

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, Vayssieres 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.

AREAS CRITICAS PARA LA CONSERVACIÓN (ACC)

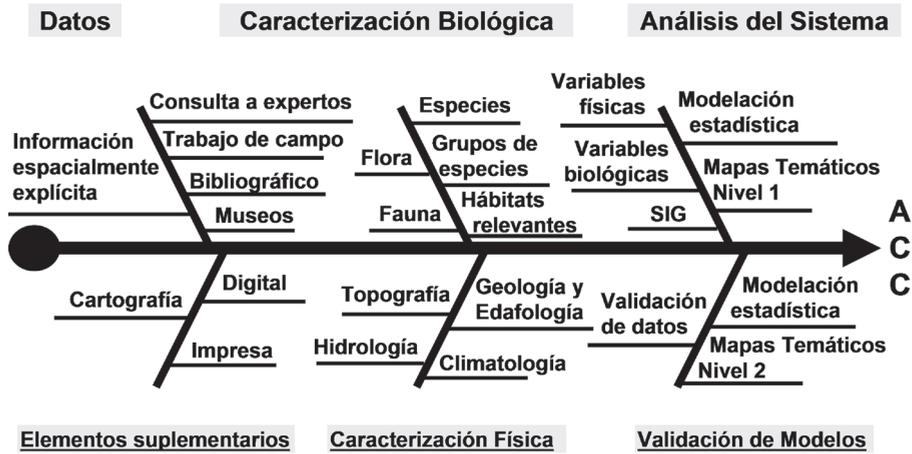


FIGURA A6.2.
 DIAGRAMA DE FLUJO INDICANDO LA INFORMACIÓN Y MATERIAL
 REQUERIDOS PARA MODELAR ESTADÍSTICA Y ESPACIALMENTE LA
 DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES Y HÁBITATS DENTRO DE UN ÁREA O REGIÓN Y
 UBICAR LAS ÁREAS CRÍTICAS PARA LA CONSERVACIÓN.

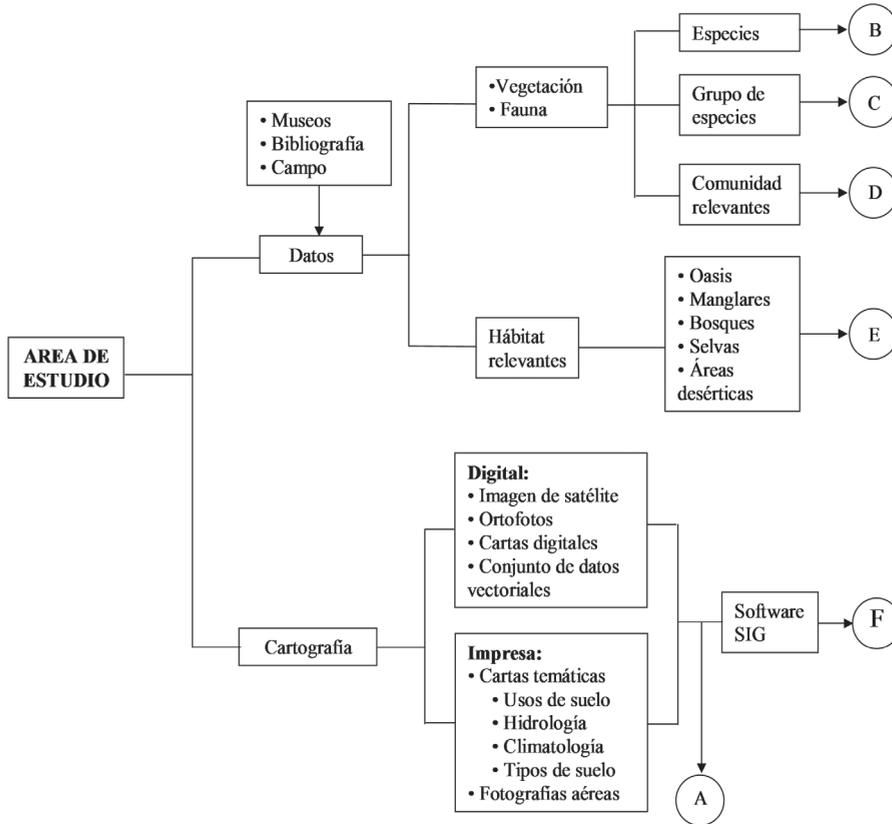


FIGURA A6.2. CONTINUACIÓN.

