Guía Para las Buenas Prácticas de Marxan

Version 2

Abril 2013

Editores

Jeff A. Ardron, Hugh P. Possingham y Carissa J. Klein

Traducción y edición de la segunda versión en Español por
Norma Serra-Sogas (Abril 2013)
Traducción al español de la primera versión por Milay Cabrales.
Editor de la primera versión en Español por José L. Gerhartzy
(Agosto 2010)

Cita Recomendada:

Ardron, J.A., Possingham, H.P., y Klein, C.J. (eds) 2010. Guía para las Buenas Prácticas de Marxan, Versión 2. Asociación para la Investigación y Análisis Marino del Pacífico, Vancouver, BC, Canada. 186 páginas. www.pacmara.org.

Contenidos

Prólogo de la Segunda Edición ix
Prólogo de la Primera Edición xi
1 Introducción 1
1.1 Panorámica de la Planificación Sistemática de la Conservación 1
1.1.1 ¿Qué es la Planificación Sistemática de la Conservación? 1
1.1.2 Ocho Etapas de la Planificación Sistemática de la Conservación 2
1.1.3 ¿Por qué utilizar un enfoque sistemático? 4
1.2 ¿Dónde se encuentra Marxan dentro de la Planificación Sistemática de la Conservación? 5
1.3 ¿Qué es Marxan? 6
1.4 Uso General de Marxan 9

2 ¿Es Marxan la herramienta adecuada? 13
2.1 ¿Por qué utilizar Marxan? 13
2.1.1 Interrogantes que Marxan puede ayudar a responder 13
2.1.2 Interrogantes que Marxan no puede resolver 15
2.2 Ventajas del uso de Marxan 16
2.3 Limitaciones de Marxan 17
2.4 Tiempo requerido para utilizar Marxan 18
2.5 Los requerimientos de Marxan más allá de los mínimos técnicos 19

3 Conceptos Fundamentales 20
3.1 Amplitud 20
3.2 Eficiencia 21
3.3 Disposición espacial: compacidad y/o conectividad 21
3.4 Flexibilidad 22
3.5 Complementariedad 23
3.6 Frecuencia de selección *versus* "Irremplazabilidad" 23
3.7 Representatividad 24
3.8 Idoneidad 25
3.9 Optimización, teoría de la decisión y programación matemática 26

4 Análisis de los Objetivos Ecológicos mediante el Establecimiento de Metas 27
4.1 Introducción 28
4.2 Objetos y Metas cuantitativas de Conservación 28
4.3 Establecimiento de metas cuantitativas razonables 29
4.3.1 Cómo se relacionan las metas de filtro grueso y fino 29
4.3.2 ¿Cuánto es suficiente? Análisis de viabilidad, curvas de especies-área y opinión de expertos 31

4.3.3 Asesoría y revisión de expertos 32
4.3.4 Estado de la conservación como representación de las metas cuantitativas 36
4.3.5 Niveles de protección existentes 37
4.3.6 Marco legal o mandato 37
4.3.7 Planificación trans-regional 39
4.4 Metas cuantitativas y Balances 39
4.4.1 Planificación iterativa 39
4.4.2 Ponderación de las metas cuantitativas mediante el factor de penalidad de especies 40
4.4.3 Ajuste de las metas sobre la base de consideraciones pragmáticas 41
4.5 Retos 42
4.5.1 Vacíos en la calidad y la cobertura de la información espacial 42
4.5.2 Vacíos en el conocimiento científico 43

5 Consideraciones para el Diseño de Reservas 44
5.1 Introducción 44
5.2 Conectividad 45
5.3 Agrupamiento mínimo o tamaño de parcela 47
5.4 Replicación y Separación 48
5.5 Forma (proporción del perímetro con relación al área) 49
5.6 Costo 50
5.7 Planificación adaptable de la red de reservas 51
5.8 Otros retos 53
5.8.1 Problemas ecológicos difíciles 53
5.8.2 Limitaciones de Marxan al abordar los objetivos ecológicos 54

6 Análisis de los Objetivos Socioeconómicos 56
6.1 Introducción 56
6.2 Definición de los objetivos Socioeconómicos 57
6.3 Aspectos relacionados con los datos 58
6.4 Conexión con los Parámetros de Marxan 60
6.4.1 Incorporación de los objetivos socioeconómicos en la función objetivo 60
6.4.2 Análisis de múltiples objetivos socioeconómicos 60
6.5 Evaluación de Resultados/Indicadores de Desempeño 61
6.6 Prioridades de investigación y Desarrollo 63

7 Evaluación y Manejo de los Datos 65
7.1 Introducción 65
7.2 ¿Qué datos se buscan? 66
7.2.1 Un comentario sobre las fuentes de los datos 67
7.3 Evaluación de la calidad, integridad y sesgo muestral de los datos 67
7.4 Recopilación y preparación de los datos– aspectos a tener en cuenta 69
7.5 Sustitutos y sistemas de clasificación ecológica 71

7.6 Manejo de Información con Influencias Temporales 74
7.7 Manejo y Mantenimiento de los Datos....75
7.7.1 Protocolos de intercambio de los datos y re-uso de los datos de valor agregado 77
7.8 Determinación del tamaño y forma apropiados de una unidad de planificación 78
7.9 Casntidad de unidades de planificación....80
7.10 Resumen 83

8 Cómo Asegurar un Análisis Robusto 84
8.1 Introducción 84
8.2 Buenas Prácticas en el uso de los principales parámetros de entrada de Marxan 85
8.2.1 Situación de la unidad de planificación (influencia de las áreas pre-incluidas o pre-excluidas) 85
8.2.2 Costo de unidad de planificación....86
8.2.3 Costo de frontera 87
8.2.4 Abundancia de objetos de conservación 88
8.2.5 Metas cuantitativas de conservación 89
8.2.6 Umbral de costo 89
8.3 Calibración – Ajuste de los parámetros de Marxan....90
8.3.1 Factor de penalidad de objeto de conservación (SPF) 91
8.3.2 Iteraciones 95
8.3.3 Cantidad de reinicios 96
8.3.4 Parámetros del templado....96
8.3.5 Modificador de longitud de frontera (BLM)....96
8.3.6 Importancia de la calibración....98
8.4 Análisis de sensibilidad 99
8.4.1 Un marco básico....99
8.4.2 Ejemplos de análisis cuantitativos de sensibilidad 103
8.5 Exploración de diferentes escenarios....107

9 Interpretación y Comunicación de los Resultados 108
9.1 Resultados de Marxan 108
9.1.1 Salidas en pantalla 109
9.1.2 Salidas tabulares 109
9.1.3 Otros archivos de salidas tabulares (registro en pantalla, detalles del escenario e instantáneas) 114
9.1.4 Salidas espaciales....114
9.1.5 Archivos de instantáneas....117
9.2 Interpretación de la Solución 117
9.2.1 Revisión interna 118
9.2.2 Revisión externa....119

10 Uso de Marxan en Procesos de Planificación de Múltiples Partes Interesadas....122

10.1 Introducción 122
10.2 Participación de las partes interesadas en el proceso de planificación 123
10.2.1 Búsqueda de una amplia representación de las partes interesadas 123
10.2.2 Creación temprana de un plan de participación de las partes interesadas..... 124
10.2.3 Utilizar un rango de métodos de participación de múltiples partes interesadas. 125
10.2.4 Lograr la participación temprana de las partes interesadas cruciales, una vez definidos los objetivos generales del proceso..... 125
10.3 Cómo comprometer a las partes Interesadas con Marxan 129
10.3.1 Presentación de Marxan según el grado de participación..... 129
10.3.2 Cómo traducir las metas generales y valores de las partes interesadas en objetivos específicos y parámetros de Marxan..... 131
10.3.3 Generar sistemáticamente escenarios alternativos 132
10.3.4 Cómo incorporar la comunicación en la planificación inicial 133
10.3.5 Orientar los resultados y la interpretación para las diferentes audiencias. 134
10.3.6 Comprender la diferencia entre la "mejor" solución y frecuencia de selección... 135
10.3.7 Explicar el significado de los mapas 136
10.3.8 Garantizar que los estilos cartográficos no generen confusión en el lector 136
10.3.9 Seleccionar comunicadores que comprendan los aspectos técnicos y la perspectiva de la audiencia 137
10.4 Resumen de las buenas prácticas 137

Apéndice 1: Resultados de una Encuesta Realizada a Usuarios de Marxan 139
A1-1 Métodos 140
A1-2 Resultados 140
A1-3 Conclusiones 145

Apéndice 2: Literatura citada, Referencias & Recursos 148
A2-1 Literatura citada..... 148
A2-2 Otras referencias 161
A2-3 Algunos recursos online 166

Apéndice 3: Glosario 167

Lista de Figuras y Tablas

Figura 4.1: Curva de Especies/Área (de Pryce et al, 2006).....32
Tabla 7.1: Listado recomendado para evaluar bases de datos de fuente/usadas.....68
Tabla 7.2: Resumen de opciones de Unidades de Planificación en diversos estudios.....81
Tabla 7.3: Algunas limitaciones comunes de los datos y formas de abordarlas.....83
Figura 8.1: Diagrama de flujo para correr Marxan con pruebas de calibración y sensibilidad.....90
Figura 8.2: La función de distribución acumulativa.....93
Figura 8.3: Calibración iterativa de valores SPF individuales.....94
Figura 8.4: Balance disponible entre la reducción del costo y la reducción de la longitud de frontera.....98
Figura 8.5: Efecto de la exclusión de grupos de objetos de conservación.....104
Tabla 8.1: Área y perímetro de soluciones de Marxan para tres metas de conservación105
Tabla 8.2: Análisis de correlación multivariada para los resultados de tres frecuencias de selección.....106
Tabla 9.1: Resumen de los archivos de resultados.....109
Figura 9.1: Cambio porcentual en el área y perímetro de una mejor solución comparado con el BLM.....113
Figura 9.2: Simbología real (izquierda) y como los individuos daltónicos perciben esos colores (derecha).....116
Figura 9.3: Priorización de los resultados del análisis de Marxan de la Valoración Eco regional de Okanagan.....121
Tabla A1.1: Detalles del área de estudio (n=61).....142
Tabla A1.2: Opciones de Marxan.....142
Tabla A1.3: Entradas de información.....143
Tabla A1.4: Costo.....144
Tabla A1.5: Fortalezas y debilidades de Marxan según los encuestados.....145
Tabla A1.6: Sugerencias de inclusiones en una guía de las buenas prácticas.....147

