), o cuantitativas (temperatura promedio; pendiente; población):

FIGURA A5.2. MAPA RÁSTER DEL ATRIBUTO AMBIENTAL  $x_1$

|    | A | B                     | C                     | D                        | E                        | F                     | G                  | H |
|----|---|-----------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------|---|
| 1  |   |                       |                       |                          |                          |                       |                    |   |
| 2  |   |                       |                       |                          |                          |                       |                    |   |
| 3  |   |                       |                       |                          |                          |                       |                    |   |
| 4  |   |                       |                       |                          |                          |                       |                    |   |
| 5  |   |                       |                       |                          |                          |                       |                    |   |
| 6  |   |                       |                       |                          |                          |                       |                    |   |
| 7  |   |                       |                       |                          |                          |                       |                    |   |
| 8  |   |                       |                       |                          |                          |                       |                    |   |
| 9  |   |                       |                       |                          |                          |                       |                    |   |
| 10 |   | $x_1^1$ = pino        | $x_1^2$ = pino-encino | $x_1^3$ = matorral       | $x_1^4$ = matorral       | $x_1^5$ = pastizal    |                    |   |
| 11 |   | $x_1^6$ = pino        | $x_1^7$ = pino        | $x_1^8$ = matorral       | $x_1^9$ = pastizal       | $x_1^{10}$ = pastizal |                    |   |
| 12 |   | $x_1^{11}$ = pino     | $x_1^{12}$ = matorral | $x_1^{13}$ = pino-encino | $x_1^{14}$ = pino-encino | $x_1^{15}$ = pino     |                    |   |
| 13 |   | $x_1^{16}$ = pastizal | $x_1^{17}$ = pastizal | $x_1^{18}$ = pino-encino | $x_1^{19}$ = pino-encino | $x_1^{20}$ = matorral |                    |   |
| 14 |   | $x_1^{21}$ = pastizal | $x_1^{22}$ = pino     | $x_1^{23}$ = pino        | $x_1^{24}$ = matorral    | $x_1^{25}$ = pino     | alternativa i = 25 |   |
| 15 |   |                       |                       |                          |                          |                       |                    |   |
| 16 |   |                       |                       |                          |                          |                       |                    |   |
| 17 |   |                       |                       |                          |                          |                       |                    |   |
| 18 |   |                       |                       |                          |                          |                       |                    |   |
| 19 |   |                       |                       |                          |                          |                       |                    |   |
| 20 |   |                       |                       |                          |                          |                       |                    |   |
| 21 |   |                       |                       |                          |                          |                       |                    |   |
| 22 |   |                       |                       |                          |                          |                       |                    |   |

atributo i = 1

FIGURA A5.3. MAPA RÁSTER DEL ATRIBUTO AMBIENTAL  $x_2$



FIGURA A5.4. MAPA RÁSTER DEL ATRIBUTO AMBIENTAL  $x_3$

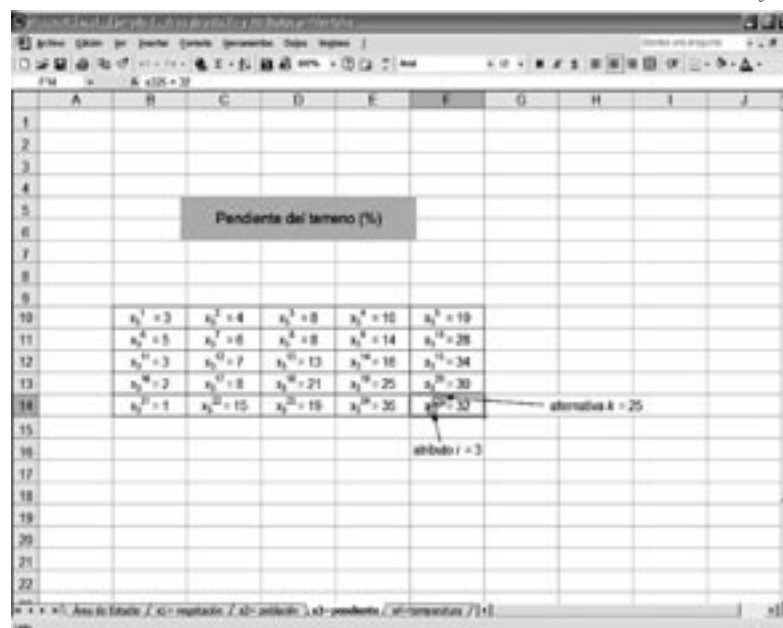
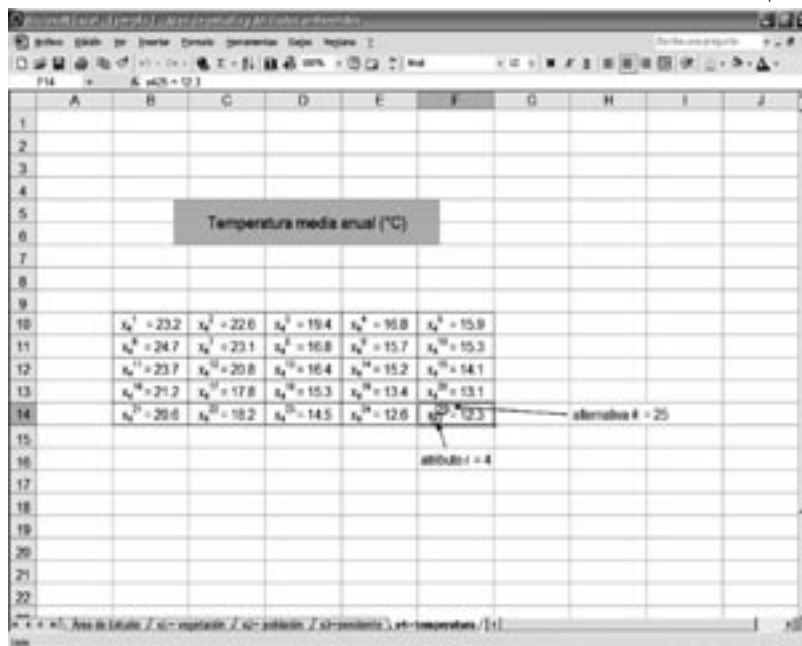


FIGURA A5.5. MAPA RÁSTER DEL ATRIBUTO AMBIENTAL X<sub>4</sub>

Según este ejemplo, la alternativa de decisión definida por  $k = 25$  (la celda F14 de las Figuras A5.1 a A5.5), quedaría caracterizada por el siguiente vector:

$x_{25} = (\text{pino}, 50 \text{ mil habitantes}, 32 \% \text{ de pendiente}, \text{ y } 12.3^\circ \text{C de temperatura media})$

Obsérvese que la sobreposición de mapas típica de un SIG está emulada por la sobreposición de hojas de cálculo.

### Fin ejemplo 1

El resultado final del análisis multiatributo es un mapa por cada sector, llamado mapa de aptitud sectorial, que tiene asignado un valor de aptitud por cada alternativa de decisión. Estos valores de aptitud resultan de la combinación matemática de las variables de decisión y los pesos de importancia relativa, determinada por la regla de decisión seleccionada y operada en el SIG por medio del álgebra de mapas. Las alternativas con valores de aptitud más altos

identifican aquellas áreas que tienen el mejor desempeño combinado de los atributos que condicionan el objetivo del sector y son, por tanto, las áreas donde más le conviene desarrollar sus actividades.

Entre las reglas de decisión multiatributo que pueden emplearse para la formulación de los programas de Ordenamiento Ecológico y que se exponen en este capítulo están la combinación lineal ponderada binaria, la combinación lineal ponderada con función de utilidad y la distancia al punto ideal. El usuario interesado podrá encontrar algunos otros métodos en la bibliografía recomendada.

Antes de proceder, es importante advertir que a fin de que tengan sentido los resultados de las operaciones algebraicas que indican las reglas de decisión multiatributo expuestas abajo es requisito indispensable estandarizar las variables de decisión a una misma escala de valores. Por lo común, el conjunto de atributos ambientales que caracterizan las alternativas están representados por una mezcla de variables físicas, biológicas o socioeconómicas, tanto cualitativas como cuantitativas, y medidas en diferentes tipos de escalas, con unidades incomparables entre sí. Los métodos para reescalar y estandarizar las variables de decisión están expuestos en el Anexo 3 (Técnicas para identificación y ponderación de criterios).

## A 5.02 REGLAS DE DECISIÓN MULTIATRIBUTO

### 1) Combinación Lineal Ponderada Binaria (CLPB)

El enfoque multiatributo más sencillo consiste en emplear variables de decisión binarias.

Retomando (A5-1) y (A5-2):

$$x_i^k = (0,1) \quad (A5-3)$$

Esto es, los pixeles de las capas de información que representan cada atributo toman el valor de uno ( $x_i^k = 1$ ) cuando el estado del atributo es

favorable para el sector, y cero ( $x_i^k = 0$ ) en el caso contrario. Para ello, es necesario convertir los mapas de los atributos ambientales a mapas binarios mediante operaciones de reclasificación en el SIG.

### Ejemplo 2.

Supongamos que uno de los sectores es el agrícola, que al consultarlo informó que su actividad resulta favorecida en territorios con vegetación de pastizal y bosque de pino, donde la población sea menor a los 30 mil habitantes, cuyas pendientes no rebasen el 15% y en los que la temperatura media anual esté entre los 13 y los 18 °C. Bajo estos supuestos, las capas de información del ejemplo 1 quedarían de la siguiente forma al convertirlas a variables de decisión binarias:

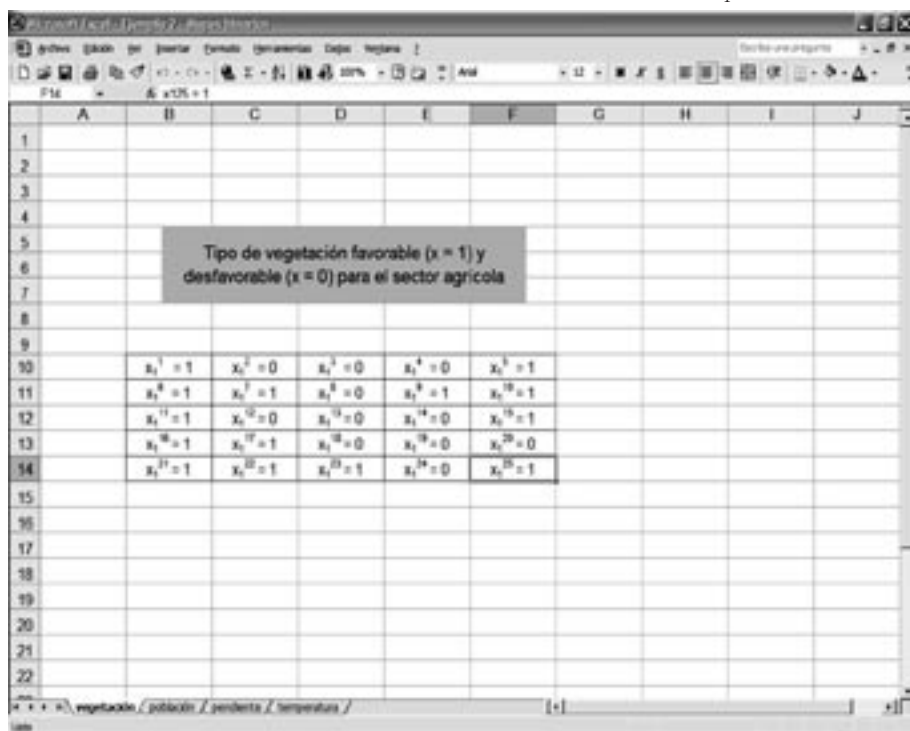
FIGURA A5.6. MAPA RÁSTER BINARIO DE  $X_1$ 

FIGURA A5.7. MAPA RÁSTER BINARIO DE  $x_2$

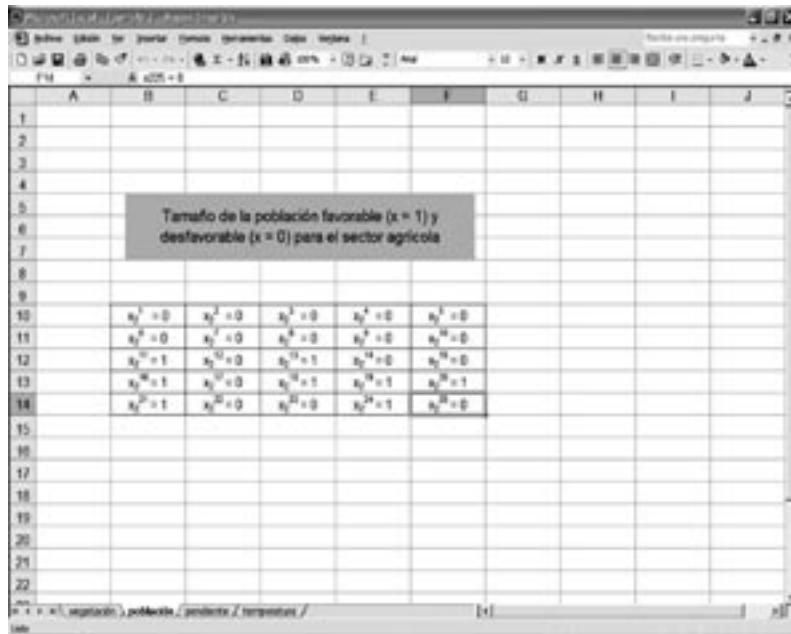


FIGURA A5.8. MAPA RÁSTER BINARIO DE  $x_3$

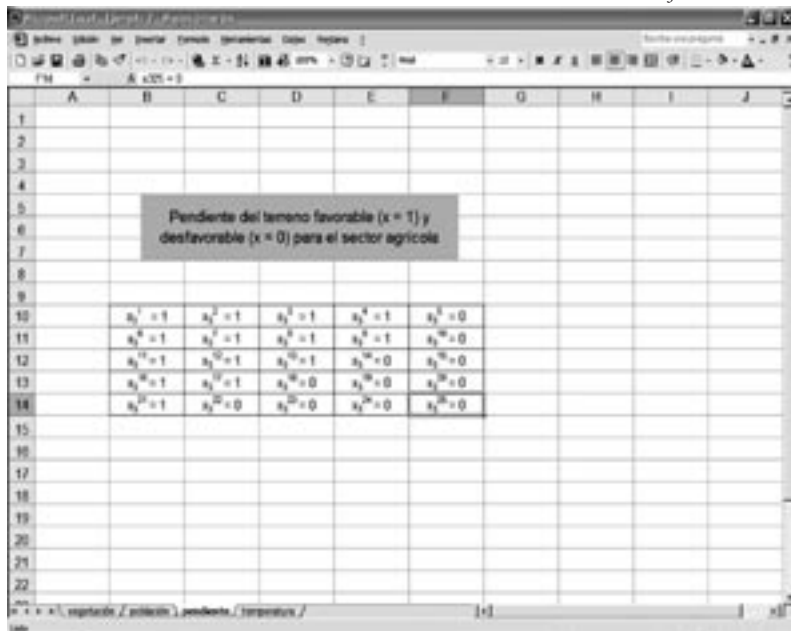
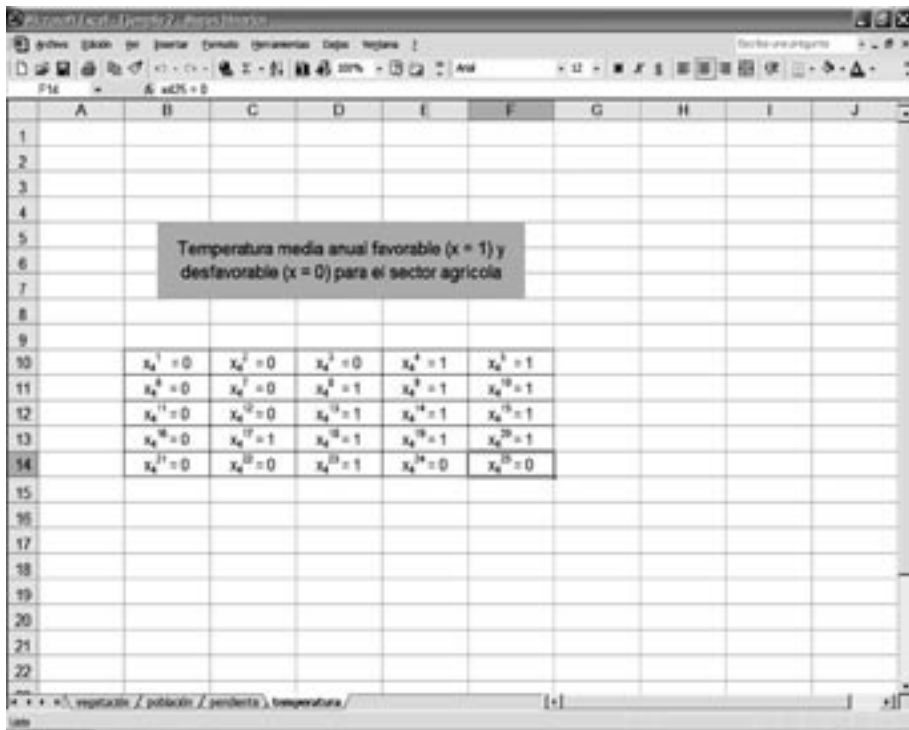


FIGURA A5.9. MAPA RÁSTER BINARIO DE  $x_4$ 

Consecuentemente, el vector binario para la alternativa  $k = 25$  (celdas F14 de las Figuras A5.6 a A5.9) sería:

$$x^{25} = (1, 0, 0, 1)$$

Fin ejemplo 2

Mediante la combinación lineal ponderada binaria (CLPB) se obtiene un valor de aptitud sectorial para cada alternativa de decisión al sumar los productos del valor de cada atributo que caracteriza dicha alternativa por el peso de importancia relativa asignado a ese atributo. La siguiente es la expresión matemática de esta regla de decisión (respetando la notación de las expresiones (A5-1) y (A5-2)), adaptada a un sistema de información geográfica (Malczewski, 1999, Bojórquez, *et al.*, 2000):

$$a_j^k = \sum_i^I w_{ij} x_{ij}^k \quad (\text{A5-4})$$

Donde  $a$  es el valor de aptitud de la alternativa  $k$ , para el sector  $j$ ;  $w$  es el peso de importancia relativa asignado al atributo  $i$  por el sector  $j$ ; y  $x$  es el valor que toma la variable de decisión binaria que representa el atributo  $i$ , que condiciona el objetivo del sector  $j$ .

### Ejemplo 3.

Siguiendo el ejemplo 2, asignemos  $j = 1$  al sector agrícola. Al ser consultado, este sector estableció pesos relativos para los atributos ambientales en una escala de intervalo [1-10] como indica la Cuadro 1:

**CUADRO 1.** PESOS RELATIVOS DE LOS ATRIBUTOS AMBIENTALES QUE CONDICIONAN LAS ACTIVIDADES DEL SECTOR AGRÍCOLA

| Atributo ambiental | Subíndice $i$ | Peso $w_i$ |
|--------------------|---------------|------------|
| Tipo de vegetación | 1             | 5          |
| Población          | 2             | 1          |
| Pendiente          | 3             | 9          |
| Temperatura        | 4             | 7          |

Como señala la ecuación (A5-4), primero debemos multiplicar cada capa de información por el peso correspondiente (Figuras A5.10 a A5.13). Ésta es una operación escalar en la que simplemente multiplicamos cada celda de un mapa binario (digamos el del tipo de vegetación) por su peso (que según el Cuadro 1 vale 5 para este atributo ambiental):

FIGURA A5.10. MULTIPLICACIÓN ESCALAR DEL MAPA BINARIO DE  $X_{11}$   
POR  $W_{11}$



FIGURA A5.11. MULTIPLICACIÓN ESCALAR DEL MAPA BINARIO DE  $X_{21}$   
POR  $W_{21}$



FIGURA A5.12. MULTIPLICACIÓN ESCALAR DEL MAPA BINARIO DE  $X_{31}$   
POR  $W_{31}$

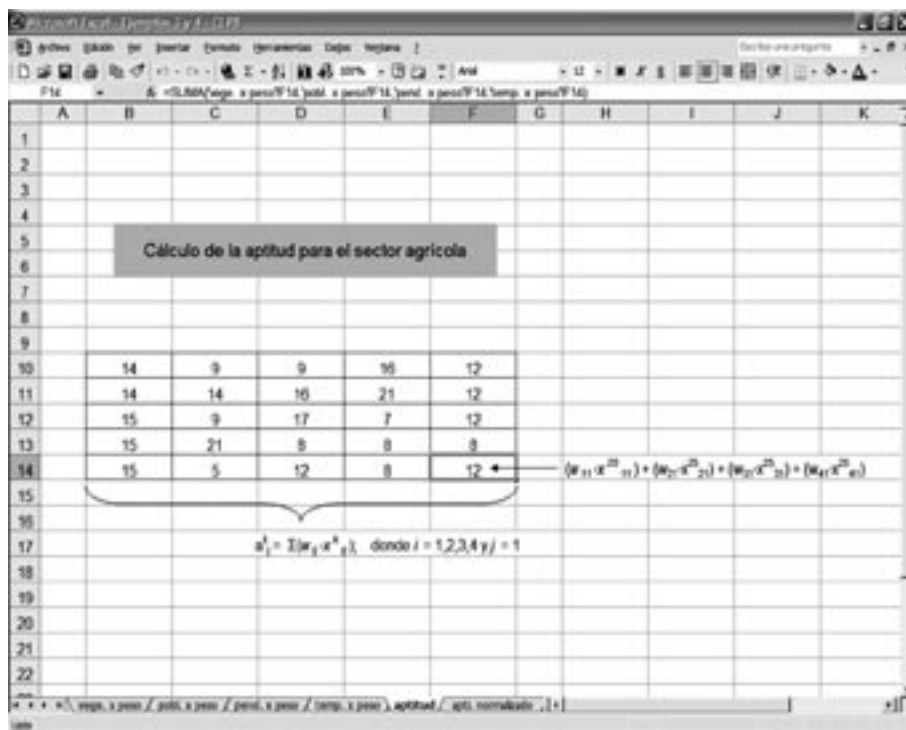


FIGURA A5.13. MULTIPLICACIÓN ESCALAR DEL MAPA BINARIO DE  $X_{41}$   
POR  $W_{41}$



El mapa de aptitud para el sector agrícola se obtiene finalmente al sumar los productos anteriores (Figura A5.14):

**FIGURA A5.14.** MAPA DE APTITUD OBTENIDO POR MEDIO DE LA CLPB



Obsérvese que en el caso de la alternativa  $k=25$ , representada por la celda F14 de la hoja de cálculo, su valor de aptitud es la suma de las celdas F14 de los mapas, vegetación x peso + población x peso + pendiente x peso + temperatura x peso; operación indicada en la barra de operaciones  $fx$ , que está en la parte superior de la Figura, sobre los encabezados de columnas y bajo la barra de herramientas de Excel.

Fin ejemplo 3

Es importante notar que el valor máximo de aptitud así obtenido puede ser diferente para cada sector, pues depende del número de criterios (atributos) de decisión considerados por cada uno de ellos. Cuando este sea el caso,

los valores de aptitud no podrán ser comparados entre sectores de manera directa. Para resolver este problema y para preparar los mapas de aptitud para el análisis multiobjetivo es necesario estandarizar los valores de aptitud de todos los sectores ( $a_j^k$ ) a una escala común, por ejemplo [0-10]. Algunos SIG incluyen módulos que automatizan este cálculo; o bien, es posible hacerlo por medio de una operación escalar en el SIG, multiplicando cada mapa de aptitud por el valor de la pendiente de la función lineal de estandarización correspondiente:

$$a_j'^k = m_j \cdot a_j^k \quad (\text{A5-5})$$

Donde  $a_j'^k$  es el valor de aptitud estandarizado y  $m_j$  es el valor de la pendiente de la función lineal de estandarización, que se obtiene de la siguiente ecuación:

$$m_j = \frac{a'_{j(\max)} - a'_{j(\min)}}{a_{j(\max)} - a_{j(\min)}} \quad (\text{A5-6})$$

En el caso de seleccionar una escala común [0-10]:

$$a'_{j(\max)} = 10 ; a'_{j(\min)} = 0$$

Los valores de  $a_{j(\max)}$  y  $a_{j(\min)}$  corresponden al máximo y mínimo posibles para cada sector, siendo el mínimo siempre cero y el máximo el que resulte de la combinación lineal ponderada (ecuación A5-4) cuando todas las variables de decisión valen uno.

#### Ejemplo 4.

Retomando el ejemplo 3, el mapa de aptitud estandarizado para el sector agrícola, en una escala de intervalo [1-10], se obtiene al aplicar las ecuaciones (A5-5) y (A5-6) (Figura A5.15):

**FIGURA A5.15.** MAPA DE APTITUD ESTANDARIZADO

Nótese que el valor de  $a_{j(\max)}$  se obtiene simplemente al sumar los pesos ( $w_j$ ) de la Cuadro 1.

Fin ejemplo 4.

#### Pasos a seguir para aplicar la CLPB en un SIG para obtener los mapas de aptitud sectorial

1. Para cada uno de los sectores socioeconómicos involucrados en el área de estudio:

- Identificar y ponderar los criterios de decisión en un proceso de participación pública mediante alguna de las técnicas sugeridas en el Anexo 2
- Generar los mapas binarios de atributos ambientales mediante operaciones de reclasificación en el SIG, asignando el valor de uno al intervalo de valores o conjunto de clases favorables para el sector y cero al resto de ellos (ver Anexo 3).
- Multiplicar cada uno de los mapas binarios de atributos ambientales por su peso de importancia relativa correspondiente.
- Sumar todos los mapas que resultan de los productos del punto anterior.

2. Estandarizar todos los mapas de aptitud sectorial a una escala común.

|                                                                  |
|------------------------------------------------------------------|
| Elementos a considerar para la selección y aplicación de la CLPB |
|------------------------------------------------------------------|

***Supuestos teóricos del método***

- Debe haber una estricta independencia entre los atributos, lo que significa que si existe correlación entre dos de ellos, uno debe ser eliminado del análisis.
- Esta regla de decisión implica un modo de decisión totalmente compensatorio por la forma aditiva de la ecuación (A5-4); lo que significa que una unidad de menos en un atributo puede ser completamente compensada por una unidad de más en otro atributo.

***Ventajas***

- Se requiere relativamente poco tiempo para obtener los insumos de información del método en los talleres de participación pública.
- No demanda un alto nivel de conocimientos técnicos para entenderlo, por lo que el método resulta efectivo y convincente en el caso de que los participantes carezcan de cierto grado de educación formal y no se disponga de mucho tiempo para exponerles la metodología.
- Es de fácil instrumentación en un SIG, pues basta que el programa empleado maneje operaciones básicas de álgebra de mapas y reclasificación.

***Desventajas***

- Generalmente no es posible demostrar la independencia de criterios de decisión que supone el método. La inclusión de criterios altamente correlacionados puede afectar el resultado de la CLPB y arrojar resultados engañosos.
- Como consecuencia del modo de decisión totalmente compensatorio, la adición de varios atributos de bajo peso relativo compensa la ausencia de atributos de alta importancia para el sector, lo que implica que la calidad de algunas alternativas puede ser sobreestimada en áreas donde no existen atributos de alto nivel.

**2) Combinación Lineal Ponderada con Funciones de Utilidad (CLPFU)**

Un adelanto significativo con respecto a la CLPB es la inclusión de funciones de utilidad para determinar el valor que toman las variables de decisión en una escala de intervalo estandarizada [0-1], en lugar de binaria. Para guardar congruencia en las operaciones conviene expresar los pesos

de importancia relativa de los criterios de decisión en la misma escala que las variables de decisión, y para asegurar mejores resultados en los mapas de aptitud se recomienda emplear con los participantes un método avanzado de ponderación, como el Proceso Analítico Jerárquico (PAJ), compatible con el nivel de dificultad que demanda la generación de funciones de utilidad. Los métodos para generar las funciones de utilidad y el PAJ se presentan en el Anexo 3.

La expresión matemática formal para esta regla de decisión es (Bojórquez *et al.*, en prensa):

$$a_j^k = \sum_i^I w_{ij} u(x_{ij}^k) \quad (\text{A5-7})$$

Donde  $a$  es el valor de aptitud de la alternativa  $k$ , para el sector  $j$ ;  $w$  es el peso o valor de importancia relativa asignado al atributo  $i$  por el sector  $j$ ; y  $u(x_{ij}^k)$  es la función de utilidad para el atributo  $i$  que condiciona el objetivo del sector  $j$ .

La expresión (A5-7) está sujeta a las siguientes condiciones:

$$w_{ij} > 0 \quad (\text{A5-8})$$

$$\sum_i^I w_{ij} = 1 \quad (\text{A5-9})$$

$$0 \leq u(x_{ij}) \leq 1 \quad (\text{A5-10})$$

$$0 \leq a_j^k \leq 1 \quad (\text{A5-11})$$

Las expresiones (A5-8) y (A5-9) son requisitos del método PAJ; la (A5-10) indica el intervalo de valores que pueden tomar las funciones de utilidad de los sectores para cada atributo; y la (A5-11) resulta de la expresión (A5-7), cuando se satisfacen las condiciones (A5-8) a (A5-10).