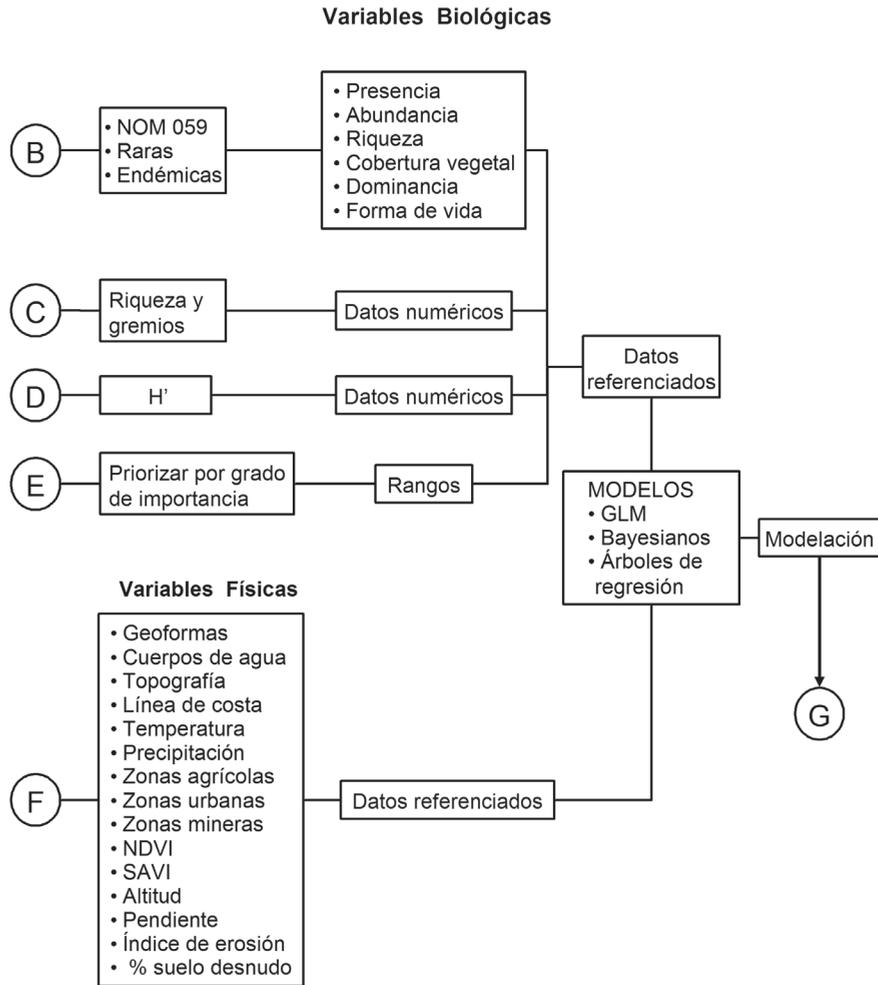
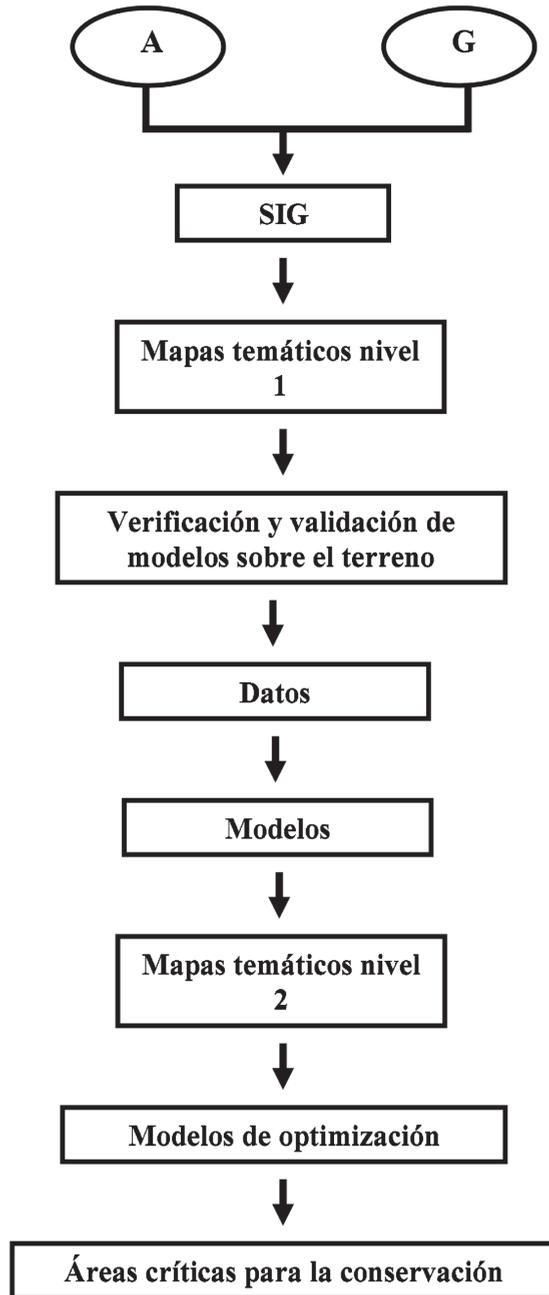


FIGURA A6.2. CONTINUACIÓN.



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 objetivo 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 encuentre 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.

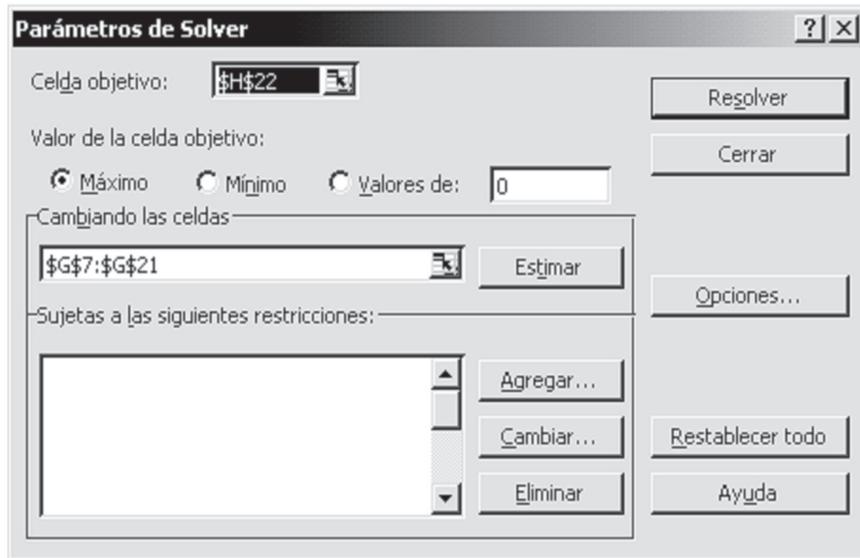
Cuencas	Elev.	VC	ha	X	(X)(ha)(VC)	(X)(ha)
1	3000	0.77	80	1	62	80
1	2900	0.64	45	1	29	45
1	2800	0.62	87	1	54	87
1	2700	0.91	78	1	71	78
1	2600	0.43	84	0	0	0
2	3000	0.62	56	0	0	0
2	2900	1.00	27	0	0	0
2	2800	0.01	99	0	0	0
2	2700	0.99	87	0	0	0
2	2600	0.57	35	0	0	0
3	3000	0.41	22	0	0	0
3	2900	0.82	52	0	0	0
3	2800	0.96	10	0	0	0
3	2700	0.01	96	0	0	0
3	2600	0.04	53	0	0	0
			911		715	290
						Funcion objetivo
						300 ha de restricción

- 2) Se va a la función Solver en Herramientas.

Cuencas	Elev.	VC	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	0	0	0
2	3000	0.62	56	0	0	0
2	2900	1.00	27	0	0	0
2	2800	0.01	99	0	0	0
2	2700	0.99	87	0	0	0
2	2600	0.57	35	0	0	0
3	3000	0.41	22	0	0	0
3	2900	0.82	52	0	0	0
3	2800	0.96	10	0	0	0
3	2700	0.01	96	0	0	0
3	2600	0.04	53	0	0	0
			911		715	290
						Funcion objetivo
						300 ha de restricción

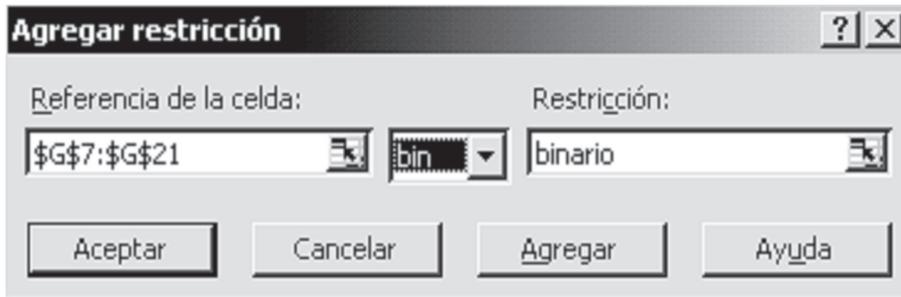
- 3) Dentro de la ventana “Parámetros de Solver” aparecerá como “Celda objetivo” en la cual hemos colocado el cursor, en este caso H22.
En “Valor de la celda objetivo” colocaremos Máximo, porque es el valor que estamos buscando.

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).