Listado de Recuadros

Recuadro 1.1: Problema de conjunto mínimo en el diseño de reservas 6
Recuadro 1.2: ¿Es Marxan un algoritmo, una herramienta de apoyo a la toma de decisiones, un software o un modelo? 7
Recuadro 1.3: Breve historia de Marxan 8
Recuadro 1.4: Más allá de los sistemas de puntuación 9
Recuadro 1.5: El uso de Marxan para la planificación de áreas marinas protegidas en el Santuario Marino Nacional de Islas Canal 10
Recuadro 1.6: El Uso de Marxan por The Nature Conservancy Marxan 11
Recuadro 1.7: El Uso de Marxan en la re-zonificación del parque Marino de la Gran Barrera de Coral 12
Recuadro 2.1: El uso de otras herramientas de conjunto con Marxan 16
Recuadro 2.2: Pasos para la ejecución de un análisis con Marxan 19
Recuadro 3.1: El todo es mayor que la suma de las partes 22
Recuadro 3.2: ¿Qué es el templado simulado? 26
Recuadro 4.1: Un enfoque para determinar las metas de filtro grueso 30
Recuadro 4.2: Cuestionario de los expertos para ayudar en el establecimiento de metas 33
Recuadro 4.3: Lecciones aprendidas durante talleres de expertos 35
Recuadro 4.4: Alternativa a talleres de expertos para establecer metas 36
Recuadro 4.5: Localización de “objetos opcionales” en el análisis \f C \l 37
Recuadro 4.6: El lado político cuando se establecen metas 38
Recuadro 5.1: Respondiendo a diferentes grados de fragmentación del paisaje 50
Recuadro 5.2: Desarrollo de una superficie de costo utilizando factores múltiples 52
Recuadro 6.1: Métodos para incorporar la información socioeconómica en Marxan 58
Recuadro 6.2: Recomendaciones para incorporar información socio-económica en Marxan 59
Recuadro 6.3: Definición de los “costos” de conservación en Marxan 62
Recuadro 7.1: Rectificando los datos de acuerdo al esfuerzo de observación 72
Recuadro 7.2: Un ejemplo de Detección de Errores 74
Recuadro 7.3: Manejo de Archivo 76
Recuadro 7.4: Precaución al utilizar diferentes tamaños de unidades de planificación en un mismo analasis 79
Recuadro 8.1: Como comprobar la posibilidad de sesgo en el costo de borde 87
Recuadro 8.2: Optimización del factor de penalidad 94
Recuadro 8.3: Análisis de sensibilidad en un resultado espacial de una solución sumada (frecuencia de selección) 102
Recuadro 9.1: Interpretación de los resultados y prioridades 120
Recuadro 10.1: Cómo comprometer a las partes interesadas en un análisis realizado con Marxan 126

Prólogo de la Segunda Edición

Han pasado dos años desde la primera edición de este manual. Sin nada similar nunca antes publicado, fuimos cuidadosos en nuestros resultados iniciales y nos aseguramos que el descargo de responsabilidad fuera presentado claramente e invitara a comentarios y críticas. Aunque aun apreciamos vuestros a comentarios[1] (a jardon@pacmara.org), la experiencia ganada duranto los dos últimos años de trabajo nos ofrecen garantia para la consulta de esta guia. Mucho de lo que se ha escrito ha demostrado su relevancia en la práctica, y además, no hemos recibido sugerencias de nuetro trabajo original constituido por 25 autores y tres editores, a excepción de correciones técnicas.

Aun y así, hay que mencionar que la primera edición recibió sus críticas. Generalmente, los comentarios que recibimos estaban relacionados con problemas que no estaban reflejados en la primera edición, es decir, ausencias en vez de errores. Como resultado, hemos añadido siete recuadros que mejoran la primera edición, explican temas relevantes como el trato de las diferentes medidas de las unidades de planificación (más complejas de lo previsto anteriormente) y la detección de los efectos de borde de frontera.

Quiero agradecer en particular al Analisis de la Conservación Marina de la Colombia Británica (BCMCA, por sus siglas en inglés; www.BCMCA.ca) por compartir sus conocimientos, preguntas, y lecciones aprendidas en el taller que la Asociación para la Investigación y Análisis Marino del Pacífico (PacMARA, por sus siglas en inglés) y BCMCA organizaron en 2009 en Vanouver, Canada. Agradecemos especialmente a Dave Nicolson y Karon Bodker de BCMCA, quienes escribieron respectivamente el informe del curso en 2009 y muchas de los recuadros de esta versión revisada (El informe del mencionado taller contiene explicaciones adicionales y posibles soluciones de problemas que surgieron, y puede proporcionar ideas a todos los usuarios. Este informe está disponible en el apartado "PacMARA Marxan Resources and Training" de la página wiki: http//www.pacmara.org/tikiwiki). Gracias también a Natalie Ban for sus comentarios adicionales. Como siempre, lo más valioso reside en la experiencia dedicada a la práctica.

Además de las contribuciones de BCMCA, mis agradecimientos a George Wilhere quien contribuyó a dos de los recuadros de texto relacionados con establecer objetivos y penalizaciones.

Tambien me gustaría agradecer a Heather Coleman de PacMARA, responsable de numerosas pequeñas correciones y grandes adiciones que han hecho de esta edición una revisión más cerca a una guía comprensible de las nuevas prácticas.

[1] Para comentarios sobre la versión del manual es Español, contactar a Norma Serra a nserra@pacmara.org

Mientras que alguna de las lagunas se han podido salvar, otras siguen existiendo. Una de las partes que hemos decidido dejar por ahora es la que se refiere a las buenas prácticas del uso de Marxan con Zonas. Creemos que esta herramienta es muy nueva, con pocos ejemplos reales que permitan discernir buenas prácticas. Por este motivo, nos dirigimos a usted, nuestro querido lector, para que nos envieis vuestras experiencias utilizando Marxan con Zonas. Estos dos años anteriores nos han demostrado que aún existen muchas cuestiones que requieren una mejor atención.

Jeff Ardron, Rügen, Germany, 12-May-2008

Prólogo de la Primera Edición

Es inevitable que durante el aprendizaje de nuevas herramientas o enfoques se cometan errores y se aprendan lecciones difíciles. Esta era la situación diez años atrás, cuando Marxan se encontraba aún en su infancia y la planificación sistemática de la conservación era una buena idea pero con muy pocos seguidores. Desde entonces, se han ido acumulando experiencias...Hace unos pocos años, comencé a ver una repetición de patrones. Muchos de nosotros abordábamos los mismos temas, aprendiendo con la práctica una y otra vez. Había llegado el momento de aprender unos de otros, analizar qué funcionaba y qué no, para desarrollar los enfoques más aceptados—*las buenas prácticas.*

En el otoño de 2006, la Asociación para la Investigación y Análisis Marino del Pacífico (PacMARA, por sus siglas en inglés), comenzó a investigar sobre las buenas prácticas para el uso de Marxan. Tomando como punto de partida un cuestionario online (preparado por Natalie Ban, vea el *Apéndice 1: Resultados de una Encuesta Realizada a Usuarios de Marxan*), los usuarios de Marxan pudieron expresar sus criterios con relación a las fortalezas y debilidades del programa, así como aquellos aspectos donde les gustaría recibir mayor orientación. Uno de los resultados obtenidos fue la evidente necesidad de proveer mejores materiales para el comienzo de los usuarios; lo que conllevó a reescribir el Manual de Marxan (una colaboración entre PacMARA y la Universidad de Queensland), que se publicó en febrero de 2008. Asimismo, los resultados del cuestionario revelaron otros temas que necesitaban ser analizados. Para ahondar en ello, PacMARA organizó dos talleres consecutivos en Vancouver, Canadá, en abril de 2007. Durante los dos primeros días alrededor de 120 participantes de varias partes del mundo debatieron sobre el uso adecuado de herramientas como Marxan en la planificación de la conservación[2]. Durante los dos días siguientes, 30 expertos se dividieron en sub-grupos para debatir temas específicos, intercambiar buenas prácticas y preparar los proyectos de los capítulos.

Un año más tarde, mediante el esfuerzo conjunto de 25 autores y tres editores, después de numerosas ediciones y revisiones externas, la guía está lista para su consideración. Los invitamos a que, desde ahora, hasta diciembre de 2008, nos envíen criterios, comentarios positivos y críticas, con el objetivo de publicar una versión final en el 2009. Mientras tanto, esperamos que esta versión para la revisión les pueda ser de utilidad como guía para alcanzar resultados más concretos y mejor argumentados.

Esta guía es el resultado de un trabajo intenso, revisiones internas de los autores, en especial de los capítulos principales. Mis co-editores, Hugh Possingham y Carissa Klein,

[2] Los resultados de los dos primeros días se resumen en un informe del taller que se puede descargar desde www.pacmara.org

examinaron por largas horas cientos de páginas de publicaciones en diversas formas de terminación, con el fin de ofrecer valiosas sugerencias y conclusiones. Con los autores dispersos en todo el mundo, Carissa tuvo además la difícil misión logística de coordinar sus propuestas, comentarios y revisiones. PacMARA ofreció un apoyo administrativo insuperable, en especial Kyira Korrigan y Michele Patterson. La Fundación Gordon y Betty Moore ofreció el tan necesario financiamiento. Gracias a todos.