# Ejemplo 5.

Supongamos que el sector agrícola ( $j=1$ ) estableció en un taller de participación pública los pesos relativos de los atributos ambientales que condicionan sus actividades con ayuda del PAJ, y construyó las funciones de utilidad respectivas (Cuadro 2 y Figuras A5-16 a A5-19):

CUADRO 2. PESOS RELATIVOS DE LOS ATRIBUTOS AMBIENTALES QUE CONDICIONAN LAS ACTIVIDADES DEL SECTOR AGRÍCOLA, DETERMINADOS POR MEDIO DEL PAJ

| Atributo ambiental | Subíndice i | Peso $w_i$ |
|--------------------|-------------|------------|
| Tipo de vegetación | 1           | 0.15       |
| Población          | 2           | 0.07       |
| Pendiente          | 3           | 0.53       |
| Temperatura        | 4           | 0.25       |

FIGURA A5.16. ESTANDARIZACIÓN DEL MAPA RÁSTER DEL ATRIBUTO AMBIENTAL  $X_{11}$



FIGURA A5.17. ESTANDARIZACIÓN DEL MAPA RÁSTER DEL ATRIBUTO AMBIENTAL  $X_{21}$



FIGURA A5.18. ESTANDARIZACIÓN DEL MAPA RÁSTER DEL ATRIBUTO AMBIENTAL  $X_{31}$

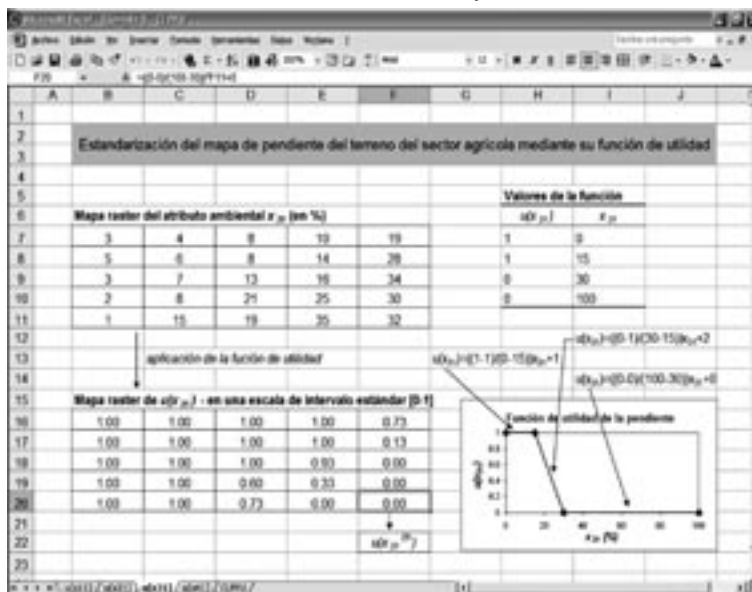
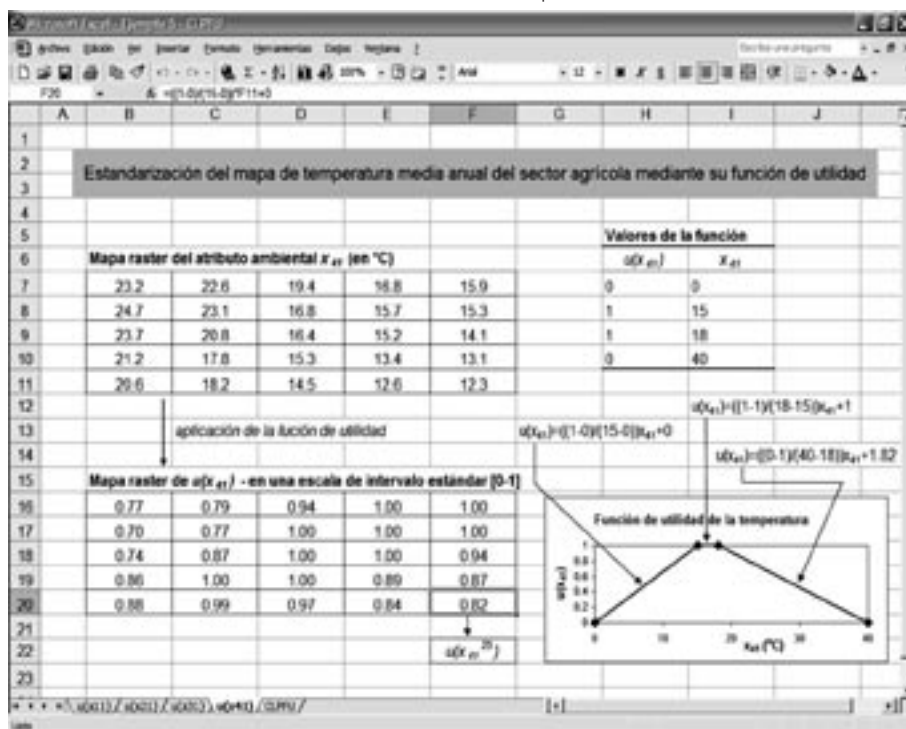
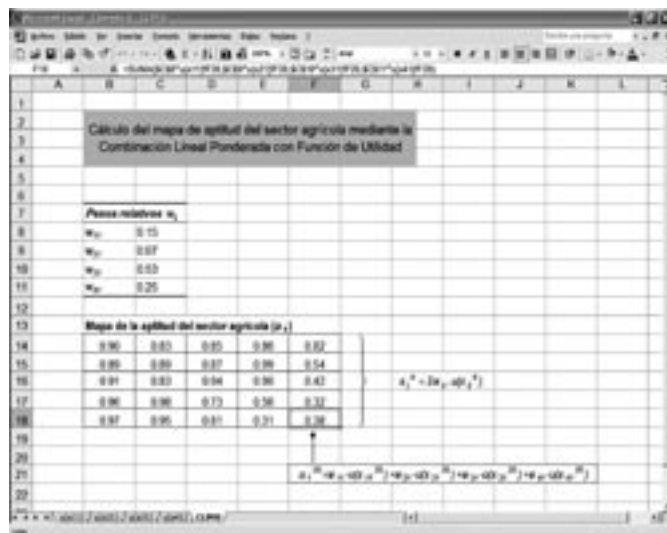


FIGURA A5.19. ESTANDARIZACIÓN DEL MAPA RÁSTER DEL ATRIBUTO AMBIENTAL  $X_{A1}$



En las Figuras A5-16 a A5-19 se aprecia cómo se aplican las funciones de utilidad para estandarizar los mapas de los atributos ambientales de sus escalas y unidades originales a una escala de intervalo [0-1], esto con el fin de poder aplicar la combinación lineal ponderada (A5-7), como se muestra en la Figura A5.20.

**FIGURA A5.20.** MAPA DE APTITUD OBTENIDO POR MEDIO DE LA CLPFU

Obsérvese que el mapa de aptitud resulta igualmente en una escala de intervalo [0-1].

### Fin ejemplo 5.

Pasos a seguir para aplicar la CLPFU en un SIG para obtener los mapas de aptitud sectorial

Para cada uno de los sectores socioeconómicos involucrados en el área de estudio:

- Identificar y ponderar los criterios de decisión en un proceso de participación pública, preferentemente mediante el PAJ.
- Generar las funciones de utilidad para cada uno de los atributos ambientales, de acuerdo con los métodos explicados en el Anexo3
- Estandarizar los mapas de atributos ambientales a una escala de intervalo [0-1] en el SIG, mediante la aplicación de las funciones de utilidad correspondientes, como se explica en el Anexo 3.
- Multiplicar cada uno de los mapas estandarizados de atributos ambientales por su peso de importancia relativa correspondiente.
- Sumar todos los mapas que resultan de los productos del punto anterior.

### Elementos a considerar para la selección y aplicación de la CLPFU

#### Supuestos teóricos del método

- Debe respetarse la independencia de criterios. Si existe correlación entre dos atributos, uno de ellos debe ser eliminado del análisis.
- Esta regla de decisión implica un modo de decisión totalmente compensatorio por la forma aditiva de la ecuación (A5-7); lo que significa que una unidad de menos en un atributo puede ser completamente compensada por una unidad de más en otro atributo.

#### ***Ventajas***

- La aplicación de funciones de utilidad, en conjunto con un método avanzado para la identificación y ponderación de criterios de decisión como el PAJ, asegura resultados más detallados y convincentes que el método de la CLPB, expuesto arriba.

#### ***Desventajas***

- En comparación con el método anterior, se requiere más tiempo y un mayor nivel de conocimientos entre los participante para obtener los insumos de información del método en los talleres de consulta pública.
- Por su complejidad, el método requiere de una extensa explicación previa a los participantes para asegurar su comprensión y convencerlos de que su uso asegurará la obtención de mejores resultados.
- Generalmente no es posible garantizar la independencia de criterios de decisión que supone el método. La inclusión de criterios altamente correlacionados puede afectar el resultado de la CLPFU y arrojar resultados engañosos.
- Como consecuencia del modo de decisión totalmente compensatorio, la adición de varios atributos de bajo peso relativo compensa la ausencia de atributos de alta importancia para el sector, lo que implica que la calidad de algunas alternativas puede ser sobreestimada en áreas donde no existen atributos de alto nivel.

### 3) La Distancia al Punto Ideal (DPI)

Con este método, la aptitud del territorio para cada actividad sectorial se evalúa por medio de una regla de decisión que “mide” la cercanía de

cada alternativa de decisión a un valor o punto ideal. Este punto representa una alternativa hipotética, cuya aptitud es máxima; es decir, en la que todos los atributos considerados por el sector alcanzan el nivel más alto posible. La distancia al punto ideal (DPI) es medida en términos de una determinada métrica; generalizando para una familia de métricas, empleando una escala de intervalo estandarizada [0-1] (Bojórquez *et al.*, 2003, Zeleny *en* Pereira y Duckstein, 1993, Malczewski, 1999):

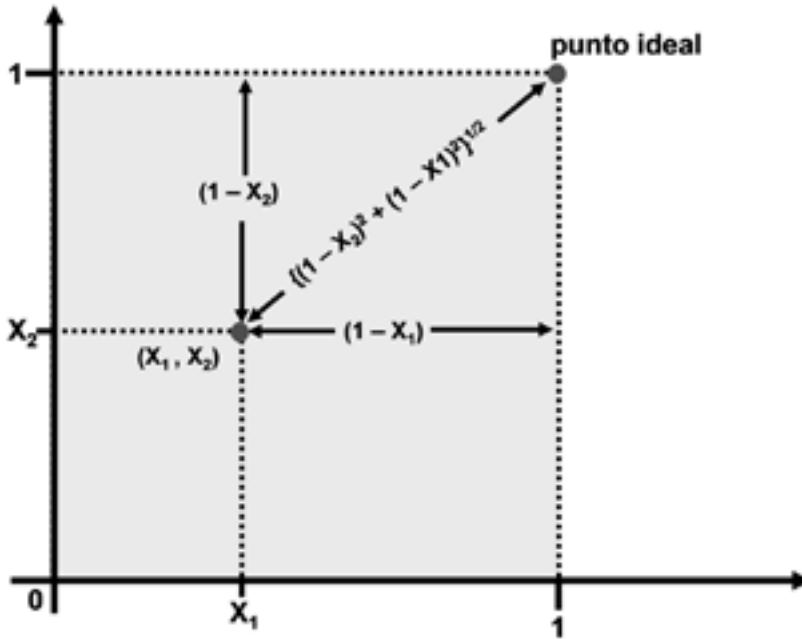
$$d_j^k = \left[ \sum_i w_{ij}^p (1 - x_{ij}^k)^p \right]^{1/p} \quad (\text{A5-12})$$

Donde  $d$  es la distancia al punto ideal de la alternativa  $k$ , para el sector  $j$ ;  $w$  es el peso o valor de importancia relativa asignado al atributo  $i$  por el sector  $j$ ; el punto ideal está representado en este caso por el  $1$  dentro del paréntesis, el máximo en la escala [0-1];  $x$  es el valor del atributo  $i$ , medido también en dicha escala, que condiciona el objetivo del sector  $j$ , en la alternativa  $k$ ; y  $p$  es un parámetro exponencial cuyo valor, tomado del intervalo  $[1 - \infty]$ , determina la métrica con la que se mide la distancia al punto ideal.

Por el efecto del exponente  $p$  en la regla de decisión se dice que su valor implica uno de tres modos de decisión básicos. Cuando vale uno, se dice que el modo de decisión es totalmente compensatorio, lo que significa que una unidad de menos de un atributo puede ser completamente compensada por una unidad de más de otro atributo. Subsecuentemente, un valor de dos, equivale a un modo de decisión parcialmente compensatorio y un valor de  $p$  cercano al infinito representa un modo de decisión totalmente no compensatorio.

## Ejemplo 6

FIGURA A5.21. LA DISTANCIA AL PUNTO IDEAL



Siguiendo la Figura A5.21, podemos decir que el valor de  $p$  afecta la contribución relativa de cada cateto  $(1-x_i)$  al valor de  $d_j^k$ . Si  $p = 1$ , la ecuación (A5-12) es una combinación lineal ponderada simple (como la ecuación (A5-4), por lo que la distancia total se mediría en forma rectangular; es decir, sencillamente sumando los catetos:  $((1-x_1)+(1-x_2)+\dots+(1-x_l))$ . Si  $p = 2$ , (A5-12) toma la forma del Teorema de Pitágoras, con lo que la distancia total sería la de la hipotenusa:  $(\sqrt{(1-x_1)^2 + (1-x_2)^2 + \dots + (1-x_l)^2})$ . Si  $p = \infty$ , (A5-12) es una regla conocida como MINIMAX, ya que el elevado valor del exponente provoca que la distancia total tome prácticamente el valor del mayor cateto:  $(\sqrt[p]{(1-x_1)^\infty + (1-x_2)^\infty + \dots + (1-x_l)^\infty})$ .

Desde luego todo lo anterior es una simplificación con fines explicativos, pues también debe tomarse en cuenta el efecto en el valor de  $d_j^k$  del peso  $w$ , el cual también está afectado por el exponente  $p$ .

**Fin del ejemplo 6**

Se ha probado que si los valores de las variables de decisión y los pesos relativos están estandarizados a una escala común de intervalo [0-1] (como se recomienda aquí) se llega a un modo de decisión totalmente no compensatorio cuando  $p \geq 10$ .

Para tener los pesos relativos y las variables de decisión en una escala de intervalo estandarizada [0-1] se recomienda obtener los primeros mediante un método como el PAJ y las segundas estandarizadas a través de funciones de utilidad. En otras palabras, la ecuación (A5-12) puede escribirse también como:

$$d_j^k = \left[ \sum_i^I w_{ij}^p (1 - u(x_{ij}^k))^p \right]^{1/p} \quad (\text{A5-13})$$

Donde  $u(x_{ij}^k)$  es la función de utilidad para el atributo  $i$  que condiciona el objetivo del sector  $j$ .

La expresión (x.8) está sujeta a las siguientes condiciones:

$$w_{ij} > 0 \quad (\text{A5-14})$$

$$\sum_i^I w_{ij} = 1 \quad (\text{A5-15})$$

$$0 \leq u(x_{ij}) \leq 1 \quad (\text{A5-16})$$

$$0 \leq d_j^k \leq 1 \quad (\text{A5-17})$$

Las expresiones (A5-14) y (A5-15) son requisitos del método PAJ; la (A5-16) representa la variable de decisión estandarizada a través de una función de utilidad e indica el intervalo de valores que puede tomar; y la (A5-17) resulta de la expresión (A5-13), cuando se satisfacen las condiciones (A5-14) a (A5-17).

Debe tenerse cuidado al interpretar y manipular matemáticamente la distancia al punto ideal; no se olvide que la aptitud del territorio aumenta conforme  $d$  disminuye. Si el punto ideal está representado por el valor de uno, como aquí recomendamos, la siguiente relación es válida:

$$a = 1 - d \quad (\text{A5-18})$$

Donde  $a$  es la aptitud del territorio y  $d$  es la distancia al punto ideal.

### Ejemplo 7.

Retomando los mapas de los atributos ambientales estandarizados con función de utilidad del ejemplo 5, podemos operar la parte interna de la sumatoria (A5-18) para las diferentes métricas ( $p$ ); esto es:

$$w_{ij}^p (1 - u(x_{ij}^k))^p, \text{ para } p = 1, 2 \text{ y } 10 \text{ (Figuras A5-22 a A5-25)}$$

FIGURA A5.22. DISTANCIA AL PUNTO IDEAL DEL MAPA  $X_{11}$

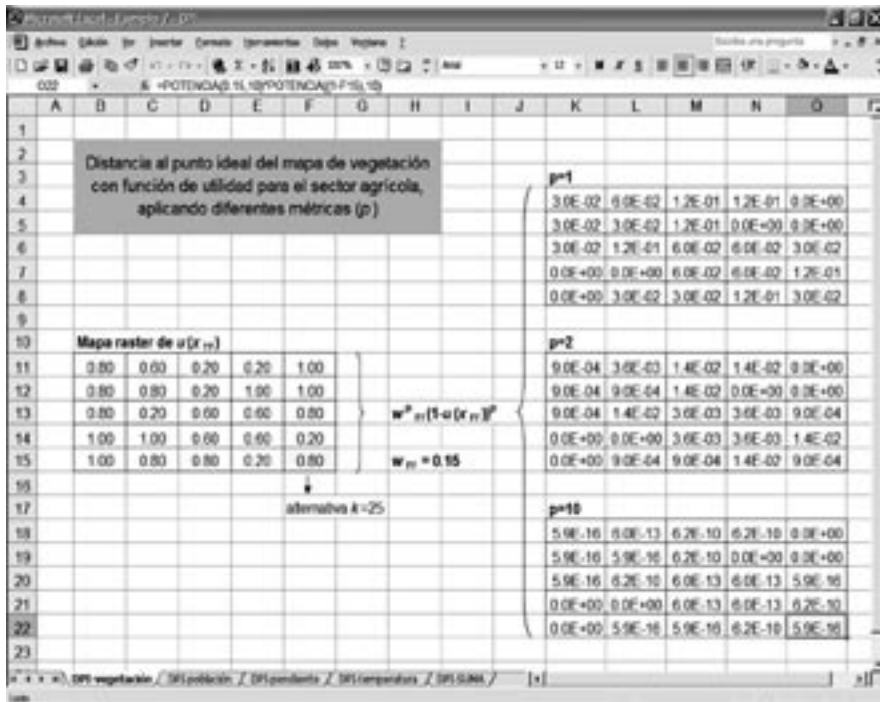


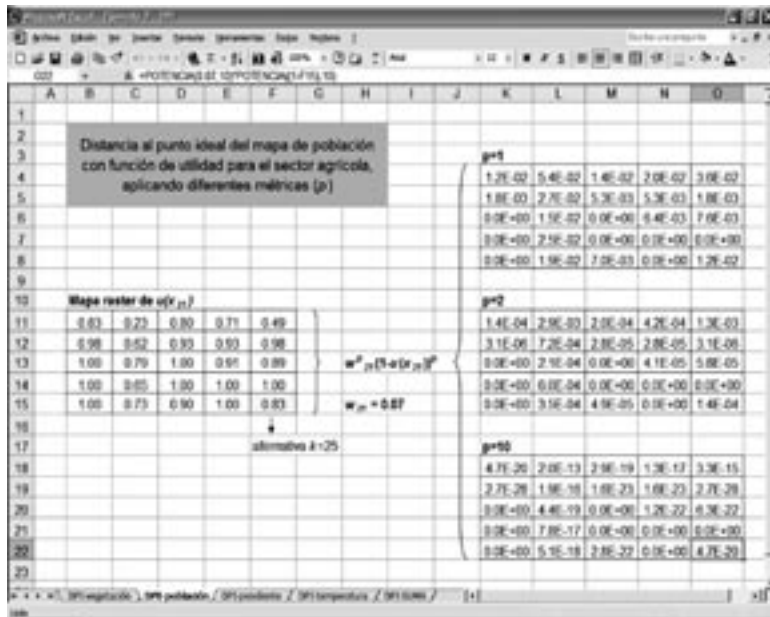
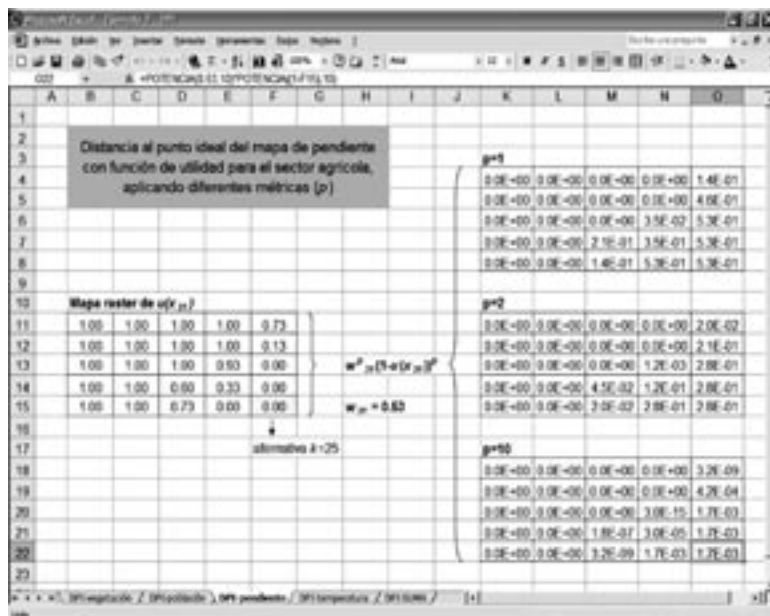
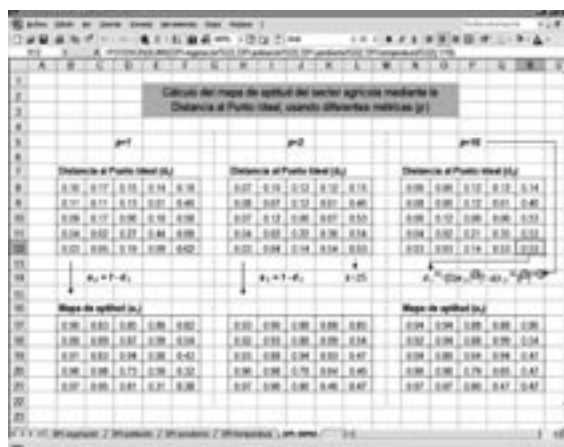
FIGURA A5.23. DISTANCIA AL PUNTO IDEAL DEL MAPA  $X_{21}$ FIGURA A5.24. DISTANCIA AL PUNTO IDEAL DEL MAPA  $X_{31}$ 

FIGURA A5.25. DISTANCIA AL PUNTO IDEAL DEL MAPA X<sub>41</sub>



Completando la sumatoria (A5-13) con los resultados de las operaciones anteriores obtenemos los mapas con las distancias al punto ideal (definido por el valor 1 para este caso) para las diferentes métricas. Los mapas de aptitud se generan finalmente al aplicar (A5-18) a los mapas de la distancia al punto ideal (Figura A5.26).

FIGURA A5.26. MAPAS DE LA DISTANCIA AL PUNTO IDEAL Y DE APTITUD



Fin ejemplo 7.

### Pasos a seguir para aplicar la DPI en un SIG para obtener los mapas de aptitud sectorial

1. Para cada uno de los sectores involucrados en el área de estudio:
  - Identificar los criterios de decisión en un proceso de participación pública (ver Anexo 3).
  - Ponderar los criterios de decisión en una escala de intervalo [0-1], mediante alguna de las técnicas sugeridas en el Anexo 3, preferentemente el PAJ.
  - Generar las funciones de utilidad para cada uno de los atributos ambientales, de acuerdo con los métodos explicados en el Anexo 3.
  - Estandarizar los mapas de los atributos ambientales a una escala de intervalo [0-1] en el SIG, mediante la aplicación de las funciones de utilidad (ver Anexo 3).
  - Seleccionar uno de los tres modos de decisión ( $p = 1$ ,  $p = 2$  o  $p = 10$ ) para aplicar a la ecuación (A5-12) o (A5-13).
  - Elevar los pesos de importancia relativa al exponente  $p$ .
  - Mediante operaciones escalares en el SIG, restar cada uno de los mapas de atributos ambientales a la unidad (punto ideal) y luego elevar el residuo al exponente  $p$  como indica la ecuación (A5-12) o (A5-13).
  - Multiplicar los mapas resultantes del punto anterior por el peso de importancia relativa correspondiente, previamente elevado al exponente  $p$ .
  - Sumar todos los mapas que resultan de los productos del punto anterior y elevar el resultado al exponente  $1/p$ .

|                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------|
| Elementos a considerar para la selección y aplicación de la DPI |
|-----------------------------------------------------------------|

**Supuestos teóricos del método**

- Esta regla de decisión implica diferentes modos de decisión, dependiendo de la métrica (exponente  $p$ ) con la que se mida la distancia al punto ideal.
- El método no exige una estricta independencia de criterios cuando se emplean los modos de decisión totalmente no compensatorio y parcialmente compensatorio, esto debido a que disminuye el efecto aditivo de las variables de decisión conforme el exponente  $p$  de la ecuación (A5-12) o (A5-13) crece.

***Ventajas***

- Este método es muy adecuado cuando se sospecha que puede existir dependencia entre los criterios de decisión considerados por un sector, problema común en este tipo de estudios. La inclusión de criterios altamente correlacionados no afecta significativamente el valor de aptitud de las alternativas, particularmente en el caso de que se emplean los modos de decisión totalmente no compensatorio ( $p \geq 10$ ) y parcialmente compensatorio ( $p = 2$ ).
- Pueden ensayarse diversos modos de decisión, dependiendo de lo que los participantes consideren más adecuado.
- La aplicación de funciones de utilidad, en conjunto con un método avanzado para la identificación y ponderación de criterios de decisión como el PAJ, asegura resultados más detallados y convincentes, de manera similar al método de la CLPFU.

***Desventajas***

- Por su complejidad, el método requiere mayor tiempo de explicación o un mayor nivel de conocimientos de los participantes de los talleres de consulta pública. Debe considerarse que es necesaria una explicación detallada del método para asegurar su cabal comprensión y convencer al público de que su uso promete mejores resultados.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bojórquez-Tapia, L.A., E. Ongay-Delhumeau y E. Ezcurra. 1994. Multivariate Approach for Suitability Assessment and Environmental Conflict Resolution. *Journal of Environmental Management*.
- Bojórquez-Tapia, L.A., H. de la Cueva, S. Díaz, D. Melgarejo, G. Alcantar, M. Solares, G. Grobet, y G. Cruz-Bello (en prensa). Environmental conflicts and nature reserves: Redesigning Sierra San Pedro Mártir National Park, México. *Biological Conservation*.
- Bojórquez-Tapia, L.A., L.P. Brower, G. Castilleja, S. Sánchez-Colón, M. Hernández, W. Calvert, S. Díaz, P. Gómez-Priego, G. Alcantar, D. Melgarejo, M. Solares, L. Gutiérrez, M. Juárez. 2003. Mapping expert knowledge: redesigning the monarch butterfly biosphere reserve. *Conservation Biology* 17: 367-379.
- Bojórquez-Tapia, L.A., S. Díaz y E. Ezcurra. 2001. GIS-based Approach for Participatory Decision Making and Land Suitability Assessment. *Journal of Geographical Information Science* 15: 129-151.
- Bojórquez-Tapia, L.A., S. Díaz y R. Saunier. 1997. Ordenamiento Ecológico de la Costa Norte de Nayarit. OEA-UNAM, México, D.F.
- Burrough, P.A. y R.A. McDonnell. 1998. *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford University Press. New York. 333 pp.
- Crowfoot, J.E. y J.M. Wondolleck. 1990. Citizen Organization and Environmental Conflict. En: pp. 1-16, J.E. Crowfoot y J.W. Wondolleck (eds.), *Environmental Disputes, Community Involvement in Conflict Resolution*. Island Press. Washington, D.C. 275 pp.
- Digby, P.G.N. y R.A. Kempton. 1987. *Multivariate analysis of ecological communities*. Chapman and Hall. London.
- Dijkstra, D.P. 1984. *Mathematical programming for natural resource management*. McGraw-Hill Book Company. New York.
- Eastman, J.R., P.A.K. Kyem, J. Toledano y W. Jin. 1993. *GIS and Decision Making*. UNITAR. Geneve.
- Gower, J.C. 1966. Some distance properties of latent root and vector methods used in multivariate analysis. *Biometrika*. 53: 325-338.

- Keeney, J.M. y H. Rafia. 1976. Decisions with multiple objectives: preferences and multiple tradeoffs. Wiley. Nueva York.
- Lahdelma, R., P. Salminen, J. Hockkanen. 2000. Using Multicriteria Methods in Environmental Planning and Management. *Environmental Management* 26: 595-605.
- Malczewski, J. 1999. GIS and Multicriteria Decision Analysis. John Wiley & Sons. Nueva York. 392 pp.
- Malczewski, J. 1999. Spatial Multicriteria Decision Analysis. En: pp 11-48, Thill, J.C. (ed.), *Spatial Multicriteria Decision Making and Analysis, a Geographic Information Sciences Approach*. Ashgate Publishing Ltd. Gower House.
- Malczewski, J., R. Moreno-Sánchez, L.A. Bojórquez-Tapia y E. Ongay-Delhumeau. 1997. Multicriteria Group Decision Making Model for Environmental Conflict Analysis in the Cape Region, Mexico. *Journal of Environmental Planning and Management* 40 : 349-374.
- Noy-Meir, Y. 1973. Data transformations in Ecological Ordinations I. Some Advantages of Non-centering. *Journal of Ecology* 61: 753-760.
- Pereira, J. y L. Duckstein. 1993. A Multiple Criteria Decision Making Approach to GIS-based Land Suitability Evaluation. *Journal of Geographical Information Systems* 7: 407-424.
- Pielou, E.C. 1984. *The Interpretation of Ecological Data: A Primer on Classification and Ordination*. John Wiley & Sons.
- Shrader-Frechette, K.S. y E.D. McCoy. 1993. *Method in Ecology, Strategies for Conservation*. Cambridge University Press. Cambridge, 328 pp.
- Thill, J.C. (ed.) 1999. *Multicriteria decision-making and analysis: a geographic information sciences approach*. Ashgate Publishing. Brookfield.



## ANEXO 6. MÉTODOS PARA IDENTIFICAR ÁREAS PRIORITARIAS DE CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO

### INTRODUCCIÓN

La conservación de la biodiversidad es uno de los aspectos indispensables a considerarse en el Ordenamiento Ecológico del territorio por los potenciales conflictos que pueden surgir entre sectores, siendo el que representa al de la conservación de los Recursos Naturales uno de los más importantes. De acuerdo a lo estipulado en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, es obligación de los gobiernos el realizar acciones que permitan la conservación de especies y hábitats relevantes que representen la diversidad biológica del país, así como preservar la funcionalidad de los sistemas biológicos. Por otro lado, uno de los principios del ordenamiento ecológico es minimizar los conflictos y maximizar los consensos, por lo que la identificación de áreas prioritarias para la conservación de la diversidad biológica permitirá en primera instancia determinar los sectores con los que la conservación podría tener conflictos. Por ello, teniendo identificadas las áreas prioritarias se podrán tomar las mejores decisiones en función de las actividades que realicen otros sectores y permitiendo que ciertas actividades se realicen en los sitios más adecuados sin afectar la funcionalidad de los ecosistemas y sin disminuir la diversidad biológica en el conjunto de un área particular, a la vez que permita conservar las áreas importantes por su grado de diversidad contenida.

Para realizar una conservación correcta de la diversidad biológica es necesario ubicar las áreas más ricas, las que contienen una mayor diversidad, aquellas con altos niveles de endemismos en los grupos biológicos y aquellas que contienen especies que se encuentran en la NOM 059 que proporciona los listados de especies con estatus de protección especial. La identificación de las áreas críticas para la conservación de la biodiversidad, es urgente dadas las elevadas tasas de deforestación y cambios en el uso de suelo que ocurren en la actualidad, lo que conlleva a la pérdida de importantes números de especies, así como de hábitats particulares y pérdida de la funcionalidad de los ecosistemas. Asimismo, se puede perder biodiversidad de manera importante debido en parte a la falta de estrategias que permitan identificar lo que es realmente prioritario conservar.

Es urgente crear estrategias y programas de conservación de los recursos naturales. Estas estrategias deben ser priorizadas y basarse en la sistematización de la toma de datos y en la aplicación de un método o métodos que permitan estandarizar el análisis de la información. El desarrollo de estas estrategias o programas está siendo considerado en el marco del Reglamento del Ordenamiento Ecológico Territorial, dada la apremiante necesidad de incorporar prioridades al sector ambiental en el marco del ordenamiento ecológico. Los lineamientos y estrategias ecológicas deben entonces contemplar la identificación de áreas prioritarias para la conservación de la diversidad biológica, ya que estas áreas representan fuentes potenciales de conflictos que se generarían con otros sectores interesados en el uso de la tierra durante el proceso de ordenamiento ecológico. Dentro del contexto del Ordenamiento Ecológico Territorial permitiría ubicar las áreas que por mandato legal deben conservarse.