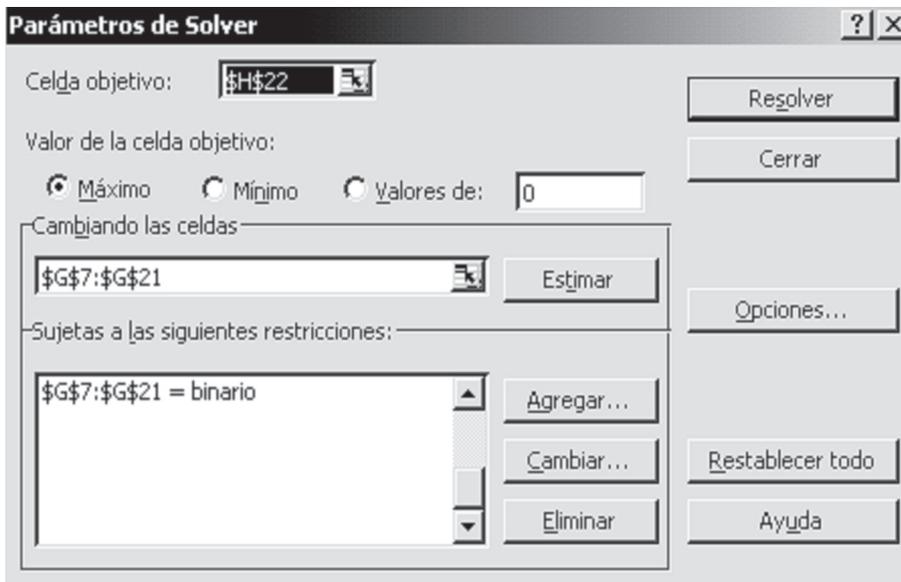


- 4) En la parte “Sujetas a siguientes restricciones” oprimir “Agregar”; en esta parte colocaremos las restricciones:
Que toda la columna X (seleccionar de G7 a G21) sea binaria.





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 $G8 \leq G7$ 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]

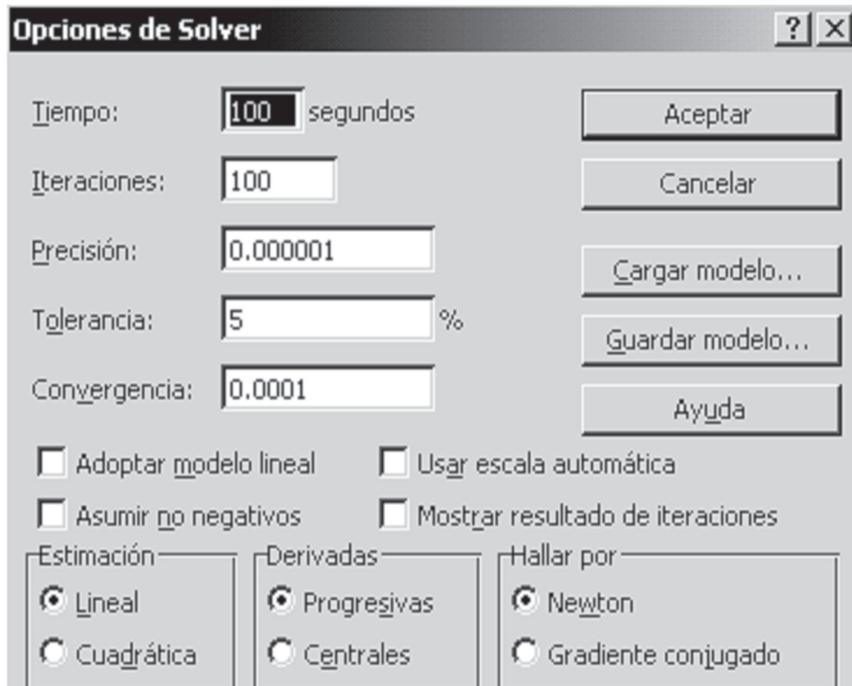
Celda objetivo:

Valor de la celda objetivo:

Máximo Mínimo Valores de:

Cambiando las celdas:

Sujetas a las siguientes restricciones:



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 ≥ 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.Dijak, 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. Hafler, 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; σ_t^2 es la varianza total, es decir, la del grupo formado por todas las clases del primer componente principal; σ_a^2 es la varianza del grupo **a** de clases; y σ_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 pixeles homogéneos con respecto a la aptitud de los sectores involucrados.

Para calcular las varianzas (σ_t^2 , σ_a^2 y σ_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 σ^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; μ 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 μ 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_i*), 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 (σ_i^2); es decir, la varianza del grupo formado por todas las categorías (1 a 21).

FIGURA A7.1. LA VARIANZA TOTAL

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
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	28381	-56762	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

Operaciones necesarias para el cálculo de la varianza total (σ_t^2)					
Cálculos parciales					
$N = \sum f_i =$					235559
$\sum f_i \cdot x_i =$					267335
$\mu = (\sum f_i \cdot x_i) / N =$					1.13
$\sum f_i \cdot x_i^2 =$					3109351
Varianza total					
$\sigma_t^2 = ((\sum f_i \cdot x_i^2) / N) - \mu^2$					11.91

En la Figura A7.2 se ejemplifica la obtención de las varianzas de los grupos a y b (σ_a^2 y σ_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 (σ_a^2 y σ_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	-1	0	0	1	0	
2	-9	0	0	81	0	11	0	34994	0	0	0	
3	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	7793	38965	25	194825	
8	-3	20353	-61059	9	183177	17	6	23480	140880	36	845280	
9	-2	28381	-56762	4	113524	18	7	0	0	49	0	
$\Sigma =$		56032	-2E+05		834222	$\Sigma =$		179527	447451		2E+06	
$\mu_a = (\Sigma f_i \cdot x_i) / N = -3.21$						$\mu_b = (\Sigma f_i \cdot x_i) / N = 2.49$						
$\sigma_a^2 = ((\Sigma f_i \cdot x_i^2) / N) - \mu_a^2 = 4.56$						$\sigma_b^2 = ((\Sigma f_i \cdot x_i^2) / N) - \mu_b^2 = 6.46$						
$\Delta\sigma^2 = \sigma_a^2 - (\sigma_a^2 + \sigma_b^2) = 0.90$												

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):

$$z_{gj} = m_{gj} - m_{g\cdot} - m_{\cdot j} + m_{\cdot\cdot} \quad (\text{A7-5})$$

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.