Jeff Ardron, Rügen, Alemania, 12-Mayo-2008

1 Introducción

Hugh Possingham,[1*] Jennifer L. Smith,[2] Krista Royle,[3] Dan Dorfman,[4] Tara G. Martin[5]

[1]Universidad de Queensland, Centro para el Análisis de las Decisiones Medioambientales Aplicadas--
[2]WWF-Canada [3]Parks Canada, [4] Planificación Marina Inteligente, [5]Universidad de British Columbia, Centro para la Investigación de la Conservación Aplicada

*Correspondencia: e-mail: h.possingham@uq.edu.au

RESUMEN

Marxan es un software que proporciona ayuda en la toma de decisiones para el diseño de sistemas de reservas. Marxan fue diseñado, en primer lugar, para solucionar un tipo particular de problema de diseño de reservas, conocido como el problema de conjunto mínimo, *(vea el Recuadro 1.1) donde la meta general es alcanzar una representación mínima de determinados rasgos de la biodiversidad con el menor costo posible. Marxan ayuda a los usuarios en la identificación de la posible contribución que representan las áreas individuales y redes completas en el cumplimiento de sus objetivos. Los usuarios pueden utilizar Marxan para examinar y proponer las posibles configuraciones de redes, para facilitar el diseño de redes en cooperación, o para guiar sus propias adquisiciones de tierras/zonación marina. Marxan no está diseñado para funcionar como una solución independiente para el diseño de reservas. Su efectividad dependerá de la participación de las personas, la adopción de importantes principios ecológicos, el establecimiento de metas y objetivos generales de conservación que contengan un argumento científico sólido, y la creación de bases de datos espaciales. Marxan se debe utilizar como parte de un proceso de* planificación sistemática de la conservación *(referido en este capítulo) y de conjunto con otras formas del conocimiento. Esas otras formas del conocimiento son esenciales para el perfeccionamiento de los archivos entradas de Marxan, la interpretación de los resultados y la ubicación precisa de las fronteras definitivas de las reservas. Marxan constituye un paso de avance significativo en la valoración de sitios en comparación con los enfoques anteriores, ya que genera soluciones espaciales eficientes, tomando como base un problema definido. Sin embargo, hay un alto grado de incertidumbre en la selección de sitios (que es solo un aspecto de la planificación sistemática de la conservación), y cuyo paso final es el monitoreo para evaluar si los sitios realizan aportes significativos a la red de conservación.*

1.1 PANORÁMICA DE LA PLANIFICACIÓN SISTEMÁTICA DE LA CONSERVACIÓN

1.1.1 ¿Qué es la Planificación Sistemática de la Conservación?

Los procesos mundialmente más avanzados en la planificación de la conservación, tanto marinos como terrestres, están utilizando un método conocido como planificación sistemática de la conservación (Margules y Pressey 2000, Pressey 1999, Pressey et al.

1993, Noss 2003, Davey 1998, Noss and Cooperrider 1994, Groves 2003, Leslie 2005). La planificación sistemática de la conservación se centra en la localización, el diseño y la gestión de áreas protegidas que representan de manera amplia la diversidad biológica de cada región (Mace et al. 2006). Este enfoque de planificación incluye desarrollar un proceso transparente de selección y diseño de un sistema de áreas protegidas que funcione de manera combinada para lograr metas de conservación definidas para toda la región. La planificación sistemática de las áreas protegidas es una vía para garantizar la integridad de los ecosistemas mediante el logro de objetivos amplios y de escala regional, y posibilitar la incidencia de las necesidades y condiciones locales en la gestión y la gobernabilidad de cada sitio a nivel individual, en aspectos como el tamaño, la forma, el uso, la zonificación, y la regulación según corresponda (Smith et al. 2006).

La planificación sistemática de la conservación rompe con los enfoques *ad hoc*, sitio-por-sitio utilizados en el pasado para seleccionar las áreas protegidas. Un enfoque *ad hoc* es aquel donde la selección va condicionada por la urgencia en la conservación, la afinidad, el escenario y la facilidad de designación, evitando con frecuencia las áreas costosas desde el punto de vista político o económico. La mayoría de las áreas que se consideraron como áreas protegidas para la "conservación", no fueron seleccionadas para cumplir objetivos específicos relacionados con la biodiversidad (Possingham et al. 2000). Muchas de las áreas protegidas existentes fueron seleccionadas porque son sitios preferidos para vacacionar o están ubicados en lugares insostenibles para la agricultura o el desarrollo urbano (Pressey et al. 1993). Otras han sido seleccionadas para proteger unos pocos grupos carismáticos de especies insignia (Simberloff 1998) sin garantía alguna de que van a conservar la biodiversidad regional. Este enfoque es el resultado de un legado de selecciones fragmentadas de sitios en los que algunos hábitat o ecosistemas, como el de "roca e hielo" presente en las áreas de elevadas montañas se represetan en exceso, mientras que otros, como las llanuras fértiles bajas, apenas se conservan (Pressey et al. 1993, Soulé and Terborgh 1999).

1.1.2 Ocho Etapas de la Planificación Sistemática de la Conservación[3]

La planificación sistemática de la conservación incluye ocho etapas fundamentales.

1. **Identificación y participación de las partes interesadas.** La efectiva planificación de la conservación requiere la participación de las partes interesadas desde el inicio del proceso de planificación. Con la participación de las partes interesadas se fomenta el intercambio de información, se logra la toma conjunta de decisiones, se fomenta el apoyo a través de una mayor comprensión de las partes interesadas sobre las decisiones tomadas, y aumenta la responsabilidad de aquellos que dirigen el proceso

[3] El listado de pasos se desarrolló a partir de diferentes fuentes: Departamento de la Conservación y el Ministerio de la Pesca (Nueva Zelanda) 2005; Mace et al. 2006; Margules y Pressey 2000; Pressey 2005; Smith et al. 2006; Tear et al. 2005; WCPA/IUCN 2007.

de planificación. Las posibles partes interesadas incluyen los diferentes niveles gubernamentales, la industria, los propietarios tradicionales, los dueños de tierras y miembros de la comunidad interesados.

2. **Identificación de objetivos generales y específicos.** La planificación sistemática de la conservación se distingue de los demás enfoques por el diseño de objetivos generales y específicos bien definidos para una red amplia. Los objetivos generales de conservación establecen prioridades para la protección y restauración de la biodiversidad, mientras que los objetivos socioeconómicos pretenden proteger e incrementar los intereses sociales y económicos de la región y de sus habitantes. Por ejemplo, la creación del Parque Marino de la Gran Barrera de Coral en Australia representa un equilibrio entre la protección de la integridad ecológica del parque y la disminución del costo para industrias como la pesca y el turismo, que dependen del arrecife.
3. **Recopilación de la información**. Para diseñar una red que incorpore esas metas generales y y objetivos específicos es necesario comprender y cartografiar *los objetos de conservación* (rasgos que serán conservados en la red). Asimismo, puede resultar de utilidad cartografiar los usos humanos, las amenazas y la tenencia de las tierras. Para recopilar la mejor información ecológica, cultural y socio-económica disponible, será necesario evaluar los datos existentes, identificar vacíos en la información, y posiblemente la recopilación de nuevos datos para completar esos vacíos. Los objetos de conservación pueden ser áreas de importancia para algunas especies, clasificaciones que describen los diferentes tipos de hábitat de una región o la representación física de la distribución de la biodiversidad; los mapas de usos humanos pueden ilustrar lugares valiosos para las actividades pesqueras, mineras o forestales; las amenazas pueden incluir áreas altamente desarrolladas o fuentes de contaminación; y la tenencia puede incluir tierras con pleno dominio, usufructo, licencias (arrendamientos) y licencias para la extracción de recursos, así como la propiedad o administración tradicional por las poblaciones autóctonas.
4. **Establecimiento de las metas cuantitativas de conservación y principios para el diseño.** Las *metas cuantitativas* de conservación especifican qué cantidad o porción de cada objeto de conservación (tales como especies y tipos de hábitat) debe ser protegida dentro de la red. Los principios para el diseño influyen en la configuración geográfica de la red, abordando factores como el tamaño, la forma, la cantidad y conectividad de los sitios, con el fin de asegurar la persistencia e integridad ecológica en una red verdaderamente sólida. Las metas de conservación pueden ser propósitos como "proteger el 20% de cada bioregión" o "al menos 10 sitios de nidos de tortugas"; los principios de diseño pueden incluir "diseñar una red con sitios no menores de 20 km^2", "seleccionar entre 7 y 12 sitios", o "mantener baja la proporción del perímetro por área de la red."
5. **Revisión de las áreas protegidas existentes e identificación de los vacíos en la red.** La mayoría de las redes de áreas protegidas no comienzan "de cero". Por lo general, habrá áreas protegidas sobre las que trabajar. Una vez que los objetos se cartografian

y se definen las metas cuantitativas, es posible revisar las áreas protegidas existentes para determinar en qué medida incluyen los objetos de conservación, cumplen con las metas cuantitativas de conservación y brindan una protección significativa a las metas generales de la red. En algunos casos, las áreas protegidas existentes pueden contribuir a los objetivos y metas cuantitativas con una gestión mejorado.

6. **Selección de nuevas áreas protegidas.** En este paso se cubren los vacíos identificados en el paso anterior. Se generan diseños alternativos para completar las configuraciones de la red, diseñando opciones para una red sólida que cumpla con las metas de conservación y los criterios de diseño. Nuevos sitios para la protección se seleccionarán partiendo del rango de posibles configuraciones de redes. Es en este paso donde se hacen más útiles las herramientas de apoyo a la toma de decisiones como Marxan.
7. **Implementación de acciones de conservación**. La implementación de medidas de conservación comprende decisiones sobre los límites de las áreas protegidas a escala bien detallada, medidas de gestión adecuadas y otras consideraciones específicas del sitio. En los casos donde no se pueden proteger todos los sitios de la red al unísono, se hace necesario implementar medidas de protección provisionales y establecer prioridades para implementarlas con un orden lógico.
8. **Mantenimiento y monitoreo de la red de áreas protegidas.** Una vez que se ha establecido una red, los objetivos y metas originales indicarán el manejo y el monitoreo necesarios para evaluar si el manejo está preservando de manera efectiva la integridad ecológica y si el sitio seleccionado realiza aportes significativos a la red.

1.1.3 ¿Por qué utilizar un enfoque sistemático?

La planificación sistemática de la conservación es ampliamente considerada como "buena práctica" porque facilita un proceso de planificación transparente, participativo y defendible. Asimismo, incluye los principios fundamentales de la planificación: amplitud, *eficiencia*, distribución espacial, flexibilidad, complementariedad y *frecuencia de selección* (*vea el Capítulo 3: Conceptos Fundamentales*, para la descripción de cada uno de esos principios).