En este anexo se presenta primeramente un panorama general de métodos de análisis para identificar áreas críticas para la conservación de la diversidad biológica, haciendo mayor hincapié en los principios para realizar análisis cuantitativos, mediante aproximaciones espaciales y de modelación estadística de la distribución de especies, así como sobre los métodos de optimización para identificar las áreas prioritarias. Posteriormente, presentaremos la metodología a seguir para el análisis de información biológica y cartográfica con el fin de desarrollar modelos predictivos, en particular mediante modelos lineales generalizados (GLM), que es uno de los métodos de análisis estadístico

más utilizados, versátiles y poderosos en la actualidad, y que puede ser ligado a un Sistema de Información Geográfica de una manera relativamente fácil. Asimismo, indicaremos el tipo de información necesaria y las variables ambientales utilizadas para el desarrollo de estos modelos predictivos. Con esta información esperamos establecer una metodología con criterios biológicos, estadísticos y técnicos estandarizados para determinar las áreas prioritarias o críticas para la conservación de la diversidad biológica, aspecto fundamental en el proceso del Ordenamiento Ecológico Territorial y en el seguimiento de su aplicación a través de la bitácora ambiental. Finalmente, se presentan ejemplos que permitirán de una manera sencilla comprender los principios de la modelación estadística mediante el uso de modelos GLM y modelos de optimización. Es necesario considerar que para realizar algunos de estos análisis de manera más compleja y para probar la sensibilidad y realizar la validación de los modelos se requiere de conocimientos en estadística multivariada.

#### A 6.01 MÉTODOS INTUITIVOS Y CUANTITATIVOS PARA IDENTIFICAR ÁREAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN

Los métodos para identificar áreas prioritarias o críticas para la conservación pueden tener diferentes aproximaciones, desde las meramente intuitivas, a las analíticas cuantitativas. Ambas aproximaciones han sido utilizadas para la identificación de áreas que contengan ciertos atributos de interés para la conservación, como puede ser la presencia de especies bandera (“flagship”) o en riesgo de extinción, o bien la existencia de hábitats particulares, tan relevantes como un oasis o los fondos de cañada dentro de un bosque.

Las aproximaciones intuitivas, que son las que mayoritariamente se han utilizado en los análisis de identificación de áreas críticas para la conservación, se han basado en análisis relativamente simples y apoyados en gran medida en la experiencia de expertos. Estas aproximaciones, aunque interesantes, presentan una gran incertidumbre y un margen de error elevado en las delimitaciones de las áreas prioritarias, lo cual los hace poco atractivos en el marco del ordenamiento ecológico. Dado el carácter subjetivo con que

cada experto puede evaluar las áreas críticas, los resultados pueden volverse irrepetibles e inconsistentes.

Por otro lado, el gran desarrollo de técnicas cuantitativas para la delimitación de áreas críticas para la conservación de la diversidad biológica permite ahora reducir la incertidumbre y la inconsistencia de los resultados. Actualmente existen diferentes aproximaciones estadísticas que nos permiten realizar análisis cuantitativos de la información biológica con que se cuenta para la determinación de áreas prioritarias o críticas para la conservación. Asimismo, el desarrollo de tecnologías para el análisis espacial de la información, en conjunto con el desarrollo de la estadística para análisis espacial, ha permitido la generación de modelos predictivos de distribución de especies o de hábitats particulares a diferentes escalas. El desarrollo de Sistemas de Información Geográfica y los análisis estadísticos a través de la generación de modelos probabilísticos permiten el análisis de información a escalas regionales, basado en metodologías de muestreo a escalas locales. Esta aproximación es definitivamente la más conveniente en el contexto del ordenamiento ecológico de una región.

Los modelos predictivos pueden ayudar a la priorización de los muestreos, a la identificación de áreas prioritarias o críticas de conservación y a mejorar los programas de conservación de una región. Una vez ubicadas las áreas que contienen la mayor riqueza específica de los grupos de interés o donde coinciden las especies de interés para la conservación (tales como especies endémicas o aquellas que se encuentran incluidas en las listas de protección de especies como la NOM 059 o la UICN o las especies que se consideran claves o relevantes desde el punto de vista ecológico) se podrán hacer los análisis ecológicos y estadísticos que permitan arribar a un mejor diseño de las áreas críticas para la conservación.

La Figura A6.1 muestra el diagrama de flujo o ruta crítica con los pasos generales que se deberían seguir para la identificación de áreas críticas para la conservación utilizando métodos de modelación estadística, SIG's y modelos de optimización.

## A 6.02 DEFINICIÓN DE ELEMENTOS RELEVANTES PARA IDENTIFICAR SITIOS PRIORITARIOS

Es necesario hacer algunas consideraciones sobre los elementos empleados para determinar si un sitio es prioritario para la conservación. Para la identificación de los sitios prioritarios, se requiere definir los elementos clave que actualmente se deberían utilizar para considerarlos prioritarios. En primer lugar, como representantes de la diversidad biológica deberíamos considerar a todos los grupos biológicos de un área y por ende tener una medida cuantitativa, numérica, que los represente a todos, pero en la práctica esto es poco menos que imposible. Dependiendo de las regiones, para algunos grupos existe un nivel de información mayor que para otros, y para algunos grupos la información es muy pobre sino es que inexistente (por ejemplo, algunos grupos hiperdiversos como artrópodos, hongos, etc.). Por ello, aunque todos los grupos biológicos conforman la diversidad biológica de un área, no todos pueden ser utilizados para hacer análisis estadísticos. Es importante considerar que para los análisis y la modelación estadística se deberán utilizar las especies o grupos de especies de los que se tenga un nivel adecuado de información sobre su ecología y biología y que puedan ser muestreados con relativa facilidad. Esta información permitirá que los modelos sean robustos, y que las variables ambientales que aparezcan como significativas en los modelos puedan considerarse como variables ecológicamente relevantes para las especies.

En segundo lugar, se puede mencionar que hay dos aproximaciones para identificar los sitios prioritarios para la conservación. Una es considerar la riqueza total de cada grupo biológico de los que se tenga información y la riqueza total de todos los grupos. De esta manera podríamos incluir los sitios que contengan la mayor diversidad biológica. La otra aproximación es considerar especies individuales, donde se pueden incluir únicamente las especies que tengan un interés particular para la conservación (como especies en las listas oficiales de protección NOM-ECOL-059, endémicas, raras relevantes, especies clave “(keystone)”), es decir aquellas que sean consideradas relevantes por alguno de sus atributos en el sistema biológico o en la historia evolutiva del sitio y que son reconocidas nacional e internacionalmente como especies de interés para la conservación. En cualquier caso, sea la riqueza de grupos, la riqueza de especies total o la aproximación individual de especies

relevantes, el siguiente paso es el de medir las características ambientales de los sitios con mayor riqueza o con especies relevantes para, mediante modelación, determinar las variables ambientales que condicionan la distribución de estos grupos o especies particulares. Esto se logra generando modelos probabilísticos que muestran en esencia la selección de hábitat o las características que le son propicias a las especies para su presencia.

El último paso consiste en elegir el método que permitirá hacer la selección más óptima de los sitios prioritarios para la conservación.

### A 6.03 MODELACIÓN ESTADÍSTICA DE DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES Y DE RIQUEZA DE ESPECIES

Es necesario seleccionar los modelos predictivos probabilísticos que se pueden utilizar para determinar los patrones de distribución de especies. Existe un número importante de modelos estadísticos para realizar el análisis espacial de la información, entre los que se pueden mencionar los modelos que determinan la aptitud del hábitat (Habitat suitability) los modelos lineales generalizados, los modelos aditivos generalizados, los árboles de clasificación y regresión, los modelos bayesianos y el análisis canónico de correspondencias.

Para este anexo presentaremos información sobre tres tipos de modelación, haciendo especial referencia en el uso de los modelos lineales generalizados por su mayor utilización, su mayor desarrollo estadístico y por lo robustos que pueden ser los modelos obtenidos:

#### **1) Modelos de aptitud del hábitat (Habitat Suitability Models).**

La evaluación de la aptitud del hábitat tiene como objetivo principal la identificación de las variables ambientales que se correlacionan con la presencia de las especies (Van Horne 2003). Básicamente, la aptitud del hábitat se refiere a la potencialidad que tiene el hábitat para mantener las poblaciones de la especie que se modela (Conroy et al 2003).

La aptitud del hábitat comprende tanto los factores bióticos como los abióticos, sus relaciones y su concurrencia en el espacio, mayor aptitud

facilita la continuidad en la distribución de las especies (Larson et al. 2003 y Fleishman et al. 2003). Los métodos que determinan la aptitud del hábitat están basados en la evaluación de los atributos que definen el hábitat que la especie ocupa desde la estructura hasta la distribución de cada uno de ellos, (p.ej. tipo de vegetación, altitud, pendiente, insolación, etc). En estas evaluaciones, los estados de las variables que componen el hábitat son relacionados con la calidad del hábitat para cada especie, utilizando escalas de 0 (no apto) a 1 (máxima aptitud).

Sin embargo, estos modelos requieren de información de campo, opiniones de expertos, así como de registros suficientes y de buena calidad de las variables que definen el hábitat. En este sentido, los sistemas de información geográfica eliminan la necesidad del registro puntual de los datos, pues permiten la utilización de la información con que se dispone; así como la generación de información regional a partir de datos de campo (Larson et al. 2003).

Muchos de los modelos de aptitud del hábitat que se han construido están basados en la información de las variables tomada directamente en el campo, a diferencia de los modelos que utilizan sistemas de información geográfica y que pueden manejar la información a nivel de paisaje o región. Actualmente, esta nueva condición favorece que en la construcción de este tipo de modelos se consideren diferentes escalas de análisis, se incorporen nuevas variables y, en consecuencia, se obtengan mejores resultados (Larson et al. 2003). Este tipo de modelos permiten identificar aquellos otros sitios que pueden resultar igualmente aptos para mantener las poblaciones de la especie evaluada, a partir de la información de los sitios donde de hecho se presenta. Por ello, representan una buena herramienta en la toma de decisiones sobre los sitios que es necesario conservar pues, en principio, pueden ser capaces de mantener las poblaciones y la biodiversidad en el ámbito regional.

## **2) Modelos Lineales Generalizados (Generalized Linear Models, GLM).**

Son modelos estadísticos que permiten predecir la distribución de especies al obtener un modelo probabilístico. Estos modelos se obtienen o se ajustan incluyendo variables ambientales que pueden o no tener una

distribución normal. Aunque son modelos correlativos, si se sigue cuidadosamente el ajuste de variables ambientales de tal manera que sean variables ajustadas siendo ecológicamente significativas, se podrán tener modelos donde las variables representen las condicionantes ambientales o ecológicas que tienen las especies para presentarse en un sitio. De esta manera, si no existen estas condicionantes en un área, la probabilidad de que la especie no ocurra en dicha área se incrementará.

Las variables ambientales que utilizan estos modelos para predecir la distribución de especies o grupos de especies pueden ser tomadas de diferentes fuentes y en diferentes escalas. Desde variables tomadas directamente en el campo a escala local (estructura de la vegetación, cobertura, textura del suelo, rocosidad), pasando por mapas impresos digitalizados, hasta aquellas variables que pueden ser extraídas de sensores remotos (fotografía aérea, imágenes de satélite).

Se puede modelar la distribución de las especies en función de presencia/ausencia de las especies o bien de su abundancia.

El diseño de toma de datos de variables ambientales debe considerar captar la heterogeneidad ambiental de la región, incluyendo las variables pertinentes que representen esta heterogeneidad (McCullagh y Nelder 1983, Nicholls 1989, Crawley 1993).

### **3) Árboles de clasificación y regresión (Classification and regression trees).**

Son métodos que hacen una partición del espacio de manera multidimensional definido por las variables explicativas que se ubican en nodos que representan las respuestas de las especies a las variables ambientales consideradas, de tal forma que se obtiene una respuesta binaria que es la decisión representado en el árbol. Cada rama del nodo puede ser descrita como la respuesta a la variable ambiental por distribución (respuesta categórica) o por su valor promedio de presencias (respuesta cuantitativa) de la variable respuesta (Guisan y Zimmermann 2000, Vayssières et al. 2000, De'ath y Fabricius 2001). A pesar de que el poder predictivo de estos modelos es similar al obtenido mediante modelos GLM, son modelos

menos robustos en términos de su explicación ecológica y porque los nudos terminales del árbol pueden tener pocos casos con lo que los modelos pierden robustez (Rodríguez-Estrella y Sánchez-Colón 2003).

#### 4) Modelos bayesianos (Bayesian models).

Se basan en el teorema de Bayes, y combinan probabilidades caracterizadas a priori de especies o comunidades observadas con sus probabilidades de ocurrencia condicional al valor o clase de valores establecidos de cada predictor ambiental. Las probabilidades condicionales pueden ser las frecuencias relativas de la ocurrencia de especies dentro de clases discretas de un predictor nominal (las tomadas en campo). Las probabilidades a priori pueden estar basadas en estudios previos reportados en la literatura.

Modelos como el Bayesiano se incluyen entre los métodos de clasificación y ordenación (Guisan et al. 2000). El interés creciente por predecir los procesos ecológicos sitúa a los modelos Bayesianos como un método relativamente fácil de realizar y cuyo uso se empieza a incrementar para lograr predicciones considerando las incertidumbres que existen en las observaciones. Las formulaciones jerárquicas son de gran utilidad para la predicción y pueden incorporar el juicio científico de una manera probabilística constante (Wikle 2003). Las inferencias de la estadística Bayesiana proveen una forma alternativa de analizar datos que probablemente sea más apropiada para la conservación de la diversidad biológica que los métodos estadísticos tradicionales. Los métodos Bayesianos calculan la probabilidad de que se presenten diversos valores de datos dentro de un parámetro dado. Los análisis Bayesianos son relativamente fáciles de explicar e incluyen automáticamente la incertidumbre de la estimación y exponen una mejor probabilidad de la representación del estado de la población de  $p$  valores generados por la prueba de hipótesis. Por otro lado, la incertidumbre en el modelo puede ser formalmente incorporada en los resultados de los análisis y puede ser reducida incorporando información adicional de una manera formal y transparente, incluyendo el combinar diversos tipos de datos, o usar subjetivamente la información de una población o especie similar (Wade 2000).

Aparentemente, el hecho de que el uso de los métodos Bayesianos no se haya extendido, se atribuye a las dificultades de cómputo que pueden presentar. Sin embargo, estos problemas han ido desapareciendo rápidamente por las nuevas soluciones disponibles en cuanto a métodos numéricos de integración y al incremento de computadoras más rápidas.

#### A 6.04 MÉTODOS PARA DESARROLLO DE MODELOS DE OPTIMIZACIÓN PARA LA SELECCIÓN DE SITIOS PRIORITARIOS:

El propósito de los métodos de optimización es encontrar la mejor solución a un problema de decisión, o a un problema de combinación. La estructura general de un modelo de optimización consta de tres partes: la función objetivo, las variables de decisión y las restricciones. La función objetivo es la medida cuantitativa del funcionamiento del sistema que se desea optimizar (maximizar o minimizar). Las variables de decisión se definen como los componentes del problema que se modifican durante la búsqueda de la solución óptima. Las variables representan entonces las decisiones que se pueden tomar para afectar el valor de la función objetivo. Se pueden clasificar desde un punto de vista funcional en variables independientes o principales o de control y variables dependientes o auxiliares o de estado, aunque matemáticamente todas sean iguales. Las restricciones representan el conjunto de relaciones (expresadas mediante ecuaciones) que ciertas variables están obligadas a satisfacer. Las restricciones delimitan cuánto, en qué medida, se pueden alterar las variables de decisión. De este modo, el valor óptimo de la función objetivo se busca cambiando el valor de las variables de decisión hasta donde lo permitan las restricciones. Si el valor óptimo se encuentra cumpliendo las restricciones, se habla de una solución factible, pero cuando ocurre lo contrario se dice que la solución no es factible o que la solución óptima no existe.

Los modelos de optimización se pueden resolver con diferentes métodos, como programación lineal o entera, algoritmos genéticos, y los heurísticos. El método de programación lineal es más utilizado en problemas ambientales debido a que garantiza una solución óptima al problema de decisión, pero se requiere una gran capacidad de cómputo. Los algoritmos genéticos y los heurísticos no requieren gran capacidad de cómputo, pero se obtienen varias

soluciones subóptimas, por lo que no se sabe si hay otra solución mejor. Una gran ventaja de los modelos de optimización es que se pueden utilizar en cualquier área en la que se involucre la toma de decisiones y situaciones conflictivas o multiobjetivo.

Resolver un problema de optimización consiste en encontrar el valor que deben tomar las variables para hacer óptima la función objetivo satisfaciendo el conjunto de restricciones. Estos modelos trabajan maximizando o minimizando la función objetivo, la cual se encuentra bajo ciertas restricciones. Los modelos de optimización permiten llegar a un resultado óptimo en forma directa y los impactos relacionados a esta situación óptima son explícitamente dados como valores de la función objetivo. Existen algunos tipos de problemas de optimización que alteran ligeramente este esquema y que se mencionan a continuación:

- Sistemas de ecuaciones lineales – no lineales: No existe una función objetivo como tal. Únicamente interesa encontrar una solución factible a un problema con un conjunto de restricciones.
- Optimización sin restricciones: Trata de encontrar el conjunto de valores de las variables que determinan el mínimo / máximo de una función.
- Optimización multiobjetivo: Tienen más de una función objetivo, el problema consiste en tratar varias funciones objetivo a la vez, teniendo en cuenta que el óptimo para un objetivo no lo es para el otro, son objetivos en conflicto entre sí.

Los métodos de optimización se pueden clasificar en clásicos y métodos meta heurísticos (que aparecieron ligados a lo que se denominó inteligencia artificial). Dentro de los primeros se encuentra la optimización lineal, lineal entera mixta, no lineal, estocástica, dinámica, entre otras. El segundo grupo incluye algoritmos evolutivos (genéticos, por citar alguno), el método denominado “simulated annealing” o las búsquedas heurísticas (método tabú, búsqueda aleatoria). Se puede decir de manera general que los métodos clásicos buscan y garantizan un óptimo local mientras que los métodos meta

heurísticos tienen mecanismos específicos para alcanzar óptimos globales aunque no garantizan su alcance.

### **1) Realización de modelos de optimización:**

La realización de modelos de optimización se puede dividir en varias etapas:

#### **a) Identificación del problema**

Consiste en la recolección y análisis de la información relevante para el problema. Esta etapa es fundamental para que las soluciones proporcionadas y las conclusiones obtenidas sean útiles, y que las decisiones adoptadas sean correctas. Los datos suelen ser vitales para conseguir aplicabilidad en las soluciones.

#### **b) Especificación matemática y formulación**

Escritura matemática del problema de optimización, definiendo sus variables, sus ecuaciones, su función objetivo y sus parámetros. En esta etapa se analiza el tamaño del problema, la estructura de la matriz de restricciones y su tipo.

#### **c) Resolución**

Se trata de implantar un algoritmo de obtención de la solución numérica óptima o cuasi óptima. El algoritmo puede ser de propósito general (método simplex) o específico. Puede haber diferentes métodos de solución de un problema o diferentes implantaciones de un mismo método. El tiempo de resolución puede depender también de cómo esté formulado. La solución óptima debe ser suficientemente satisfactoria.

#### **d) Verificación, validación y refinamiento**

Esta etapa conlleva la eliminación de los errores en la codificación, es decir, conseguir que el modelo haga lo que se desea (depurar y verifi-

car). Es necesario comprobar la validez de las simplificaciones realizadas a través de los resultados obtenidos, incluso contrastando éstos con situaciones reales ya transcurridas (validar). Esta etapa de verificación, validación, comprobación da lugar a nuevas necesidades de modelado para mejorar la capacidad de representación de la realidad, a nuevos refinamientos indicados por el usuario.

Los modelos de programación lineal son los más utilizados en relación a los otros tipos de optimización, y abarcan cualquier tipo de actividad humana como micro y macroeconomía, finanzas, producción, planificación de operaciones, selección de procesos, ingeniería química, forestal, agronomía, etc. En ecología los modelos de optimización se apoyan en distintas teorías como la de conflictos, la teoría de decisión y la teoría de la biología de la conservación, para resolver distintos problemas. Con la teoría de conflictos se busca minimizar conflictos y maximizar consensos. por ejemplo, eliminar el error de no incluir áreas que tienen prioridad para la conservación. Esto nos ayuda a diseñar el tamaño de las áreas naturales protegidas de manera más eficiente, apoyándose también en la teoría de decisión. Para tomar las decisiones correctas es necesario conocer los elementos del problema, es decir conocer los recursos que se quieren proteger y la problemática que los rodea. Para llevar a cabo estos modelos existen diferentes paquetes estadísticos como el GAMS, LINGO, LINDO, QSB+, Exel 97/Solver y Matemática.

#### A 6.05 PROCEDIMIENTO PARA LA SELECCIÓN DE ÁREAS CRÍTICAS PARA LA CONSERVACIÓN.

En la Figura A6.2 se presenta el diagrama de flujo con los componentes necesarios que permitirán llegar a la mejor selección de áreas críticas para la conservación. El objetivo del problema en este caso es delimitar o seleccionar las áreas críticas para la conservación en un área o región determinada a través de métodos cuantitativos y con una metodología repetible que reduzca los errores en la selección. Para alcanzar este objetivo utilizando modelación estadística como método cuantitativo repetible, se pueden seguir una serie de pasos que se describen a continuación:

### **1) La generación de modelos estadísticos.**

Requiere de información sobre variables ambientales que sean importantes en la determinación de los patrones de distribución y abundancia de las especies. Esta información (datos) puede provenir de distintas fuentes, tales como las publicadas en medios impresos, la catalogada en museos y la obtenida en el campo directamente. Asimismo, puede provenir de fuentes cartográficas (impresas y digitales).

### **2) Obtención de información de tipo biológico**

En particular sobre las especies o grupos de fauna y vegetación así como de hábitats que se consideren relevantes. Las especies que se deberán considerar para generar sus modelos probabilísticos deben ser de preferencia las que se encuentren en la NOM-ECOL-059-2001, las endémicas, las raras y las que sean seleccionadas como relevantes por su papel en los sistemas biológicos. Los datos a tomar se presentan en la Figura A6.1, indicadas como variables biológicas. Se pueden manejar también los datos de riqueza y diversidad ( $H'$ ). Los hábitats pueden ser priorizados en su relevancia de forma categórica para ser incorporados en los modelos. Todos los datos deberán estar referenciadas espacialmente (unidades Latitud, Longitud; UTM), utilizando para ello GPS.

### **3) Obtención de información de tipo cartográfico**

Puede provenir de medios digitales (como imágenes de satélite, ortofotos, y cartas digitales) o impresos (como cartas temáticas INEGI, fotografías aéreas). Se requiere un software y un Sistema de Información Geográfica (Idrisi, ArcView, Ilwis, ArcInfo) para obtener las variables físicas ambientales de cada punto de muestreo o colecta de la información biológica de las especies o grupos de especies relevantes, o hábitats relevantes, directamente de la cartografía digital e impresa.

### **4) Incorporar datos de las variables físicas y biológicas para especies o grupos de especies.**

Son incorporados en forma de matrices donde cada registro corresponde

a un punto de presencia en las matrices. En estas matrices se indican a la vez los puntos con las ausencias de las especies. Cada matriz deberá estar relacionada a su correspondiente con los datos referenciados espacialmente por cada punto. Entonces se utilizan los modelos estadísticos probabilísticos, ajustando todas las variables a las especies y seleccionando únicamente aquellas que sean significativas estadísticamente y que tengan una explicación ecológica acorde a los requerimientos de las especies. Estos modelos finales permiten predecir los patrones de distribución y abundancia de las especies de interés. Con estos modelos y con el apoyo de un SIG (por ejemplo, Idrisi) se crean los mapas de distribución de especies. Estos modelos son posteriormente verificados y validados en campo con un diseño de muestreo acorde a las variables ambientales relevantes para los especies y que aparecen en los modelos. Una vez con estos datos validados utilizando los resultados de los primeros modelos, se vuelve a hacer una modelación, produciendo los mapas temáticos finales.

#### **5) Identificar las áreas con mayor y menor diversidad biológica.**

Esto se realiza con los datos de los mapas temáticos. Posteriormente, se realizan los modelos de optimización con lo que de acuerdo a las restricciones y variables se toma la mejor decisión para la identificación de las áreas prioritarias o críticas para la conservación (ver Ejemplo y Figura A6.1).

FIGURA A6.1.

RUTA CRÍTICA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS CRÍTICAS PARA LA CONSERVACIÓN UTILIZANDO DE MÉTODOS DE MODELACIÓN ESTADÍSTICA, SIG'S Y MODELOS DE OPTIMIZACIÓN.



FIGURA A6.2.

DIAGRAMA DE FLUJO INDICANDO LA INFORMACIÓN Y MATERIAL REQUERIDOS PARA MODELAR ESTADÍSTICA Y ESPACIALMENTE LA DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES Y HÁBITATS DENTRO DE UN ÁREA O REGIÓN Y UBICAR LAS ÁREAS CRÍTICAS PARA LA CONSERVACIÓN.

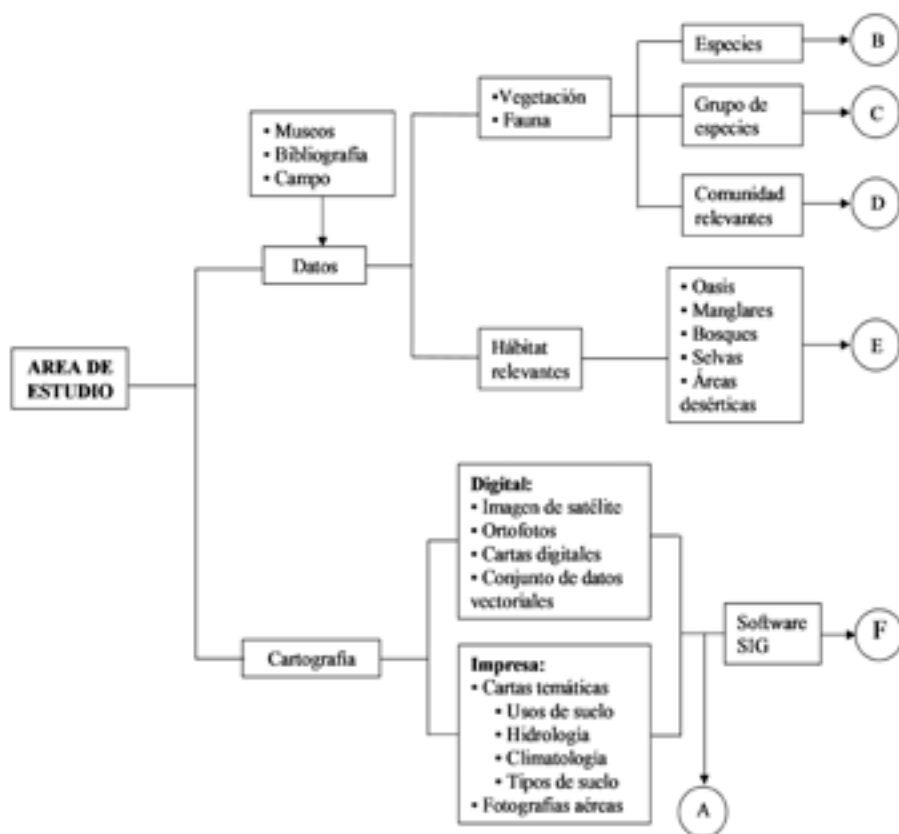


FIGURA A6.2. CONTINUACIÓN.

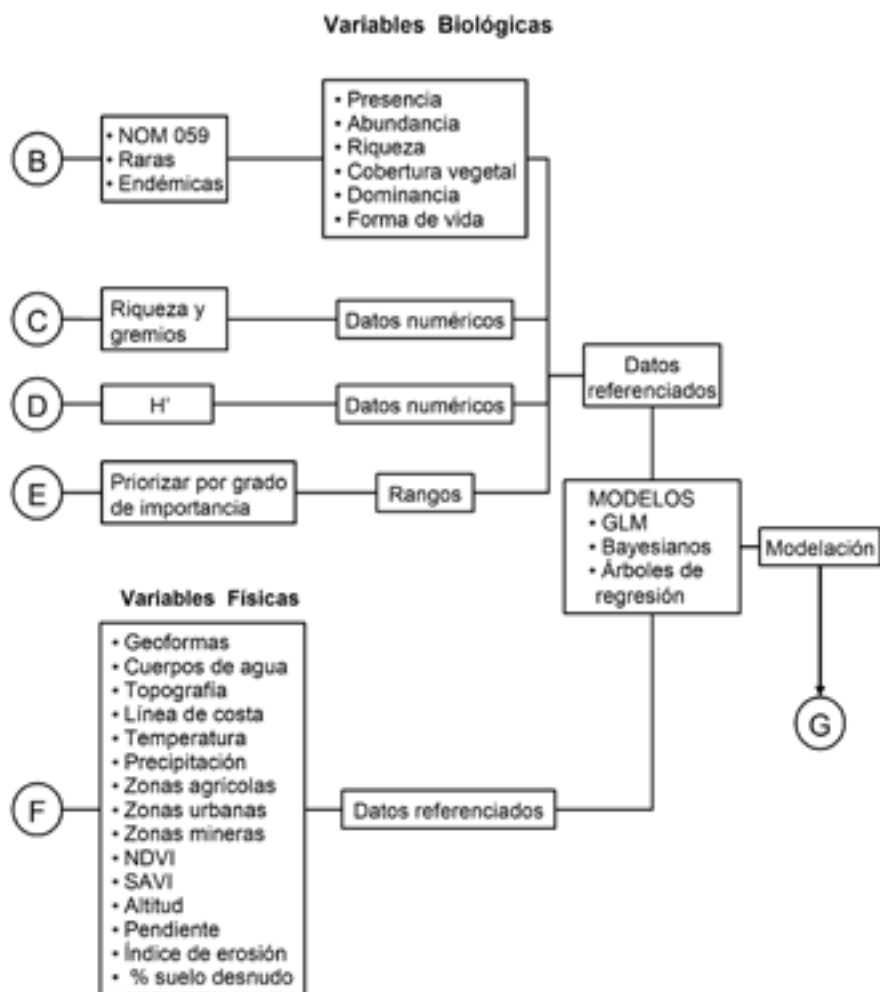
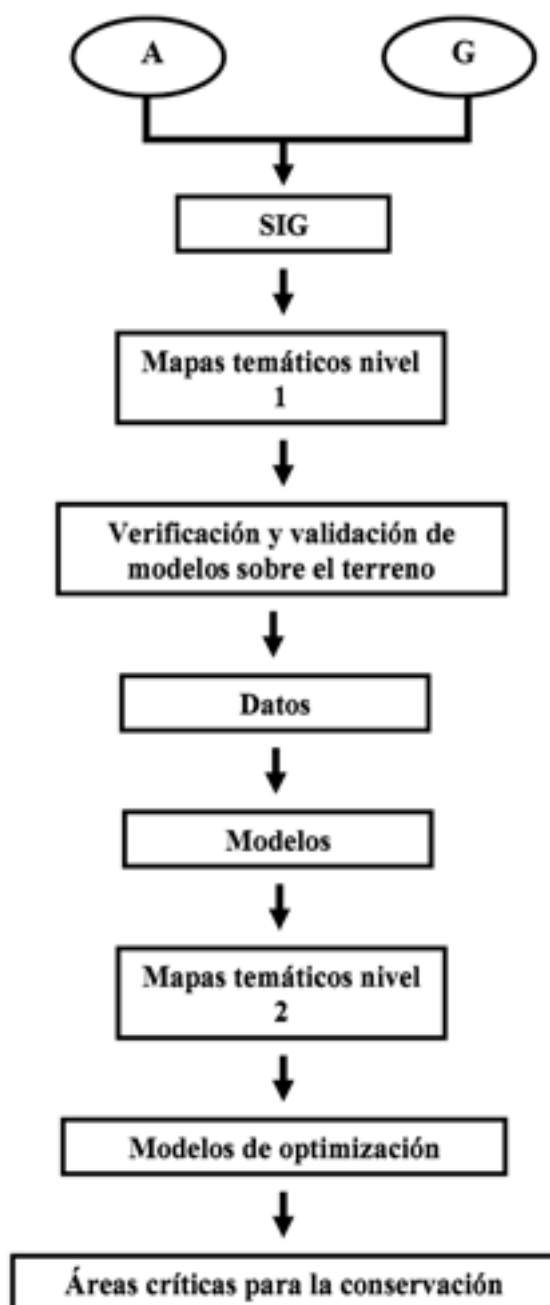


FIGURA A6.2. CONTINUACIÓN.