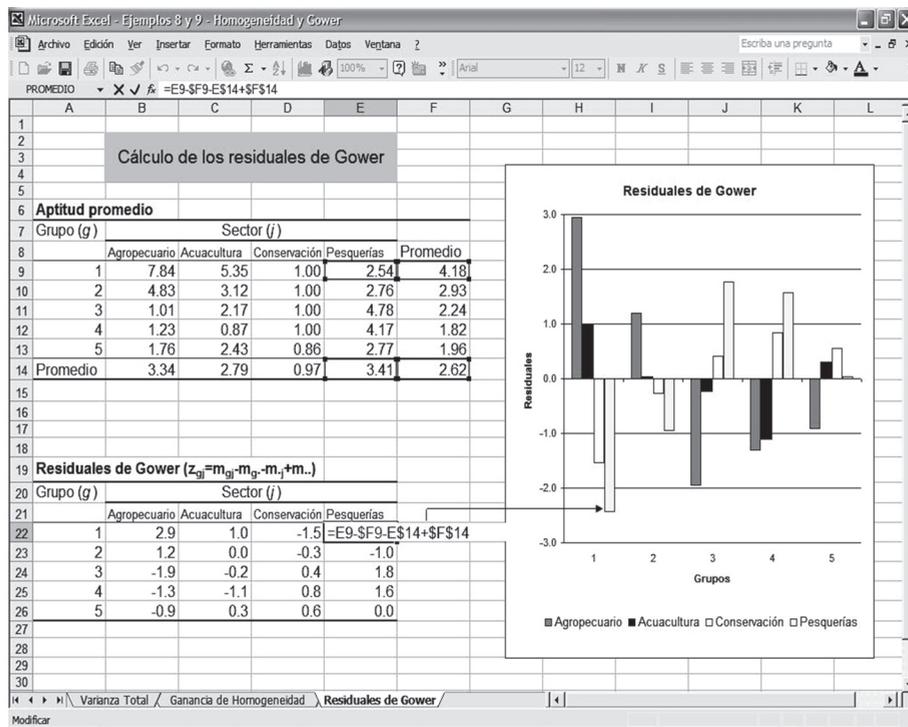
Ejemplo 9.

Supóngase que se trabaja con cuatro sectores: agropuecuario, 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_{g_j}) 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_{g_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_{g_j} .

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 ; $y_{gh} = 1$ 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 seleccionarlas; 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.

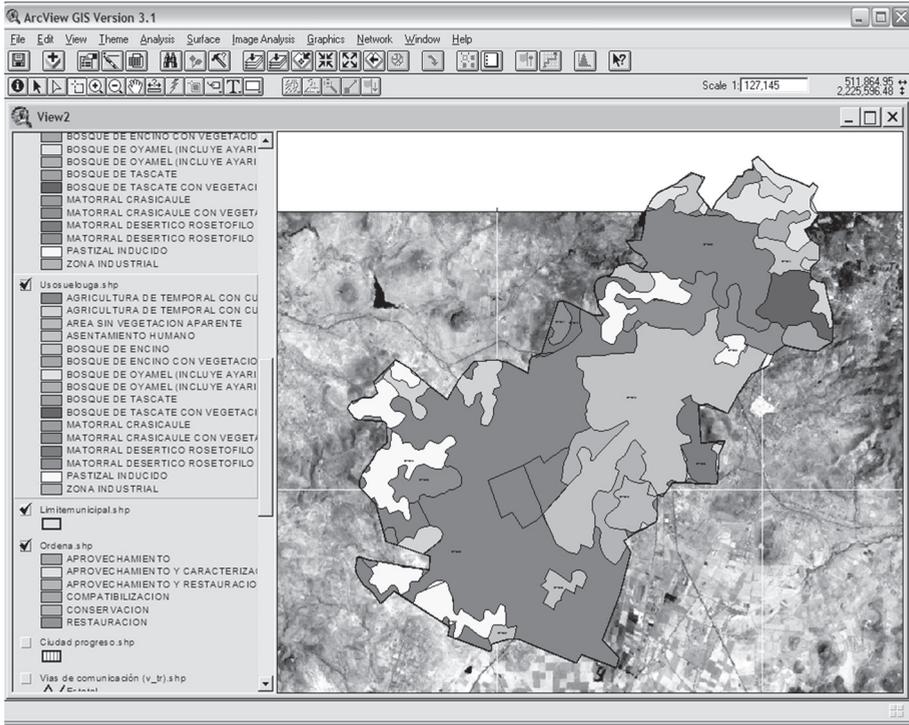
4) Los resultados obtenidos se publican en la página de Internet mostrando:

- 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

FIGURA A8.1.- USO ORIGINAL DEL SUELO A NIVEL MUNICIPAL, QUE SIRVE COMO LÍNEA DE BASE O REFERENCIA, CONTENIDO EN EL ARCHIVO.

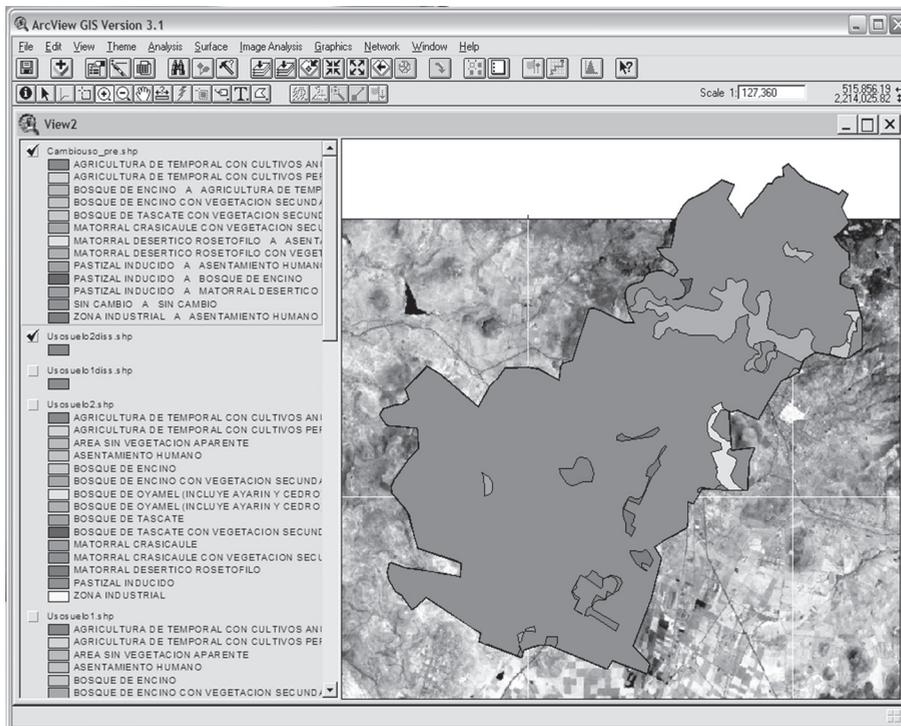


En primer término, comparamos este mapa con el de uso del suelo del siguiente período de evaluación, que idealmente sería el del año siguiente. Para obtener las diferencias, se intersectan ambos mapas, con lo que se generan nuevos polígonos en los sitios donde existieron cambios y se genera una nueva tabla de atributos que combina los de ambos mapas. El mapa resultante, muestra los cambios que ocurrieron en toda el área del municipio.

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.

