

---

# APORTES y Transferencias

---



Año 7

Volumen 1

2003

Mar del Plata

Centro de Investigaciones Turísticas  
Facultad de Ciencias Económicas y Sociales  
Universidad Nacional de Mar del Plata

Centro de Documentación  
Instituto de Investigaciones  
Facultad de Ciencias Económicas y Sociales  
Universidad Nacional de Mar del Plata  
cendocu@mdp.edu.ar  
<http://eco.mdp.edu.ar/cendocu/>

## **ZONIFICACIÓN DE AREAS NATURALES PROTEGIDAS: UNA PROPUESTA CUANTITATIVA**

M. C. Sabatini - A. Verdiell - R. M. Rodriguez Iglesias - M. C. Vidal

Universidad Nacional del Sur

*sabatini@criba.edu.ar / averdiel@criba.edu.ar*

### **Resumen**

El establecimiento de áreas protegidas respondió en sus comienzos a valores de belleza escénica, turismo y recreación. Sin embargo en el transcurso del tiempo, demandas de distintos sectores se incorporaron gradualmente como nuevos objetivos (e.g., conservación de la diversidad ecosistémica y específica, preservación de procesos ecológicos, promoción de actividades científicas, aprovechamiento sustentable de recursos, etc.). En la consideración de esta pluralidad de objetivos se centra el problema de zonificación.

En este trabajo se formula un modelo matemático de zonificación de áreas protegidas que contempla usos múltiples y restricciones funcionales - espaciales y se propone un método para su resolución.

El modelo de zonificación se plantea como un problema de asignación cuadrática en el que unidades de terreno de diferente aptitud son adjudicadas a un conjunto pre-determinado de usos. La imposibilidad de resolverlo mediante métodos matemáticos exactos determina la necesidad de utilizar metaheurísticas. Un software en lenguaje FORTRAN fue elaborado para la resolución del modelo.

Se simularon aplicaciones con datos recolectados para la zonificación del Parque Nacional Talampaya (Dellafiore y Sylvester 2000). La comparación de dichos resultados con los obtenidos con métodos no cuantitativos, valida tanto la formulación matemática que aquí se propone como el método utilizado para su resolución.

**Palabras clave:** zonificación, áreas protegidas, método cuantitativo.

## **ZONING OF PROTECTED NATURAL AREAS: A QUANTITATIVE PROPOSAL**

M. C. Sabatini - A. Verdiell - R. M. Rodriguez Iglesias - M. C. Vidal

### ***Abstract***

*The establishment of protected areas in the beginning arose due to values of scenic beauty, tourism and recreation. However, with the passing of time, there was a gradual inclusion of demands from different sectors as new objectives – e.g. conservation of specific and ecosystemic diversity, preservation of ecological processes, promotion of scientific activities, and substantial exploitation of resources. In considering the large number of objectives we come across the notion of zoning.*

*This work is based upon a mathematical model for zoning protected areas which takes into account multiple uses and functional-spatial restrictions together with a method for their solution.*

*The model of zoning is presented as a problem of quadric assignation in which units of lot of different aptitude are allotted to a predetermined set of uses. The impossibility of solving this problem through accurate mathematical methods brings about the need for the application of metaheuristics. In order to solve the model proposed, it was necessary to devise software in FORTRAN language.*

*We carried out simulated applications with data collected from the zoning of Talampaya National Park (Dellafiore and Sylvester 2000). The comparison of such results with those obtained through non-quantitative methods verifies the mathematical formulation here proposed as a method for its solution.*