## EJERCICIO. DESARROLLO DE MODELOS DE OPTIMIZACIÓN CON EXCEL-SOLVER

La hoja de cálculo Excel tiene incorporada una herramienta para modelos de optimización, llamada Solver. Esta permite:

Encontrar valores de celdas que igualan un valor numérico, es decir, resuelve sistemas de ecuaciones.

Encontrar valores de celdas que hacen máxima o mínima una función sujeta a restricciones, es decir, resuelve modelos de optimización restringida.

En este último caso, se puede trabajar con modelos lineales empleando el método Simplex, o modelos no lineales, mediante métodos más generales.

La idea general del Excel-Solver es tener una celda que corresponda a la función objetiva del programa, ya sea lineal o no lineal, contener funciones trigonométricas, probabilísticas o de cualquier otro tipo. Ésta celda, estará en función de otras celdas que representan las variables de decisión, cuyo valor será cambiado por Solver, para ajustarse a la definición del objetivo dentro de los límites que establezcan las restricciones que se deben plantear en otras celdas; todo esto con base en las opciones que se hayan escogido para el programa.

El presente ejemplo maneja un modelo hipotético donde se tiene un área de 911 ha, de la cual se buscan proteger 300 ha. La zona cuenta con tres cuencas, las cuales se dividieron en secciones cada 100 msnm resultando en 5 áreas por cuenca, cada una de las cuales cubre diferentes hectáreas y en las cuales se evaluó la cobertura vegetal (C.V.). El objetivo es seleccionar áreas que cuenten con la mejor combinación entre las hectáreas y valores altos de C.V., no excediendo la restricción de 300 ha como máximo, y que además las áreas que se elijan estén unidas y no en parches. Es decir, el modelo tiene como restricción elegir zonas continuas, conectadas, antes de elegir áreas que se encuentren separadas.

El arreglo de los datos en una matriz, para resolverla con Excel-Solver se realiza de la siguiente manera: En una columna denominada cuencas, se agrupan y enumeran con el mismo número las áreas que pertenecen a una misma cuenca; en la siguiente columna se coloca el valor de elevación

ordenándose de manera descendente. En las dos columnas posteriores se colocan la C.V. y las hectáreas correspondientes a cada área. Después se crea una columna “X” que constará de datos binarios (0,1) la cual indicará áreas seleccionadas (1) y áreas no seleccionadas (0). En principio podemos colocar 1 en toda la columna, posteriormente cuando ingresemos las restricciones y lo resolvamos, en esta columna aparecerán con el valor (1) sólo las áreas seleccionadas. Se crean dos columnas más para que el programa pueda resolver el problema: en la primera se multiplica  $(x)(ha)(C.V.)$ , que son los parámetros mediante los cuales el programa seleccionará el área final. La sumatoria de esta columna será nuestra función objetivo. En la siguiente columna sólo se multiplica  $(x)(ha)$ ; cuando resolvamos el problema, la sumatoria de esta columna no deberá exceder las 300 ha que se han puesto como restricción.

A continuación se muestran los datos junto con las dos columnas agregadas.

| i.      | j.    | r    | a  | x   |             |         |
|---------|-------|------|----|-----|-------------|---------|
| Cuencas | Elev. | C.V. | ha | X   | (X)(ha)(VC) | (X)(ha) |
| 1       | 3000  | 0.77 | 80 | 1   | 62          | 80      |
| 1       | 2900  | 0.64 | 45 | 1   | 29          | 45      |
| 1       | 2800  | 0.62 | 87 | 1   | 54          | 87      |
| 1       | 2700  | 0.91 | 78 | 1   | 71          | 78      |
| 1       | 2600  | 0.43 | 84 | 1   | 36          | 84      |
| 2       | 3000  | 0.62 | 56 | 1   | 35          | 56      |
| 2       | 2900  | 1.00 | 27 | 1   | 27          | 27      |
| 2       | 2800  | 0.01 | 99 | 1   | 1           | 99      |
| 2       | 2700  | 0.99 | 87 | 1   | 86          | 87      |
| 2       | 2600  | 0.57 | 35 | 1   | 20          | 35      |
| 3       | 3000  | 0.41 | 22 | 1   | 9           | 22      |
| 3       | 2900  | 0.82 | 52 | 1   | 43          | 52      |
| 3       | 2800  | 0.96 | 10 | 1   | 10          | 10      |
| 3       | 2700  | 0.01 | 96 | 1   | 1           | 96      |
| 3       | 2600  | 0.04 | 53 | 1   | 2           | 53      |
|         |       |      |    | 911 | 485         | 911     |

Una vez elaborada la matriz se procede a resolver el problema:

Si se instaló el Excel de manera completa, la función Solver se localizará en el menú Herramientas. Si no aparece, en el mismo menú seleccionar Complementos, donde podrá activar la función Solver.

1. Se utiliza la función Solver para que la computadora encuentre las mejores combinaciones de cuencas, hectáreas y elevaciones sin exceder las hectáreas de restricción (en este caso 300). El procedimiento se explicará paso a paso:

Se coloca el cursor en la celda de la función objetivo.



- 2) Se va a la función Solver en Herramientas.



- 3) Dentro de la ventana “Parámetros de Solver” aparecerá como “Celda objetivo” en la cual hemos colocado el cursor, en este caso H22.

En “Valor de la celda objetivo” colocaremos Máximo, porque es el valor que estamos buscando.

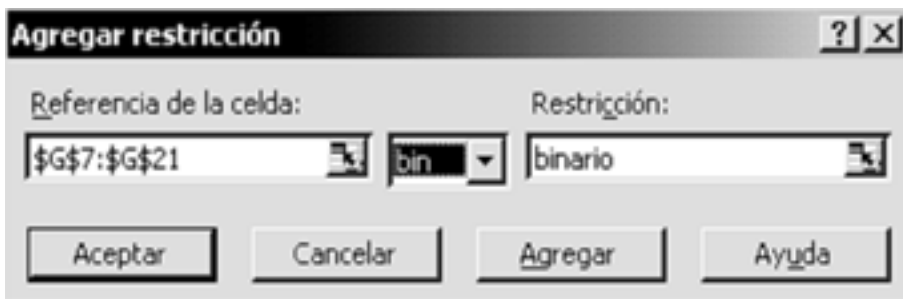
En “Cambiando las celdas”, colocamos la columna de G7 a G21 que son los valores binarios que va a cambiar el ejercicio (asignando 1= áreas seleccionadas, 0 = no seleccionadas).



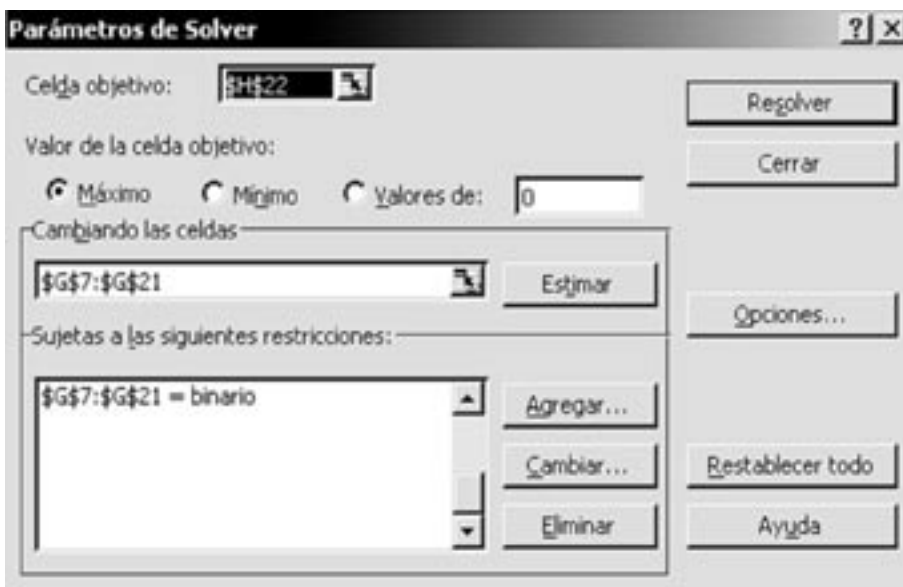
- 4) En la parte “Sujetas a siguientes restricciones” oprimir “Agregar”; en esta parte colocaremos las restricciones:

Que toda la columna X (seleccionar de G7 a G21) sea binaria.





- 5) Le damos aceptar y el programa agregará la restricción y nos enviará nuevamente a la ventana anterior:



- 6) Volvemos a oprimir “Agregar”. Ahora colocaremos la restricción para que el área seleccionada sea un continuo y no en parches, de la siguiente manera:

que  $X_{ij}$  sea menor o igual que  $X_{ij-1}$ , o sea que 2900 sea menor o igual que 3000 (para la cuenca 1), que 2800 sea menor o igual a 2900 (para la misma cuenca) y así sucesivamente para cada una de las cuencas, por ejemplo que  $G_8 \leq G_7$  y así sucesivamente para cada cuenca.

**Agregar restricción** [?] [X]

Referencia de la celda:  Restricción:

Por último, que la suma de (X)(ha) sea menor o igual a las hectáreas de restricción ( $I22 \leq I24$ ).

**Agregar restricción** [?] [X]

Referencia de la celda:  Restricción:

7) Una vez que hemos terminado de ingresar las restricciones le damos “Resolver”.

**Parámetros de Solver** [?] [X]

Celda objetivo:

Valor de la celda objetivo:

☒ Máximo ☐ Mínimo ☐ Valores de:

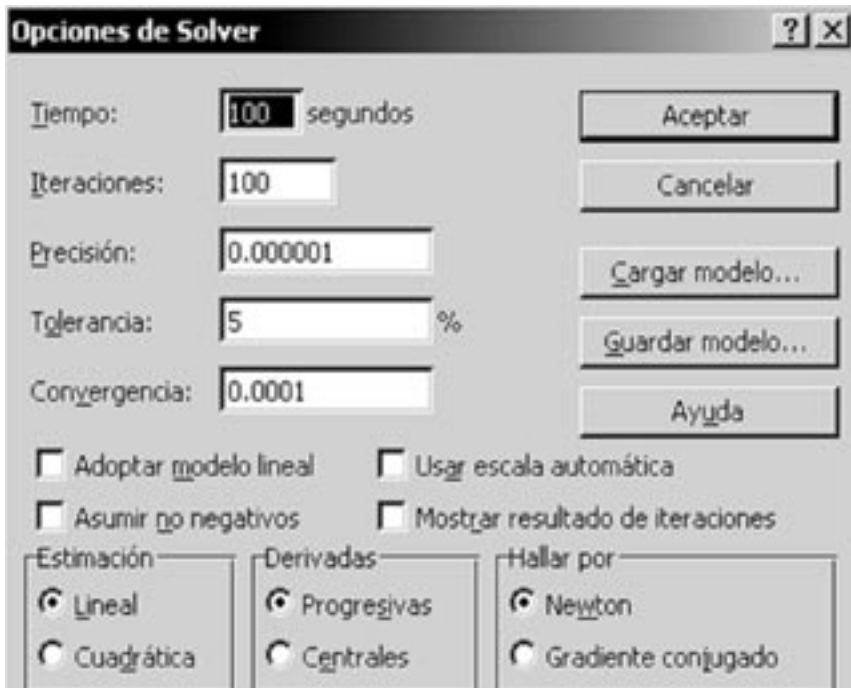
Cambiando las celdas:

Sujetas a las siguientes restricciones:

|                    |
|--------------------|
| \$G\$10 <= \$G\$9  |
| \$G\$11 <= \$G\$10 |
| \$G\$13 <= \$G\$12 |
| \$G\$14 <= \$G\$13 |
| \$G\$15 <= \$G\$14 |
| \$G\$16 <= \$G\$15 |

- [illegible]

El ejemplo es relativamente sencillo, debido a que sólo cuenta con tres variables. Con Solver es posible resolver problemas que tengan hasta 200 variables de decisión, 100 restricciones explícitas y 400 simples (cotas superior e inferior o restricciones enteras sobre las variables de decisión). Lo más importante es el acomodo de los datos en la hoja de cálculo, para que después podamos resolverlo teniendo cuidado en que las restricciones sean las adecuadas. Es decir, que lo que decimos con palabras se exprese matemáticamente de manera correcta, lo cual dependerá de la complejidad de cada caso en particular. Antes de resolver nuestro problema debemos estar seguros de que la configuración de Solver sea la correcta para nuestro problema específico. Para ello, dentro de Solver si entramos a la función opciones aparecerá la siguiente ventana.



**Tiempo:** Por defecto es de 100 segundos, si al término de éste tiempo Solver no ha convergido (según la tolerancia), se mostrará un mensaje diciendo que no ha hallado la solución. Dependiendo del tamaño del problema se debe aumentar éste valor, para que Solver tenga tiempo de buscar la solución óptima. Por lo general no se necesitan más de 300 segundos en problemas de hasta 200 variables (por supuesto esto dependerá de la velocidad de la máquina).

**Iteraciones:** La elección de éste parámetro depende de nuevo del tamaño del problema; por defecto es de 100, pero en los problemas de programación entera, será mejor el aumentar éste valor para asegurar la convergencia (siempre y cuando exista una solución).

**Precisión:** En la práctica las restricciones no son tan inflexibles como los que se tratan en los modelos académicos, siempre hay un nivel de desfase por pequeño que sea que se puede permitir. Solver introduce éste parámetro para especificar la precisión. Es un valor entre 0 y 1; a mayor precisión, menor debe ser éste parámetro; es

decir, más cercano a cero.

**Tolerancia:** Es el porcentaje de qué tan lejos de la solución óptima se considera aceptable. Al haber una mayor tolerancia se encuentra más rápido una solución, pero no se garantiza que el porcentaje sea óptimo.

**Convergencia:** Cada cambio que haga Solver en las variables de decisión se reflejará en la celda objetivo. Cuando estos cambios en las variables proveen cambios muy pequeños en la celda objetivo se dice que está convergiendo. Podemos establecer qué valor de cambio es el que dará la convergencia. Supongamos que se establece 0.1; si Solver encuentra un valor de la celda objetivo de 7.1 y luego de 7.2 (para maximizar) en las últimas cinco iteraciones, se detendrá. A mayor exactitud menor debe ser éste parámetro.

**Adoptar Modelo Lineal:** Si su modelo es un programa lineal o un programa entero lineal, es recomendable seleccionar esta casilla. De este modo, el programa utiliza el algoritmo simplex en lugar de un algoritmo no lineal más largo y complicado.

**Asumir no negativos:** Si se desea que todos los valores de las celdas cambiantes sean  $\geq 0$  deberá seleccionar esta casilla.

**Mostrar resultados de iteraciones:** Seleccione esta casilla si quiere ver la información iteración por iteración.

## Conclusión

Los modelos de optimización nos permiten encontrar soluciones y analizar problemas de una manera objetiva. Pueden resolver problemas muy complicados que contengan un gran número de variables y restricciones. Cuando las variables que se tienen son las adecuadas, los modelos nos ayudan a tomar decisiones correctas. La buena elección de las variables y el buen manejo de los datos, facilitan la toma de decisiones, solucionando así de manera rápida y eficiente los problemas, al encontrar la mejor solución a un problema determinado.

Los modelos de optimización son una herramienta poderosa, cuyo procedimiento es repetible y cuyas soluciones aunque pudieran no ser exactas al repetirse el proceso, tienen grados de incertidumbre bajos. Lo anterior permite hacer la selección más óptima de las áreas críticas para la conservación basado en la información generada de manera espacial y para escalas paisajísticas o regionales, a través de la modelación de los patrones de distribución de especies mediante modelos de relativo uso fácil y sistemas de información geográfica.

## Bibliografía

- Bojórquez-Tapia, L.A., H. De la Cueva, S. Díaz-Mondragón, D. Melgarejo, G. Alcantar, M.J. Solares, G. Grobet, y G. Cruz-Bello. (en prensa). Environmental conflicts and nature reserves: Redesigning Sierra San Pedro Mártir National Park, México. Biological Conservation.
- Breiman, L. J. H. Friedman, R. A. Olshen y C. J. Stone. 1984. Classification and Regression Trees. Chapman and Hall, New York.
- Crawley, M. J. 1993. GLIM for ecologists. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- De' ath, G. y K. E. Fabricius 2000. Classification and regression trees: A powerful yet simple technique for ecological data analysis. Ecology 81: 3178-3192.
- Conroy M.J. y Moore C.T. 2003. Wildlife habitat modelins in a adaptative framewok: The role of alternative models En: Scott J.M., Heglund P.J. Morrison M.L. (editors). Predicting Species Occurrences: Issues of accuracy and scale. Island Press. USA. 205-218.
- Dobson, A. J. 1983. Introduction to statistical modelling. Chapman and Hall, London.
- Elston D. A. y S. T. Buckland. 1993. Statistical modelling of regional GIS data: an overview. Ecological Modelling 67: 81-102.
- Fleishman E, Murphy D.D. y Per Sjögren-Gulve. 2003. Modeling species richness and habitat suitability for taxa of conservation interest. En: Scott J.M., Heglund P.J. Morrison M.L. (editors). Predicting Species Occurrences: Issues of accuracy and scale. Island Press. USA. 507-518.
- Francis, B., M. Green y C. Payne. 1993. GLIM 4. The statistical system for Generalized Linear Interactive Modelling. Release 4 Manual. Oxford University Press, Oxford, U.K.
- Franklin, J. 1998. Predicting the distribution of shrub species in southern California from climate and terrain-derived variables. Journal of Vegetation Science 9: 733-748.
- Guisan, A. y N. E. Zimmermann. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. Ecological Modelling 135: 147-186.

- Heikkinen R. K. y S. Neuvonen. 1997. Species richness of vascular plants in the subarctic landscape of northern Finland: modelling relationships to the environment. *Biodiversity and Conservation* 6: 1181-1201.
- Kerr, J. T. y M. Ostrovsky. 2003. From space to species: ecological applications for remote sensing. *Trends in Ecology and Evolution* 18: 299-305.
- Larson B.D., Sengupta R.R. 2003. A spatial decision support system to identify species-specific critical habitats based on size and accessibility using US GAP data. *Environmental Modelling & Software*
- Larson M.A., W.D.Dijk, F.R. Thompson y J.J.Millspaugh. 2003. Landscape-level Habitat Suitability Models for twelve wildlife species in southern Missouri. North Central Research Station. Forest Service U.S. Department of Agriculture. 58 pp.
- Lillesand T. M. y R. W. Kiefer. 1999. *Remote Sensing and Image Interpretation*. John Wiley, New York.
- Manel S., H. C. Williams y S. J. Ormerod. 2001. Evaluating presence-absence models in ecology: The need to account for prevalence. *Journal of Applied Ecology* 38: 921-931.
- Maurer, B. A. 1994. *Geographical Population Analysis: Tools for the Analysis of Biodiversity*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Maurer, B. A. 2002. Predicting distribution and abundance: thinking within and between scales. In Scott, J. M., P. J. Heglund, M. L. Morrison, J. B. Haufler, M. G. Raphael, W. A. Wall y F. B. Samson (eds.): *Predicting species occurrences. Issues of Accuracy and Scale*. Island Press, Washington, D.C.
- McCullagh, P. y J. A. Nelder. 1983. *Generalised Linear Modelling*. Chapman and Hall, London.
- Nicholls, A. O. 1989. How to make biological surveys go further with Generalised Linear Models. *Biological Conservation* 50: 51-75.
- Pressey, R. L., H. P. Possingham y C. R. Margules. 1996. Optimality in reserve selection algorithms: when does it matter and how much? *Biological Conservation* 76: 259-267.
- Rodrigues, A. S. y K. J. Gaston. 2002. Optimization in reserve selection procedures—why not?. *Biological Conservation* 107: 123-129.

- Simmons, M. A., V. I. Cullinan y J. M. Thomas. 1992. Satellite imagery as a tool to evaluate ecological scale. *Landscape Ecology* 7: 77-85.
- Turner, W., S. Spector, N. Gardiner, M. Fladeland, E. Sterling y M. Steininger. 2003. Remote sensing for biodiversity science and conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 18: 306-314.
- Vayssieres, M.P., R.E. Plant, y B.H. Allen-Diaz. 2000. Classification trees: An alternative non-parametric approach for predicting species distributions. *Journal of Vegetation Science* 11: 679-694.
- Wade, P. R. 2000. Bayesian methods in conservation biology. *Conservation Biology* 14: 1308-1316.
- Wikle, C. K. 2003. Hierarchical Bayesian models for predicting the spread of ecological processes. *Ecology* 84: 1382-1394.
- Van Horne B. 2003. Approaches to habitat modeling: The tensions between pattern and process and between specificity and generality. En: Scott J.M., Heglund P.J. Morrison M.L. (editors). *Predicting Species Occurrences: Issues of accuracy and scale*. Island Press. USA. 63-72.

## ANEXO 7. OBTENCIÓN DEL PATRÓN ÓPTIMO DE OCUPACIÓN DE TERRITORIO CON MÉTODOS MULTIOBJETIVO.

### A 7.01 EL ANÁLISIS MULTIOBJETIVO. REGLAS DE DECISIÓN PARA OBTENER EL PATRÓN ÓPTIMO DE OCUPACIÓN DEL TERRITORIO.

En el análisis de aptitud resulta, por lo general, que varias alternativas de decisión obtienen valores altos para dos o más sectores con actividades incompatibles. Así, el siguiente problema con el que se enfrenta la formulación del ordenamiento ecológico es la determinación de un patrón óptimo de ocupación del territorio.

Para evitar conflictos ambientales conviene segregar espacialmente estas actividades, pero distribuyendo el territorio de una manera equilibrada, de manera que se beneficie lo más posible a cada sector, con un detrimento mínimo de los demás grupos involucrados. Para lograrlo es necesario aplicar alguna regla de decisión multiobjetivo que combine los diferentes mapas de aptitud sectorial, para maximizar el valor total de aptitud del territorio, pero evitando la concurrencia espacial de actividades incompatibles.

El procedimiento comprende varias etapas:

Primero es necesario agregar los píxeles o alternativas del área de estudio en grupos, compuestos de acuerdo con su similitud en los valores de aptitud.

Estos grupos de aptitud pueden obtenerse a través de una clasificación numérica multivariada ligada al SIG, y un análisis de ganancia en homogeneidad, como se explica en el Apartado 1)

En seguida se requiere calcular y comparar la aptitud relativa de los sectores dentro de los grupos para identificar las actividades preponderantes y los conflictos ambientales potenciales. Lo anterior es posible mediante la generación de una matriz de aptitud media, ajustada mediante la técnica de los residuales de Gower, según se expone en el Apartado 2).

Finalmente, para asignar las actividades sectoriales a cada grupo de aptitud se aplica un método de optimización matemática, como es la programación por enteros, que maximice los residuales de Gower y segregue las actividades incompatibles, tal como se propone en el Apartado 3).

**1) La clasificación numérica y la ganancia en homogeneidad para identificar grupos de píxeles con valores de aptitud similar entre los sectores.**

Una vez obtenidos todos los mapas de aptitud es necesario evaluarlos en conjunto para identificar aquellas zonas que tienen valores de aptitud similares entre los sectores considerados. A dichas zonas se les conoce con el nombre de grupos de aptitud y pueden obtenerse mediante un proceso iterativo de clasificación numérica multivariada sobre los píxeles de los mapas de aptitud sectoriales, seguido del cálculo de ganancia de homogeneidad sobre los grupos resultantes de dicha clasificación.

La clasificación numérica se realiza por medio de una técnica politético divisiva adaptada al SIG, empleando el análisis de componentes principales (ACP) de manera secuencial, hasta lograr el número de grupos de aptitud homogéneos con la menor varianza total. Muchos programas de SIG tienen integrados módulos que automatizan el ACP, razón por la cual no se hará una mayor exposición de este procedimiento, más allá de lo ejemplificado en el ejercicio que acompaña a este capítulo.

Ahora bien, a cada paso del ACP se debe obtener dos grupos de píxeles que maximicen el incremento en la homogeneidad, de acuerdo con el

procedimiento descrito a continuación:

- a) Los resultados del primer componente se dividen en un histograma de frecuencias.
- b) Con las clases del histograma se conforma una serie de pares de grupos de la siguiente manera: la clase uno del histograma se coloca en el grupo **a**, y el resto de las clases en el grupo **b**; luego, las clases uno y dos se agregan en el grupo **a**, y el resto en el grupo **b**, y así sucesivamente, hasta conjuntar las clases primera a penúltima en **a** y la última en **b**.
- c) El incremento en homogeneidad para cada par de grupos (a, b) implica la comparación de las varianzas de estos dos conjuntos con la varianza total del componente, de acuerdo con la siguiente fórmula (Bojórquez et al., 2000):

$$\Delta\sigma^2 = \sigma_t^2 - (\sigma_a^2 + \sigma_b^2) \quad (\text{A7-1})$$

Donde  $\Delta\sigma^2$  es el incremento en homogeneidad;  $\sigma_t^2$  es la varianza total, es decir, la del grupo formado por todas las clases del primer componente principal;  $\sigma_a^2$  es la varianza del grupo **a** de clases; y  $\sigma_b^2$  es la varianza del grupo **b** de clases.

Del procedimiento anterior se selecciona el par (**a**, **b**) cuyo  $\Delta\sigma^2$  es máximo, y sobre estos conjuntos se aplica de nuevo y separadamente el ACP, repitiendo los pasos (a) a (c) para cada grupo, y así sucesivamente, hasta que el incremento en homogeneidad entre pares de grupos (**a**, **b**) sea insignificante. El resultado final de este proceso iterativo son los grupos de aptitud, es decir, conjuntos de píxeles homogéneos con respecto a la aptitud de los sectores involucrados.

Para calcular las varianzas ( $\sigma_t^2$ ,  $\sigma_a^2$  y  $\sigma_b^2$ ) se puede exportar los datos de cada paso del ACP a una hoja de cálculo, en forma de una Cuadro de clases y frecuencias de clase. La siguiente fórmula se adapta fácilmente al formato de este tipo de programas:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^k f_i x_i^2}{N} - \mu^2 \quad (\text{A7-2})$$

Donde  $\sigma^2$  es la varianza del grupo *t*, *a* o *b*; *f* es la frecuencia de la clase *i*; *k* es el número total de clases dentro del grupo; *x* es el valor de la clase correspondiente;  $\mu$  es la media del grupo; y *N* es número total de datos del grupo.

Para obtener *N* simplemente se suman las frecuencias:

$$N = \sum_{i=1}^k f_i \quad (\text{A7-3})$$

Mientras que el cálculo de  $\mu$  está dado por:

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^k f_i x_i}{N} \quad (\text{A7-4})$$

Para poder visualizar la distribución espacial de los grupos de aptitud resultantes del proceso iterativo anterior, las clases del histograma que pertenecen a cada grupo se reclasifican en el SIG a una escala nominal (**grupo 1, grupo 2, ..., grupo n**). Este mapa nominal representará entonces zonas homogéneas con respecto a los valores de aptitud de los sectores considerados y es sobre estas zonas que pueden identificarse las actividades preponderantes y los conflictos ambientales potenciales, por medio del método descrito en la siguiente sección.

### Ejemplo 8.

En la Figura A7.1 se muestra una hoja de cálculo con los datos de clases ( $x_i$ ) y frecuencias de clases (*f<sub>i</sub>*), que resultarían en la primera iteración del ACP del ejercicio que acompaña a este capítulo. En esta hoja están también programadas las operaciones parciales que se necesitan para obtener la varianza total ( $\sigma_t^2$ ); es decir, la varianza del grupo formado por todas las categorías (1 a 21).

FIGURA A7.1. LA VARIANZA TOTAL

| Categoria | $x_i$ | $f_i$ | $f_i \cdot x_i$ | $x_i^2$ | $f_i \cdot x_i^2$ |
|-----------|-------|-------|-----------------|---------|-------------------|
| 1         | -10   | 100   | -1000           | 100     | 10000             |
| 2         | -9    | 0     | 0               | 81      | 0                 |
| 3         | -8    | 5332  | -42656          | 64      | 341248            |
| 4         | -7    | 2     | -14             | 49      | 98                |
| 5         | -6    | 0     | 0               | 36      | 0                 |
| 6         | -5    | 3     | -15             | 25      | 75                |
| 7         | -4    | 0     | 0               | 16      | 0                 |
| 8         | -3    | 20353 | -61059          | 9       | 183177            |
| 9         | -2    | 26381 | -52762          | 4       | 113524            |
| 10        | -1    | 0     | 0               | 1       | 0                 |
| 11        | 0     | 34994 | 0               | 0       | 0                 |
| 12        | 1     | 76242 | 76242           | 1       | 76242             |
| 13        | 2     | 0     | 0               | 4       | 0                 |
| 14        | 3     | 3242  | 9726            | 9       | 29178             |
| 15        | 4     | 23425 | 93700           | 16      | 374800            |
| 16        | 5     | 7793  | 38965           | 25      | 194825            |
| 17        | 6     | 23480 | 140880          | 36      | 845280            |
| 18        | 7     | 0     | 0               | 49      | 0                 |
| 19        | 8     | 7786  | 62288           | 64      | 498304            |
| 20        | 9     | 0     | 0               | 81      | 0                 |
| 21        | 10    | 2565  | 25650           | 100     | 256500            |

| Cálculos parciales                              |  |         |
|-------------------------------------------------|--|---------|
| $N = \sum f_i =$                                |  | 235559  |
| $\sum f_i \cdot x_i =$                          |  | 267335  |
| $\mu = (\sum f_i \cdot x_i) / N =$              |  | 1.13    |
| $\sum f_i \cdot x_i^2 =$                        |  | 3105351 |
| Varianza total                                  |  |         |
| $\sigma^2 = (\sum f_i \cdot x_i^2) / N - \mu^2$ |  | 11.91   |

En la Figura A7.2 se ejemplifica la obtención de las varianzas de los grupos a y b ( $\sigma_a^2$  y  $\sigma_b^2$ ), así como de su ganancia de homogeneidad  $\Delta\sigma^2$ , para el siguiente arreglo:

Grupo A: categorías (1 a 9)

Grupo B: categorías (10 a 21)

**FIGURA A7.2.** LA VARIANZA DE GRUPOS Y LA GANANCIA DE HOMOGENEIDAD

Operaciones para el cálculo de la varianza de grupos ( $\sigma_g^2$  y  $\sigma_b^2$ ) y de la ganancia de homogeneidad ( $\Delta\sigma^2$ )

| Grupo A                                                     |       |       |                 |         |                   | Grupo B                                               |       |        |                 |         |                   |
|-------------------------------------------------------------|-------|-------|-----------------|---------|-------------------|-------------------------------------------------------|-------|--------|-----------------|---------|-------------------|
| Categoría                                                   | $x_i$ | $f_i$ | $f_i \cdot x_i$ | $x_i^2$ | $f_i \cdot x_i^2$ | Categoría                                             | $x_i$ | $f_i$  | $f_i \cdot x_i$ | $x_i^2$ | $f_i \cdot x_i^2$ |
| 1                                                           | -10   | 1961  | -19610          | 100     | 196100            | 10                                                    | -5    | 0      | 0               | 5       | 0                 |
| 2                                                           | -9    | 0     | 0               | 81      | 0                 | 11                                                    | 0     | 34994  | 0               | 0       | 0                 |
| 3                                                           | -8    | 5332  | -42656          | 64      | 341248            | 12                                                    | 1     | 76242  | 76242           | 1       | 76242             |
| 4                                                           | -7    | 2     | -14             | 49      | 98                | 13                                                    | 2     | 0      | 0               | 4       | 0                 |
| 5                                                           | -6    | 0     | 0               | 36      | 0                 | 14                                                    | 3     | 3242   | 9726            | 9       | 29178             |
| 6                                                           | -5    | 3     | -15             | 25      | 75                | 15                                                    | 4     | 23425  | 93700           | 16      | 374800            |
| 7                                                           | -4    | 0     | 0               | 16      | 0                 | 16                                                    | 5     | 7710   | 38965           | 25      | 194825            |
| 8                                                           | -3    | 20352 | -61056          | 9       | 183177            | 17                                                    | 6     | 23480  | 140880          | 36      | 845280            |
| 9                                                           | -2    | 28381 | -56762          | 4       | 113524            | 18                                                    | 7     | 0      | 0               | 49      | 0                 |
| $\bar{x} =$                                                 |       | 56032 | 28 - 05         |         | 834222            | $\bar{x} =$                                           |       | 175627 | 447451          |         | 28 - 06           |
| $\mu_g = (\sum f_i \cdot x_i) / N =$                        | -3.21 |       |                 |         |                   | $\mu_g = (\sum f_i \cdot x_i) / N =$                  | 2.49  |        |                 |         |                   |
| $\sigma_g^2 = (\sum f_i \cdot x_i^2) / N - \mu_g^2 =$       | 4.56  |       |                 |         |                   | $\sigma_g^2 = (\sum f_i \cdot x_i^2) / N - \mu_g^2 =$ | 8.46  |        |                 |         |                   |
| $\Delta\sigma^2 = \sigma_g^2 - (\sigma_g^2 + \sigma_b^2) =$ | 0.90  |       |                 |         |                   |                                                       |       |        |                 |         |                   |

Varianza Total / Ganancia de Homogeneidad / Instituto de Ceres

Fin ejemplo 8.