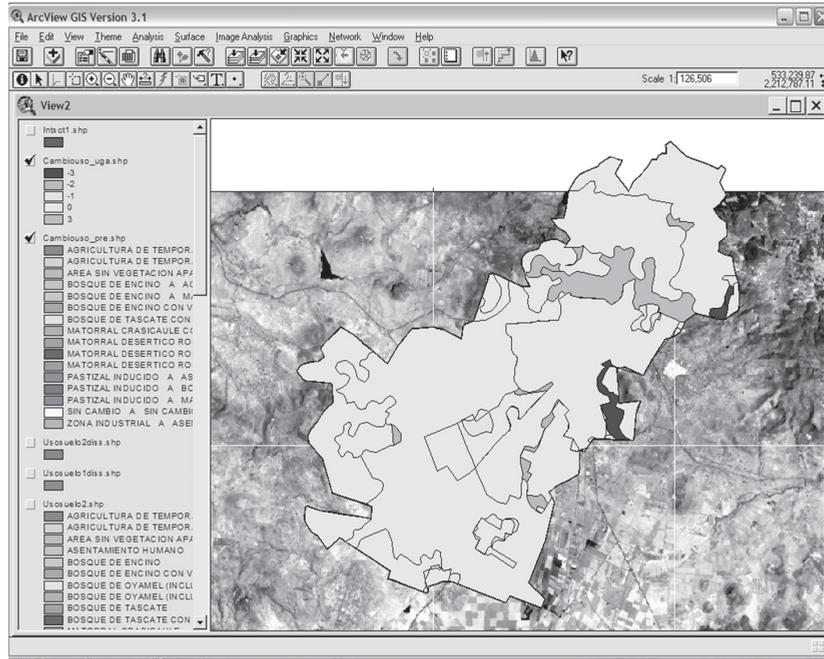
Por último, al final de la tabla de atributos de este mapa, se añaden tres campos. Uno, denominado “TipoCambio” contiene los nombres del uso

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.

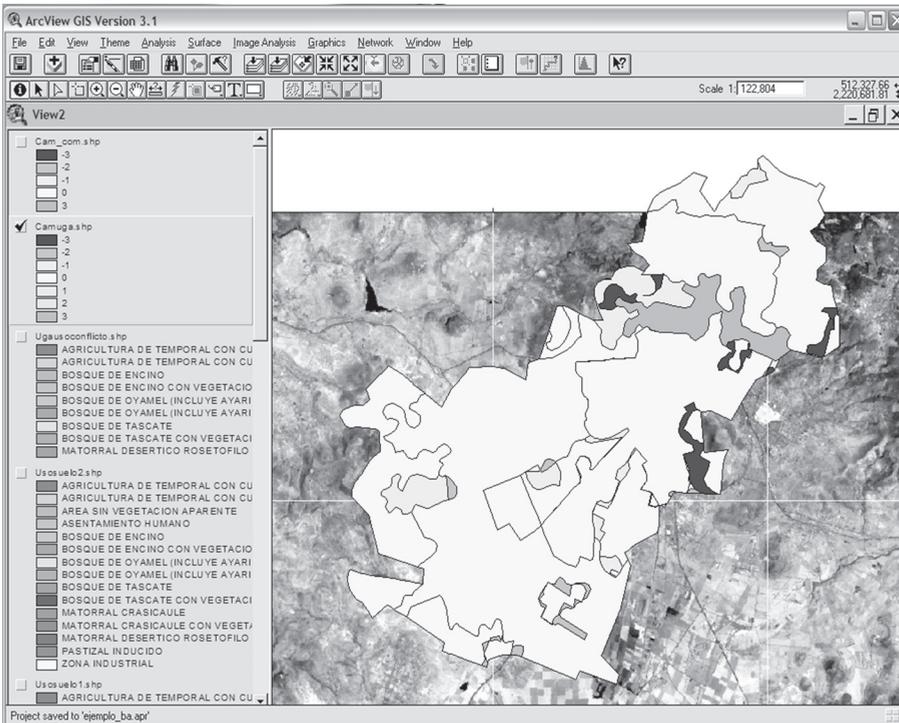


FIGURA A8.5- TABLA DE CAMBIO DE USO DEL SUELO EN LA QUE SE HAN INCORPORADO LOS VALORES DEL INDICADOR.

ID	Indicador	PuntoMedio	X	Y	Zona U	UGA	FechaDeterminacion	ValorIndicador	ValorObjetivo	ClaveEstrategia	Estrategia	Determinacion
1	CambioUsoDelSuelo	0	0			CPT0001	06/08/2002	-0.0775	1	E-CPT0001-1		
2	CambioUsoDelSuelo	0	0			CPT0002	06/08/2002	-0	0	E-CPT0002-1		
3	CambioUsoDelSuelo	0	0			CPT0003	06/08/2002	1.1458	0	E-CPT0003-1		
5	CambioUsoDelSuelo	0	0			CPT0004	06/08/2002	-1.5433	0	E-CPT0004-1		
6	CambioUsoDelSuelo	0	0			CPT0005	06/08/2002	-1.4852	0			
7	CambioUsoDelSuelo	0	0			CPT0006	06/08/2002	0	1			
8	CambioUsoDelSuelo	0	0			CPT0007	06/08/2002	0	0			
9	CambioUsoDelSuelo	0	0			CPT0008	06/08/2002	-1.0824	0			
10	CambioUsoDelSuelo	0	0			CPT0009	06/08/2002	-0.0399	0			
11	CambioUsoDelSuelo	0	0			CPT0010	06/08/2002	-0.1955	0			
12	CambioUsoDelSuelo	0	0			CPT0011	06/08/2002	0	2			
13	CambioUsoDelSuelo	0	0			CPT0012	06/08/2002	0	0			
14	CambioUsoDelSuelo	0	0			CPT0013	06/08/2002	0.0032	0			
15	CambioUsoDelSuelo	0	0			CPT0014	06/08/2002	-0.1872	0			
16	CambioUsoDelSuelo	0	0			CPT0015	06/08/2002	0	0			
*	nber)		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 = (Diferencia del valor de la determinación -Valor de la Meta)*100/(Diferencia entre el valor de la meta - 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:

LIN003	RECUPERACIÓN DE LAS CONDICIONES NATURALES (ver CatalogoLinemientos)
OBJ001	FOMENTAR EL AUMENTO DE LA COBERTURA FORESTAL (ver CatalogoObjetivos)
CRI002	Aumentar la cobertura forestal al 70% (ver CatalogoCriteriosEcologicos)
OBJ002	FOMENTAR LA DISMINUCIÓN DE LA EROSIÓN (ver CatalogoObjetivos)
CRI004	Disminuir la erosión a 20 ton/ha/año (ver CatalogoCriteriosEcologicos)a
OBJ003	FOMENTAR LA DISMINUCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN EN LOS RÍOS (ver CatalogoObjetivos)
CRI006	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:

Tabla	Valor Avance%
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.