**Key words:** zoning - protected areas - quantitative method

## ZONIFICACION DE AREAS NATURALES PROTEGIDAS: UNA PROPUESTA CUANTITATIVA

M. C. Sabatini<sup>1</sup> - A. Verdiell<sup>2</sup> - R. M. Rodriguez Iglesias<sup>1</sup> - M.C. Vidal<sup>2</sup>

### Introducción

El establecimiento de áreas protegidas respondió en sus comienzos a valores de belleza escénica, turismo y recreación (Nelson 1991, McNeely 1994, Murphy 1996). Sin embargo, con el transcurso del tiempo, demandas de distintos sectores se incorporaron gradualmente como nuevos objetivos, e.g., conservación de la diversidad ecosistémica y específica, preservación de procesos ecológicos, promoción de actividades científicas, aprovechamiento sustentable de recursos, desarrollo de prácticas tradicionales de uso de la tierra, etc. (Gutierrez Roa 1986; Ishwaran 1992; Cendrero et al. 1993; IUCN 1993; APN 1994; McNeely 1994, 1997; Lajeunesse et al. 1995; Wager 1995; Murphy 1996; Stadel et al. 1996; Nepal 1997; Curthoys 1998). El CUADRO 1 resume los objetivos mundiales de áreas protegidas.

En la consideración de esta pluralidad de objetivos se centra el problema de la zonificación. Zonificar implica planificar la estructura del territorio por designación de unidades de terreno para propósitos específicos (Walther 1986). Tanto investigadores como planificadores, destacan las ventajas de la zonificación (CUADRO 2) como una herramienta para el manejo de áreas naturales en general y de áreas naturales protegidas en particular (Boullón 1980, Craik 1986, Yapp et al. 1986, Kenchington 1988, Takeuchi y Dong – Kun 1989, Salinas Chavez y Casas Cid 1992, Cendrero et al. 1993, Jennings et al. 1994, Fenger 1996, Gustafson 1996, Stadel et al. 1996, Nepal 1997, Shafer 1999).

Sin embargo, el problema de zonificación *per se* no ha sido suficientemente estudiado en la literatura y ningún método cuantitativo de zonificación de áreas protegidas (entendiéndose por cuantitativo la formulación de funciones numéricas) ha sido desarrollado hasta la fecha.

Los métodos cuantitativos poseen ventaja sobre los cualitativos (Stegmüller 1979), i.e., proporcionan mayor contenido informativo, el vocabulario utilizado se hace más manejable y claro, posibilita descripciones de los fenómenos esencialmente más diferenciadas y permite la formulación de leyes más simples y exactas. Las principales dificultades asociadas son: la naturaleza intratable del problema por métodos matemáticos exactos, la necesaria consideración de usos múltiples (complementarios o conflictivos) y la contigüidad espacial.

En este trabajo se formula un modelo matemático de zonificación de áreas protegidas que contempla usos múltiples y restricciones funcionales- espaciales; se propone un método para resolverlo y se presentan resultados obtenidos en un ejemplo real.

**CUADRO 1: Objetivos mundiales de las áreas protegidas  
(McNeely 1994)**

Resguardar áreas de sobresaliente riqueza de especies, bellezas naturales y significación cultural, fuente de inspiración e irremplazable posesión de los países.

Ayudar a mantener la diversidad de los ecosistemas, especies, variedades genéticas y procesos ecológicos (incluyendo la regulación de ciclos de agua y clima) vitales para sostener la vida en la tierra y mejorar las condiciones humanas, sociales y económicas.

Proteger variedades genéticas y especies vitales para satisfacer necesidades humanas, por ejemplo en agricultura y medicina, y que son la base para la adaptación social y cultural en un mundo incierto y cambiante.

Ofrecer hogar a comunidades con culturas tradicionales e irremplazable conocimiento de la naturaleza.

Preservar valores educacionales, culturales, recreacionales, espirituales y científicos; proveer importantes beneficios directos e indirectos a las economías locales y nacionales.

**CUADRO 2: Ventajas de la zonificación**

Da claras, específicas y efectivas directivas de manejo.

Disminuye los conflictos de uso de la tierra, debido a que se establece un orden territorial.

Brinda una forma de comunicación con el público, i.e., permite transmitir más fácilmente qué manejo se realiza en el área y por qué.

Los estándares explícitos en las distintas zonas sirven de base para futuros monitoreos y controles.

## Formulación matemática del problema

Un área natural protegida puede representarse espacialmente por una grilla dividida en unidades de terreno o celdas y la demanda de los distintos sectores sociales puede ser representada por usos. Un uso (e.g., recreación, conservación, investigación, aprovechamiento forestal, asentamientos humanos, etc.) es una descripción funcional de objetivos que deben alcanzarse en sentido espacial.