### Pasos a seguir en el SIG y la hoja de cálculo para implementar la clasificación numérica multivariada y la ganancia de homogeneidad

1. En el SIG, aplicar el módulo de ACP sobre todos los mapas de aptitud sectorial, simultáneamente.
2. Seleccionar el primer componente, por ser éste el que explica el mayor porcentaje de variación.
3. Desplegar el histograma de frecuencias que muestra la distribución de píxeles en las diferentes clases del primer componente del ACP.
4. Estandarizar los valores del histograma a una escala común, en preparación para el cálculo de la ganancia de homogeneidad.
5. Generar y exportar a la hoja de cálculo una base de datos con una columna para los valores de las clases del histograma y otra para las frecuencias (número de píxeles por clase).
6. En la hoja de cálculo, calcular las varianzas total y las de la serie de grupos conformados por las clases, empleando la fórmula (A7-2).
7. Aplicar las fórmulas de ganancia de homogeneidad (A7-1) sobre los grupos de la serie para dividir las clases del histograma en los dos grupos que obtengan el mayor valor de ganancia.
8. De vuelta en el SIG, reclasificar el mapa de clases estandarizado del paso cuatro en los dos grupos resultantes del paso anterior.
9. Aplicar iterativamente los pasos uno a ocho sobre los grupos resultantes, hasta que la ganancia de homogeneidad sea insignificante.

### Supuestos teóricos de la clasificación numérica

Debe notarse que la clasificación numérica otorga, intrínsecamente, una importancia igual a todos los sectores considerados, lo cual representa a su vez una ventaja del método. Esto significa, por ejemplo, que un grupo de aptitud agrupará píxeles con valores altos de aptitud para, digamos, dos sectores determinados y bajos para un tercer sector, mientras que otro grupo de aptitud reunirá píxeles con valores de aptitud opuestos, compensando la situación para el tercer sector.

## 2) Los Residuales de Gower para identificar las actividades preponderantes y los conflictos ambientales en los grupos de aptitud

Los residuales de Gower son una transformación de los valores de aptitud sectoriales dentro de cada grupo de aptitud a una escala relativa de valores positivos y negativos. Un valor alto (positivo) de residual para un sector implica una elevada capacidad de la zona para sostener sus actividades. Consecuentemente, cuanto más bajo sea el residual, menor será la aptitud relativa de la zona para el sector. La obtención de los residuales y su comparación sistemática permiten identificar las actividades preponderantes y los conflictos ambientales, como se describe a continuación.

En primer lugar, es necesario construir una matriz con los valores de aptitud promedio por sector y por grupo, que tiene la forma de la Cuadro 3 a continuación:

CUADRO 3. APTITUD PROMEDIO POR SECTOR Y POR GRUPO

| Grupo (g) | Sector (j)    |               |     |               | Promedio          |
|-----------|---------------|---------------|-----|---------------|-------------------|
|           | 1             | 2             | ... | J             |                   |
| 1         | $m_{11}$      | $m_{12}$      | ... | $m_{1J}$      | $m_{1\cdot}$      |
| 2         | $m_{21}$      | $m_{22}$      | ... | $m_{2J}$      | $m_{2\cdot}$      |
| .         | .             | .             | .   | .             | .                 |
| .         | .             | .             | .   | .             | .                 |
| .         | .             | .             | .   | .             | .                 |
| G         | $m_{G1}$      | $m_{G2}$      | ... | $m_{GJ}$      | $m_{G\cdot}$      |
| Promedio  | $m_{\cdot 1}$ | $m_{\cdot 2}$ | ... | $m_{\cdot J}$ | $m_{\cdot \cdot}$ |

Donde  $m_{gj}$  es la aptitud media del sector  $j$  dentro del grupo  $g$ ;  $m_{g\cdot}$  es la aptitud media de todos los sectores dentro del grupo  $g$ ;  $m_{\cdot j}$  es la aptitud media del sector  $j$  entre todos los grupos; y  $m_{\cdot \cdot}$  es la aptitud media de toda la matriz.

Los valores de  $m_{gj}$  los obtenemos directamente en el SIG, mediante el comando dispuesto para obtener promedios, luego de sobreponer cada mapa de aptitud sectorial al mapa de grupos de aptitud. El resto de la matriz se

obtiene sacando, a su vez, los promedios de dichos datos por sector (promedio de cada columna), por grupo (promedio de cada renglón) y promedio total (promedio de promedios).

Finalmente, la matriz de aptitud promedio por sector y por grupo debe ajustarse a la forma de residuales de Gower, mediante un procedimiento de doble centrado, aplicando la siguiente fórmula (Gower 1966, Bojórquez *et al.*, 2000):

$$z_{gj} = m_{gj} - m_{g.} - m_{.j} + m.. \quad (\text{A7-5})$$

Donde  $z_{gj}$  es el residual de Gower o aptitud media *ajustada* del sector  $j$  dentro del grupo  $g$ .

De acuerdo con lo anterior, los sectores que obtengan los mayores residuales de Gower dentro de cada grupo de aptitud representan las actividades preponderantes. Estas actividades deben ser asignadas a la zona, siempre y cuando no sean incompatibles, de lo contrario se podría fomentar un conflicto ambiental. Para evitar este problema y distribuir el territorio entre los sectores de una manera que se maximice el beneficio para todos es necesario aplicar un modelo matemático de optimización sobre los residuales de Gower, como se describe en la siguiente sección.

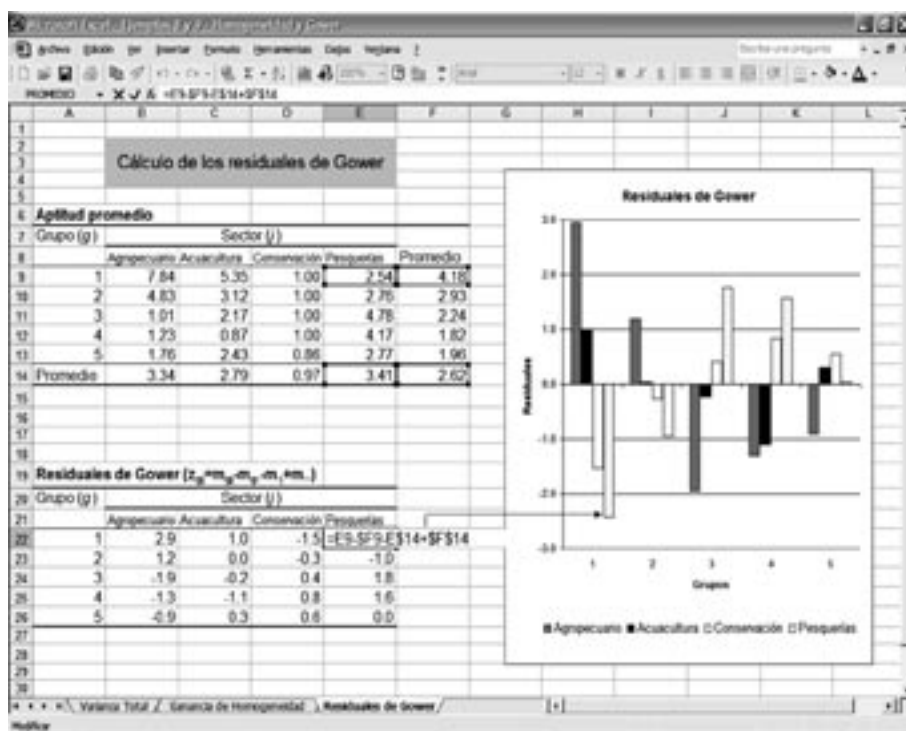
#### Ejemplo 9.

Supóngase que se trabaja con cuatro sectores: agropueuario, acuícola, de conservación y pesquero y que luego de aplicar los procedimientos descritos en lo que va del capítulo se obtienen finalmente los residuales de Gower de la Figura A7.3, para cinco grupos resultantes. Supóngase además que al consultar a estos sectores se llegó a la conclusión de que las actividades agropecuarias, acuícolas y pesqueras son compatibles entre sí e incompatibles con las actividades de conservación. Luego entonces, la interpretación que corresponde hacer de la gráfica de barras de los residuales de Gower son las siguientes:

- En los grupos **1** y **2** las actividades preponderantes son las agropecuarias y acuícolas, las cuales no tienen conflicto entre sí.

- En los grupos 3 y 4 las actividades preponderantes son las pesqueras y de conservación; no obstante dichas actividades son conflictivas, por lo que es necesario asignar estos grupos a las actividades pesqueras por haber obtenido mayores residuales.
- El grupo 5 se asigna únicamente a las actividades de conservación, por haber obtenido el residual más alto.

FIGURA A7.3. LOS RESIDUALES DE GOWER



Fin ejemplo 9.

Pasos a seguir en el SIG y la hoja de cálculo para calcular los residuales de Gower

1. En el SIG se sobrepone cada mapa de aptitud sectorial al mapa de grupos y se solicita al programa mediante el módulo o comando correspondiente que calcule los promedios de aptitud del sector dentro del grupo ( $m_{gj}$ ) y los despliegue en una base de datos tabular.
2. Esta base de datos debe exportarse como archivo de texto o en algún otro formato compatible con la hoja de cálculo que se vaya a usar.
3. Luego de que los pasos uno y dos se hayan repetido para cada mapa de aptitud sectorial, se importan los archivos resultantes a la hoja de cálculo para obtener la aptitud media de todos sectores dentro del grupo ( $m_{g.}$ ); la aptitud media del sector  $j$  entre todos los grupos ( $m_{.j}$ ); y la aptitud media de toda la matriz ( $m_{..}$ ).
4. Los valores de la matriz de aptitud promedio obtenida en el paso anterior se ajustan mediante la fórmula (A7-5), para tenerlos en forma de residuales de Gower.
5. Para facilitar la comparación de los residuales de Gower e identificar con ello las actividades preponderantes y los conflictos ambientales dentro de cada grupo de aptitud se recomienda construir una gráfica de barras con los valores de  $z_{gj}$ .

### 3) La Programación Matemática Binaria para encontrar un patrón óptimo de ocupación del territorio

El objetivo de la metodología descrita en esta sección es conseguir finalmente el patrón óptimo de ocupación del territorio. Para ello es necesario restringir la selección de actividades sectoriales en cada grupo de aptitud a aquellas que sean compatibles entre sí, y que tal combinación de actividades maximice el valor de aptitud total del área de estudio. Esto último puede lograrse empleando un método de optimización matemática como es la programación por enteros. En uno de los anexos de este manual se presentan los métodos para identificar la incompatibilidad entre actividades.

La idea de la optimización es maximizar el valor total de los residuales de Gower obtenidos en la sección anterior, asignando a cada grupo de apti-

tud los sectores que tengan los mayores residuales, pero restringiendo la selección de sectores a aquellos cuyas actividades sean compatibles entre sí. La siguiente es la expresión formal de la programación matemática para este problema (Dijkstra 1984, Bojórquez et al., 2000):

$$\text{Maximizar } Z(y) = \sum_g^G \sum_j^J z_{gj} y_{gj} \quad (\text{A7-6})$$

Sujeto a las restricciones:

$$z_{gj} \in Z \quad (\text{A7-7})$$

$$y_{gj} + y_{gh} \leq 1 \quad j \neq h \quad (\text{A7-8})$$

$$y_{gj} = 0,1 \quad (\text{A7-9})$$

Donde  $Z$  es la función objetivo que se desea maximizar;  $z$  es el residual de Gower;  $y$  es la variable de decisión;  $g$  es el índice que representa al grupo de aptitud;  $j$  es el índice para los sectores;  $h$  es un índice que representa a un sector distinto de  $j$  e incompatible con él;  $y_{gj} = 0$  si el sector  $j$  no es seleccionado dentro del grupo de aptitud  $g$ ;  $y_{gj} = 1$  en caso contrario;  $y_{gh} = 0$  si el sector  $h$  no es seleccionado dentro del grupo de aptitud  $g$ ; y  $y_{gh} = 1$  en caso contrario.

La restricción (A7-7) asegura que todos los sectores sean considerados en la optimización; la (A7-8) evita la selección de sectores mutuamente excluyentes (incompatibles) en un mismo grupo; y la (A7-9) son los enteros binarios que condicionan la selección de los sectores, es decir, que determinarán su presencia o ausencia dentro de cada grupo de aptitud.

## Conclusiones

Debe notarse que el patrón óptimo de ocupación del territorio –obtenido mediante la metodología expuesta en este capítulo– representa tan sólo la base

sobre la cual los sectores pueden empezar a negociar para dirimir o evitar conflictos ambientales. Lo anterior es así debido a que sectores con actividades incompatibles pueden estar asentados en una misma zona desde tiempos anteriores a la realización del estudio de ordenamiento y debido también a que el marco jurídico del ordenamiento ecológico es de carácter inductivo y no coercitivo sobre los particulares.

Esto significa que en la realidad no es posible “mover” sectores previamente asentados en las diferentes zonas. El mapa resultante debe interpretarse más bien como una guía que orienta los compromisos y las inversiones privadas, en el sentido que más conviene a todos, ya que representa los intereses sectoriales de la manera más justa y su observancia promete evitar o resolver conflictos ambientales.

En lo que respecta a las autoridades gubernamentales, dicho mapa – conocido en el Reglamento como Modelo de Ordenamiento Ecológico (MOE) – sí es mandatorio una vez decretado, por lo que corresponde que sus políticas, planes, proyectos y demás actividades de carácter público estén orientadas a promover el progreso social y económico en el sentido que marcan los resultados del estudio.

Lo anterior corresponde a etapas subsecuentes de la formulación del ordenamiento ecológico, en las que se deberá generar un conjunto de estrategias ecológicas compatibles con el MOE, que compromete, entre particulares y autoridades, una serie de programas, proyectos y acciones específicas, que eviten y resuelvan los conflictos ambientales identificados, y favorezcan el desarrollo de las actividades sectoriales en las zonas que les fueron asignadas.

Resta decir que la selección de los métodos de este capítulo no es en modo alguno exhaustiva; simplemente pretende integrar un procedimiento eficaz, que cumpla con el *Reglamento*, que sea factible en su aplicación, de acuerdo con el contexto en el que normalmente se desarrollan este tipo de estudios en el país. Por supuesto existen en la literatura especializada algunos otros métodos que pudieran adaptarse, y dado que la planeación ambiental es una disciplina en desarrollo, queda abierta la invitación a nuevas propuestas que hagan más eficiente la realización de estos estudios.

Como última recomendación en el caso de las operaciones de SIG, una opción accesible en precio y sencillez, en sistema Windows, es el programa Idrisi. Para UNIX se recomienda GRASS (Geographic Resource Analysis Support System), con la ventaja de que se puede bajar de la red en forma gratuita. Las operaciones de hoja de cálculo que requieren estos métodos no son complejas, por lo que prácticamente cualquier programa es compatible. Excel es uno bastante conocido.

## GLOSARIO

**Actividades compatibles (complementarias).** Aquellas que pueden concurrir en el espacio sin afectar entre sí el valor de los atributos ambientales que las favorecen.

**Actividades incompatibles (conflictivas).** Aquellas que no deben concurrir en el espacio, porque afectan unas a otras el valor de los atributos ambientales que las favorecen.

**Actividades sectoriales.** Incluyen diversas formas de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, el mantenimiento de los bienes y los servicios ambientales y la conservación los ecosistemas y la biodiversidad, según los intereses del sector socioeconómico de que se trate.

**Alternativa de decisión.** Unidad geográfica seleccionable (pixel, o celda raster) para asignarla a una actividad sectorial determinada. Una alternativa queda definida por sus atributos ambientales; es decir, por el valor de las variables de decisión asociadas.

**Análisis de aptitud.** Procedimiento que sistematiza la selección de alternativas de decisión para diseñar el patrón de ocupación del territorio, con base en la evaluación de la capacidad del área de estudio para el desarrollo de las actividades sectoriales.

**Análisis de decisión.** Conjunto de procedimientos sistemáticos para el análisis de problemas de decisión complejos; la estrategia básica consiste en dividir el problema en partes pequeñas y simples, analizar cada parte e integrarla con las demás de una manera lógica para obtener la solución.

**Aptitud del territorio.** Capacidad del área de estudio para el desarrollo de actividades sectoriales.

**Atributo ambiental.** Propiedad de una alternativa de decisión, medida en forma de variable biótica, abiótica o socioeconómica, ya sea cualitativa o cuantitativa, y que califica el desempeño de dicha alternativa para el logro de un objetivo sectorial determinado.

**Combinación lineal ponderada (Ponderación aditiva simple).**

Procedimiento multiatributo que calcula la calificación total de cada alternativa de decisión, a partir de multiplicar el

valor del atributo estandarizado por el peso de importancia correspondiente y sumar los productos de todos los atributos.

**Conflicto ambiental.** Disputa intersectorial por la concurrencia de actividades incompatibles en un área determinada.

**Criterio de decisión.** Estándar o elemento de evaluación para la selección de alternativas de decisión.

**Decisión: Selección entre alternativas.**

**Distancia al punto ideal.** Método de análisis de decisión multiatributo que ordena un conjunto de alternativas con base en su proximidad a un punto hipotético en el que todas las variables de decisión alcanzan su valor máximo.

**Escala de intervalo.** Escala de medición continua, dividida en intervalos iguales a partir de un punto arbitrario.

**Espacio de decisión.** Conjunto de variables de decisión asociadas con las alternativas de decisión.

**Estandarización.** Procedimiento para convertir a una misma escala variables incomparables, tanto cualitativas como cuantitativas, para poder realizar operaciones matemáticas con ellas.

**Función de utilidad.** Relación matemática que transforma y estandariza el valor de una variable de decisión de su escala original a una escala de intervalo común.

**Función objetivo.** Relación matemática que describe implícitamente las alternativas de decisión en términos de un conjunto de atributos ambientales.

**Meta.** Valor establecido a priori o nivel de aspiración que define el logro de los objetivos sectoriales.

**Multicriterio.** Término genérico que incluye multiatributo y multiobjetivo.

**Objetivo sectorial.** Es un interés particular de personas, organizaciones o instituciones con respecto a las actividades que se desea desarrollar en el territorio, entre las que se incluyen, de manera general, el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, el mantenimiento de los bienes y los servicios ambientales y la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad.

**Optimización.** Enfoque normativo para identificar la mejor solución a un problema de decisión determinado.

**Patrón de ocupación del territorio.** Distribución de actividades sectoriales en el territorio, incluyendo, de manera genérica,

el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, el mantenimiento de los bienes y los servicios ambientales y la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad.

**Pixel.** Celda raster en un sistema de información geográfica; define la unidad mínima cartografiada, homogénea en cuanto a sus atributos ambientales.

**Proceso de toma de decisiones.** Abarca desde la definición de un problema y su contexto, hasta la identificación de las alternativas de decisión, su evaluación, comparación y selección.

**Programación lineal.** Modelo matemático para optimizar una función objetivo lineal, limitada por un conjunto de restricciones lineales y variables positivas.

**Punto ideal.** Alternativa hipotética que representa los niveles más deseables de todos los atributos ambientales considerados.

**Regla de decisión compensatoria.** Procedimiento de toma de decisiones que permite contrarrestar el mal desempeño de algún atributo ambiental con el buen desempeño de otro.

**Regla de decisión multiatributo.** Método de selección de alternativas de decisión, definidas de manera explícita por sus atributos ambientales.

**Regla de decisión multiobjetivo.** Método de selección sobre alternativas de decisión, definidas implícitamente en términos de funciones objetivo y restricciones impuestas sobre las variables de decisión; se buscan las mejores alternativas sobre un conjunto de alternativas factibles, optimizando el valor de las funciones objetivo.

**Regla de decisión no compensatoria.** Procedimiento de análisis de decisiones que no permite contrarrestar el desempeño entre atributos ambientales; el pobre desempeño de algún atributo no es compensado por el buen desempeño de otro.

**Regla de decisión.** Procedimiento matemático que define el espacio de decisión y dicta la manera de calificar las alternativas y seleccionirlas; integra los datos espaciales, no espaciales y las preferencias de los participantes en un esquema formal de evaluación de las alternativas de decisión.

**Restricción.** Limitación que deja fuera ciertas combinaciones de variables de decisión como soluciones factibles; las restricciones se usan

para eliminar ciertos píxeles o celdas raster, caracterizados por determinados atributos ambientales.

**Sector socioeconómico (sector).** Conjunto de personas, organizaciones o instituciones que comparten objetivos comunes con respecto al aprovechamiento de los recursos naturales, el mantenimiento de los bienes y los servicios ambientales o la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad.

**Solución factible.** Alternativa de decisión que satisface todas las restricciones.

**Solución óptima.** Solución factible que minimiza o maximiza el valor de la función objetivo.

**Utilidad.** Medida de preferencia para el resultado de una decisión.

**Variable de decisión cualitativa (categórica).** Variable medida en una escala nominal u ordinal.

**Variable de decisión cuantitativa (cardinal).** Variable medida en una escala de razón o de intervalo.

**Variable de decisión.** Variable que mide el desempeño de las alternativas de decisión; las variables de decisión pueden ser cualitativas o cuantitativas.

**Variables incomparables.** Aquellas que están medidas en diferentes escalas y unidades. Para realizar operaciones matemáticas con variables incomparables, primero es necesario estandarizarlas a una escala común.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bojórquez-Tapia, L.A., E. Ongay-Delhumeau y E. Ezcurra. 1994. Multivariate Approach for Suitability Assessment and Environmental Conflict Resolution. *Journal of Environmental Management*.
- Bojórquez-Tapia, L.A., H. de la Cueva, S. Díaz, D. Melgarejo, G. Alcantar, M. Solares, G. Grobet, y G. Cruz-Bello (en prensa). Environmental conflicts and nature reserves: Redesigning Sierra San Pedro Mártir National Park, México. *Biological Conservation*.
- Bojórquez-Tapia, L.A., L.P. Brower, G. Castilleja, S. Sánchez-Colón, M. Hernández, W. Calvert, S. Díaz, P. Gómez-Priego, G. Alcantar, D. Melgarejo, M. Solares, L. Gutiérrez, M. Juárez. 2003. Mapping expert knowledge: redesigning the monarch butterfly biosphere reserve. *Conservation Biology* 17: 367-379.
- Bojórquez-Tapia, L.A., S. Díaz y E. Ezcurra. 2001. GIS-based Approach for Participatory Decision Making and Land Suitability Assessment. *Journal of Geographical Information Science* 15: 129-151.
- Bojórquez-Tapia, L.A., S. Díaz y R. Saunier. 1997. Ordenamiento ecológico de la Costa Norte de Nayarit. OEA-UNAM, México, D.F.
- Burrough, P.A. y R.A. McDonnell. 1998. *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford University Press. New York. 333 pp.
- Crowfoot, J.E. y J.M. Wondolleck. 1990. Citizen Organization and Environmental Conflict. En: pp. 1-16, J.E. Crowfoot y J.W. Wondolleck (eds.), *Environmental Disputes, Community Involvement in Conflict Resolution*. Island Press. Washington, D.C. 275 pp.
- Digby, P.G.N. y R.A. Kempton. 1987. *Multivariate analysis of ecological communities*. Chapman and Hall. London.
- Dijkstra, D.P. 1984. *Mathematical programming for natural resource management*. McGraw-Hill Book Company. New York.
- Eastman, J.R., P.A.K. Kyem, J. Toledano y W. Jin. 1993. *GIS and Decision Making*. UNITAR. Geneve.

- Gower, J.C. 1966. Some distance properties of latent root and vector methods used in multivariate analysis. *Biometrika*. 53: 325-338.
- Keeney, J.M. y H. Rafia. 1976. Decisions with multiple objectives: preferences and multiple tradeoffs. Wiley. Nueva York.
- Lahdelma, R., P. Salminen, J. Hockkanen. 2000. Using Multicriteria Methods in Environmental Planning and Management. *Environmental Management* 26: 595-605.
- Malczewski, J. 1999. GIS and Multicriteria Decision Analysis. John Wiley & Sons. Nueva York. 392 pp.
- Malczewski, J. 1999. Spatial Multicriteria Decision Analysis. En: pp 11-48, Thill, J.C. (ed.), *Spatial Multicriteria Decision Making and Analysis, a Geographic Information Sciences Approach*. Ashgate Publishing Ltd. Gower House.
- Malczewski, J., R. Moreno-Sánchez, L.A. Bojórquez-Tapia y E. Ongay-Delhumeau. 1997. Multicriteria Group Decision Making Model for Environmental Conflict Analysis in the Cape Region, Mexico. *Journal of Environmental Planning and Management* 40 : 349-374.
- Noy-Meir, Y. 1973. Data transformations in Ecological Ordinations I. Some Advantages of Non-centering. *Journal of Ecology* 61: 753-760.
- Pereira, J. y L. Duckstein. 1993. A Multiple Criteria Decision Making Approach to GIS-based Land Suitability Evaluation. *Journal of Geographical Information Systems* 7: 407-424.
- Pielou, E.C. 1984. *The Interpretation of Ecological Data: A Primer on Classification and Ordination*. John Wiley & Sons.
- Shrader-Frechette, K.S. y E.D. McCoy. 1993. *Method in Ecology, Strategies for Conservation*. Cambridge University Press. Cambridge, 328 pp.
- Thill, J.C. (ed.) 1999. *Multicriteria decision-making and analysis: a geographic information sciences approach*. Ashgate Publishing. Brookfield.

## ANEXO 8. EJEMPLOS DE EVALUACIONES DEL GRADO DE CUMPLIMIENTO Y EFECTIVIDAD DE LOS LINEAMIENTOS Y ESTRATEGIAS ECOLÓGICAS

### A 8.01 EVALUACIÓN DEL CAMBIO DEL USO DEL SUELO

A continuación veremos un ejemplo del procedimiento general para hacer la evaluación, utilizando como indicador ambiental el cambio en el uso del suelo. El proceso consta de cuatro partes:

#### **1) Obtener un mapa de cambios de uso del suelo por UGA.**

Incluye la preparación de los mapas de uso para los periodos comparados y la modificación de las tablas de atributos, para que contengan sólo la información necesaria para la evaluación. Este proceso se lleva a cabo en el SIG.

#### **2) Obtener un indicador**

Debe sintetizar el significado de los cambios, dependiendo de la superficie que ocupan y de si éstos son a favor o en contra del uso predominante establecido en el programa de ordenamiento, que debe ser consistente con lo expresado por el lineamiento. Este análisis y calificación pueden realizarse en el SIG.

**3) Incorporar a la base de datos los valores del indicador para cada UGA,**

Específicamente en la tabla de valores medidos que corresponde a ese indicador. Existirá una tabla con la misma estructura para cada uno de los indicadores, en la que se irán acumulando los valores determinados desde el inicio del ordenamiento. Esta tabla sirve además como registro histórico de las mediciones. Dentro de ella, se compara el valor obtenido con el valor objetivo establecido de antemano para el indicador en cada UGA.

**4) Los resultados obtenidos se publican en la página de Internet mostrando:**

- a) El mapa de cambio de uso del suelo para todo el municipio
- b) El mapa de cambio de uso del suelo por UGA y la tabla de áreas por tipo de cambio
- c) El mapa de cambios calificados por UGA, que muestra la distribución de los cambios que se consideran positivos o negativos
- d) El valor del indicador obtenido para el periodo actual de evaluación, junto con el valor de referencia (valor objetivo) y los valores de los dos o tres periodos anteriores, para que los usuarios puedan visualizar la tendencia.
- e) Pueden incluirse gráficas de comportamiento histórico del indicador acompañadas de una interpretación, así como los nombres de los responsables de aplicar la estrategia y de determinar el indicador, para conocer su desempeño.
- f) Si los recursos lo permiten, mostrar fotografías de campo de los cambios negativos y positivos en los sitios más relevantes, para mejorar la comprensión del significado de los mapas y los indicadores.