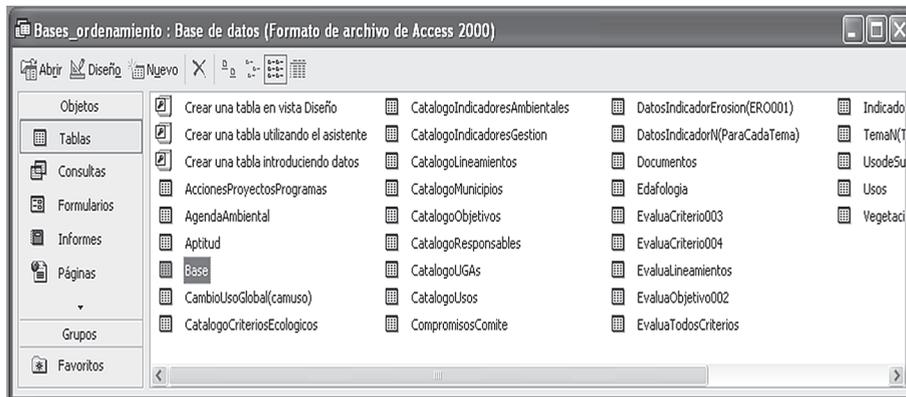
ANEXO 9. EJEMPLO DEL USO DE UNA BASE DE DATOS EN ACCESS

Este ejemplo utiliza un archivo de ACCESS que puede bajarse de la siguiente página electrónica:

http://www.semarnat.gob.mx/quessemarnat/ordenamientoecologico/Documents/documentos%20ordenamiento/bases_ord1.zip

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)



	AREA(ha)	CveUGA	CveMunicipio	CvePolitica	CveLineamiento	CveObjetivo	CveCriterio
▶	12669521.75	UGA003	MUN001	POL003	LIN003	OBJ001	CRI001
	838269.08	UGA003	MUN002	POL003	LIN003	OBJ002	CRI003
	11334794.5	UGA003	MUN003	POL003	LIN003	OBJ003	CRI005
	2895254.4	UGA004	MUN004	POL003	LIN003	OBJ001	CRI002
	1175748.53	UGA004	MUN004	POL003	LIN003	OBJ002	CRI004
	518804.36	UGA004	MUN004	POL003	LIN003	OBJ003	CRI006
*							

Registro: 1 de 6

3. Abrir la tabla denominada “Base”

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, 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 coordena-

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

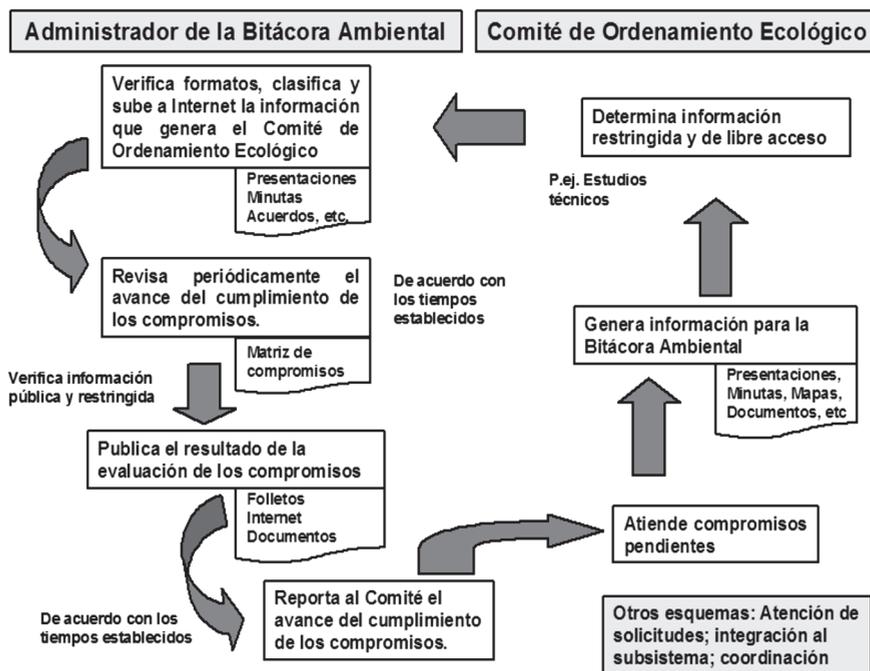
12) Difusión y comunicación

- 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)

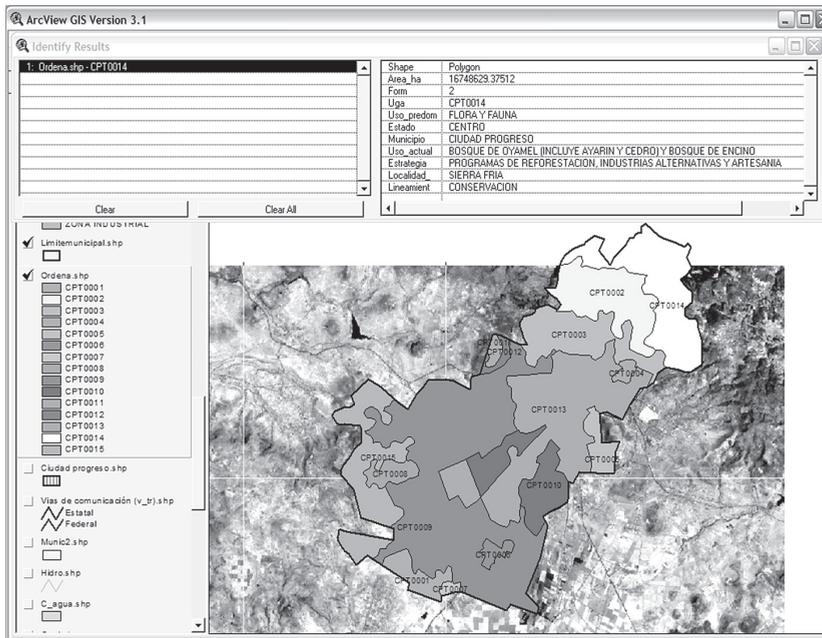
El programa de ordenamiento ecológico se puede presentar de diferentes maneras, ya sea mediante interfases especializados en manejo de información geográfica (p. ej. ArcView o ArcIMS) o en mapas sensibles. A continuación se describen algunos de estos ejemplos.