El objetivo de zonificar es encontrar el mejor diseño ‘celdas - usos’ respetando el conjunto de atributos, características y restricciones impuestas, i.e., la asignación de cada unidad de terreno a un uso dependerá de la concordancia entre los atributos (físicos, ecológicos, etc.) de la unidad de terreno y las características que definen aptitud para usos determinados (e.g., disponibilidad de agua, cercanía a rutas transitadas, etc.) dentro del contexto impuesto por restricciones *ad hoc* (e.g., superficies máximas o mínimas a adjudicar, restricciones de contigüidad, etc.).

Teniendo en cuenta este propósito, si  $r$  es el número total de celdas y  $s$  el número total de usos, sean

$$M \in [0, +\infty), X \in R^{r \times s}, A \in R^{r \times s}, C \in R^{s \times s}, D \in R^{r \times r}$$

de modo que

$A_{gu}$  cuantifica la aptitud de la celda  $g$  al uso  $u$ .

$P_u$  indica la preferencia que se da en el problema al uso  $u$ .

$X_{gu}$  toma el valor 1 ó 0 según a la celda  $g$  se le asigne o no el uso  $u$ ; es lo que se denomina una asignación.

$C_{uf}$  es una medida de la compatibilidad entre los usos  $u$  y  $f$ .

$D_{gh}$  es el inverso del cuadrado de la distancia entre las celdas  $g$  y  $h$ .

$M$  es un parámetro de ponderación,

Entonces la función

$$f(X) = \sum_{g=1}^r \sum_{u=1}^s A_{gu} P_u X_{gu} + M \sum_{\substack{g=1 \\ g \neq h}}^r \sum_{h=1}^r \sum_{f=1}^s \sum_{u=1}^s C_{uf} D_{gh} X_{gu} X_{hf}$$

Lo que se propone resolver es el siguiente problema

$$\max f(\mathbf{X})$$

$$\mathbf{X}$$

donde  $\Omega$  es el conjunto de asignaciones que verifican las restricciones que se imponen al modelo.

A continuación se justifica la decisión de la función objetivo propuesta.

### **Término lineal: aptitud de las celdas**

Si la aptitud de una celda  $g$  para un determinado uso  $u$  es el único criterio de decisión, entonces la maximización se alcanza asignando cada celda al uso para el cual tiene mayor valor de aptitud ( $A_{gu}$ ). Sin embargo, la decisión de investigadores y planificadores puede centrarse en ponderar un uso más que otro y es por ello que se incorpora en la función objetivo el factor de ponderación ( $P_u$ ).

### **Término cuadrático: configuración espacial entre usos**

Uno de los principales problemas que enfrentan planificadores y administradores de reservas naturales es que la asignación de un uso a una celda está influenciada por decisiones de asignación de celdas adyacentes.

Ciertos usos son compatibles entre sí, mientras que otros generan conflictos. En la función objetivo, el criterio de compatibilidad entre usos es representado por el coeficiente  $C_{uf}$ , i.e., si un uso es compatible con otro (e.g., investigación con conservación)  $C_{uf} > 0$ , si un uso no es compatible con otro (e.g., recreación con aprovechamiento forestal)  $C_{uf} < 0$ .

En la configuración espacial de zonificación, es mejor que usos conflictivos ( $C_{uf} < 0$ ) estén lejos unos de otros y que usos compatibles ( $C_{uf} > 0$ ) estén cerca. Considerando este criterio, si la celda  $g$  es asignada al uso  $u$  ( $X_{gu}=1$ ) y si la celda  $h$  es asignada al uso  $f$  ( $X_{hf}=1$ ) el coeficiente de compatibilidad ( $C_{uf}$ ) es multiplicado por la inversa del cuadrado de la distancia euclidiana ( $D_{gh}$ ) que separa a ambas celdas.

### **Entorno**

El contexto espacial de un área influye en las decisiones de zonificación, i.e., la planificación de usos dentro de una reserva natural está influenciada por las formas de utilización de la tierra fuera de la reserva (e.g., una zona de conservación lindante a

una camino no es una situación óptima, en cambio sí puede serlo para una zona recreativa).