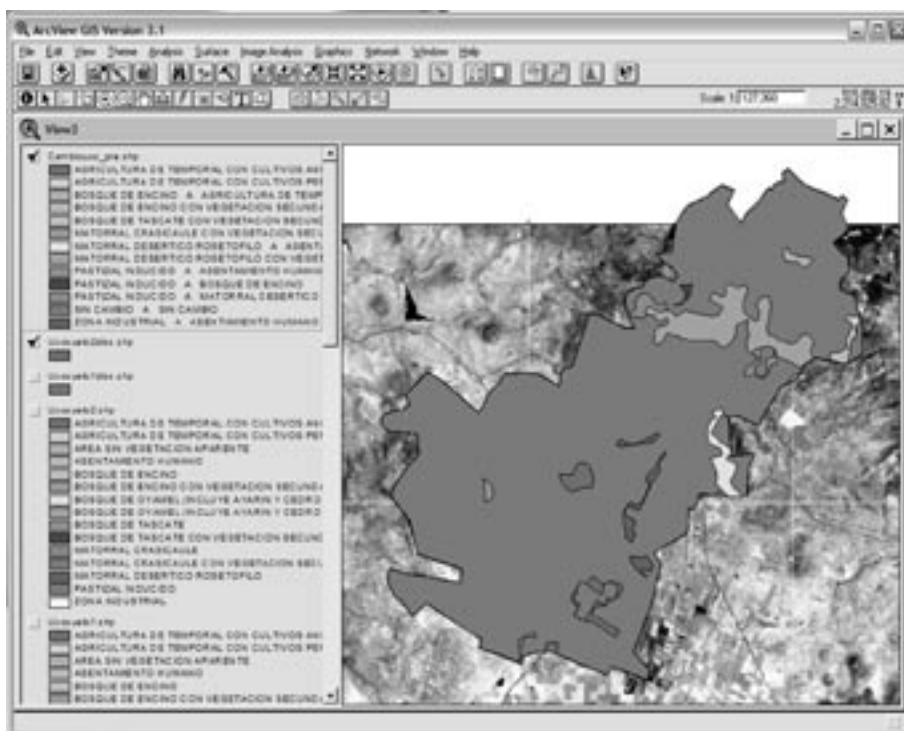
- g) Para temas que se expresan espacialmente, como son el cambio de uso del suelo, el crecimiento urbano, la fragmentación de los ecosistemas o la deforestación, pueden elaborarse secuencias animadas con los mapas sucesivos, para visualizar la evolución de los procesos, aunque se requiere de datos de varios periodos.

Veamos los pasos anteriores con mayor detalle. En primer término obtendremos el mapa de cambio de uso del suelo por medio del SIG. En este caso se utilizó como línea de base el mapa de uso de suelo y vegetación del Inventario Nacional Forestal 2000. Es importante hacer notar que la leyenda de este mapa no proporciona la información completa que requerimos sobre el uso del suelo, ya que en realidad describe las comunidades vegetales donde éstas se encuentran poco alteradas, y sólo muestra la presencia de actividades donde la vegetación ha sido removida o donde son muy evidentes. No indica, por ejemplo, qué bosques están sometidos a regímenes de explotación y por lo tanto deberían aparecer en nuestra leyenda como uso forestal, que es relevante para nuestros fines. Es importante tomar esto en consideración al especificar estudios de uso del suelo, para garantizar que la leyenda sea consistente y muestre los usos reales, además de las comunidades vegetales. Como primer paso, recortaremos el mapa de uso del suelo utilizando el límite municipal como plantilla. El resultado se muestra en la Figura A8.1

Los polígonos del mapa deben ahora ser editados, para eliminar los cambios de uso del suelo que carecen de sentido (como asentamiento humano a bosque de encino), así como aquellos que resultan de pequeños desajustes entre los límites de una clase en evaluaciones sucesivas. Estos últimos no representan cambios reales y los límites de los polígonos deben ser ajustados vértice a vértice.

Una forma de reducir este problema, consiste en actualizar los mapas digitales de usos del suelo en evaluaciones sucesivas, en lugar de crear mapas nuevos, de modo que sólo se modifican los polígonos de cada clase donde se detecten cambios durante la interpretación. Este enfoque facilita sustancialmente la elaboración del mapa de cambio. El peligro potencial es el de acarrear los errores presentes en el mapa original, a los de evaluaciones sucesivas, por lo que el control de calidad debe ser estricto. La Figura A8.2 muestra el mapa de cambios en todo el municipio.

FIGURA A8.2.- MAPA DE CAMBIOS A NIVEL MUNICIPAL.



Puesto que el indicador debe evaluarse para cada UGA, cruzamos este mapa con el de UGA, para obtener los cambios experimentados dentro de cada unidad de manejo, como lo muestra la Figura A8.3.

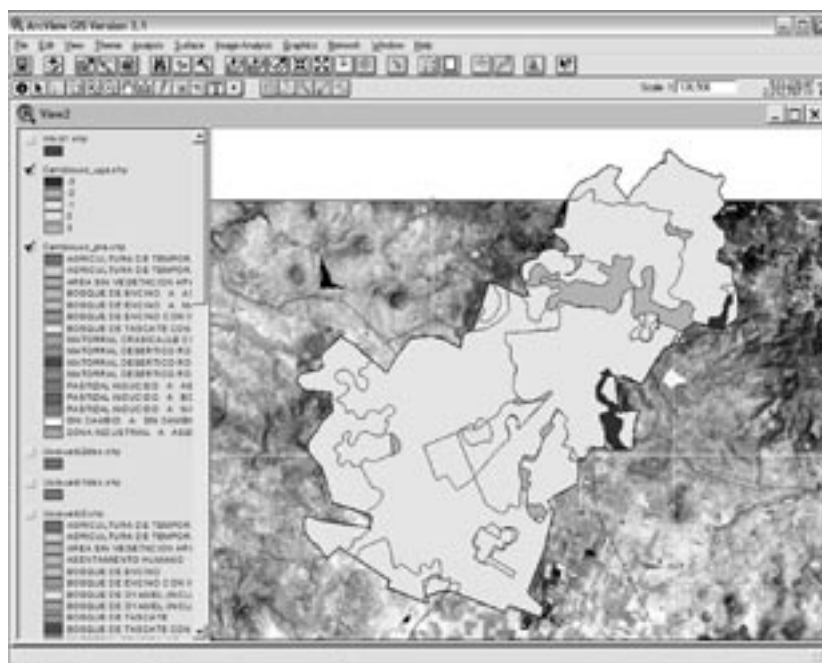
Por último, al final de la tabla de atributos de este mapa, se añaden tres campos. Uno, denominado “TipoCambio” contiene los nombres del uso

original (campo Comunidad) y del nuevo uso (Comunidad2), concatenados. Otro, llamado "CalCambio", se deja en blanco para introducir una calificación para cada cambio en una etapa posterior. El tercero puede llamarse "ValorIndicador", que es el nombre del campo en que se calculará el valor del indicador para ser exportado a la tabla CambioUsoDelSuelo de la base de datos.

El mapa obtenido hasta este punto, debe mostrarse en la página de Internet, acompañado de su tabla de atributos, para visualizar la naturaleza y magnitud de los cambios de clase experimentados por el territorio en cada periodo de evaluación.

También podemos exportar la tabla de atributos de cada nuevo mapa de uso del suelo obtenido en evaluaciones sucesivas, para detectar la aparición de usos del suelo incompatibles o no autorizados durante ese periodo. Esto se logra por medio de una operación sencilla, que consiste en comparar los usos del suelo en cada UGA, con los usos contenidos en la tabla UsosIncompatibles, para la misma UGA. Si se encuentra que el valor coincide, se puede asignar una calificación de cambio muy desfavorable a ese polígono o puede generarse una tabla de indicadores, repitiendo la estructura de IndicadorMedidoN pero utilizando para ella un nombre como CambioIncompatible. El indicador en este caso puede ser la aparición de usos incompatibles y tener valores de Si o No (booleano) para cada UGA. En la página de Internet puede mostrarse el mapa de las UGA en que aparecieron usos incompatibles durante el periodo, o bien una tabla con las UGA en que ocurrió y el porcentaje de área afectado.

FIGURA A8.3.- MAPA DE CAMBIOS DE USO DEL SUELO POR UGA, QUE SE UTILIZA PARA CALCULAR EL VALOR DEL INDICADOR.



Cabe aclarar en este momento, que las tablas de atributos generadas en cada uno de los pasos que hemos seguido, son guardadas por ArcView en el disco duro con formato de dBase (extensión \*.DBF) y pueden ser leídas directamente por programas como Excel, Access, Fox Pro, dBase y otros. También pueden ser convertidas con facilidad a otros formatos estándar para su uso en diversos programas de manejo de bases de datos, como SQL Server u Oracle. En nuestro caso, las manejaremos con Access o Excel, tanto para obtener mas resultados como para acondicionarlas para su presentación en Internet.

A partir de la tabla de atributos del mapa, puede generarse también una tabla de contingencia, que muestra el área del territorio (de todo el municipio) que ha experimentado cambios entre cada uno de los usos. Esta es una forma estándar de expresar el cambio de uso del suelo. Estos mapas y tablas son un resultado clave para evaluar el avance en la aplicación del ordenamiento a nivel municipal.

En la tabla de atributos del mapa, llamado CambioUsoUGA.shp, se asigna manualmente una calificación a cada tipo de cambio, en función de los objetivos establecidos en el ordenamiento. Los cambios pueden calificarse arbitrariamente, por ejemplo como “+”, “-” y “0”, o asignándoles una calificación ordinal, dependiendo de si van hacia el objetivo planteado o en contra de este. Aún cuando existe una noción general sobre que cambios pueden considerarse positivos y cuáles negativos, desde el punto de vista ambiental, su calificación puede ser distinta dependiendo del contexto en que se dan. Un ejemplo de ello es el cambio de pastizal inducido ó agricultura de temporal hacia asentamientos humanos; éste puede considerarse como positivo si se da como parte de un proceso planeado de crecimiento urbano o como un aprovechamiento de la reserva territorial. Otro caso es el de la ausencia de cambio. Si el objetivo es la conservación o la protección, será positiva, pero si el uso predominante propuesto implica lograr algún cambio en el uso, su ausencia puede reflejar el incumplimiento de compromisos o el fracaso de acciones o programas. Este puede ser el caso de programas de restauración no ejecutados o deficiencias en el fomento de ciertos aprovechamientos.

Por ello, esta evaluación debe hacerse tomando en cuenta los objetivos establecidos para cada UGA.

El indicador que utilizamos en este ejemplo es hipotético y consiste en asignar una calificación de entre -3 y 3 a los cambios, mediante el análisis de la tabla por un especialista. La calificación -3 se aplicaría a cambios considerados muy nocivos para los ecosistemas o irreversibles, 0 se aplicaría donde no hay cambio (y se espera que no lo haya) y 3 para cambios que implican la recuperación de ecosistemas o el cambio hacia actividades sustentables o de bajo impacto. Esta calificación se introduce en el campo “Cambio” de la tabla de atributos. Finalmente, podemos utilizar la fórmula:

$$I = \Sigma (\text{Área de Cambio por UGA} / \text{Área de la UGA} * \text{Calificación})$$

para todos los polígonos que se encuentren dentro de cada UGA.

A partir del indicador, podemos generar un mapa de cambios positivos o negativos, como el que se muestra en la Figura A8.4 que también puede incluirse en la página de la bitácora.

Finalmente, el valor del indicador ambiental que se calculó en el campo ValorIndicador, se incorpora en la tabla correspondiente a ese indicador (que es una réplica de la tabla IndicadorMedidoN, pero con un nombre que sugiera de qué indicador se trata, contiene, como “CambioUsoDelSuelo” o “ConcentraciónDeHidrocarburos”). La estructura de esta tabla está concebida para acumular todos los valores obtenidos para ese indicador desde el inicio del ordenamiento, lo que permite utilizarla para identificar tendencias en su comportamiento. En la Figura A8.5 se muestra la tabla CambioUsoDelSuelo con los valores en la columna ValorIndicador.

FIGURA A8.4.- CAMBIOS DE USO DEL SUELO CALIFICADOS POR UGA Y SEGÚN SU TENDENCIA EN RELACIÓN CON LOS LINEAMIENTOS. EL ROJO INDICA CAMBIOS NEGATIVOS, EL VERDE, POSITIVOS Y EL AMARILLO CLARO NEUTROS.

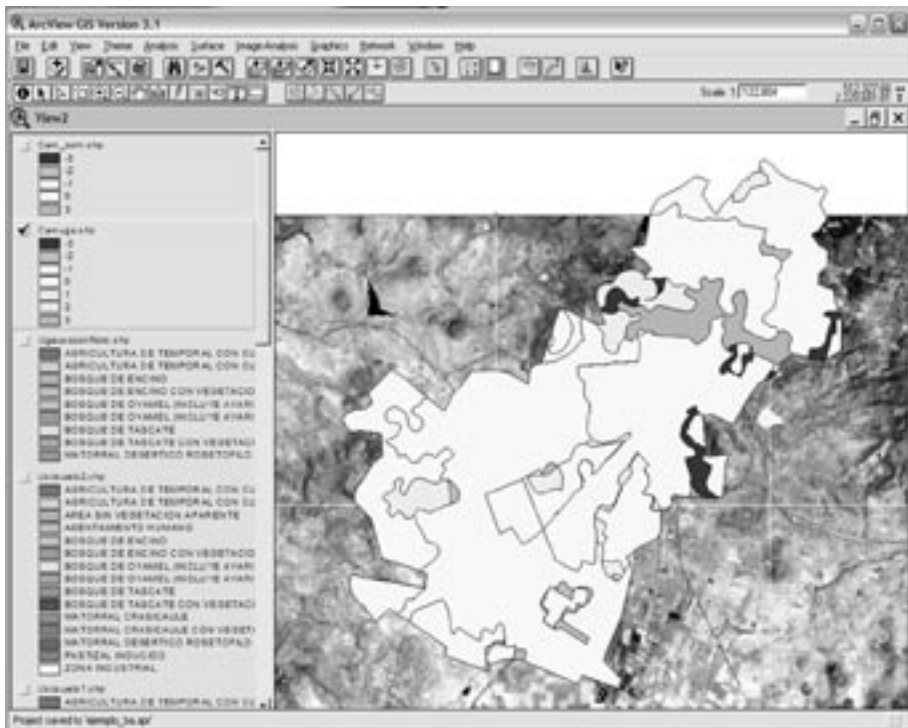


FIGURA A8.5- TABLA DE CAMBIO DE USO DEL SUELO EN LA QUE SE HAN INCORPORADO LOS VALORES DEL INDICADOR.

| ID | Indicador    | PuntosA | X | Y | Zona | UGA     | FechaDeterminacion | ValorIndicador | ValorObjetivo | ClasEstrategia | Estrategia | Detalle |
|----|--------------|---------|---|---|------|---------|--------------------|----------------|---------------|----------------|------------|---------|
| 1  | CambioUsoDef | 0       | 0 |   |      | CPT0001 | 06/08/2002         | -8.8775        | 1             | E-CPT0001-1    |            |         |
| 2  | CambioUsoDef | 0       | 0 |   |      | CPT0002 | 06/08/2002         | 4              | 0             | E-CPT0002-1    |            |         |
| 3  | CambioUsoDef | 0       | 0 |   |      | CPT0003 | 06/08/2002         | 1.1458         | 0             | E-CPT0003-1    |            |         |
| 5  | CambioUsoDef | 0       | 0 |   |      | CPT0004 | 06/08/2002         | -1.5433        | 0             | E-CPT0004-1    |            |         |
| 6  | CambioUsoDef | 0       | 0 |   |      | CPT0005 | 06/08/2002         | -1.4852        | 0             |                |            |         |
| 7  | CambioUsoDef | 0       | 0 |   |      | CPT0006 | 06/08/2002         | 0              | 1             |                |            |         |
| 8  | CambioUsoDef | 0       | 0 |   |      | CPT0007 | 06/08/2002         | 0              | 0             |                |            |         |
| 9  | CambioUsoDef | 0       | 0 |   |      | CPT0008 | 06/08/2002         | -1.0824        | 0             |                |            |         |
| 10 | CambioUsoDef | 0       | 0 |   |      | CPT0009 | 06/08/2002         | -4.8399        | 0             |                |            |         |
| 11 | CambioUsoDef | 0       | 0 |   |      | CPT0010 | 06/08/2002         | 4.1955         | 0             |                |            |         |
| 12 | CambioUsoDef | 0       | 0 |   |      | CPT0011 | 06/08/2002         | 0              | 2             |                |            |         |
| 13 | CambioUsoDef | 0       | 0 |   |      | CPT0012 | 06/08/2002         | 0              | 0             |                |            |         |
| 14 | CambioUsoDef | 0       | 0 |   |      | CPT0013 | 06/08/2002         | 0.0032         | 0             |                |            |         |
| 15 | CambioUsoDef | 0       | 0 |   |      | CPT0014 | 06/08/2002         | -4.1872        | 0             |                |            |         |
| 16 | CambioUsoDef | 0       | 0 |   |      | CPT0015 | 06/08/2002         | 0              | 0             |                |            |         |

Es conveniente hacer notar que este es un indicador hipotético para ejemplificar la operación de la bitácora. Su tratamiento escapa a los propósitos de este documento y se recomienda consultar la literatura especializada, donde podrán encontrarse numerosos indicadores. Éstos deben ser seleccionados y adaptados cuidadosamente en función de los objetivos de los lineamientos y de las estrategias.

Esta etapa del proceso podría ser automatizada, ejecutada mediante operaciones en el SIG o en la base de datos, pero para lograrlo es un requisito indispensable que las descripciones de usos del suelo sean completamente consistentes entre los diferentes mapas empleados, es decir, entre el mapa base de uso original, el modelo de ordenamiento y los obtenidos durante las evaluaciones periódicas. También es una premisa la eliminación de errores introducidos durante la captura y manejo de los datos. Tanto la consistencia en la información como la automatización de los procedimientos son objetivos que deben perseguirse y se recomienda que las entidades que cuenten con personal y sistemas de alto nivel para el manejo de SIG y bases de datos, los implementen como parte de la bitácora.

Sin embargo, es poco probable que estas condiciones se cumplan en las primeras etapas del ordenamiento y de la aplicación de la bitácora, especialmente cuando el equipo, el personal y la experiencia sean incipientes

en algunos municipios. En estos casos, se recomienda llevar a cabo la calificación del cambio de uso del suelo de modo manual guiada por el sentido común y por lo establecido en el modelo de ordenamiento. Otro obstáculo es el hecho, mencionado anteriormente, de que no es posible generar una matriz absoluta de cambios “buenos” y “malos”, ya que este calificativo depende de los objetivos y condiciones de cada UGA particular.

Entre los factores que afectan la consistencia de los usos y clases de vegetación se cuentan la diversidad de fuentes de información, el uso de escalas de trabajo variadas, la existencia de diversas leyendas de vegetación y uso del suelo, su complejidad y la ausencia de criterios explícitos para su nomenclatura y asignación. Tanto para el análisis de uso del suelo como para la implementación de otros indicadores ambientales, se recomienda consultar frecuentemente los criterios establecidos por la Dirección General de Estadística e Informática Ambiental de la SEMARNAT, a través de la página de Internet o personalmente.

Una vez obtenidos los resultados, se procederá a su inclusión en la página de Internet y en otros sistemas para su consulta. Si se desarrolla un sistema para la consulta interactiva de información del SIG en la computadora del usuario, por ejemplo basado en el uso de ArcIMS, pueden incluirse además otras consultas, como el análisis del uso del suelo en relación con otros temas. Si no se cuenta con este tipo de programa, los campos de texto y numéricos mencionados arriba se pueden incluir fácilmente como contenido de una página de Internet, directamente de las tablas en la base de datos. Programas como Access cuentan incluso con herramientas para la publicación automática de reportes en páginas de Internet. Los mapas y las tablas también se pueden incorporar como imágenes, que pueden abrirse por medio de hipervínculos empleando procedimientos comunes de creación de páginas. La apariencia de la página no es relevante para los fines de la bitácora y los aspectos estéticos y de diseño gráfico quedan a juicio de los desarrolladores. El listado de los resultados que se incluirán en la página, debe ser definido en función de las características de cada ordenamiento, del número y tipo de los indicadores ambientales y de la búsqueda de formas claras y útiles de mostrar la información, aprovechando las posibilidades que ofrecen la creación automática de gráficas, el uso de animaciones y otros recursos.

Como puede observarse, es posible utilizar la estructura propuesta para la bitácora, para incorporar cualquier cantidad de indicadores de diversos tipos. Para aquellos que se obtengan de fuentes puntuales, móviles o variables, la tabla **IndicadorMedidoN** incluye campos para coordenadas X y Y en proyección UTM (que deben utilizar el mismo sistema de referencia empleado en el SIG. Las mediciones puntuales pueden ser referidas a UGA y por lo tanto a estrategias específicas, mediante el cruzamiento del mapa de distribución de puntos con el de UGA.

## A 8.02 EVALUACIÓN DEL MODELO Y ESTRATEGIAS

En este ejemplo se utilizará la base de datos que se describe en el Anexo 9.

### 1) Ejemplo: Evaluación de criterios ecológicos

Para explicar la forma en que se debe interpretar el vínculo entre tablas se utilizará como ejemplo el registro No. 2 de la tabla **Base de una base de datos en ACCESS**, que indica lo siguiente:

- Se trata de la UGA No. 3, “Sur de Poblado”
  - En el municipio No. 2, “San Juan”
  - Cuya política es “Restauración”
  - Cuyo lineamiento es “Recuperación de las condiciones naturales”
  - Cuyo objetivo es “Fomentar la disminución de la erosión”
  - Cuyo criterio ecológico es el No. 003 (Ver tabla **CatalogoCriteriosEcológicos**) , “Disminuir la erosión a 50 ton/ha”
- los datos de la evaluación se encuentran en la tabla denominada “**EvaluaCriterio003**”

La tabla **EvaluaCriterio003**, la cual nos indica que:

- La fecha para cumplir la meta es el 15 de julio de 2005
- La fecha de referencia en que se empezó a medir el indicador (fecha línea base) es el 15 de diciembre de 2004
- El valor en la línea base fue de 100 ton/ha/año
- La fecha de la última evaluación fue el 15 de febrero de 2005

- El valor de la última evaluación fue de 80 ton/ha/año (El valor de la determinación se tomó de la tabla **DatosIndicadorErosion(ERO001)** que se verá cuatro puntos más abajo)
- Se lleva un avance del 33% con respecto a la meta
- A la fecha de la evaluación, no se ha concluido la meta
- La clave del indicador ambiental utilizado es ERO001. Para ver los datos del indicador ambiental hay que consultar la tabla **CatalogoIndicadoresAmbientales**, la cual indica lo siguiente:
  - El nombre del indicador es: “ErosionActual/MetaErosión”
  - Mide la “Cantidad de pérdida de suelo”
  - Las unidades son “ton/ha/año”
  - El valor máximo que se puede obtener es “1,000” y el mínimo “0”
  - El valor tipo o usual es “500”
  - La técnica de medición del indicador fue mediante imágenes de satélite
  - El indicador se mide cada 180 días
  - La clave del documento que incluye la información de la evaluación es: REPMETASOE.DOC. La descripción del documento se puede ver en la tabla Documentos
- La tabla que contiene los datos de las determinaciones del indicador es **DatosIndicadorErosion(ERO001)**. De esta tabla se obtiene el valor para la evaluación. La tabla contiene la siguiente información:
  - Clave de la UGA y del Municipio donde se lleva a cabo la medición (estas debe corresponder con el criterio evaluado)
  - Coordenadas X-Y donde se realizó la medición y la Zona UTM
  - Nombre del indicador utilizado
  - Nombre de un punto geográfico de referencia
  - Fecha de determinación
  - Valor de la determinación
  - Clave del Responsable de la medición (se puede verificar en la tabla **CatalogoResponsables**)
  - Observaciones

- La clave del indicador de gestión utilizado es el ING004. Para ver los datos del indicador de gestión hay que consultar la tabla **CatalogoIndicadoresGestion**, la cual indica lo siguiente:
  - El indicador evalúa el “Cumplimiento del Criterio”
  - La fórmula es  $= (\text{Diferencia del valor de la determinación} - \text{Valor de la Meta}) * 100 / (\text{Diferencia entre el valor de la meta} - \text{Valor Actual})$
  - La técnica de medición es “Hoja de cálculo en EXCEL”
  - Unidades: %
  - Valor máximo 100 y valor mínimo 0
  - La clave del responsable es: RES001. Los datos del responsable están en la tabla **CatalogoResponsables**
  - Clave de documentos y referencias:  
FORMULAINDICADORCRITERIO.DOC. Para ver detalles del documento ver tabla **Documentos**

## 2) Ejemplo: Evaluación de objetivos

La evaluación de objetivos se realiza mediante la suma o integración de sus criterios ecológicos. Así, al observar la tabla Base se puede verificar que el objetivo 2 está asignado a 2 registros con UGAS y municipios diferentes y aplican dos criterios ecológicos:

- UGA 3 - Municipio 2, cuyo criterio es el CRI003
- UGA 4 - Municipio 4, cuyo criterio es el CRI004

Así, en este ejemplo, la evaluación del objetivo en cada UGA y Municipio corresponde exactamente a la evaluación de cada uno de sus criterios.

Sin embargo, en otros casos, pueden existir varios criterios asociados al objetivo de cada UGA y Municipio

## 3) Ejemplo: Evaluación de lineamientos

De igual manera que el caso anterior, la evaluación de los lineamientos se realiza mediante la suma o integración de sus objetivos específicos en cada UGA y Municipio.

Así, por ejemplo, la evaluación del lineamiento 3 (LIN003) en la UGA 4 y Municipio 4 se lleva a cabo mediante la integración de sus tres objetivos

OBJ001, OBJ002 y OBJ003. Al verificar las tablas de los catálogos se obtiene la siguiente información:

|               |                                                                                          |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>LIN003</b> | RECUPERACIÓN DE LAS CONDICIONES NATURALES (ver CatalogoLineamientos)                     |
| <b>OBJ001</b> | FOMENTAR EL AUMENTO DE LA COBERTURA FORESTAL (ver CatalogoObjetivos)                     |
| <b>CRI002</b> | Aumentar la cobertura forestal al 70% (ver CatalogoCriteriosEcologicos)                  |
| <b>OBJ002</b> | FOMENTAR LA DISMINUCIÓN DE LA EROSIÓN (ver CatalogoObjetivos)                            |
| <b>CRI004</b> | Disminuir la erosión a 20 ton/ha/año (ver CatalogoCriteriosEcologicos)a                  |
| <b>OBJ003</b> | FOMENTAR LA DISMINUCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN EN LOS RÍOS (ver CatalogoObjetivos)          |
| <b>CRI006</b> | Eliminar por completo las grasas y aceites de los ríos (ver CatalogoCriteriosEcologicos) |

Para saber los valores de evaluación de cada uno de los 3 objetivos, hay que revisar el campo **Avance%** de cada una de las tablas de evaluación. Para el ejemplo, las tablas y los valores son:

| <b>Tabla</b>      | <b>Valor Avance%</b> |
|-------------------|----------------------|
| EvaluaObjetivo001 | 50                   |
| EvaluaObjetivo002 | 23                   |
| EvaluaObjetivo003 | 50                   |

**No olvidar que hay que buscar los registros que correspondan con la UGA y Municipio en cuestión. En este ejemplo, es la UGA 4 y el Municipio 4.**

En este ejemplo, la evaluación del lineamiento podría llevarse a cabo mediante el promedio de sus tres objetivos. Así, el valor sería = 41%.

Este es solo un ejemplo de cómo podría evaluarse el lineamiento, aunque pueden existir otros métodos que, por ejemplo, incluyan la ponderación de los objetivos.

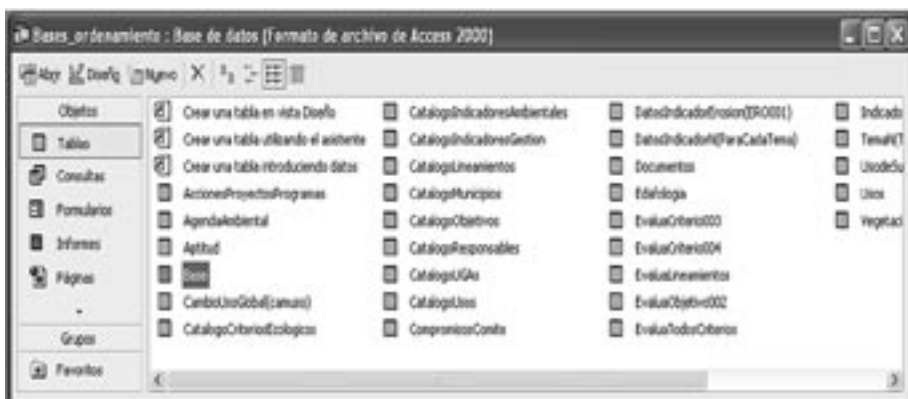
## ANEXO 9. EJEMPLO DEL USO DE UNA BASE DE DATOS EN ACCESS

Este ejemplo utiliza un archivo de ACCESS que puede bajarse de la siguiente página electrónica:

[http://portal.semarnat.gob.mx/dgpairs/oe/lineamientos\\_criterios.shtml](http://portal.semarnat.gob.mx/dgpairs/oe/lineamientos_criterios.shtml).

A continuación, prosiga con los siguientes siguientes pasos:

1. Abrir el archivo “BDatos\_BitacoraAmbientalOE.mdb”
2. De la ventana principal, en “Objetos” seleccionar “tablas” (comúnmente este objeto ya está seleccionado)



## 3. Abrir la tabla denominada “Base”



|   | AREA(ha)   | CveUGA | CveMunicipio | CvePolítica | CveLineamiento | CveObjetivo | CveCriterio |
|---|------------|--------|--------------|-------------|----------------|-------------|-------------|
| ▶ | 2669521.75 | UGA003 | MUN001       | POL003      | LIN003         | OBJ001      | CR001       |
|   | 838269.08  | UGA003 | MUN002       | POL003      | LIN003         | OBJ002      | CR003       |
|   | 11334794.5 | UGA003 | MUN003       | POL003      | LIN003         | OBJ003      | CR005       |
|   | 2895254.4  | UGA004 | MUN004       | POL003      | LIN003         | OBJ001      | CR002       |
|   | 1175748.53 | UGA004 | MUN004       | POL003      | LIN003         | OBJ002      | CR004       |
|   | 518804.36  | UGA004 | MUN004       | POL003      | LIN003         | OBJ003      | CR006       |
| ✱ |            |        |              |             |                |             |             |

Registro: 1 de 6

Esta tabla se genera en principio de la sobreposición de los mapas de Municipios y Unidades de Gestión Ambiental integrados en el sistema de información geográfico. Dicha sobreposición genera los campos Area(ha), CveUGA y CveMunicipio.

Los datos de los campos restantes (CvePolítica, CveLineamiento, CveObjetivo y CveCriterio) deben introducirse manualmente. Solo hay que escribir las claves en los renglones de cada uno de los campos, los cuales posteriormente estarán ligados a las tablas (catálogos) correspondientes.

## A 9.01 RELACIÓN DE LA TABLA BASE CON EL GRUPO DE TABLAS DEL MODELO Y ESTRATEGIAS

### 1) Ejemplo 1

La forma en que se lee la tabla es la siguiente. El registro No. 1 de la tabla “Base” indica que se trata de:

- La Unidad de Gestión Ambiental No. 3
- El Municipio No. 1
- La política No. 3
- El lineamiento No. 3
- El objetivo No. 001
- El criterio No. 001

Para ver el nombre de la UGA, el municipio, la política, el lineamiento, el objetivo y el criterio correspondientes, es necesario revisar las tablas de cada uno de ellos. Así, al revisar los datos de los catálogos, los datos correspondientes al primer registro de la tabla “Base” son:

- Se trata de la UGA No. 4 al “Norte del poblado”
- En el municipio de “Puerto Progreso”
- Cuya política es “Restauración”
- Cuyo lineamiento es “Recuperación de las condiciones naturales”
- Cuyo objetivo es “Fomentar el aumento de la cobertura forestal”
- Para lo cual el criterio ecológico es “Aumentar la cobertura forestal al 80%”

## 2) Ejemplo 2

Los registros 4, 5 y 6 de la tabla “Base” indican que:

- UGA que se ubica al “Sur del poblado”
- En el municipio de “Puerto Madero”
- Cuya política es “Restauración”
- Cuyo lineamiento es “Recuperación de las condiciones naturales”
- Y le aplican 3 objetivos:
  - 1.- Fomentar el aumento de la cobertura forestal
  - 2.- Fomentar la disminución de la erosión
  - 3.- Fomentar la disminución de la contaminación en los ríos
- Para el objetivo 1 aplica el criterio 2 que es: “Aumentar la cobertura forestal al 80%”
- Para el objetivo 2 aplica el criterio 4 que es: “Disminuir la erosión a 20 ton/ha”
- Para el objetivo 3 aplica el criterio 6 que es: “Eliminar por completo las grasas y aceites de los ríos”

## A 9.02 RELACIÓN DE LA TABLA BASE CON LA TABLA DE APTITUD

Otra tabla muy importante que está relacionada con la tabla “Base” es “**Aptitud Compatibilidad**”. Esta última tabla contiene los datos de la aptitud y compatibilidad de los sectores en cada municipio.