1) Consulta del programa en el SIG ArcView

La Figura A12.2 muestra un mapa de unidades de gestión ambiental de

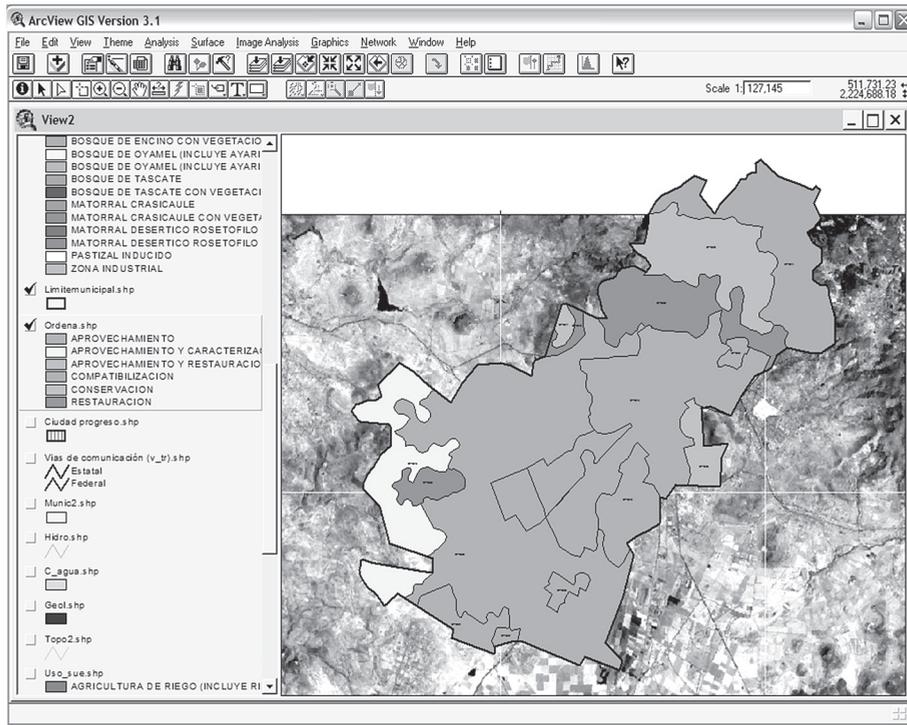
un modelo de ordenamiento ecológico y los resultados de la consulta de la ficha de la misma. El SIG utilizado es ArcView.

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.

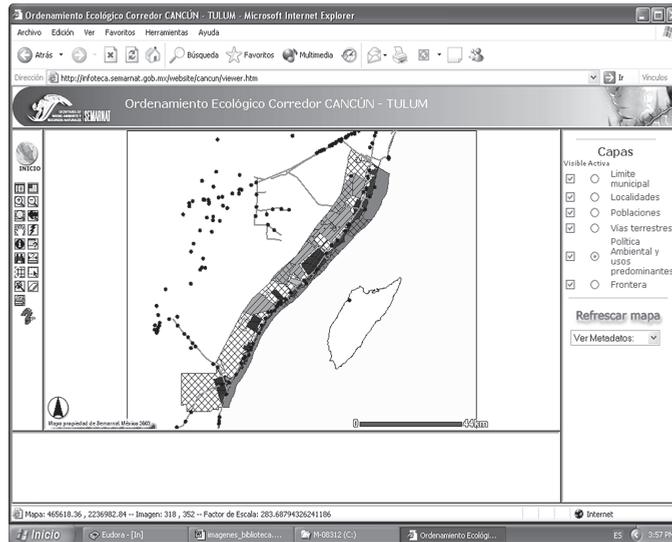
FIGURA A12.3
 MAPA DE LINEAMIENTOS ECOLÓGICOS DE UN MODELO DE
 ORDENAMIENTO ECOLÓGICO.



2) Consulta del programa en el Servidor de Mapas ArcIMS

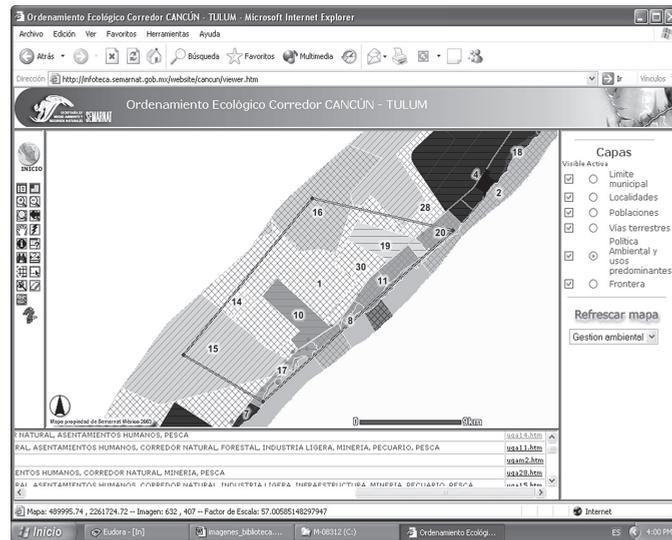
La Figura A12.4 presenta las UGAs de un Modelo de Ordenamiento Ecológico.

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								
Rec	Area	Uga	Politica	Uso Predominante	Uso Compatible	Uso Condicionado	Uso Incompatible	CRITERIOS
1	7299577,5	1	PROTECCION	ACTIVIDADES MARINAS	CORREDOR NATURAL	TURISMO	ACUACULTURA, INFRAESTRUCTURA, PESCA	ugam1.htm

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):

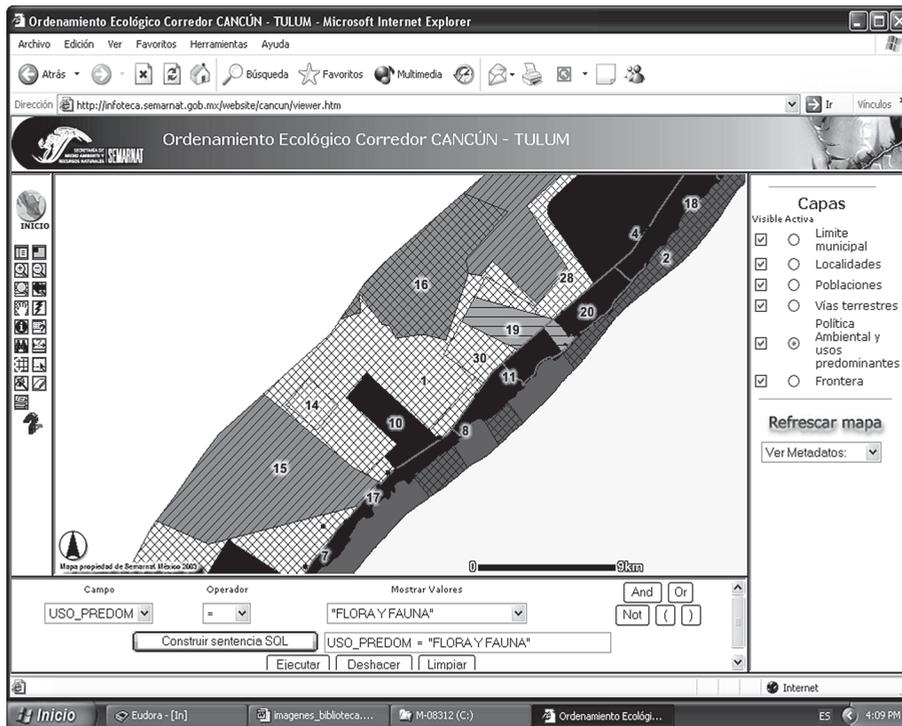
FIGURA A12.7
LISTADO DE CRITERIOS ECOLÓGICOS DE LA UGA SELECCIONADA

The screenshot shows a Microsoft Internet Explorer browser window displaying the website of the Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). The address bar shows the URL: <http://infoteca.semarnat.gob.mx/htmlordenamiento/ugam1.htm>. The website header includes the SEMARNAT logo and navigation links: INICIO, DIRECTORIO, ENLACES, MAPA DE SITIO, BÚSQUEDA, and CONTACTENOS. The main content area is titled "CRITERIOS APLICABLES" and lists several categories with their respective criteria:

- 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 Areas 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.