La "transparencia" se refiere al nivel de comprensión que los involucrados tienen sobre los procedimientos para la toma de decisiones y los resultados. Un proceso bien definido con metas generales y objetivos específicos permite que las partes interesadas participen en el proceso de planificación conociendo los criterios y "las reglas del juego". La planificación sistemática de la conservación requiere que se definan con claridad los valores y objetos que se quieren proteger y las metas generales que se establecen para su protección. Los planificadores se ven forzados a ser francos y específicos cuando deben definir adecuadamente objetivos generales, lo cual puede ser importante para las partes interesadas que serán afectadas por las decisiones para la conservación. Una vez que son establecidos y acordados las metas generales, los objtivos específicos, y criterios del diseño, se podrán seleccionar los sitios de manera justa, lógica y transparente mediante

métodos explícitos aplicados de manera coherente, que se complementan con criterios y consultas pragmáticos. Los procesos de planificación que cuentan con gran nivel de transparencia tienden a incrementar la responsabilidad y la credibilidad de la toma de decisiones.

Los procesos de planificación **inclusivos y participativos** reflejan mejor las preocupaciones de los cuidadanos y contribuyen a reducir los conflictos de intereses. Como resultado se toman decisiones más sólidas y de mayor aceptación. Además, los procesos inclusivos garantizan que las partes interesadas participen en la toma de decisiones que las afectan directamente. Por último, las relaciones establecidas mediante los procesos de planificación inclusivos suelen contribuir al sentido de propiedad entre los grupos que participan. Los procesos sistemáticos de la planificación favorecen la entrada de información y valores provenientes de una gran variedad de partes interesadas (vea el *Capítulo 10: El Uso de Marxan en Procesos de Planificación con Múltiples Partes Interesadas).*

La posibilidad de "**defender" (explicar)** el proceso de planificación y sus resultados se basa en la habilidad para informar qué por ciento se ha protegido de un objeto ecológico o cultural específico en una opción determinada de diseño de red y la habilidad para documentar las características del diseño de reservas (perímetro, área, cantidad de territorios, agrupamiento). Una vez establecidas las metas generales, es una buena práctica informar con transparencia cómo una red de reserva logra alcanzar dichas metas. Uno de los mayores beneficios del enfoque sistemático de esta planificación es su capacidad para analizar de manera explícita cómo una configuración determinada cumple con los objetivos socio-económicos y de conservación, inclutendo los criterios para el diseño de reservas.

La planificación sistemática de la conservación se puede complicar cuando existen diferentes objetivos específicos y criterios del diseño. Para afrontar este problema, se han desarrollado metodologías y herramientas especializadas (Pattison, dosReis, y Smillie 2004; Evans et al. 2004; Margules y Sarkar 2007; ofrecen revisiones de dichas herramientas). Marxan ha pasado a ser la herramienta de apoyo a la toma de decisiones más utilizada para el diseño de redes de conservación.

1.2 ¿DÓNDE SE ENCUENTRA MARXAN DENTRO DE LA PLANIFICACIÓN SISTEMÁTICA DE LA CONSERVACIÓN?

Marxan puede ser utilizado con diversos fines en diferentes etapas de un proceso de planificación sistemática de la conservación (vea *Sección 1.1.2: Ocho Etapas de la Planificación Sistemática de la Conservación*). En principio, Marxan fue diseñado para ayudar a informar la etapa 6, la selección de nuevas áreas de conservación. Marxan identifica los conjuntos de áreas que cumplen con las metas cuantitativas de conservación con un *"costo"* mínimo. Asimismo, ayuda a los usuarios a valorar qué opciones cumplen con los objetivos tanto de conservación como socio-económicos, facilitando la exploración del balance entre ambos. Esta herramienta puede utilizarse

además para destacar aquellos lugares que son incluidos en varias soluciones, lo que puede ayudar a establecer prioridades para la conservación. Marxan se ha utilizado también en la etapa 5 del proceso de la planificación sistemática de la conservación para medir el cumplimiento de las metas en las áreas de conservación existentes (Stewart et al. 2003). En la etapa 7, la implementación, Marxan puede utilizarse para priorizar las medidas de la conservación y desarrollar planes de gestión o zonación de los sitios seleccionados.

Es importante comprender que la función de =Marxan, al igual que otros *programas de apoyo a la toma de decisiones*, es de precisamente apoyar la toma de decisiones (decision making) dicho proceso. Marxan no generará una red definitiva de reservas, y los resultados generados deberán ser inevitablemente ajustados para establecer un plan final que considere la amplia gama de factores políticos, socioeconómicos y prácticos.

Recuadro 1.1: Problema de conjunto mínimo en el diseño de reservas

Marxan fue desarrollado para solucionar el problema de conjunto mínimo en el diseño de reservas: "¿Cuál es la cantidad mínima de sitios, o el área mínima total, que se necesita para representar a todas las especies?" En la investigación de operaciones, este problema es conocido como el problema del *conjunto cobertura* y las soluciones se encuentran utilizando la *Programación de Enteros* (IP, por sus siglas en inglés), un tipo bien conocido de modelo de optimización matemática proveniente de la investigación de operaciones (Possingham et al. 1993).

Estos modelos IP reciben este nombre porque las decisiones de "si" o "no" -en este caso, la decisión de seleccionar un sitio o no- se representan con 1 o 0. Los problemas IP se pueden solucionar utilizando software de programación comerciales y pueden ejecutarse en computadoras (ordenadores) personales. En realidad, la programación de enteros se había utilizado hace años para la selección de reservas con el modelo de Cocks y Baird (1989) del "programa de metas de entero". No obstante, fue el IP del conjunto mínimo de reservas el que estableció de manera firme el vínculo entre la selección de reservas y la investigación de operaciones (Williams et al. 2004).

El otro problema general del diseño de redes de reservas es el llamado problema de cobertura máxima, que pretende maximizar el beneficio para la biodiversidad de una red de reservas con un costo total fijo (Possingham et al. 2006).

1.3 ¿QUÉ ES MARXAN?

Marxan es un software que proporciona ayuda en la toma de decisiones para el diseño de sistemas de reservas. Marxan fue diseñado, en primer lugar, para solucionar un tipo particular de problema del diseño de reservas conocido como el problema de conjunto mínimo (vea el Recuadro 1.1) donde el objetivo general es alcanzar una representación mínima de rasgos de la biodiversidad con el menor costo posible (McDonnell et al. 2002). En estos problemas, el objetivo es minimizar los costos y la biodiversidad entra

como una restricción (Possingham et al. 2000). Marxan minimiza los costos (vea el *Capítulo 6: Análisis de los Objetivos Socioeconómicos* para el análisis del "costo") a la vez que cumple con metas de conservación de la biodiversidad definidas por el usuario. (Ball y Possingham 2000; Possingham et al. 2000). Una posible meta de la biodiversidad podría ser garantizar que al menos el 30 % de cada tipo de vegetación estuviera representada en una red de áreas protegidas. En ese caso, el planificador preferirá minimizar el costo monetario total para la compra y gestión de las tierras necesarias para cumplir con dicha restricción . En casos donde la información sobre los costos no esté disponible, el área de reservas podria ser utilizada como sustituto del costo, basado en el supuesto de que mientras más extenso sea el sistema de reservas, más costosa resulta la implementación y gestión, aunque no sea siempre el caso. El costo puede ser también una medida relativa, ya sea de carácter social, económico o ecológico.

Recuadro 1.2: ¿Es Marxan un algoritmo, una herramienta de apoyo a la toma de decisiones, un software o un modelo?

Marxan es un software utilizado para apoyar la toma de decisiones. No es un modelo ya que no intenta imitar los ecosistemas o algunos de sus procesos. El algoritmo de optimización de Marxan intenta encontrar buenos sistemas de sitios mediante el templado simulado (vea el Manual del Usuario de Marxan), donde se comparan diferentes conjuntos de áreas potenciales para la conservación con metas y costos definidos por usuarios, a fin de determinar el conjunto de áreas que alcanza su objetivo específico con mayor efectividad.

El número de posibles soluciones encontradas a partir de un análisis realizado con Marxan es muy grande (para 200 *unidades de planificación* existen 2^{200} ~1.6×10^{60} posibles soluciones de reservas) y como el problema resulta muy complejo para la mente humana, se han desarrollado algoritmos computarizados para su solución. Un algoritmo es un proceso o conjunto de reglas utilizado para la solución de problemas. Se han concebido dos tipos generales de herramientas para solucionar los problemas del diseño de reservas: algoritmos exactos y algoritmos heurísticos (no exactos.) Los algoritmos exactos, como los Programas Lineales de Enteros (ILP, del inglés) (Recuadro 1.1), se diseñaron, en primer lugar, para generar una solución óptima única, mientras que los heurísticos ofrecen gran variedad de soluciones buenas, casi óptimas. Dado que la mayoría de los problemas del diseño de reservas incluye gran cantidad de sitios y objetos de conservación, resulta difícil, y en ocasiones imposible, encontrar una solución óptima en un período de tiempo razonable utilizando un algoritmo exacto. (Possingham et al. 2000; Cabeza 2003). En la actualidad, se prefieren los heurísticos a los algoritmos exactos porque ofrecen soluciones oportunas a los problemas complejos del diseño de reservas, y ofrecen una variedad de soluciones casi óptimas para que sean analizadas por los planificadores y las partes interesadas (Possingham et al. 2000; McDonnell et al. 2002; Cabeza 2003). Marxan genera diversas soluciones "buenas" utilizando el *templado*

simulado (vea el Recuadro 3.2). El usuario puede también remitirse a otros algoritmos heurísticos menos sofisticados, pero que suelen ser más rápidos (vea el *Capítulo 4: Análisis de los Objetivos Ecológicos mediante el Establecimiento de Metas*).

Recuadro 1.3: Breve historia de Marxan

El software Marxan es, en primer lugar, el resultado de la tesis de doctorado de Ian Ball (Ball 2000), que fue supervisada y financiada por el profesor Hugh Possingham cuando ambos estaban en la Universidad de Adelaide. Marxan se creó sobre el software de diseño de reservas SPEXAN. Una versión anterior de SPEXAN fue el algoritmo de selección de sitios utilizado dentro del software de planificación de Environment Australia, REST. Tanto Marxan como SPEXAN son extensiones básicas de SIMAN un programa de FORTRAN77 que contenía los conceptos fundamentales pero abordados con un estilo difícil de entender para las personas no especializadas en el tema. Marxan es una mejora con respecto a SPEXAN, que fue desarrollado a traves de un pequeño contrato con la Autoridad del Parque Marino de la Gran Barrera de Coral. Se continúan desarrollando nuevas versiones de Marxan en el Centro de Ecología de la Universidad de Queensland, recibiendo cierto apoyo de fuentes diversas.