En el Ejemplo 1 se trata de la UGA No. 3, es decir “Norte del poblado. Al revisar la tabla “AptitudCompatibilidad”, se puede verificar su aptitud y compatibilidad. Así, la información nos dice que la UGA 3:

- Tiene 3 sectores compatibles (estos son los que tienen palomita en la casilla de verificación y corresponden a ANP001, ANP009, FFC008 y FFP006)
- Tiene 9 sectores incompatibles (el resto de los sectores)
- La aptitud para ANP001 es muy alta (igual a 10)
- La aptitud para ANP009 es muy alta (igual a 10)
- La aptitud para FFC008 es muy alta (igual a 10)
- La aptitud para FFP006 es muy alta (igual a 10)
- La aptitud para el resto de los sectores es nula (igual a 0)

En este caso la tabla solo contiene algunos sectores para una UGA pero en un caso real deberá contener todos los sectores que se analizan en todas las UGA's.

## A 9.03 RELACIÓN DE LA TABLA BASE CON EL GRUPO DE TABLAS TEMÁTICAS

La tabla base está relacionada con un conjunto de tablas temáticas que se derivarán de sobreposiciones en el SIG. Por ahora, la base de datos solo contiene ejemplos vegetación, uso del suelo, edafología, municipios y UGAS. Estas dos últimas ya se ejemplificó como usarlas en el apartado anterior.

Siguiendo con el Ejemplo 1 de la sección anterior (Unidad de Gestión Ambiental No. 3 y Municipio No. 1), la forma en que se leen las tablas temáticas es la siguiente:

Para vegetación 2002

- Tiene en su mayoría bosque y selva
- Tiene muy poco o casi nulo manglar, pastizal, suelo desnudo, agrícola de temporal y cuerpos de agua.

Para edafología

- Tiene en su mayoría luvisol y litosol
- Tiene muy poco o casi nulo fluvisol y cambisol
- Las categorías otro y regosol intermedias

En este caso la base de datos solo contiene 2 temas pero en un caso real deberá contener todos los temas analizados con el campo de UGA's y municipios.



# ANEXO 10. CARACTERÍSTICAS DE LA INFORMACIÓN QUE SE INCLUIRÁ EN LA BITÁCORA AMBIENTAL

## A 10.01 1. MAPAS

### 1) Utilidad

Algunas funciones de la bitácora deben ser plasmadas en mapas. Puesto que el programa de ordenamiento ecológico se manifiesta como la aplicación de lineamientos y estrategias ecológicas en el territorio, estos contenidos deben expresarse en la medida de lo posible en forma de mapas, de modo que un elemento central para la operación de la bitácora es la cartografía digital en internet. En ella se desarrollan análisis y consultas que tratan con relaciones espaciales, como es la cuantificación del cambio de uso del suelo, o el cruzamiento de diversos temas con las Unidades de Gestión Ambiental (UGA).

El uso de mapas digitales dentro de este sistema permite obtener las tablas más importantes que se requieren para evaluar el cumplimiento y eficacia del ordenamiento, identificar las áreas conflictivas y dar seguimiento a la distribución de variables ambientales relevantes – a través de sus indicadores-. Ejemplos de ello son determinar qué UGA se encuentran dentro de las áreas de atención prioritaria, cómo se distribuye la aplicación de lineamientos en el territorio, cuál es el valor y distribución de los indicadores ambientales en relación con la aplicación de estrategias, cómo se distribuyen los cambios de uso del suelo dentro de cada UGA

o realizar un mapeo de las zonas donde cada dependencia o responsable deben ejecutar acciones. También puede mostrarse la distribución de otros indicadores de gestión, como por ejemplo la distribución de inversiones o de incumplimiento de compromisos.

## 2) Características

Las bitácoras ambientales deberán incluir las bases cartográficas utilizadas para construir el modelo de ordenamiento ecológico, así como otra información de referencia. Todos los mapas deben incorporarse en la aplicación de cartografía digital por internet, cuidando que la proyección, el datum geodésico y el sistema de coordenadas sea el mismo para todos.

Los mapas deberán contar con sus metadatos de acuerdo a los estándares del Federal Geographic Data Committee de los Estados Unidos (FGDC). Para su captura se pueden emplear las herramientas del FGDC o de INEGI, disponibles en las siguientes direcciones electrónicas:

[www.fgdc.gov](http://www.fgdc.gov), y <http://antares.inegi.gob.mx/metadatos/herrmeta.htm>.

En caso de no contar con estas herramientas, los metadatos se podrán elaborar en formato html.

Un ejemplo del producto obtenido se puede consultar en:

<http://infoteca.semarnat.gob.mx/Metadato1.htm>

## 3) Información mínima

El estudio técnico genera una gran cantidad de información cartográfica de temas sociales, económicos y ambientales. De ser posible es conveniente incorporar la mayor cantidad posible de los mapas, aunque los más importantes serían:

a) Localidades de referencia

Poblaciones incluidas en las UGA's. La nomenclatura que se empleará será la definida por INEGI en catálogo de localidades del 2000, (ITER2000)

b) Municipios

Serán el o los que estén incluidos en el conjunto de las UGA. Los límites municipales que se decidan incluir serán avalados por los gobiernos estatales y municipales involucrados. Estos límites deberían coincidir con los estipulados en el Convenio de Coordinación y en el resto de los documentos del proceso de ordenamiento, para lo cual debe incorporarse en estos documentos la descripción detallada de los vértices de los polígonos correspondientes. En caso de no contar con algo acordado con los gobiernos estatales y municipales, se utilizará el Marco Geoestadístico Municipal 2000 de INEGI

c) Infraestructura

Vías de comunicación y otros rasgos culturales, de la mayor escala posible y validados por alguna autoridad o estudio técnico.

d) Topografía

Curvas de nivel ó modelo digital de elevación de la mayor escala disponible y otros elementos como línea de costa, corrientes ó cuerpos de agua, que estén validados por alguna autoridad ó estudio técnico. Su resolución estará en función del área cubierta y de la escala de trabajo para cada zona.

e) Datos del Modelo y Estrategias de ordenamiento

Es recomendable incluir los mapas de aptitud de cada uno de los sectores involucrados en el ordenamiento ecológico. También se deberán incluir los mapas de conflictos, de zonas de atención prioritarias, de Unidades de Gestión Ambiental, de políticas.

## f) Otros

Edafología, Vegetación, unidades geomorfológicos, etc.

**A 10.02 BASE DE DATOS****1) Utilidad**

Los mapas que se disponen en la aplicación de cartografía digital a través de Internet están vinculados con tablas de atributos, que contienen información sobre cada entidad representada -por ejemplo nombre, área, municipio, UGA o lineamientos de manejo-.

Sin embargo, para los fines de la bitácora, existen otras tablas que no están directamente relacionadas con los mapas. Entre éstas, se encuentran las tablas auxiliares que pueden crearse para la importación de datos, para hacer referencia a convenios, para vincular a responsables de compromisos con acciones específicas, para la determinación de indicadores ambientales o para organizar el resultado de las evaluaciones.

Otras tablas pueden contener datos históricos, científicos y técnicos que no pueden expresarse adecuadamente a través de mapas. Ejemplos de ello son las fichas bibliográficas, los registros de especímenes en colecciones, las descripciones del hábitat reportado para ciertas especies, el registro histórico de mediciones puntuales fijas de calidad del aire o los datos de producción -o intensidad de actividad- reportados por los sectores productivos. La aplicación de cartografía digital no cuenta con todas las funciones necesarias para manejar estas tablas adicionales como parte de una base de datos relacional, por lo que será necesario manejarlas externamente, por medio de un programa especializado o un sistema de información geográfica (SIG). Éste permitirá establecer relaciones entre las tablas y mantener vínculos entre las tablas internas y el SIG -o al menos intercambiar datos con ellas- y las externas, para realizar algunas operaciones.

## 2) Características

La base de datos utiliza las tablas asociadas con el mapa del modelo de ordenamiento ecológico y con mapas temáticos, ya sea a través de un vínculo externo o incorporando copias de ellas como tablas locales. Además, contiene una serie de tablas no provenientes del SIG pero vinculadas con él y que se actualizan automáticamente en ambos componentes (SIG y base de datos); el único requisito es que deben existir reglas para establecer la nomenclatura y/o estructura y para disminuir la fragilidad de la bitácora ante fallas del sistema. Tanto la tabla del modelo de ordenamiento como las de otros mapas generados en el SIG, generalmente deben ser editadas dentro de éste para darles la estructura adecuada. Si su estructura se modifica externamente (p. ej. desde la base de datos), pueden perder su funcionalidad o dejar de mantener los vínculos adecuados con los polígonos de los mapas.

Para manejar las tablas, se requiere de un programa capaz de gestionar bases de datos relacionales, es decir, que permita asociar funcionalmente campos de diferentes tablas y establecer relaciones específicas entre ellas, para por ejemplo, garantizar la integridad de los datos y conectarlos de modo inequívoco. Aunque los procedimientos de unión, cálculo, selección y consulta de los datos pueden realizarse de modo manual por medio de una hoja de cálculo, el trabajo es tedioso y aumenta la probabilidad de cometer errores de captura o de aplicar una operación incorrecta a un gran volumen de datos, sin notarlo. En todo caso, el costo y la dificultad de operación de sistemas de gestión de bases de datos (DBMS) suficientemente capaces, como Access, FoxPro o SQL Server no son significativamente mayores que los de una hoja de cálculo.

Además de las tablas provenientes del SIG, la base de datos contiene otras que se han mencionado con anterioridad, que contienen entre otros temas las estrategias ecológicas, los indicadores ambientales y la evaluación del desempeño. Todas las bases de datos deberán incluir un campo clave que las relacione con la UGA correspondiente o con los campos relevantes, como municipios, de las otras tablas. Para establecer las propiedades de los campos, tales como el nombre, el tamaño y el tipo de datos que aceptan, se recomienda apegarse a lo propuesto en este documento. Cabe

advertir que debido a las características de cada ordenamiento o de los programas empleados, será necesario hacer ajustes a esta estructura, hasta lograr un funcionamiento satisfactorio. Conforme se acumule experiencia en el uso de la bitácora, es muy probable que se propongan nuevas tablas o se modifiquen las existentes, aunque las actuales se han diseñado para recopilar toda la información que previsiblemente se requiere para lograr sus propósitos.

Además de la estructura de la base de datos, es importante la consistencia del contenido de los campos, para lograr que bitácoras de diferentes áreas geográficas puedan ser comparadas o integradas. Casos típicos son las leyendas diversas que existen para los mapas de vegetación o para las políticas, lineamientos ecológicos, criterios ecológicos, objetivos, usos del territorio, etc. Es recomendable mantener una estrecha comunicación con la Dirección General de Política Ambiental e Integración Regional y Sectorial, de la SEMARNAT, para obtener información actualizada sobre los avances logrados en el establecimiento de catálogos que permitan la homologación o unificación a nivel nacional, con el fin de contar con una leyenda única o al menos conocer la equivalencia entre los términos empleados para estos temas, en los diversos ordenamientos. El uso de un catálogo también facilita el llenado de los campos de la base de datos y reduce la probabilidad de errores de captura o de variantes del mismo nombre (por ejemplo, cuando se captura abreviado o con faltas de ortografía), al introducir consistentemente el mismo nombre y clave para cada tema.

### **3) Información mínima**

Las bases de datos que deberán incluirse para consulta en la Bitácora Ambiental son las siguientes):

- a) Datos del Modelo y Estrategias de ordenamiento
  - Aptitud y compatibilidad de usos
  - Políticas
  - Catálogo de usos
  - Catálogo de lineamientos
  - Agenda ambiental

- Catálogo de objetivos
- Catálogo de criterios ecológicos
- Acciones, proyectos y programas

**b) Datos temáticos**

- Edafología
- Vegetación (puede existir una tabla por año)
- Catálogo de municipios
- Catálogo de Unidades de Gestión Ambiental
- Otras tablas de datos temáticos

**c) Datos del seguimiento y monitoreo**

- Evaluación de lineamientos
- Evaluación de objetivos
- Evaluación de criterios ecológicos
- Datos de los indicadores ambientales (**debe existir una tabla por indicador**)\*
- Catálogo de indicadores ambientales
- Catálogo de indicadores de gestión
- Compromisos del comité

**d) Datos documentales**

- Catálogo de responsables
- Catálogo de documentos

**\*La tabla de los indicadores ambientales debe copiarse tantas veces como indicadores se utilicen en el sistema, cambiando el nombre por alguno que sugiera de qué indicador se trata. Estas tablas acumulan todos los valores obtenidos desde la puesta en marcha del ordenamiento. Su función principal es evaluar la eficacia de los objetivos específicos o de los criterios ecológicos mediante la comparación entre el valor observado y el valor objetivo, aunque sirven también para identificar tendencias y otros estudios ambientales.**

Además de estas tablas, el sistema contendrá otras que es necesario crear para almacenar el resultado de evaluaciones específicas, o para establecer relaciones especiales entre estas. Por ejemplo, puede crearse una tabla de informes, resultante de relacionar el catálogo de documentos con la tabla de programas, acciones o proyectos, o una de artículos científicos empleados como criterios para fundamentar los lineamientos o los criterios ecológicos. También pueden incluirse nuevas tablas primarias, como por ejemplo un catálogo de criterios de homologación de los empleados por SEMARNAT, SEDESOL y los estados, para mejorar la consistencia en su uso al determinar lineamientos, usos permitidos e incompatibles. La acumulación de experiencia práctica en el uso de la bitácora determinará qué nuevas tablas deben ensamblarse y cuáles muestran utilidad limitada. Como ejemplo de utilización de la base de datos se puede consultar el Anexo 9.

Una vez realizados los análisis y el cruzamiento de información en el SIG, se deberán adecuar los archivos necesarios para la incorporación de los nuevos mapas a la cartografía en línea.

## A 10.03 DOCUMENTOS

### 1) Utilidad

Otros elementos de información no pueden incorporarse en mapas ni en tablas, como es el caso de los instrumentos legales y administrativos, para los que deben utilizarse formatos y programas especializados en el manejo electrónico de documentos. El diseño de la bitácora debe mantener la vinculación entre estos datos de naturaleza diversa, para lo cual existe una tabla de documentos, que sirve como catálogo y que contiene hipervínculos a los archivos que contienen los documentos. Es importante mencionar que algunos de estos documentos pueden contener información que sí puede y debe expresarse cartográficamente o en forma de tablas. Ejemplos de ello son los polígonos que delimitan el área comprendida por los convenios de coordinación, los límites municipales, los resultados del proceso de consulta pública y las tablas que contienen el listado de compromisos específicos, objetivos, fechas de evaluación/ter-

minación y responsables de ejecutarlas.

## 2) Características

Los documentos básicos del proceso de ordenamiento deben convertirse a formatos electrónicos y estar disponibles tanto en la base de datos como en las diversas secciones correspondientes del sistema. Su localización y visualización se logran por medio de hipervínculos, colocados en los campos de la base de datos que hacen referencias a ellos. Algunos sistemas incluyen un campo tipo hipervínculo, que abre los archivos automáticamente y permite visualizarlos. En la página de Internet, se utiliza un mecanismo similar. La tabla de documentos sirve a la vez como catálogo y como mecanismo de localización y despliegue.

El formato recomendado para la mayoría de los documentos es el PDF (Portable Document Format), que puede ser editado y visualizado con el programa Acrobat Reader, de Adobe Systems. Este programa se encuentra instalado en prácticamente todas las computadoras personales, ya que es el estándar para la distribución de documentos a través de Internet. Debe estar presente como un programa auxiliar ("plug-in") en las computadoras de quienes consulten la página de la bitácora, y puede colocarse en ella una liga al sitio de Adobe. Su distribución es gratuita y los usuarios que no cuenten con él pueden descargar las versiones más recientes directamente de los sitios de la empresa. Estas versiones permiten visualizar los documentos, imprimirlos y guardar copias de ellos, pero es posible protegerlos contra edición, para evitar que sean alterados.

Sin embargo, los responsables de elaborar la bitácora deben contar con la versión profesional del programa, que permite editar los documentos y establecer los mecanismos de protección del documento, incluyendo claves de seguridad y los niveles de acceso para diferentes usuarios. Esta versión si tiene un costo, que no es elevado en relación al de otros componentes del sistema.

Por razones de seguridad, se recomienda capturar los documentos críticos en su versión final, en formato PDF en lugar del formato de procesador de texto empleado durante su creación (como WORD, por ejemplo).

Algunos documentos oficiales, deben mostrarse tal y como se ven en papel, por lo que deben ser capturados por medio de un escáner, al igual que aquellos documentos que no fueron generados originalmente con una computadora. En casos donde la seguridad no es crítica, o donde es más práctico poner los datos a disposición del usuario para su edición o para hacer búsquedas internas, pueden emplearse formatos estándar de procesador de texto (Word), hojas de cálculo (Excel), dibujos vectoriales (se recomienda \*.DXF, Windows Metafile \*.WMF o Enhanced Postscript \*.EPS) o imágenes comprimidas (JPG o TIF). Estos formatos son ampliamente utilizados y son reconocidos por la mayoría de los programas que manejan texto y gráficas, incluyendo los navegadores de Internet.

### **3) Información mínima**

#### **a) Participación Pública**

Para las consultas de expertos, talleres y foros de consulta pública se deberán presentar las listas de invitados y asistentes a los eventos con información sobre sus respectivas instituciones y especialidades. Se deberá incluir información sobre los mecanismos de difusión de los eventos, fecha y lugar, orden del día, insumos de información, métodos, resultados y conclusiones los mismos.

Para la consulta del producto final de la etapa de caracterización y la propuesta de programa de ordenamiento ecológico se deberán incluir los criterios utilizados para decidir si la opinión pública se toma en cuenta o se rechaza. En los casos de opiniones procedentes se deberá describir la forma en que se estas se incorporaron al proceso de ordenamiento ecológico. Se deberá explicar el mecanismo con que se dio respuesta a las inquietudes manifestadas en las consultas.

#### **b) Convenios y Compromisos**

Se deberá incluir el Convenio de Coordinación, que es el pacto que firman las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, las entidades federativas, sus municipios, y en su caso el Distrito Federal y sus delegaciones. Mediante este instrumento, los firmantes se ponen de acuerdo en la forma y tiempo en que se llevará a cabo el ordenamiento ecológico y la evolución de los compromisos adquiri-

dos. También se incluirán todos aquellos documentos que indiquen la evolución de los compromisos adquiridos, como las minutas de las reuniones, así como otros convenios y acuerdos. De estos documentos debe extraerse la información espacial pertinente, tal como límites municipales, de UGA, de Áreas Naturales Protegidas y cualquier otra información pertinente, como nombres oficiales de autoridades, poblados, cuencas y otros rasgos fisiográficos.

c) Documentos técnicos y jurídicos

Se deberá incluir el reglamento interno y el acta de instalación del comité, las publicaciones en el Diario Oficial de la Federación relacionadas con el proceso y sus similares en los estados.

También se deberán incluir las bases técnicas utilizadas para la elaboración del programa de ordenamiento ecológico, como por ejemplo los documentos que describen con detalle los criterios para definir los usos autorizados o incompatibles, las descripciones de los usos del suelo, las normas oficiales sobre especies protegidas, disposición de residuos y otras.

Cabe señalar que las Actas de las Sesiones, Actas de Instalación de Comités, Convenios de Coordinación y Reglamentos de Comités deben estar firmados por los involucrados y resguardados en los archivos de la Dirección de Ordenamiento Ecológico de la SEMARNAT. Las versiones digitales que se suben a la Bitácora no llevan firmas.



## ANEXO 11. ELEMENTOS TÉCNICOS NECESARIOS EL MANTENIMIENTO DE LA BITÁCORA AMBIENTAL

Para cumplir con las tareas descritas anteriormente, el sistema utilizado para manejar la bitácora ambiental debe tener la capacidad para realizar por lo menos tres funciones básicas: el registro sistemático de información de naturaleza diversa, su análisis para la evaluación de resultados y la comunicación de éstos a diferentes niveles de usuarios. Para lograr esta combinación de tareas, es posible elegir, entre una amplia variedad de programas de cómputo, aquellos que mejor se ajusten a las necesidades, capacidad técnica y presupuesto de la entidad que mantendrá la bitácora. En un extremo de este espectro, existen sistemas capaces de realizar todas estas funciones de modo integrado –por ejemplo el sistema ArcGIS, de ESRI- aunque su costo es elevado. Este tipo de sistema brinda una enorme capacidad para el manejo y análisis de información y aunque su uso es en general recomendable, no está al alcance de todos, tanto técnica como económicamente, por lo que su uso parece reservado a las instancias federales, a los estados y a los municipios con mayor capacidad financiera.

En el otro extremo, es posible reunir un conjunto de programas especializados en cada tarea y establecer rutinas para el intercambio de datos entre ellos. De este modo, las funciones se realizan con el programa adecuado para manejar cada tipo de información (mapas, tablas y documentos) o realizar cierto tipo de análisis, en tanto que el operador del sistema supervisa cuidadosamente la obtención de resultados y se encarga de mantener la integridad de los datos durante su intercambio y actualización. Aunque este esquema requiere de

un mantenimiento meticuloso, también permite aprovechar paquetes más accesibles –existen, incluso, algunos que son gratuitos- para la gestión del SIG, así como programas de uso común para el manejo de hojas de cálculo, bases de datos relacionales, documentos PDF y para la creación de páginas de Internet.

Los elementos necesarios para mantener una bitácora con las características que hemos descrito, son los siguientes:

#### A 11.01 SISTEMA DE GESTIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

##### 1) Sistema de información geográfica

Es necesario para la integración, visualización y análisis del Modelo de Ordenamiento Ecológico, así como de mapas temáticos, datos estadísticos e imágenes de percepción remota.

Para la visualización de los mapas existen servidores que permiten a los usuarios desplegarlos y consultar sus bases de datos asociadas. El servidor de mapas se puede desarrollar mediante programas de libre acceso (OPEN GIS) o comerciales. Para desarrollar un servidor de mapas en modalidad OPENGIS se deben cumplir con una serie de requisitos. Estos se pueden encontrar en la siguiente dirección electrónica: <http://www.opengis.org/docs/01-068r2.pdf>. Si se opta por el OPENGIS existe el software llamado MAPSERVER que se puede obtener en el siguiente portal: <http://mapserver.gis.umn.edu/>. En el caso de que se opte por un servidor de mapas comercial, se puede utilizar, entre otros, el software ARCIMS® (ESRI).

Este componente se refiere no sólo al programa utilizado para mantener el SIG, sino a la información propiamente dicha, como un insumo esencial de la bitácora. Además, debe incluir todos aquellos aspectos de los documentos, convenios, estudios y datos básicos, que puedan expresarse espacialmente. Por ejemplo, en algunos convenios aparecen las coorde-

nadas extremas o los municipios que incluyen a la región del ordenamiento ecológico. También forman parte del SIG los procedimientos y algoritmos utilizados para realizar las evaluaciones derivadas del análisis espacial. Un ejemplo de esto último es el algoritmo para calcular el cambio del uso del suelo que aparece en el Anexo 8.

La creación y mantenimiento del SIG puede hacerse a través de diversos programas especializados, que en general cuentan con las herramientas necesarias, especialmente al nivel relativamente sencillo requerido por una bitácora básica. Con el fin de uniformizar los formatos y las rutinas para la obtención de resultados, es conveniente utilizar paquetes como ArcGIS para PC o cuando menos ArcView, debido a que son ampliamente utilizados por instancias gubernamentales, instituciones académicas y consultores. Sin embargo, existen otros programas con la capacidad necesaria, tales como MicroStation, MapInfo, AutoDesk Map, ILWIS, Idrisi y GRASS (de dominio público), que pueden ser utilizados si el usuario cuenta con ellos, si se adaptan mejor al perfil técnico de su personal o si se ajustan mejor a su presupuesto.

Para mantener las bases de datos espaciales, operar y actualizar el SIG, se recomienda utilizar una computadora PC de escritorio Pentium 4 a 2.0 GHZ o superior, con un mínimo de 512 MB de memoria RAM (el óptimo es 1GB, para aumentar la velocidad del sistema y facilitar las tareas de impresión cuando se procesan mapas en un graficador), disco duro de 140 GB, tarjeta de red Ethernet 10/100, monitor de 17" SVGA, unidad de discos compactos con capacidad de lectura de DVD y escritura de CD-RW, un puerto serie RS-232 -para conectar tabletas digitalizadoras, GPS y otros aditamentos- y dos o más puertos USB 2.0 (como requerimientos mínimos). También es conveniente, pero no obligatorio, contar con otros periféricos, como un graficador en color para rollos de 1.30m de ancho (Plotter), tableta digitalizadora de tamaño suficiente para cubrir cartas INEGI 1:50,000, impresora láser para documentos y formatos diversos, impresora de inyección de tinta en color de 600 DPI o superior para reportes, imágenes y mapas en escala pequeña, así como un escáner de cama plana tamaño carta de 1200 DPI reales.

## **2) Paquete utilitario de manejo de imágenes.**

Con herramientas para el procesamiento, corrección y análisis de imágenes de percepción remota, la extracción de algunos indicadores ambientales, la reproyección de información geográfica y la importación, exportación y conversión de diversos formatos de archivo. Entre estos paquetes, que además incorporan cierta capacidad para el manejo de SIG, se cuentan Erdas Imagine, PCI y ENVI. Su uso sólo es necesario si estas funciones no están incluidas en el paquete elegido para el manejo del SIG. También es recomendable desde el punto de vista operativo, el contar con el programa Photoshop (versiones 6, 7 o CS), que es un editor de imágenes genéricas de amplia utilidad.

## **3) Programa de gestión de base de datos relacionales**

Si no se cuenta con un sistema especializado en manejo de bases de datos, es posible utilizar programas de hoja de cálculo a través de macros y funciones, aunque la administración de las tablas puede resultar complicada, especialmente porque se dificulta detectar errores e inconsistencias. Este componente debe ser capaz de hacer referencia a las tablas de atributos de los mapas –que son manejadas por el SIG- así como a los documentos, a través de vínculos con programas externos que permitan su visualización. Esta función ya es común en los programas de bases de datos y de hoja de cálculo. Los programas que se utilicen dependerán de la configuración de cada sistema en particular, pero en términos generales, si se utiliza el concepto de GeoDatabase (ArcGIS de ESRI), se recomienda el uso de Oracle y si se utiliza una configuración de programas múltiples de bajo costo, puede utilizarse Access e incluso Excel.

## **4) Suites plurifuncionales.**

Herramientas para la edición, organización, visualización y publicación de los documentos relacionados con el Proceso de Ordenamiento Ecológico, tales como los Convenios de Coordinación, los resultados de las consultas públicas, los Decretos y otras comunicaciones relevantes de carácter administrativo, político o de participación ciudadana. En este caso será conveniente contar con un paquete de propósito general que tenga

programas para edición de texto y manejo de hojas de cálculo, capaz de utilizar los formatos comunes como el .doc de Word, los .dbf de dBase y el .xls de Excel. Lo más práctico es contar con el paquete Office, de Microsoft, preferentemente en sus versiones más recientes (XP, 2000 o 2003) o alguno sustancialmente equivalente; También se recomienda el uso del programa Adobe Acrobat 6.0 profesional, para la edición y publicación de documentos protegidos o con formato.

## A 11.02 SISTEMA DE COMUNICACIÓN

### 1) Conexión a Redes

Acceso de alta velocidad a las redes de cómputo institucionales y a la Internet, para el intercambio expedito de información, la integración de los diferentes niveles del ordenamiento y la consulta de estos datos y mapas por el público. Incluye el equipo (servidores, programas de redes, concentradores) y los procedimientos administrativos (protocolos de comunicación, niveles de autorización de acceso a la información, entre otros). La configuración de LAN y las vías de acceso a otras redes e Internet están fuera del objetivo de este documento, por lo que no se discuten. Son necesarias para operar la bitácora, pero su implementación es función de la instancia encargada de operar los sistemas informáticos y las redes en cada institución y no de los responsables de la bitácora. Para almacenar la información, dar servicio de red y alojar las páginas de Internet, se recomienda un servidor Pentium IV a 2.0 GHZ; 2 GB de memoria RAM, discos duros de 200-300 GB, tarjeta de red Ethernet 10/100 y sistema operativo Windows Server 2003.

### 2) Programas para acceso a redes, consulta y edición de páginas Web.

Para realizar consultas al sistema de información tanto por técnicos y especialistas como por el público, a través de las redes locales y de la Internet. Comprende los programas necesarios para crear páginas de Internet, desarrollar interfaces de usuario, posibilitar la visualización de información geográfica y la realización de algunos análisis y operaciones básicas. Para la elaboración y mantenimiento de la página de Internet, puede em-

plearse el programa Macromedia Studio MX o alguno sustancialmente equivalente para editar páginas de Internet, aunque debe mencionarse que también es posible lograrlo con el editor HTML incluido en algunos navegadores de red, como Netscape o Explorer. Este editor puede además utilizarse para la actualización rápida de páginas. El programa ArcIMS, que es parte del sistema ArcGIS, puede utilizarse para incorporar la consulta interactiva de mapas en páginas de Internet. Sin embargo, su costo es relativamente elevado y requiere de contar con una computadora que debe usarse como servidor de mapas, por lo que sólo se recomienda a aquellas instancias que prevén la publicación de grandes cantidades de mapas e información temática en forma interactiva. Lo más conveniente para el nivel municipal, es establecer convenios con las autoridades estatales o federales que cuenten con este programa, para la publicación de mapas. No es un requisito que los mapas sean interactivos, pero sí que la información pueda ser consultada, visualizada y descargada de la red en formatos de uso común.

### **3) Mecanismos técnicos y administrativos**

Para garantizar la atención a las solicitudes y opiniones del público y de especialistas, mantener estadísticas de participación y permitir el registro de usuarios para acceso a los diferentes niveles de información.

## **A 11.03 PERSONAL TÉCNICO**

### **1) Administrador de la Bitácora Ambiental**

Familiarizado con el proceso de ordenamiento y su aplicación; capacitado en el manejo de sistemas de información geográfica, bases de datos y procedimientos para el intercambio de información, actualización de la página de Internet. Sus responsabilidades son las de mantener actualizada la información y los indicadores, realizar los procedimientos de evaluación periódica, verificar el funcionamiento correcto de consultas y funciones, resolver problemas relacionados con los datos y controlar su calidad, adoptar las medidas establecidas por el Comité de Ordenamien-

to, proporcionar información a las autoridades, dirigir las solicitudes y comentarios del público, mantener el enlace con las instancias técnicas estatales, municipales y de la Secretaría, elaborar reportes y buscar mecanismos para extender las aplicaciones de la información generada.