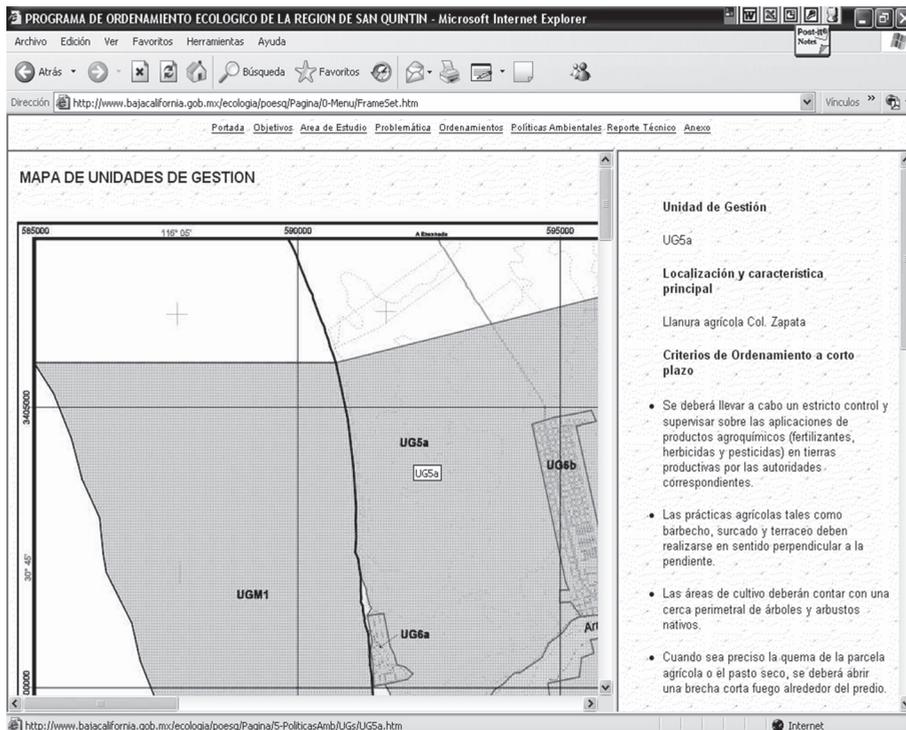


3) Consulta del programa en un Mapa Sensible

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.

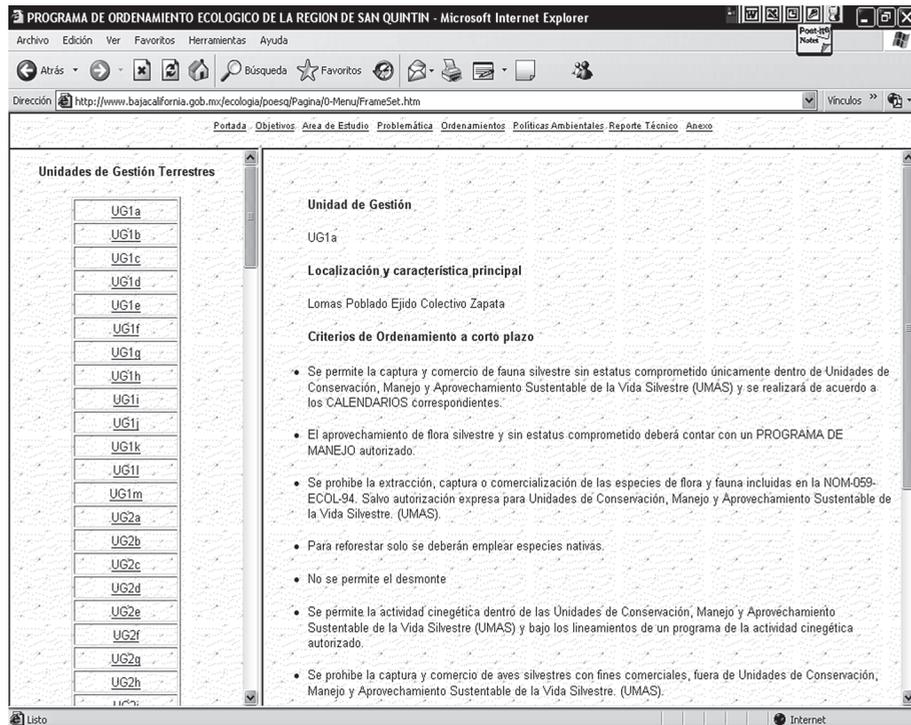


FIGURA A12.11
 ATRIBUTOS CORRESPONDIENTES A LA POLÍTICA, LINEAMIENTOS Y
 OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE UN PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO
 EN FORMATO ACCESS.

	AREA(ha)	CveUGA	CveMunicipio	CvePolitica	CveLineamiento	CveObjetivo	CveCriterio
▶	12669521.75	UGA003	MUN001	POL003	LIN003	OBJ001	CR1001
	838269.08	UGA003	MUN002	POL003	LIN003	OBJ002	CR1003
	11334794.5	UGA003	MUN003	POL003	LIN003	OBJ003	CR1005
	2895254.4	UGA004	MUN004	POL003	LIN003	OBJ001	CR1002
	1175748.53	UGA004	MUN004	POL003	LIN003	OBJ002	CR1004
	518804.36	UGA004	MUN004	POL003	LIN003	OBJ003	CR1006
*							

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	<p>Aumentar el uso de agroquímicos biodegradables</p> <p>Limitar el avance de la frontera agrícola sobre el bosque</p> <p>Mejorar las condiciones de productividad del suelo; mantener las condiciones del suelo</p> <p>Mantener las poblaciones animales y la conectividad del bosque</p>
Aprovechamiento sustentable de la agricultura de temporal	<p>Aumentar el uso de agroquímicos biodegradables</p>
Restauración de la flora y fauna	<p>Aumentar la reforestación</p> <p>Propagar cactáceas</p>
Aprovechamiento sustentable agropecuario	<p>Optimizar los rendimientos agrícolas</p> <p>Reciclar desechos</p> <p>Mejorar las condiciones de productividad del suelo</p> <p>Mantener las condiciones del suelo</p>
Conservación	<p>Promover programas de educación ambiental</p> <p>Crear un parque ecológico</p> <p>Mejorar las condiciones ambientales del suelo y bosque</p>
Mejoramiento de las condiciones urbanas	<p>Mejorar la calidad del aire</p> <p>Establecer medidas restrictivas de emisiones</p> <p>Disminuir las fugas de agua</p>

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 Elaborar un programa de manejo de residuos municipales
Restauracion de flora y fauna	Aumentar la superficie de reforestacion 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 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

impregrafica.com