El modelo de zonificación considera esta influencia externa en forma explícita, incorporándolo a la grilla. Estas son las celdas que constituyen el entorno. Sin embargo, si bien estas celdas afectan las asignaciones dentro de la reserva, no son asignadas por el modelo debido a que su uso está determinado externamente, i.e., un planificador no puede decidir el uso que se da a las tierras circundantes de una reserva natural (e.g., asentamientos humanos, agricultura, camino, etc.) pero sí puede considerar la influencia que este uso tiene para sus objetivos de zonificación.

## Restricciones

Se han considerado dos tipos de restricciones que se describen a continuación.

El área máxima de desplazamiento de una especie, el área mínima requerida por unidad de acampe, etc., son consideraciones espaciales de gran importancia en las decisiones de planificación y manejo. Si se asumen estas restricciones espaciales, sean  $s_u$  y  $S_u$  la cantidad mínima y máxima de celdas a asignar al uso  $u$ ; entonces, el conjunto  $W$  está formado por las asignaciones que satisfacen:

$$s_u \leq \sum_{g=1}^r X_{gu} \leq S_u \quad 1 \leq u \leq s$$

$$X_{gu} \in \{0,1\} \quad 1 \leq u \leq s \quad 1 \leq g \leq r$$

La otra restricción que se considera está referida al interés práctico que representa la conexión de núcleos de celdas destinadas a un mismo uso. Esta conexión puede tener distintos objetivos: corredores entre sitios de nidificación – alimentación, circuitos recreativos, tránsito de maquinarias entre parcelas, etc.

Esta condición significa que si un planificador impone la restricción de conexión para el uso  $u$ , entonces la asignación de la celda  $g$  al uso  $u$  es posible sólo si existen celdas adyacentes a  $g$  asignadas a  $u$ .

Para expresar matemáticamente estas restricciones se definen los siguientes conjuntos:

$$V = \{j \in N, 1 \leq j \leq s / \text{el uso } j \text{ requiere conexión}\}$$

$$W = \{i \in N, 1 \leq i \leq r / \text{la } i\text{-ésima celda no pertenece al entorno}\}$$



Para cada  $i \in W$  sea  $W_i = \{j \in W / \text{las celdas } i, j \text{ son contiguas}\}$

En este caso el conjunto  $\Omega$  está definido por las asignaciones que verifican:

$$\sum_{f \in W_i} X_{fg} \geq 1 \quad \text{si} \quad X_{ig} = 1, \quad i \in W, \quad g \in V,$$

$$X_{gu} \in \{0,1\} \quad 1 \leq u \leq s \quad 1 \leq g \leq r$$

### Resolución del modelo

El modelo propuesto de zonificación es un problema combinatorio de asignación cuadrática del tipo  $s^t$  (i.e., arreglos con repetición [Nieto 1996]) en la línea propuesta por Bos (1993), perteneciendo al grupo NP-hard (i.e., sin soluciones en tiempo polinomial).

La solución de este tipo de problemas por métodos exactos es computacionalmente factible sólo para problemas de pequeñas dimensiones ( $n \leq 22$  [Bruenegger et al. 1996]). Si se considera, por ejemplo, que la mayoría de las reservas de Argentina bajo jurisdicción federal poseen más de 10,000 has., es fácil deducir que las limitadas dimensiones permitidas por los métodos exactos revisten escaso interés práctico.

Los problemas de mayores dimensiones son abordados por técnicas heurísticas, también llamadas algoritmos aproximados debido a que sólo garantizan encontrar soluciones cercanas al óptimo (y no la 'solución óptima' como los métodos exactos) en tiempos computacionales razonables.

Para resolver el problema de zonificación hemos utilizado el método conocido como simulated annealing (Burkard y Rendl 1984).

Para la implementación del algoritmo se elaboró un software en lenguaje FORTRAN con doble precisión usando el compilador VISUAL FORTRAN (versión 5.0) en una computadora personal con procesador Pentium Celeron 466 Mhz (64 MB).

El software requiere para funcionar datos de aptitud de terreno y de planificación y manejo (i.e., criterios de ponderación, superficies máximas y mínimas a asignar, compatibilidad, conexión, etc.) para cada uno de los usos involucrados. La zonificación obtenida con el software se edita en un archivo de salida que puede ser procesado por un Sistema de Información Geográfico.