Una de las salidas más útiles del programa de apoyo a la toma de decisiones es el resultado de la frecuencia de selección. Dicho resultado muestra con qué frecuencia cada unidad de planificación se incluye en alguna de las redes adecuadas; es decir, aquellas que solucionan muy bien el problema. Asumiendo que todo marcha como debe, se puede considerar que aquellas unidades de planificación seleccionadas en más del 50% de las veces son importantes para cumplir eficientemente con las metas generales de la biodiversidad. Los sitios rara vez seleccionados se pueden desechar. Este concepto esta inspirado por la idea de Pressey y Ferrier sobre la *irremplazabilidad*, aunque de diferente manera (Pressey et al. 1994).

Si bien Marxan fue diseñado, en primer lugar, para garantizar la representación de las especies y los ecosistemas en los planes de la conservación de la biodiversidad, y se ha aplicado a este campo fundamentalmente, se ha demostrado que también puede aplicarse a otros tipos de problemas de la planificación cuya base recae en el diseño del conjunto mínimo espacial. En el campo de la gestión de recursos naturales costeros y marinos, se ha utilizado Marxan para apoyar planes de zonificación de uso múltiple (por ejemplo, Fernandes et al. 2005). Marxan se ha utilizado para responder a objetivos múltiples en un proceso de planificación único, equilibrando los objetivos generales de las actividades pesqueras, la transportación y la conservación. Chan et al. (2006) utilizaron Marxan para optimizar una medida de los servicios de los ecosistemas y la biodiversidad. Ban et al. (2008) utilizaron Marxan para determinar una red de sitios de pesca necesaria para sustentar la industria (manteniendo los sitios restantes abiertos a la protección).

Recuadro 1.4: Más allá de los Sistemas de Puntuación

Los primeros métodos cuantitativos empleados para identificar sistematicamente "buenos" sitios de reservas se desarrollaron a mediados de 1970 y utilizaron puntuaciones numéricas para clasificar la calidad de los sitios basándose en múltiples criterios como la riqueza de las especies, la rareza, la naturalidad, y el tamaño (Smith y Theberge 1986). En la actualidad, muchas organizaciones continúan utilizando ese enfoque. Al utilizar la puntuación, se sugiere presentar un subconjunto adecuado de sitios de reservas, con frecuencia aquellos que alcanzan la mayor puntuación. Este enfoque, por lo general, requiere una cantidad excesiva de sitios para representar todas las especies u otros objetos, dado que los sitios con mejor calificación normalmente contienen grupos de especies similares mientras que carecen de otras. Por ello, es posible que sea necesario analizar tambien aquellos sitios que no obtienen una clasificación tan elevada para lograr la representación de todas las especies (Williams et al. 2004). A diferencia de los sistemas por puntuación, Marxan permite a los usuarios plantearse el interrogante: ¿Cuál es la cantidad mínima de sitios que se necesitan para representar todos los objetos de conservación? Los sistemas de puntuación no están diseñados para solucionar un problema bien definido, no toman en consideración la abundante literatura existente sobre programación matemática y les resulta difícil hacer frente al tema de la complementariedad *(*vea *Sección 5: Complementariedad*) o con los criterios espaciales de diseño; es por esto, que instamos a los diseñadores de redes de reservas a desecharlos.

1.4 USO GENERAL DE MARXAN

Inicialmente, Marxan fue creado como una modificación de SPEXAN para ser utilizado por la Autoridad del Parque Marino de la Gran Barrera de Coral. Desde entonces, lo han empleado otras autoridades y agencias gubernamentales de áreas protegidas para diseñar y priorizar sus redes de conservación. Desde la creación de Marxan en el año 1999, se han extendido notablemente su uso y aplicación. En la actualidad, hay más de 1500 usuarios de Marxan de más de 80 países. Los resultados de una encuesta reciente, realizada a 77 usuarios de Marxan (vea el *Apéndice 1: Resultados de una Encuesta Realizada a Usuarios de Marxan)* indican que Marxan ha sido utilizado principalmente en aplicaciones terrestres (68%), en comparación con las aplicaciones marinas (51%) y de agua dulce (22%). Los resultados muestran además que casi todos los proyectos de Marxan se realizaron a nivel regional (74%), con un número menor a nivel nacional (21%), y a nivel internacional (16%) o local (13%).[4] Muchas Organizaciones No-Gubernamentales (ONGs) que centran su trabajo en aspectos relacionados con la conservación de la biodiversidad utilizan Marxan como una herramienta para evaluar el

[4] Nótese que el porcentaje suma más del 100% ya que los encuestados podrían marcar más de una casilla

nivel de representación y amplitud. Marxan permite que los usuarios determinen la contribución que realizan las áreas de forma independiente y las redes completas en cuanto al cumplimiento de sus objetivos de garantizar que el manejo adecuado se extienda a todos los recursos biológicos y ecológicos. Los usuarios pueden hacer uso de Marxan para explorar y proponer posibles configuraciones de redes de áreas de protegidas, facilitar un diseño participativo de redes de áreas protegidas o para guiar su propia adquisición de tierras.

Las *Valoraciones Eco-regionales* encabezadas por ONGs han resultado en nuevos esfuerzos encaminados a garantizar la conservación de la biodiversidad. En muchos casos, los gobiernos y administradores privados de tierras han dado respuesta a las prioridades identificadas mediante un proceso desarrollado con Marxan, extendiendo su uso a actividades de manejo de la tierra, a fin de incluir los diseños establecidos por Marxan. Cada vez más, este software se viene utilizando de manera independiente por agencias gubernamentales y sus contratistas.

Los recuadros siguientes muestran tres ejemplos del uso de Marxan. Otros pueden encontrarse en la página web: http://www.ecology.uq.edu.au/marxan.htm.

Recuadro 1.5: El uso de Marxan para la planificación de áreas marinas protegidas en el Santuario Marino Nacional de Islas Canal

Contribución de Satie Airamé, Instituto de Ciencias Marinas, Universidad de California, Santa Barbara, CA

Un proceso de planificación sistemática e intensiva en la zona marina de los alrededores de las Islas Canal, ubicadas en el norte de California, concluyó en abril de 2003 con la creación de una red de diez reservas marinas totalmente protegidas y dos áreas marinas de conservación que permiten la actividad pesquera limitada. La participación en el proceso de planificación de las agencias federales y estatales, los paneles de asesoría a las partes interesadas y el uso de herramientas de apoyo a la toma de decisiones como Marxan, hicieron posible el desarrollo de un proceso riguroso, flexible y repetible.

Los objetos de conservación fueron desarrollados conjuntamente por científicos y partes interesadas e incluyeron una porción de hábitat marinos (como bosques de algas, lechos de pastos marinos, arrecifes rocosos y hábitat de fondo arenoso), así como espacios para la reproducción de aves marinas y lugares de congregación de mamíferos marinos en dos de las principales áreas biogeográficas. Los científicos recomendaron asignar al menos del 30% al 50% de cada objeto de conservación para cumplir con las metas generales de la protección de la biodiversidad y la pesca sostenible.

Se utilizó una versión anterior de Marxan para identificar cinco configuraciones alternativas y representativas que cumplieran con las metas cuantitativas de conservación. Las partes interesadas crearon diseños alternativos de redes que minimizaban los impactos sobre los que hacían uso de los recursos, a partir de la mejora de los resultados que tomaban como base las directivas ecológicas desarrolladas por el

panel asesor científico y sus propios conocimientos sobre el área. La superficie de selección de frecuencia, que se generó haciendo coincidir las 100 mejores soluciones de Marxan, resultó de utilidad especialmente en los análisis iniciales sobre dónde establecer las áreas protegidas. Una herramienta de planificación computarizada denominada Herramienta para el Apoyo Espacial y Análisis para las Islas Canal (CI-SSAT por sus siglas en inglés) sirvió de apoyo a este proceso posibilitando que las partes interesadas pudieran visualizar la información y evaluar los sitios potenciales. Por último, las partes interesadas fueron incapaces de llegar a un consenso sobre una alternativa preferida única, requiriendo que el personal de las agencias estatales y federales desarrollaran una solución de compromiso entre los dos diseños de redes preferidas por las partes interesadas. Muchas de las unidades de planificación seleccionadas en la mayoría de las soluciones de Marxan, se incluyeron en la red final de áreas marinas protegidas.

Recuadro 1.6: El Uso de Marxan por The Nature Conservancy

The Nature Conservancy (TNC), la mayor organización mundial para la conservación de la biodiversidad (www.nature.org), ha estado diseñando y desarrollando Evaluaciones Eco-regionales en los ecosistemas terrestres, de agua dulce y marinos por más de 10 años. La meta general de la Evaluación es caracterizar la biodiversidad y la huella humana en regiones donde la organización se dedica a ayudar a guiar las acciones estratégicas de conservación. TNC ha finalizado más de 80 Evaluaciones en el mundo con la cooperación de cientos de socios locales y regionales.

Marxan es una herramienta de apoyo a la toma de decisiones comúnmente usada dentro del proceso de Evaluación para ayudar a identificar sitios prioritarios en el ámbito regional. TNC utiliza Marxan principalmente para buscar en las extensas bases de datos ecoregionales y diseñar escenarios alternativos de selección de sitios, que luego serán utilizados durante revisiones y talleres de expertos. Marxan no se utiliza para encontrar "la respuesta" a qué acción de conservación emprender, sino para presentar alternativas a múltiples partes en los diferentes sectores administrativos. Como parte de un sistema más amplio de apoyo a las decisiones, la naturaleza de Marxan, que es espacialmente explícita, y sus parámetros representativos para el establecimiento de metas, permiten que TNC analice extensos paisajes terrestres y marinos de manera objetiva, transparente y repetitiva.

Tanto The Nature Conservancy como World Wildlife Fund (WWF) han establecido una alianza para implementar métodos comunes de planificación regional, y han acordado utilizar herramientas que ayuden a las acciones de conservación eco-regional. Marxan es una herramienta frecuentemente utilizada dentro de las gama de herramientas empleadas por ambas organizaciones para la planificación de la conservación, y a fin de cumplir con los principios de eficiencia, representación, irremplazabilidad y funcionalidad.