## **2) Especialista(s) en manejo de información geográfica y ambiental**

Sus responsabilidades son las de operar los programas, capturar, editar y acondicionar información cartográfica de tipo vectorial y raster, procesar imágenes, dar mantenimiento a las bases de datos y al catálogo de archivos, realizar consultas al SIG, realizar respaldos, digitalizar documentos, imprimir cartografía e informes e intercambiar información con otras instancias. Se considera necesario incorporarlo, si la carga de trabajo del administrador no le permite realizar adecuadamente estas funciones.

## **3) Técnico programador**

Con perfil informático que maneje JAVA, JAVA SCRIPT y ASP. Se encargará de actualizar y dar mantenimiento a la página, la programación, el mantenimiento del servidor y otros equipos, el manejo de bases de datos y la gestión de archivos. No es necesario que esté adscrito a la entidad responsable de la bitácora y puede ser parte del personal encargado de los sistemas de cómputo en el estado o municipio. Debe trabajar en estrecha coordinación con el administrador y el especialista.

Como se menciona en la introducción, no se pretende ni se considera deseable promover el uso de cierta plataforma o marca, ni especificar una configuración única, en virtud de la variedad de sistemas que se encuentran actualmente en uso y porque la evolución de la tecnología informática abre nuevas posibilidades técnicas que deben ser aprovechadas. También se correría el riesgo de recomendar alternativas de rápida obsolescencia. El ejemplo más tangible de este fenómeno es el de los equipos de cómputo y los programas, que mejoran sus especificaciones y precios en períodos de tiempo cada vez más cortos. Las tareas que hace dos o tres años parecían reservadas a estaciones de trabajo y programas costosos, hoy se pueden realizar en computadoras personales, cuya capacidad de procesamiento y almacenamiento son ya equivalentes. Otro caso relevan-

te son los sistemas de información geográfica, que experimentan en estos días cambios conceptuales importantes dirigidos a facilitar su aplicación en diversas actividades y su integración con otros sistemas informáticos, adoptando nuevas arquitecturas, interfaces de usuario, formatos y protocolos de comunicación.

## ANEXO 12. ORGANIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN EN LA BITÁCORA AMBIENTAL.

La información de mapas, documentos y bases de datos deberá estar organizada en la Bitácora Ambiental en forma clara y de fácil acceso a los usuarios. Una propuesta de estructura que cumple con estas características es la siguiente:

### A 12.01 ESTRUCTURA GENERAL

#### 1) Introducción

- a) Área de Ordenamiento Ecológico
- b) Importancia general del área de Ordenamiento Ecológico
- c) Descripción del Ordenamiento Ecológico (Definición, objetivos, alcances, etc.)
- d) Descripción general del Proceso de Ordenamiento Ecológico de acuerdo a la normatividad en la materia (LGEEPA, Reglamento en materia de ordenamiento ecológico)
- e) Descripción general de otros procesos de Ordenamiento Ecológico o relacionados (por ejemplo ordenamientos territoriales, urbanos, turísticos, etc.). Indicar el tipo de Ordenamiento Ecológico de acuerdo con la LGEEPA; la situación actual –en formulación, expedición, ejecución o actualización–; responsable de su realización

**2) Fundamentos jurídicos**

- a) Convenio o acuerdo
- b) Reglamento Interno del Comité de Ordenamiento Ecológico
- c) Acta de Instalación del Comité de Ordenamiento Ecológico
- d) Publicaciones en diarios oficiales (Ordenamientos Ecológicos)
- e) Leyes y normas de las cuales se deriva el Ordenamiento Ecológico (federales, estatales o municipales)
- f) Disposiciones ambientales en planes de desarrollo urbano

**3) Comité de Ordenamiento Ecológico**

- a) Lista de sesiones del Comité de Ordenamiento Ecológico
- b) Información sobre la instalación del Comité de Ordenamiento Ecológico
- c) Información sobre cada una de las sesiones del Comité de Ordenamiento Ecológico

**4) Agenda Ambiental**

- a) Descripción del proceso de identificación de la agenda
- b) Asuntos relevantes o problemas de la región para atender mediante el Ordenamiento Ecológico
- c) Contribución positiva o negativa de los asuntos relevantes para el Ordenamiento Ecológico

**5) Bases Técnicas**

- a) Reporte técnico con caracterización, diagnóstico pronóstico y propuesta del Programa de Ordenamiento Ecológico. Incluir títulos y descripciones de los contenidos de capítulos, subcapítulos, anexos.
- b) Cartografía geográfica (ArcIMS) y sus metadatos
- c) Imágenes de satélite, imágenes en formato .jpg o .pgj
- d) Plantillas y formatos de la información para impresión
- e) Resúmenes de información (p. ej. características generales de las UGA's o unidades ambientales)
- f) Otros...

**6) Programa de Ordenamiento Ecológico**

- a) Consulta del programa mediante un SIG o un Mapa Sensible

(mostrando UGA´s, políticas, lineamientos, usos del suelo, objetivos y criterios ecológicos)\*

- b) Consulta de la Bases de Datos mediante “Queries” (mostrando UGA´s, políticas, lineamientos, usos del suelo, objetivos y criterios ecológicos)

## **7) Evaluación y Monitoreo**

- a) Consulta del cumplimiento y efectividad de los lineamientos y estrategias del Programa de Ordenamiento Ecológico
- b) Consulta del Cumplimiento y efectividad de los compromisos derivados del Comité de Ordenamiento Ecológico y otros
- c) Consulta de las características de los indicadores utilizados para evaluar el cumplimiento y efectividad mediante una tabla por objetivos y criterios ecológicos
- d) Reportes de evaluaciones

## **8) Participación Pública**

- a) Foros o talleres de consultas a especialistas
- b) Foros o talleres de consulta pública
- c) Foro de Discusión

## **9) Directorio de Actores**

## **10) Otros vínculos**

- a) Vinculación con otras páginas de internet

## **11) Proyectos y programas relacionados con el Ordenamiento Ecológico**

- a) Descripción de componentes ambientales de programas urbanos y turísticos
- b) Descripción de Planes y programas ambientales, turísticos, urbanos
- c) Descripción de Procesos de capacitación y autogestión con énfasis ambiental
- d) Descripción de Proyectos sustentables (cinturones verdes, gestión y manejo de residuos, ecoturismo, etc)

- e) Descripción de Iniciativas comunitarias para el cuidado ambiental

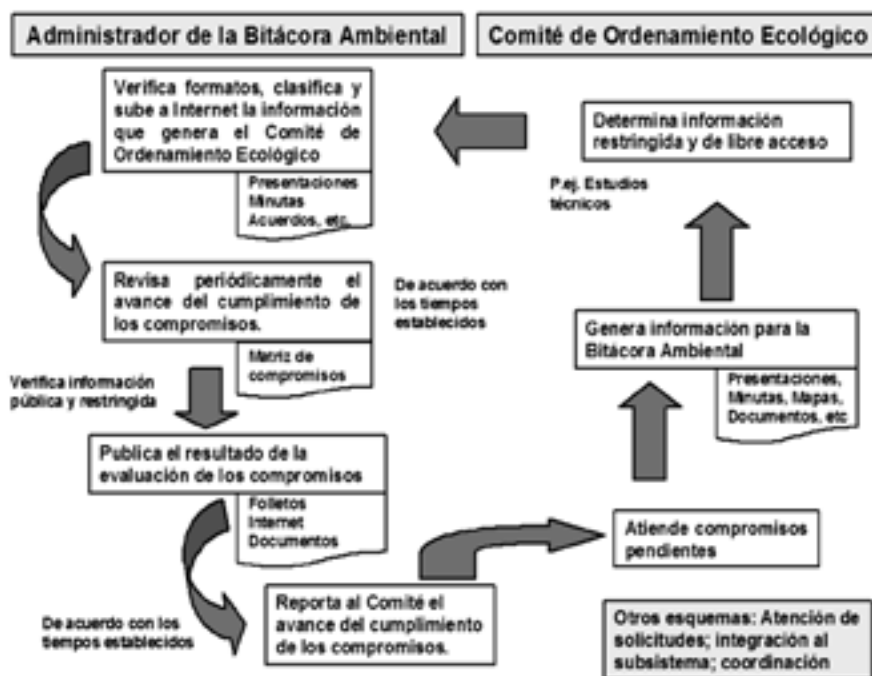
**12) Difusión y comunicación**

- a) Avisos importantes (como fechas de reuniones del comité)
- b) Comunicados de prensa o noticias relacionados con el ordenamiento

**A 12.02 INFORMACIÓN DEL COMITÉ DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO (DOCUMENTOS)**

Un aspecto relevante de la información de la Bitácora Ambiental, es la del Comité de Ordenamiento Ecológico. Es importante que se lleve un registro de la información que se genera en sus sesiones. Para ello, es necesario contar con información básica tal como las minutas que registran los acuerdos y compromisos establecidos entre los integrantes, tanto del órgano técnico como del ejecutivo. Un esquema de incorporación a la bitácora de la información derivada del Comité Ordenamiento Ecológico se presenta en la Figura A12.1

FIGURA A12.1  
ESQUEMA DE INCORPORACIÓN DE LA INFORMACIÓN DERIVADA DEL  
COMITÉ A LA BITÁCORA



Por otro lado, los usuarios de la bitácora podrían estar interesados en aspectos como el directorio del Comité Ordenamiento Ecológico para poder establecer contacto con ellos, los lugares donde se llevaron a cabo las reuniones y/o las presentaciones que hicieron los ponentes, entre otras cosas. Para poner la información derivada del Comité de Ordenamiento Ecológico a disposición de los usuarios se deben seguir los siguientes pasos:

### 1) Crear la sección de Comité de Ordenamiento Ecológico

Para empezar, hay que crear esta sección en la página de internet de la Bitácora Ambiental.

### 2) Organizar las Sesiones

Enlistar todas las Sesiones, tanto del órgano ejecutivo como del órgano

técnico. Ejemplo:

- a) 1ª Sesión del órgano ejecutivo
- b) 2ª Sesión del órgano ejecutivo
- c) 1ª Sesión del órgano técnico
- d) 2ª Sesión del órgano técnico
- e) ....

**3) Dar información sobre la instalación del Comité de Ordenamiento Ecológico**

- a) Encabezado con:
  - Título: Información sobre la instalación del Comité
  - Lugar físico de la reunión
  - Ciudad y Estado de la reunión
  - Fecha
- b) Lista de los asistentes a la ceremonia en archivo con formato PDF.
- c) Acta de instalación en archivo con formato PDF.
- d) Información complementaria
  - Presentaciones Power Point
  - Fotos de la reunión u otros asuntos
  - Otros...

**4) Colocar un directorio del Comité de Ordenamiento Ecológico**

Se deberá incluir un archivo en formato PDF con los siguientes datos:

- a) Nombre del Miembro del Comité de Ordenamiento Ecológico
- b) Institución a la que pertenece
- c) Cargo en la institución a la que pertenece
- d) Teléfono, Fax, Dirección
- e) Órgano al que pertenece

### **5) Dar información de cada una de las Sesiones del Comité de Ordenamiento Ecológico**

- a) Encabezado de cada Sesión del Comité de Ordenamiento Ecológico
  - Número de la Sesión, tipo de Sesión (ejecutiva, técnica, ordinaria o extraordinaria) y nombre del Comité de Ordenamiento Ecológico
  - Lugar físico en que se realizó la Sesión
  - Ciudad y Entidad Federativa en que se realizó la Sesión
  - Fecha
  
- b) Información básica (Esta información debe vincularse a archivos en formato .PDF.)
  - Orden del día
  - Minuta o acta
  - Lista de Asistencia
  
- c) Información complementaria
  - Presentaciones Power Point
  - Programas de trabajo
  - Fotos de la Sesión u otros asuntos
  - Documentos generados o entregados en la Sesión
  - Otros...

## **A 12.03 INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA (MAPAS Y BASES DE DATOS)**

El programa de ordenamiento ecológico se puede presentar de diferentes maneras, ya sea mediante interfases especializados en manejo de información geográfica (p. ej. ArcView o ArcIMS) o en mapas sensibles. A continuación se describen algunos de estos ejemplos.

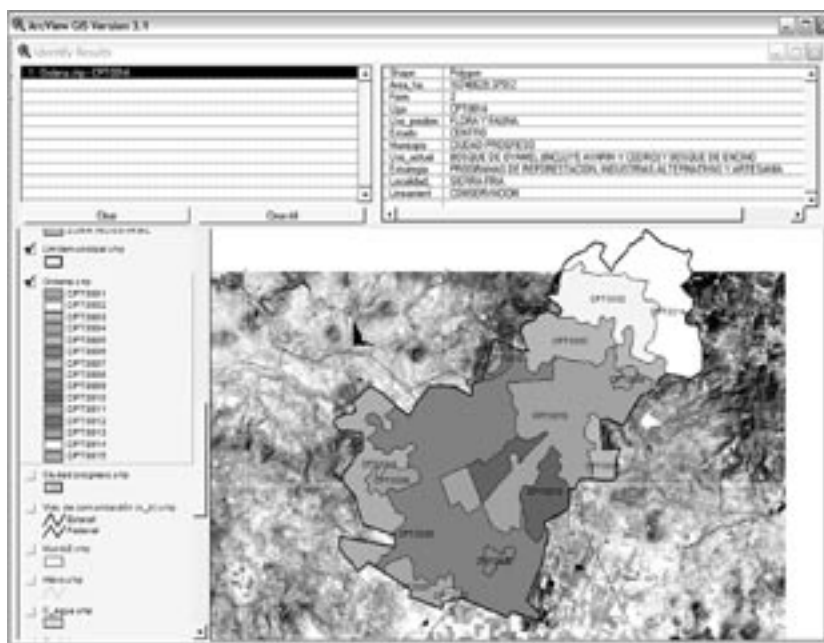
### **1) Consulta del programa en el SIG ArcView**

La Figura A12.2 muestra un mapa de unidades de gestión ambiental de

un modelo de ordenamiento ecológico y los resultados de la consulta de la ficha de la misma. El SIG utilizado es ArcView.

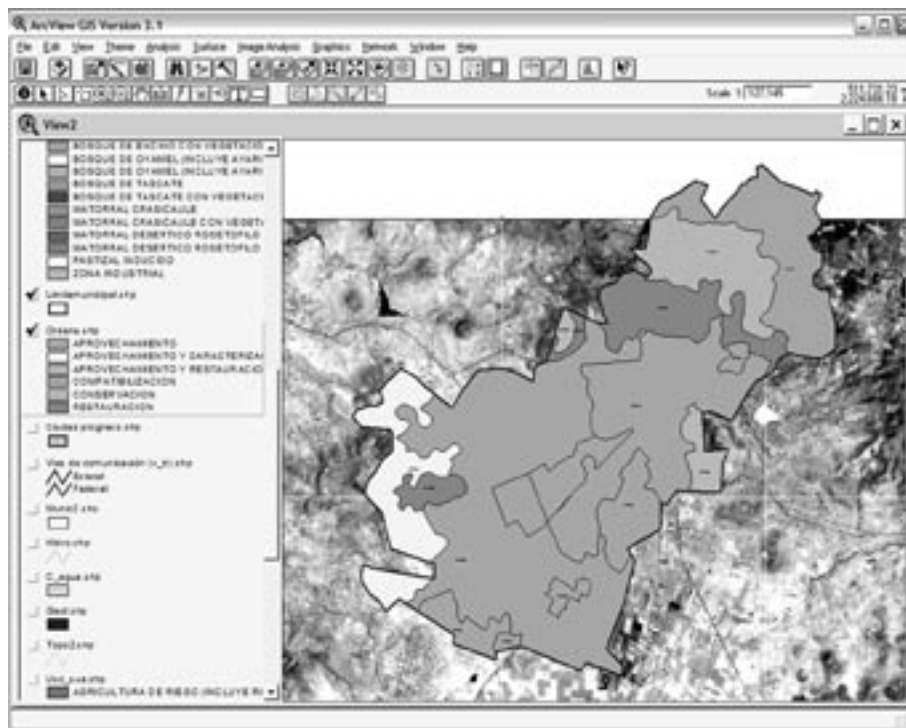
FIGURA A12.2

MAPA DE UNIDADES DE GESTIÓN AMBIENTAL DE UN MODELO DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO. RESULTADOS DE LA CONSULTA DE SU FICHA TÉCNICA EN EL SIG ARCVIEW.



La leyenda del mapa de la Figura A12.2 muestra las unidades de gestión ambiental. A partir de ese mismo mapa se pueden desplegar y cuantificar otras categorías en forma relativamente sencilla. Un ejemplo de ello es la distribución espacial de los lineamientos ecológicos mostrada en la Figura A12.3. La leyenda se configuró para mostrar la distribución de lineamientos ecológicos. Es posible obtener la superficie ocupada por cada lineamiento, el uso del suelo presente en cada una y otros temas de interés.

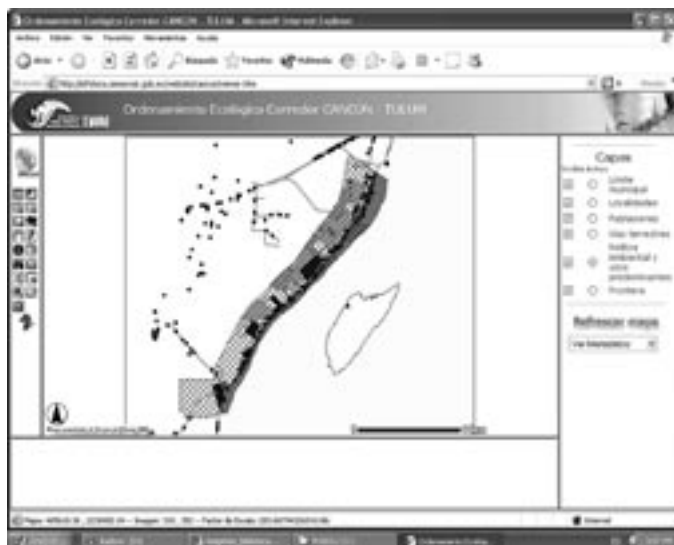
FIGURA A12.3  
MAPA DE LINEAMIENTOS ECOLÓGICOS DE UN MODELO DE  
ORDENAMIENTO ECOLÓGICO.



## 2) Consulta del programa en el Servidor de Mapas ArcIMS

La Figura A12.4 presenta las UGAs de un Modelo de Ordenamiento Ecológico.

FIGURA A12.4  
MODELO DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO. UGAS



La interfase en ArcIms permite seleccionar un área específica para consultar los lineamientos ecológicos aplicables (Figura A12.5):

FIGURA A12.5  
MODELO DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO. SELECCIÓN DE UNA UGA



Al seleccionar el polígono aparece la información asociada a la UGA en la Base de datos (Figura A12.6):

FIGURA A12.6  
DATOS ASOCIADOS A LA UGA SELECCIONADA

| POLITICA AMBIENTAL Y USOS PREDOMINANTES |           |     |            |                     |                  |                  |                                     |                            |
|-----------------------------------------|-----------|-----|------------|---------------------|------------------|------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| Raz                                     | Area      | Uga | Política   | Uso Predominante    | Uso Compatible   | Uso Condicionado | Uso Incompatible                    | CRITERIOS                  |
| 1                                       | 7299573.5 | 1   | PROTECCION | ACTIVIDADES MARINAS | CORREDOR NATURAL | TURISMO          | ACUICULTURA, INFRAESTRUCTURA, PESCA | <a href="#">UgaenLista</a> |

De cada Unidad de Gestión Ambiental se puede obtener la lista de criterios ecológicos asociados que forman parte de las estrategias ecológicas (Figura A12.7):

FIGURA A12.7  
LISTADO DE CRITERIOS ECOLÓGICOS DE LA UGA SELECCIONADA

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

Inicio Directorio Enlaces Mapa de Sitio Búsqueda Contactenos

**CRITERIOS APLICABLES**

**EQUIPAMIENTO E INFRAESTRUCTURA**

EI 1 Se prohíbe la instalación de cualquier tipo de infraestructura.

EI 35 Solo se permite la construcción de embarcaderos rústicos de madera, con excepción de las UGA's con política de protección, restauración y Áreas Naturales Protegidas en donde no se permitirá su construcción.

EI 36 No se permite la construcción de muelles.

**FLORA Y FAUNA**

FF 3 Se prohíbe la captura de mamíferos marinos.

FF 22 Se prohíbe la introducción de especies de flora y fauna exóticas invasivas.

FF 25 Se prohíbe la alteración y remoción de pastos del fondo marino.

FF 26 Se prohíbe el uso de explosivos, dragados y construcciones cercanas a arrecifes y manglares.

También es posible hacer consultas específicas sobre la base de datos de los mapas en ArcIMS (Figura A12.8):

FIGURA A12.8  
CONSULTA ESPECÍFICA EN UNA UGA EN PARTICULAR.

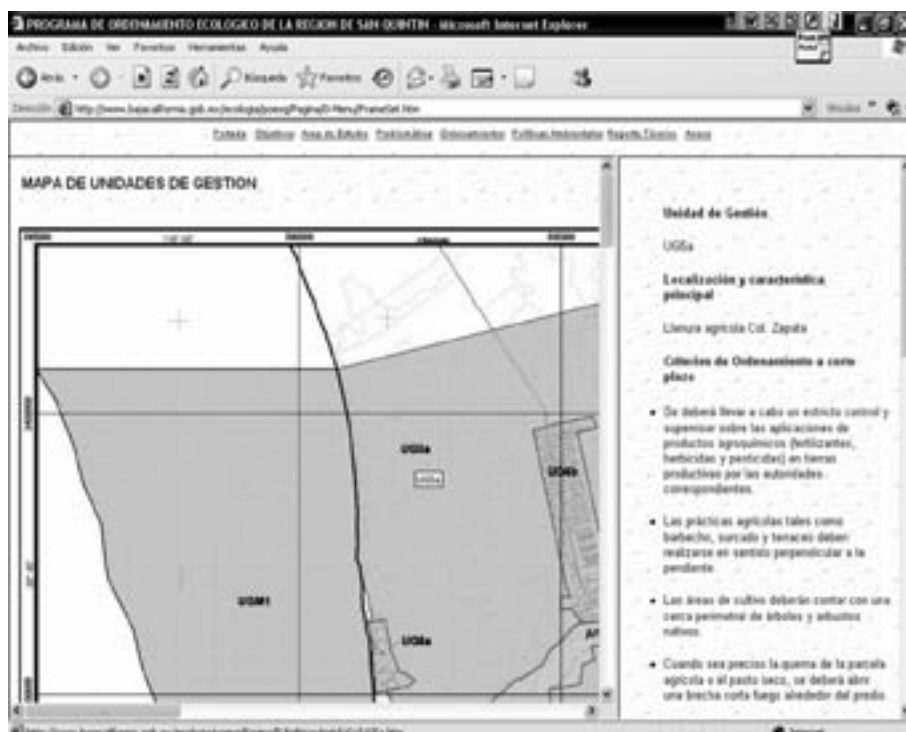


### 3) Consulta del programa en un Mapa Sensible

Cuando no se cuenta con un sistema de información geográfico, los mapas de las unidades de gestión ambiental y sus lineamientos y estrategias se pueden presentar mediante mapas sensibles. La Figura A12.9 muestra un ejemplo tomado del Ordenamiento Ecológico de San Quintín, Baja California

<http://www.bajacalifornia.gob.mx/ecologia/poesq/Pagina/0-Menu/FrameSet.htm>

FIGURA A12.9  
PRESENTACIÓN EN MAPA SENSIBLE DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS  
UNIDADES DE GESTIÓN AMBIENTAL DEL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DE  
SAN QUINTÍN, B.C.



#### 4) Consulta del programa por medio de tablas

En cuanto a la información no cartográfica del programa, es decir los lineamientos y las estrategias, se puede presentar en internet como un listado interactivo de unidades de gestión ambiental y sus características. La Figura A12.10 muestra un ejemplo tomado del Ordenamiento Ecológico de San Quintín, Baja California. También se puede presentar como una tabla asociada a su mapa en formato .DBF, :XLS. La Tabla 1 y la A12.1 muestran un ejemplo de la base de datos de un programa, con sus políticas y lineamientos en formato de EXCEL y ACCESS, respectivamente.

FIGURA A12.10  
PRESENTACIÓN EN LISTA DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS UNIDADES  
DE GESTIÓN AMBIENTAL DEL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DE SAN  
QUINTÍN, B.C.

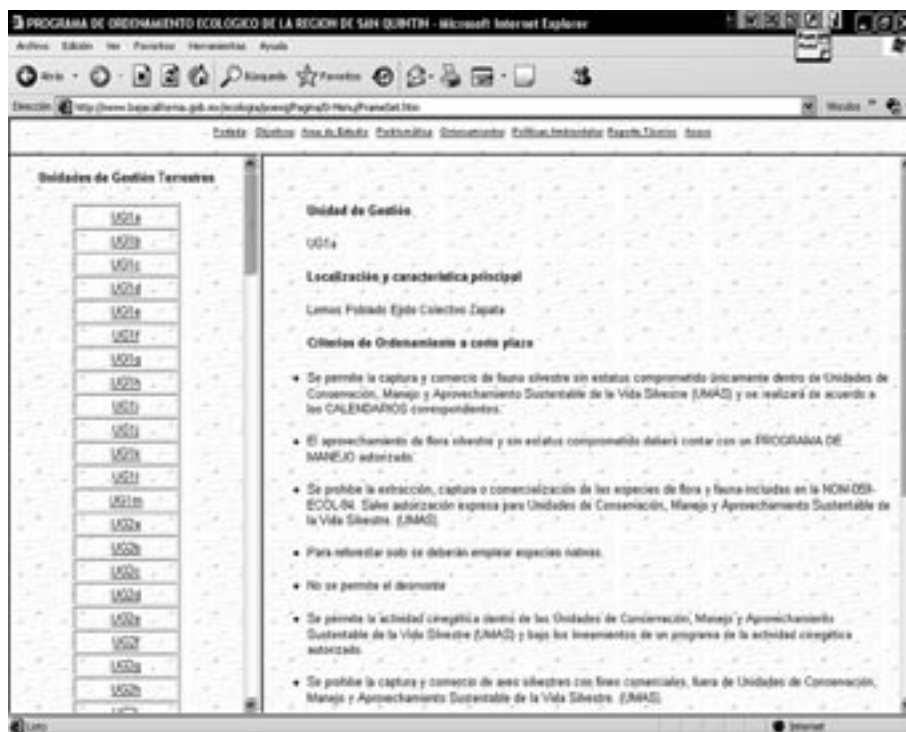


FIGURA A12.11

ATRIBUTOS CORRESPONDIENTES A LA POLÍTICA, LINEAMIENTOS Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE UN PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO EN FORMATO ACCESS.

|   | AREA(ha)    | CveUGA | CveMunicipio | CvePolitica | CveLineamiento | CveObjetivo | CveCriterio |
|---|-------------|--------|--------------|-------------|----------------|-------------|-------------|
| ▶ | 12669521.75 | UGA003 | MUN001       | POL003      | LIN003         | OBJ001      | CR001       |
|   | 838269.08   | UGA003 | MUN002       | POL003      | LIN003         | OBJ002      | CR003       |
|   | 11334794.5  | UGA003 | MUN003       | POL003      | LIN003         | OBJ003      | CR005       |
|   | 2695254.4   | UGA004 | MUN004       | POL003      | LIN003         | OBJ001      | CR002       |
|   | 1175748.53  | UGA004 | MUN004       | POL003      | LIN003         | OBJ002      | CR004       |
|   | 518804.36   | UGA004 | MUN004       | POL003      | LIN003         | OBJ003      | CR006       |
| * |             |        |              |             |                |             |             |

Registro: 1 de 6

TABLA 1  
 ATRIBUTOS CORRESPONDIENTES A LA POLÍTICA, LINEAMIENTOS Y  
 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.  
 PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO EN FORMATO EXCEL.

| Uga      | Area (Ha)   | Municipio       | Política                    |
|----------|-------------|-----------------|-----------------------------|
| Uga0001  | 3373931.02  | Ciudad progreso | Conservación                |
| Uga0002  | 12669521.75 | Ciudad progreso | Aprovechamiento sustentable |
| Uga0003  | 11334794.5  | Ciudad progreso | Restauración                |
| Uga0004  | 838269.08   | Ciudad progreso | Industrial agropecuario     |
| Uga0005  | 2895254.4   | Ciudad progreso | Flora y fauna               |
| Uga 0006 | 1175748.53  | Ciudad progreso | Asentamientos humanos       |

| Lineamiento                                                                      | Objetivos Específicos                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Minimización del efecto de las actividades agropecuarias sobre el suelo y bosque | Aumentar el uso de agroquímicos biodegradables<br>Limitar el avance de la frontera agrícola sobre el bosque<br>Mejorar las condiciones de productividad del suelo;<br>mantener las condiciones del suelo<br>Mantener las poblaciones animales y la conectividad del bosque |
| Aprovechamiento sustentable de la agricultura de temporal                        | Aumentar el uso de agroquímicos biodegradables                                                                                                                                                                                                                             |
| Restauración de la flora y fauna                                                 | Aumentar la reforestación<br>Propagar cactáceas                                                                                                                                                                                                                            |
| Aprovechamiento sustentable agropecuario                                         | Optimizar los rendimientos agrícolas<br>Reciclar desechos<br>Mejorar las condiciones de productividad del suelo<br>Mantener las condiciones del suelo                                                                                                                      |
| Conservación                                                                     | Promover programas de educación ambiental<br>Crear un parque ecológico<br>Mejorar las condiciones ambientales del suelo y bosque                                                                                                                                           |
| Mejoramiento de las condiciones urbanas                                          | Mejorar la calidad del aire<br>Establecer medidas restrictivas de emisiones<br>Disminuir las fugas de agua                                                                                                                                                                 |

| Uga      | Area (Ha)   | Municipio       | Política              |
|----------|-------------|-----------------|-----------------------|
| Uga 0007 | 518804.36   | Ciudad progreso | Asentamientos humanos |
| Uga 0008 | 2443625.03  | Ciudad progreso | Restauración          |
| Uga 0009 | 51974190.52 | Ciudad progreso | Aprovechamiento       |
| Uga 0010 | 9826921.35  | Ciudad progreso | Aprovechamiento       |

| Lineamiento                                               | Objetivos Específicos                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mejoramiento de las condiciones urbanas                   | Aumentar el tratamiento de aguas residuales<br>Elaborar un programa de manejo de residuos municipales |
| Restauracion de flora y fauna                             | Aumentar la superficie de reforestacion<br>Controlar los cambios de uso del suelo                     |
| Aprovechamiento sustentable de la agricultura de temporal | Sustituir cultivos de mucha demanda de agua por cultivos tradicionales                                |
| Aprovechamiento sustentable industrial                    | Aumentar el tratamiento de aguas residuales<br>Crear plantas de tratamiento                           |



IMPRESO EN MÉXICO

Impregrafica S.A. de C.V.

San Mateo 152

Col. La Preciosa

Del. Azcapotzalco

02460 México, D.F.

t: 24.87.61.30

[info@impregrafica.com](mailto:info@impregrafica.com)

[impregrafica.com](http://impregrafica.com)