## Resultados

Asti Vera (1977) sostiene que...el valor de un modelo no es algo intrínseco, depende del campo al que va ser aplicado; es decir, que no será verdadero ni falso, sino útil o inútil...

Siguiendo este concepto, los resultados obtenidos con el software de zonificación no pueden evaluarse en términos absolutos, sino sólo en términos relativos. Nuestra evaluación incluyó un análisis de optimalidad por comparación con un método exacto y una evaluación empírica por comparación con un método no cuantitativo

### Optimalidad

La performance de las técnicas heurísticas puede ponerse a prueba por comparación con soluciones obtenidas a través de métodos exactos en problemas de pequeñas dimensiones. A tal efecto, un método enumerativo (método exacto) fue aplicado al problema combinatorio de zonificación.

Un análisis de los resultados (CUADRO 3) permite concluir que si bien no existe garantía de que el algoritmo desarrollado encuentre la solución óptima, si se pueden alcanzar aceptables soluciones numéricas en los problemas de grandes dimensiones, imposibles de ser resueltos por métodos exactos a la fecha.

**CUADRO 3:** Comparación de resultados obtenidos con software de zonificación (heurístico) y método enumerativo (exacto) en problemas de pequeñas dimensiones

DIMENSIÓN DEL PROBLEMA (n)	VALOR FUNCIÓN OBJETIVO CON MÉTODO EXACTO	VALOR FUNCIÓN OBJETIVO CON MÉTODO HEURÍSTICO	ERROR
4	85.56351401154778	85.56351430460222	3.424993053917769e-009
9	7.392442410187663e+002	7.392442702157573e+002	3.949573010130039e-008

## Un ejemplo de aplicación real: Talampaya

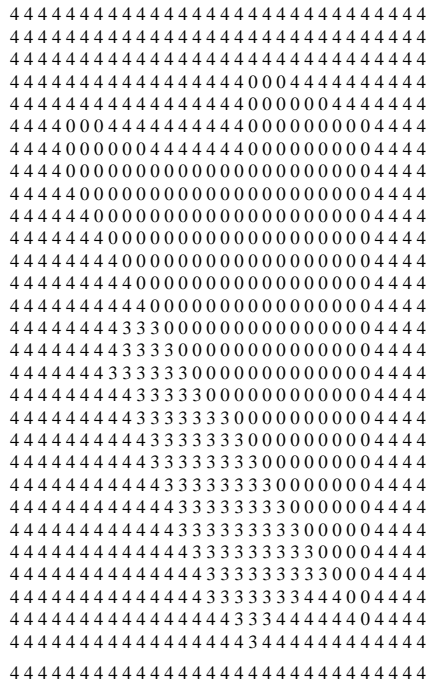
El Parque Nacional Talampaya, creado en 1997 y declarado Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO en el 2000, está localizado al sudeste de la provincia de La Rioja y tiene una extensión de 215,000 has.

La zonificación vigente de Talampaya, requisito previo para posicionarse como sitio de interés para la humanidad, fue elaborada con un método no cuantitativo (Lima 1997) por Dellafiore y Sylvester (2000). En el modelo cuantitativo de zonificación, Talampaya es representado por una grilla de 900 celdas (FIGURA 1): 278 a adjudicar y 622 correspondientes al entorno.

Se realizó una aproximación de criterios entre los datos del método no cuantitativo (Dellafiore y Sylvester 2000) y los datos cuantitativos (CUADRO 4). El resultado obtenido en la ejecución el software de zonificación con los datos de esta aproximación conceptual presenta alta similitud con la zonificación vigente (FIGURA 2). La diferencia más importante (marcada con un círculo) se manifiesta al sudeste de la reserva. El sector en cuestión es una zona degradada, sin aptitud para ningún uso. La adjudicación a la conservación (criterio transitorio hasta la definición de una futura zona de recuperación) se debió al interés de aumentar la superficie hasta el límite superior establecido como requerimiento (Sylvester, comunicación personal).