<u>Recuadro 1.7</u>: El Uso de Marxan en la re-zonificación del parque Marino de la Gran Barrera de Coral

En el 2001 la Autoridad del Parque Marino de la Gran Barrera de Coral (GBRMPA, por sus siglas en inglés) inició el Programa de Áreas Representativas (RAP, por sus siglas en inglés), dedicado a la zonificación del Parque con el objetivo de brindar mayor protección a la biodiversidad mediante la implementación de ejemplos "representativos" de 70 bioregiones dentro de las Zonas Verdes vírgenes. Un comité asesor científico recomendó una meta de representación del 20%, entre otros Principios Biofísicos Operativos. Guiado por principios sociales, económicos, culturales y administrativos, tales como minimizar, siempre que fuera posible, los impactos a los usuarios actuales, distribuir los impactos de manera equitativa y crear redes de reservas que resultasen prácticas para usuarios y administradores; el problema de selección de sitios al que se enfrentaron los planificadores se volvió complejo y extenso en un área de planificación de más de 16 000 unidades.

El enfoque adoptado para identificar opciones de redes de áreas no extractivas utilizó una combinación de opiniones de expertos, la participación de las partes interesadas y enfoques analíticos. Las modificaciones a SPEXAN ideadas por GBRMPA e implementadas por Ian Ball and Hugh Possingham dieron lugar a Marxan, que se utilizó para apoyar el diseño de varios planes de zonificación que luego fueron revisados y mejorados mediante un proceso iterativo de consulta de expertos, consultas públicas y análisis *post-hoc* de los resultados de Marxan. En las primeras etapas del proceso, GBRMPA aprendió que la planificación sin incluir una capa explícita del costo socio-económico significaba que Marxan era un método no concluyente, es decir, que numerosas redes de reservas eran casi igual de buenas.

Los planificadores que participaron en el proceso han señalado que el uso de Marxan fué uno de los factores que lograron que los resultados de RAP fuesen más explícitos, transparentes y aceptables por todas las partes interesadas, incluidos los científicos. Marxan contribuyó a facilitar un enfoque sistemático apoyado, pero no controlado, por la ciencia (Fernandes et al. 2005).

2 ¿Es Marxan la herramienta adecuada?

Tara G. Martin, [1]* Jennifer L. Smith, [2] Krista Royle, [3] Falk Huettmann[4]

[1]Universidad de British Columbia, Centro para la Investigación de la Conservación Aplicada, [2]WWF-Canada, [3]Parks Canada, [4]Universidad de Alaska, Fairbanks

*Correspondencia: E-mail: Tara.Martin@csiro.au

RESUMEN

Antes de embarcarse en un viaje con Marxan uno debe definir el problema. Marxan es reconocido por su capacidad de solucionar el problema de diseño de conjunto mínimo: "¿Cuál es la selección óptima de unidades de planificación para cumplir con nuestros objetivos específicos con un costo mínimo?" (vea el Recuadro 1.1). Su uso asume que existen diversas consideraciones para que la solución sea obvia. Marxan posibilita el uso transparente de las metas cuantitativas y demás parámetros, y soluciona los problemas con eficiencia utilizando una técnica de optimización llamada "templado simulado". Su éxito, medido sobre la base de la implementación de un plan de conservación que tiene en cuenta los resultados de Marxan, depende del apoyo de las partes interesadas en este proceso más amplio de planificación. Hay elementos ecológicos y sociales que Marxan no puede abordar. Sin embargo, su uso se puede combinar con otros métodos y herramientas. Con frecuencia, costos (o restricciones) muy diferentes deben considerarse conjuntamente, pero estas agrupaciones puede resultar complejas y deben de hacerse con cuidado.

2.1 ¿POR QUÉ UTILIZAR MARXAN?

2.1.1 Interrogantes que Marxan puede ayudar a responder

Marxan fue creado para ayudar en el diseño de una red de reservas, que alcance los objetivos específicos de conservación a un "costo" mínimo definido por el usuario, por lo general de tipo socio-económico. Marxan permite que el usuario establezca y modifique diversos aspectos del problema: la cantidad y tipos de objetos de conservación incluidos en el análisis, una meta cuantitiva para cada objeto de conservación, la importancia de cumplir las metas establecidas para los objetos de conservación, el estado de protección de las unidades de planificación, y el costo de cada sitio que puede incluirse en la red de reservas. La evaluación de escenarios múltiples es una de las principales fortalezas de Marxan.

En el contexto de la conservación sistemática de la conservación, las interrogantes claves que Marxan puede ayudar a resolver son:

- ¿Cuáles son los vacíos actuales en nuestra red de reservas?
- ¿Cuán eficiente es la red de reservas existente o propuesta con relación al cumplimiento de los objetivos específicos de la conservación?

- ¿Cuáles son las prioridades y las opciones para cubrir esos vacíos? Por ejemplo, los resultados de la frecuencia de selección incluyen información sobre los sitios que son seleccionados con más frecuencia, los cuales normalmente constituye una prioridad para la conservación.
- ¿Qué otras áreas necesitan ser conservadas para cumplir con los objetivos específicos de conservación?¿dónde se encuentran?
- ¿Cuán extensa es la red con relación a los objetos de conservación?
- ¿Cuál es el costo socio-económico que implica alcanzar los diferentes objetos de conservación?, o en otras palabras, ¿cuán eficiente es la red de reservas?
- ¿Qué impacto tendrá el balance entre las metas socio-económicas y de conservación en las diferentes partes interesadas (por ejemplo, pescadores, silvicultores, agricultores)?
- ¿Dónde se centrarán los esfuerzon de conservación realizados en una determinada región/tipo de propiedad?
- ¿Cómo debe realizarse la zonificación para maximizar la conservación logrando un impacto socio-económico mínimo?

Si bien la funcionalidad principal de Marxan se enfoca en lo concerniente a la planificación sistemática de la conservación, esta herramienta también se ha utilizado en los siguientes contextos:

- priorizar las áreas para la adquisición de tierras por compañías y organizaciones conservacionistas;
- criticar una propuesta o una red de reservas existente;
- proveer a las diferentes partes interesadas con los medios para desarrollar propuestas que representen sus propios intereses en una mesa de planificación;
- investigar el alcance y la escala de los diseños potenciales para lograr redes efectivas a gran escala, previo a un proceso de planificación desarrollado por múltiples partes interesadas;
- determinar dónde centrar los trabajos de conservación y las investigaciones posteriores;
- como "prueba de concepto", para demostrar la factibilidad de un enfoque sistemático para la planificación de la conservación; y,
- como herramienta de investigación para investigar preguntas relacionadas con la planificación de la conservación desde una perspectiva teórica y aplicada.

2.1.2 Interrogantes que Marxan no puede resolver

Se tiende a pensar que todos nuestros problemas se resolverán con el mero uso de Marxan. Marxan no le indicará cómo establecer los objetivos específicos de conservación, cómo involucrar a las partes interesadas (actores) adecuadas, ni si sus datos de entrada son confiables. La definición del problema, el establecimiento de los objetivos específicos y las metas, así como el control de la calidad de los datos son parte de un proceso de planificación más amplio que tiene lugar fuera de Marxan (vea el *Capítulo 1: Introducción*).

Marxan no:

- modela la persistencia de las especies ni los procesos ecológicos y evolutivos;
- determina qué ni cuál proporción de un objeto de conservación se debe representar o proteger (esos objetivos los debe definir el usuario);
- recomienda designaciones administrativas ni determina el grado de protección que requiere un sitio;
- determina la irremplazabilidad ecológica. Marxan calcula la frecuencia de selección de un sitio (vea el *Capítulo 8: Cómo Asegurar un Análisis Robusto)* o, en otras palabras, con qué frecuencia se selecciona un sitio a partir de las diferentes soluciones buenas obtenidas por Marxan;
- presenta una solución óptima única. Marxan determina múltiples soluciones "casi-óptimas";
- garantiza la viabilidad o sostenibilidad de las especies;
- clasifica la información en unidades biofísicas, por ejemplo, diferentes hábitat marinos;
- explica al usuario cómo integrar los "costos" con las diferentes "monedas". Si bien Marxan puede incluir costos con diferentes monedas, todos estos costos deben integrarse en una sola capa de costo antes de usar Marxan utilizarlo (vea el *Capítulo 6: Análisis de los Objetivos Socioeconómicos).* La integración de toda esta información no es un proceso simple, necesitando un gran entendimiento y, en ocasiones, sofisticados métodos socio-económicos; ni,
- administra la información. El usuario será responsable de obtener la información, de garantizar la calidad, preparar la información y administrarla.

Recuadro 2.1: El uso de otras herramientas conjuntamente con Marxan

El Análisis de la Viabilidad de la Población (PVA, por sus siglas en inglés) se puede utilizar conjuntamente con algoritmos de selección de reservas a fin de obtener reservas más adecuadas desde el punto de vista biológico (Noss et al. 2002; Carroll et al. 2003). Por ejemplo, Noss et al. (2002) combinó los modelos PVA que fueron creados usando PATCH (programa de ayuda a la identificación de hábitats importantes) con un software de diseño de reservas para sus valoraciones multipropósitos de sitios ubicados en el Gran Ecosistema de Yellowstone. PATCH proyecta cambios temporales en las poblaciones de especies de vertebrados terrestres utilizando mapas de hábitat para una población individual, especificaciones sobre el uso del hábitat (como el tamaño del territorio), tasas vitales (sobrevivencia y reproducción) y descripciones de la capacidad de movimiento de las especies (USEPA 2004). Se pueden utilizar otros modelos de ecosistemas, como Ecospace (Walters et al. 1999) para comprobar las consecuencias que puede traer a nivel del ecosistema una determinada red de reservas de Marxan.

2.2 VENTAJAS DEL USO DE MARXAN

Marxan es la herramienta para la planificación sistemática de la conservación más utilizada en el mundo y se basa en un problema bien definido (vea el Recuadro 1.1). Dada la existencia de datos espaciales, Marxan puede ayudar a resolver cualquier problema de asignación espacial (por ejemplo, dónde pescar, talar árboles, cultivar alimentos o conservar especies). Marxan puede ayudar a amplios procesos multi-objetivos de la toma de decisiones y tiene la capacidad computacional para solucionar problemas del diseño de reservas complejos y que implican grandes volúmenes de información. Uno de los principales beneficios de Marxan es su capacidad de generar configuraciones de reservas que cumplan con las metas de conservación cuantitativas establecidas y, de esta manera, encontrar múltiples soluciones casi óptimas para dichos problemas.