**FIGURA 1:**  
Representación de Talampaya y su entorno.

**Referencias:**  
0 celdas a adjudicar a los usos recreación y conservación, 3 y 4 celdas del entorno, parque provincial y ganadería extensiva respectivamente.



**CUADRO 4:** Aproximación conceptual datos cualitativos vs. datos cuantitativos

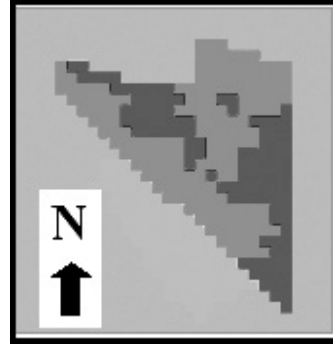
<b>DATOS</b>	<b>MÉTODO NO CUANTITATIVO</b> <i>(Dellafiore y Sylvester 2000)</i>	<b>MÉTODO CUANTITATIVO</b>
APTITUD	Mapas de capacidad	Matriz de aptitud ( $A_{gu}$ )
PREFERENCIA DE USOS	Como jerarquía de objetivos Conservación: objetivo 1 Recreación extensiva: objetivo 2	Como ponderación ( $P_u$ ) Conservación: 0.75 Recreación: 0.25
RELACIÓN ENTRE DIFERENTES USOS	Como requerimiento Recreación vs. conservación: ‘...cobertura vegetal, probabilidad de observar sp. de fauna, etc...’ Conservación vs. recreación: ‘...grado de uso antrópico...’	Como compatibilidad ( $C_{uv}$ ): Recreación vs. conservación: 1 Conservación vs. recreación: -2
AGLOMERACIÓN	Sin referencia	Como compatibilidad ( $C_{uv}$ ): Recreación vs. recreación: 0 Conservación vs. conservación: 0
CONEXIÓN	Como criterio ad-hoc ‘...para tener un área simple y extensa se prolongó la superficie mediante un área que une los dos bloques del mapa de aptitud...’	Como restricción: Conservación = si Recreación = no
MINIMOS	Como requerimiento: Conservación: 25% superficie total Recreación: sin referencia	Como restricción: Conservación: 70 celdas Recreación: 1 celda
MAXIMOS	Como requerimiento: Conservación: 70% superficie total Recreación: sin referencia	Como restricción: Conservación: 190 celdas Recreación: 270 celdas
CONTEXTO ESPACIAL	Como delimitación de la región de interacción, pero sin procedimiento explícito.	Como compatibilidad ( $C_{uv}$ ): Recreación vs. parque: 1 Conservación vs. parque: 2 Recreación vs. ganadería: -1 Conservación vs. ganadería: -2

**FIGURA 2:** Comparación de zonificaciones obtenidas

**Método no cuantitativo**



**Método cuantitativo**



referencias

conservación

recreación

parque provincial

ganadería extensiva

**Discusión**

El modelo de zonificación considera tanto las condiciones de aptitud del terreno como las interacciones espaciales. Sin embargo, la representación de la realidad está simplificada y no todos los criterios pudieron ser cuantificados e incluidos dentro del modelo (e.g., aceptación de las decisiones por el público en general, consideraciones políticas y/o económicas, etc.). Esto no debe considerarse como defecto o negligencia, sino como limitación.

El método puede ser manipulado fácilmente a través de parámetros (e.g., ponderación de usos, ponderación del término cuadrático, etc.) que generan las distintas alternativas de zonificación. Sin embargo, no existe una fuente objetiva para asignar el valor de los mismos. La experiencia y capacidad del grupo que proporciona los datos para operar el software son fundamentales para lograr adecuadas alternativas.

El software no puede ejecutarse si los datos están incompletos. Esto requiere un ámbito de discusión previo, en el cual administradores y planificadores deben consensuar los valores de todos los parámetros involucrados. En este sentido, la subjetividad de juicios y preferencias se hace explícita.

El algoritmo heurístico empleado para resolver el modelo de zonificación fue

eficiente en la obtención de valores de función objetivo cercanos al óptimo. Lo que no puede afirmarse es que la zonificación obtenida sea la óptima. Esto se debe fundamentalmente a que administradores e investigadores no pueden saber si toda la información y criterios involucrados en el proceso de zonificación son los óptimos (e.g., inventario de recursos, criterios de compatibilidad, ponderación, conexión, mínimos y máximos, etc.). Sin embargo, la subjetividad explícita compensa esta incertidumbre debido a que todos los datos y criterios utilizados son conocidos y por lo tanto se pueden evaluar los resultados obtenidos en función de ellos.

La totalidad de las soluciones satisfacen los criterios impuestos. Sin embargo, un posterior análisis puede juzgar que algunas alternativas son mejores que otras considerando criterios que no pudieron cuantificarse en el modelo. Esto permite comparar opciones en algún sentido cualitativo e introducir aquellas consideraciones que quedaron excluidas del modelo.

El método es fácil de operar, expeditivo y rápido en las ejecuciones (e.g., 50 celdas en 12 segundos, 1,000 celdas en 45 minutos, 3,600 celdas en 4 horas, 5,000 en 18 horas, etc.). Una vez que expertos acuerdan las decisiones de manejo, la actualización de datos de aptitud del terreno y entorno puede ser realizada por el personal de cada unidad de conservación. De esta forma un reajuste periódico (i.e., estacional, anual, ciclos reproductivos de especies, etc.) de la zonificación puede efectuarse sin costos considerables de tiempo y dinero. En cada caso el administrador de la reserva podrá comparar la actualización obtenida con previas zonificaciones y consultar nuevamente la opinión de expertos si la magnitud de los cambios así lo requiere.

El software es flexible y permite una mayor complejidad del análisis (e.g., introducir usos, cambiar el entorno, modificar la escala, etc.) Sin embargo, la calidad de las zonificaciones depende fundamentalmente de la consistencia de la información utilizada.

## **Conclusión**

El método cuantitativo solucionó satisfactoriamente el problema de zonificación tanto en calidad de resultados (efectividad) como en tiempo para alcanzarlos (eficiencia). Sin embargo, es preciso puntualizar que la propuesta cuantitativa no brinda soluciones absolutas. Sólo debe considerarse como una herramienta capaz de generar buenas alternativas en un marco técnico instructivo de posteriores decisiones. Para Cocklin (1989) ...los modelos de optimización son técnicas altamente útiles en iluminar conflictos y en generar un conjunto de alternativas para una posterior exploración...

### **Documentos citados:**

- . APN. 1994. El sistema nacional de áreas protegidas de la República Argentina. Diagnóstico de su patrimonio natural y su desarrollo institucional. Administración de Parques Nacionales, Buenos Aires, Argentina. 137 pp.
- . Asti Vera, A. 1977. Metodología de la investigación. Editorial Kapelusz, Buenos Aires, Argentina. 210 pp.
- . Bos, J. 1993. Zoning in forest management: a quadratic assignment problem solved by simulated annealing. *Journal of Environmental Management* 37: 127-145.
- . Boullón, R.. 1980. Turismo y medio ambiente. Ediciones Politur, México D.C., México.
- . Bruenegger, A., J. Clausen, A. Marzetta, y M. Perregaard. 1996. Joining forces in solving large -scale quadratic assignment problems in parallel. En *The Quadratic Assignment Problem: Theory and Algorithms*, Eranda Çela, eds., Institute of Mathematics, Technical University Graz, Kluwer Academic Publishers, Graz, Austria.
- . Burkard, R.E. y F. Rendl. 1984. A thermodynamically motivated simulation procedure for combinatorial optimization problems. *European Journal of Operational Research* 17: 169-174.
- . Cendrero, A., J.A. Díaz de Terán, D. González, V. Mascitti, R. Rotondaro, y R.

Tecchi. 1993. Environmental diagnosis for planning and management in the High Andean Region: The Biosphere Reserve of Pozuelos, Argentina. *Environmental Management* 17: 683-703.

. Cocklin, C. 1989. Mathematical programming and resources planning I: the limitations of traditional optimization. *Journal of Environmental Management* 28: 127-141.

. Craik, W. 1986. Monitoring in the Great Barrier Reef Marine Park National en Symposium on Monitoring Strategies (at) Oceans 86, eds., Science-Engineering-Adventure. Washington D.C.