El uso de Marxan incrementa el rigor, la transparencia y la repetibilidad de procesos que son en sí complejos y potencialmente subjetivos. Posibilita la generación de opciones espaciales de redes de reservas de una manera eficiente y que cumplen con metas explícitas de representación y económicas; por ejemplo, el 30% de áreas no extractivas. Garantiza que las metas para los objetos de conservación se realicen con un "costo" mínimo, ya sea monetario, de área o de acuerdo a otros factores socio-económicos definidos por el usuario.

Marxan provee un ambiente flexible para diseñar áreas protegidas. Puede analizar, al unísono, una amplia gama de metas de conservación para diversos niveles de organización biológica, desde bioregiones hasta especies o genotipos. Es también propicio para mostrar la información espacial no biológica (por ejemplo, el conocimiento económico, tradicional y técnico). Los usuarios pueden experimentar con diferentes opciones de conservación y manejo (por ejemplo, incluir las áreas protegidas existentes o

excluir las tierras privadas). Marxan incluye en su análisis la contigüidad espacial e incorpora consideraciones espaciales dentro del proceso de diseño de reservas (por ejemplo, compacidad, tamaño mínimo de los agrupamientos y *distancia de separación)*

Dentro de Marxan, las metas para los objetos de conservación, las penalidades (ponderaciones) de los objetos de conservación y los costos pueden variar con facilidad, permitiendo soluciones iterativas. Marxan genera diversas configuraciones de reservas que cumplen con los objetivos específicos de conservación, lo que incrementa las probabilidades de encontrar soluciones que maximicen los intereses para la conservación a la vez que minimicen las consecuencias negativas en el orden económico, social o cultural, y puede conllevar a la identificación de soluciones no previstas. Esta herramienta es lo suficientemente flexible para apoyar los procesos participativos de planificación y ayudar en las negociaciones entre las diferentes partes interesadas para encontrar soluciones aceptables (vea *el Capítulo 10: Uso de Marxan en Procesos de Planificación de Múltiples Partes* Interesadas*).*

Marxan está disponible sin costo alguno y se puede descargar fácilmente desde la red (http://www.uq.edu.au/marxan). Contando con una extensa y creciente comunidad de usuarios, el apoyo técnico ofrecido mediante una *list-serve*, la documentación de aplicaciones exitosas, un nuevo manual que incluye su traducción al español, y por supuesto esta guía, Marxan se hace cada vez más accesible para los usuarios de todo el mundo. Para asistir en la preparación de los archivos de entrada y la visualización de los resultados dentro de los *Sistemas de Información Geográfica (SIG),* se han desarrollado diferentes programas (software) (por ejemplo, CLUZ, PANDA. Vea también el *Apéndice A2-3 Algunos recursos online*).

2.3 LIMITACIONES DE MARXAN

Las limitaciones fundamentales de Marxan se pueden divididas en analíticas y operacionales. En cuanto a las limitaciones analíticas hay tres aspectos fundamentales. En primer lugar, Marxan no puede integrar fácilmente la información aleatoria o temporalmente dinámica. Si bien la mayor parte de la información está sujeta, de alguna manera, a procesos aleatorios, la información utilizada en Marxan representa una sola muestra instantánea, o un compendio de varias instantáneas. Segundo, con Marxan sólo se puede emplear una superficie de "costo" única. En otras palabras, si el usuario desea incluir diferentes tipos de costos (por ejemplo, el costo por la adquisición de la tierra y el costo de oportunidad), dichos costos deberán combinarse fuera de Marxan y luego ser incluidos como una superficie de costo única *(*vea el *Capítulo 6: Análisis de los Objetivos Socioeconómicos).* Tercero, Marxan sólo puede lidiar con problemas binarios o con dos áreas de planificación (por ejemplo, una unidad de planificación puede estar dentro o fuera de la reserva). Marxan con Zonas (un nuevo producto que está en fase de prueba en los momentos en que se redacta esta guía) permitirá trabajar con múltiples zonas.

Marxan presenta diversas limitaciones operacionales. Como cualquier otra herramienta de apoyo, la calidad de las soluciones es un reflejo de la calidad de los datos utilizados.

La terminología puede ser poco intuitiva o resultar confusa, por ejemplo, "costo", *"modificador de longitud de frontera (BLM)"* (vea el Manual de Marxan). Marxan, al igual que otras herramientas, puede ser mal utilizado o sus resultados mal interpretados. Si bien el uso de Marxan, como herramienta de apoyo a la toma de decisiones, puede facilitar la participación de las partes interesadas, no es una "bola mágica" para la participación y aceptación del proceso de planificación. Marxan no resuelve los temas contextuales ni los conflictos políticos o entre las partes que ya existían. Finalmente, la preparación de las bases de datos y los archivos de entrada de Marxan, así como el aprendizaje adecuado de su uso, requieren tiempo, más del que normalmente se admite al principio.

2.4 TIEMPO REQUERIDO PARA UTILIZAR MARXAN

Se pueden necesitar varios días o semanas antes de que Marxan esté listo para ejecutarse. Se necesita tiempo para comprender el software y la terminología que emplea, para aprender el uso adecuado de los diferentes parámetros de entrada, crear los diferentes archivos de entrada e interpretar los resultados. Dicho esto, son la recopilación, el manejo y la preparación de los datos, los aspectos que suelen requerir más tiempo. Es decir, no es realmente el uso de Marxan (o herramientas similares) los que requieren tiempo, sino más bien todas las funciones asociadas a la recopilación y clasificación de la información necesaria. La calidad de los datos debe ser evaluada, se deben identificar los vacíos de información y establecer los sustitutos requeridos (vea el *Capítulo 7: Evaluación y Manejo de los Datos.)* La preparación de los datos puede requerir varios meses, y depende de la disponibilidad y la calidad de los mismos. La preparación de la información es esencial, independientemente del enfoque empleado para el diseño de red de reservas.

Se necesita tiempo y experiencia para comprender cómo Marxan responde ante una serie de parámetros claves (por ejemplo, el modificador de longitud de frontera o el "costo" de la unidad de planificación). Los usuarios deben desarrollar rigurosos análisis de sensibilidad para verificar como influyen los parámetros de entrada en los resultados de Marxan (vea el *Capítulo 8: Cómo Asegurar un Análisis Robusto).* Los análisis detallados de sensibilidad son importantes ya que cada problema de diseño de reservas incluye un área de estudio diferente, y no hay dos problemas que sean similares. En otras palabras, los parámetros que resultaron para un estudio, no necesariamente se podrán trasladar a otro estudio.

Marxan es un componente de un proceso de planificación mayor y el tiempo que se requiera para usarlo será en función de ese proceso. A la larga, el compromiso financiero y el tiempo requerido para el uso de Marxan dependerá del nivel de conocimiento, la disponibilidad de datos, el volumen de los mismos, su formato, la cantidad de profesionales y el contexto de planificación, así como del nivel de participación de las partes interesadas y las consultas públicas. Es esencial realizar oportunamente los análisis y comunicar adecuadamentelos resultados.

2.5 LOS REQUERIMIENTOS DE MARXAN MÁS ALLÁ DE LOS MÍNIMOS TÉCNICOS

Los requerimientos mínimos para utilizar Marxan con éxito no se limitan a los requerimientos técnicos (como se resalta en el Manual del Usuario) e incluyen la configuración organizacional y de planificación. El éxito de un proceso que emplea Marxan va más allá de las consideraciones técnicas y requiere la disposición y el compromiso de las partes interesadas en el proceso (vea el *Capítulo 10: Uso de Marxan en Procesos de Planificación de Múltiples Partes* Interesadas*).* No solo los participantes, sino también todas las instituciones relacionadas deben aceptar este proceso, apoyar el uso de la herramienta y tener la predisposición para analizar con seriedad el producto final.

Para el uso efectivo de Marxan se necesita comprender a profundidad los conceptos y la metodología tanto de Marxan con del SIG. Desde el inicio, es necesario establecer objetivos claros y bien definidos. Un proyecto exitoso de Marxan requiere de pericia técnica y de planificación, así como del tiempo y dinero para implementar los pasos necesarios (vea el Recuadro 2.2, y *el Capítulo 5: Consideraciones para el Diseño de Reservas)* y se beneficiará grandemente de las inversiones previas en materia de SIGy manejo de datos e infraestructura relacionada.

Si el proyecto que se está analizando no cuenta con suficientes datos espaciales en formato SIG, entonces se deberán considerar otros programas differentes a Marxan. Por ejemplo, un enfoque "Délfico", que utiliza expertos familiarizados con el área, podría ser una mejor inversión de tiempo y dinero, aunque esos procesos tienden a limitar los sitios de selección a las áreas sobre las que se tiene conocimiento.

Recuadro 2.2: Pasos para la ejecución de un análisis con Marxan

La ejecución de un análisis con Marxan es un proceso iterativo que se compone de muchos pasos. Los pasos típicos incluyen; (1) dividir el área de estudios en unidades de planificación; (2) crear una base de datos en formato SIG de los objetos de conservación; (3) preparar los archivos de entrada de Marxan; (4) ejecutar las simulaciones y escenarios de Marxan; (5) revisar y analizar los resultados; (6) consultar con las partes interesadas; (7) agregar nueva información; (8) perfeccionar los parámetros de entrada; (9) re-ejecutar Marxan; (10) imprimir los mapas; y (11) comunicar los resultados. En el nuevo Manual de Marxan se puede encontrar más información sobre estos pasos.

3 Conceptos Fundamentales

Kerrie A.Wilson,[1]* Hugh P. Possingham,[2] Tara G. Martin,[3] Hedley S. Grantham[2]

[1]The Nature Conservancy, [2]La universidad de Queensland, Centro para el Análisis de Decisiones Ambientales Aplicadas [3]Universidad de British Columbia, Centro para la Investigación Aplicada de la Conservación

*Correspondencia: E-mail: k.wilosn2@uq.edu.au

RESUMEN

Hay una diversa gama de principios y términos para la planificación de la conservación. En este capítulo definimos esos principios y términos utilizando, principalmente, las ideas de Margules y Pressey (2000) y Possingham et al. (2006). De esta manera se analizan cómo esos principios y términos se relacionan con Marxan. Dos principios - amplitud y eficiencia- son los principales para nuestra comprensión y uso de Marxan ya que están presentes en el problema de conjunto mínimo (vea el Recuadro 1.1), que es el problema fundamental para el que Marxan fue diseñado. Se ha señalado que una unidad de planificación por sí sola no tiene un valor intrínsico constante, su valor más bien es un reflejo de su contribución a las metas generales de la red, y por consiguiente puede cambiar dependiendo de las diversas configuraciones de redes.