. Curthoys, L.P. 1998. Ramsey Canyon Preserve, Arizona - A case study in successful small protected area management. *Natural Areas Journal* 18: 28-37.

. Dellafiore, C. y F. Sylvester. 2000. Zonificación Parque Nacional Talampaya. Administración de Parques Nacionales, Buenos Aires, Argentina. 55 pp.

. Fenger, M. 1996. Implementing biodiversity conservation through the British Columbia Forest Practices Code. *Forest Ecology and Management* 85: 67-77.

. Gustafson, E.J. 1996. Expanding the scale of forest management: Allocating timber harvests in time and space. *Forest Ecology and Management* 87: 27-39.

. Gutierrez Roa, J. 1986. Sistemas de zonificación turístico – recreativo en áreas naturales y culturales. Capítulo 9 en Limusa, eds., Recursos Naturales y Turismo. México D.F., México.

. Ishwaran, N. 1992. Biodiversity, protected areas and sustainable development. *Nature and Resources* 28: 18-25.

. IUCN. 1993. Managing tourism in protected areas. *National Parks Journal* 37: 13-14.

. Jennings, S., A. S. Brierley, y J.W. Walker. 1994. The inshore fish assemblages of the Galapagos Archipelago. *Biological Conservation* 70: 49-57.

. Kenchington, R.A. 1989. Planning for the Galapagos Marine Resources Reserve. *Ocean Shoreline Management* 12: 47-59.

. Lajeunesse, D., G. Domon, P. Drapeau, A. Cogliastro, y A. Bouchard. 1995. Development and application of an ecosystem management approach for Protected Natural Areas. *Environmental Management* 19: 481-495.

. Lima, J.J. 1997. Zonificación del Parque Provincial Copo, Santiago del Estero, Argentina, y directrices para el plan de manejo. Maestría en manejo de vida silvestre, Centro de Zoología Aplicada, Universidad Nacional de Córdoba. <http://www.efn.uncor.edu/esc/mmvs/resultados.htm>

. McNeely, J.A. 1994. Protected areas for the 21st century: working to provide benefits to society. *Biodiversity and Conservation* 3: 390-405.

. ————1997. New trends in protecting and managing biodiversity. *Ecodecision* 23: 20-23.

. Murphy, D. 1996. What Good are Parks?. *California Coast and Ocean* 12: 24-28.



- . Nelson, J.G. 1991. Beyond parks and protected areas: From public and private stewardship to landscape planning and management. *Environments* 21: 23-34.
- . Nepal, S.K. 1997. Sustainable tourism, protected areas and livelihood needs of local communities in developing countries. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology* 4: 123-134.
- . Nieto, J.H. 1996. *Teoría combinatoria*. Editorail Ediluz, Maracaibo. 159 pp.
- . Salinas Chavez, E.S. y O. Casas Cid. 1992. La zonificación funcional y la planificación turística en Areas Protegidas. *Flora, fauna y áreas silvestres (FAO)* 14: 10-12.
- . Shafer, C. 1999. US National Park Buffer Zones: historical, scientific, social, and legal aspects. *Environmental Management* 23: 49-73.
- . Stadel, C., H. Slupetzky, y H. Kremser. 1996. Nature conservation, traditional living space, or tourist attraction - The Hohe Tauern National Park, Austria. *Mountain Research and Development* 16: 1-16.
- . Stegmüller, W. 1979. *Teoría y experiencia*. Editorial Ariel, Barcelona, España.
- . Takeuchi, K. y L. Dong-Kun. 1989. A framework for environmental management planning – a landscape- ecological approach. *Landscape ecology* 3: 53-63.
- . Wager, J. 1995. Developing a strategy for the Angkor World Heritage Site. *Tourism Management* 16: 515-523.
- . Walther, P. 1986. The meaning of zoning in the management of natural resource lands. *Journal Environmental Management* 22: 331-344.
- . Yapp, G.A., E.B. Wiken, R.R. Gelinas, y N.R. Morrison. 1986. Microcomputer – based method for enhanced use of large land data systems in Canada. *Landscape and Urban Planning* 13: 169-181.