3.1 AMPLITUD

En términos simples, un sistema de reserva amplio es aquel que contiene cada rasgo de interés para la biodiversidad que incide en una región determinada. Lo ideal sería que tomara en cuenta la composición de la biodiversidad (la genética, la diversidad de especies y comunidades), la estructura (organización física, por ejemplo, los restos de leños en los bosques) y la función (los procesos ecológicos y evolutivos; por ejemplo, la reproducción, el reclutamiento y la disposición para los cambios en las preferencias de hábitat, que se presentan en las especies en diferentes etapas de la vida) (Noss 1990). Técnicamente, no es posible tener un sistema de reservas exhaustivo, ya que ninguna región cuenta con la información espacial sobre todos los aspectos de la biodiversidad. Lo que se intenta es representar de manera exhaustiva ciertos objetos (por ejemplo, tipos de hábitat, plantas vasculares, aves o dominios biofísicos) para que actúen como representaciones razonables del resto de la biodiversidad (Rodrigues and Brooks 2008).

La amplitud es un principio fundamental incluido en el problema que Marxan intenta resolver (vea el Recuadro 1.1). Normalmente, Marxan se utiliza para generar soluciones, con el menor costo posible, que contengan una cantidad o por ciento establecido de cada objeto de interés sobre el cual el usuario tiene datos. En algunas situaciones esto no es posible. Sin embargo, generalmente un ajuste al *"factor de penalidad de especies"* garantizará que cada red de reservas cumpla con las restricciones ("metas

cuantitativas") pre-especificadas (vea el Manual de Marxan y el *Capítulo 4: Análisis de los Objetivos Ecológicos mediante el Establecimiento de Metas).*

3.2 EFICIENCIA

Una red de reservas eficiente es aquella que cumple con los objetivos específicos de la conservación con el menor costo posible. La eficiencia es importante ya que facilita la futura expansión de un sistema de reservas mediante el uso inteligente de los fondos (por consiguiente, obtener más por el mismo costo) y tiene más posibilidades de ser defendida a la luz de intereses que compiten entre sí.

Marxan genera soluciones al problema del conjunto mínimo donde el objetivo específico es minimizar el costo de la red de reservas a la vez que cumple con todas las metas cuantitativas de biodiversidad (Recuadro 1.1). Por este motivo, la eficiencia es principal para Marxan. Desde una perspectiva práctica, el usuario necesita asignar un costo a cada unidad de planificación. En una aplicación estándar de Marxan, el costo de una unidad de planificación puede representar el costo de su compra y/o gestión, o los costos asociados a la pérdida del desarrollo o uso económico (Naidoo et al. 2006). En la mayoría de las aplicaciones teóricas de Marxan, el área se ha utilizado como sustituto del costo. En algunos casos, el costo de una unidad de planificación se ha utilizado para reflejar temas más generales como las amenazas. De cualquier manera, Marxan comprobará y evitará unidades de planificación costosas, si hay alternativas posibles. Sin embargo, en ocasiones hay unidades de planificación costosas que son esenciales para cumplir con los objetivos específicos de conservación y, por tanto, no pueden ser eliminadas.

3.3 DISPOSICIÓN ESPACIAL: COMPACIDAD Y/O CONECTIVIDAD

Un sistema de reservas compacto es aquel con una proporción pequeña del perímetro con relación al área. Al reducir esta proporción se logran múltiples beneficios: menor cantidad de reservas, menor costo de manejo y transacción, y potencialmente poblaciones y procesos ecológicos más viables. Las redes de reservas con menor cantidad de reservas y una menor longitud total de frontera con áreas que no pertenecen a las reservas será, sin duda alguna, más fácil y menos costosa de manejar. En general, los bordes entre las reservas terrestres y las áreas no protegidas no son favorables desde el punto de vista ecológico. Aunque dichos perímetros resultan favorables para algunas especies de interés para la conservación. El hecho de que la disposición espacial resulte importante es una razón por la que – en un diseño de sistema de reservas – "el todo es mayor que la suma de las partes" (vea el Recuadro 3.1). El parámetro de Marxan, Modificador de la Longitud de Frontera (BLM), permite al diseñador de reservas atribuir mayor o menor importancia a la compacidad del sistema con relación a su costo (por ejemplo, influir en la dirección del diseño hacia el tipo "una única área extensa" y alejarse del principio de diseño "muchas áreas pequeñas")

La conectividad es, con frecuencia, una consideración importante para la planificación de la conservación. Si bien Marxan no incorpora la conectividad directamente, el modificador de longitud de frontera puede utilizarse para lograr algunas formas de conectividad (Klein et al. 2008) (vea el Capítulo 5: *Consideraciones para el Diseño de Reservas).*

Recuadro 3.1: El todo es mayor que la suma de las partes

El error conceptual fundamental de los métodos de puntuación para el diseño de redes de reservas es que no utilizan el concepto que se aplica a las redes de reservas – el "todo es mayor que la suma de las partes". Sin embargo, Marxan sí lo hace. En esencia, un sitio no puede ser valorado de manera aislada (lo que hacen los sistemas de puntuación). El aporte de un sitio a la red de reservas sólo podrá ser valorado si conocemos los otros sitios que inciden en dicha red de reservas. Esto se debe a dos razones fundamentales. En primer lugar, nos interesa cumplir las metas para diferentes objetos de conservación. Si una red ya cumple todas las metas generales para todos los objetos en un sitio específico, dicho sitio adicionará muy poco. En segundo lugar, nos interesan las redes de reservas compactas. Así, el valor de un sitio será mayor si muchos de los sitios vecinos ya están en la red de reservas. Un sitio aislado tiene menos valor a menos que los sitios vecinos vayan a ser incluidos en la red de reservas en algún momento. Es de crucial importancia comprender que lo sitios en si mismos no tienen valores bien definidos. Sin embargo, el sistema completo tiene un valor bien definido según diferentes criterios. Esto se demuestra en muchas situaciones de la vida, por ejemplo, al seleccionar un equipo deportivo (un equipo de fútbol necesita defensas, centrocampistas y delanteros para complementar sus funciones), o cuando se hace la compra semanal (puede que el pan sea la forma más barata de carbohidratos y proteína, pero las personas no pueden vivir sólo de pan).

3.4 FLEXIBILIDAD

Por lo general, los planificadores de la conservación necesitan evaluar diversas soluciones que son razonablemente buenas desde el punto de vista ecológico y en el contexto de otras consideraciones, como las dimensiones económicas, sociales y la conveniencia política (Possingham et al. 2000). Las soluciones flexibles ofrecen al planificador la oportunidad de alcanzar los objetivos específicos de la conservación de diferentes formas. La flexibilidad puede resultar útil para considerar las oportunidades o, por el contrario, responder a las oportunidades no aprovechadas. Mientras mayor sea la cantidad de redes y unidades de planificación que se puedan evaluar, más posibilidades tendrá el planificador de encontrar una que no sólo satisfaga los objetivos específicos de la conservación, sino que contribuya además a otras metas generales. Esto proporciona además un espacio para encontar soluciones sensibles a los conflictos en uso de los recursos (Kelleher y Kenchington 1992). No obstante, la flexibilidad se reduce

cuando las unidades de planificación con objetos poco comunes se pierden en el proceso, independientemente de cual sea el motivo.

La flexibilidad es una característica de Marxan ya que el algoritmo más utilizado dentro del programa, el templado simulado, encuentra muchas soluciones buenas a problemas extensos y complejos. Asimismo, dado el hecho de que el templado simulado puede generar dichas soluciones rápidamente, se puede utilizar para explorar diversos escenarios con diferentes restricciones y parámetros.

3.5 COMPLEMENTARIEDAD

Las unidades de planificación se complementan bien si las especies o hábitats que las contienen son diferentes, de manera que su identificación ofrezca una combinación de unidades de planificación que, en conjunto, alcancen la meta final de amplitud del modo más efectivo (Justus and Sarkar, 2002). Por consiguiente, el proceso de planificación de los sistemas de reservas debe conocer qué contiene cada una de las reservas existentes (Kirkpatrick 1983; Vane-Wright et al. 1991, Pressey et al. 1993). El principio de la complementariedad es importante también ya que el valor de cada unidad de planificación es dinámico y cambiará una vez establecido el sistema de reservas (Margules y Pressey 2000, Stewart et al. 2003).

Los algoritmos que emplea Marxan para encontrar buenas soluciones al problema del diseño de reservas utilizan el principio de la complementariedad, lo que constituye otra razón dentro del diseño de red de reservas de por qué "el todo es mayor que la suma de las partes"

3.6 FRECUENCIA DE SELECCIÓN *VERSUS* "IRREMPLAZABILIDAD"

En términos generales, la irremplazabilidad de una unidad de planificación refleja la importancia de su inclusión en el sistema de reservas para alcanzar los objetivos específicos de la conservación. Por ejemplo, si una unidad de planificación es esencial para un sistema de reservas amplio ya que contiene una incidencia única de un objeto y/o es esencial para cumplir con las metas pre-especificadas para un objeto, entonces esta unidad de planificación puede ser considerada irremplazable.

Pressey et al. (1994), primero definieron la irremplazabilidad de una unidad de planificación como la fracción de todas las soluciones posibles que requieren esa unidad de planificación. Sin embargo, esta definición fue restringida a bases de datos pequeñas debido a limitaciones de computación. Luego, Ferrier et al. (2000) desarrolló un pronósticador de irremplazabilidad para bases de datos extensas. La irremplazabilidad es con frecuencia un número entre cero y uno. Si una unidad de planificación es esencial para un sistema de reservas amplio, porque contiene una única incidencia de un objeto o la única porción de terreno que queda para lograr las metas cuantitativas para ese objeto, entonces la irremplazabilidad será 1.

En referencia al análisis de irremplazabilidad, Leslie et al. (2003) explica que "dicho análisis proporciona una manera efectiva de recopilar información valiosa sobre las áreas prioritarias, a la vez que reconoce la ambigüedad inherente en la definición de las metas, la suposición de los modelos y otros parámetros... Un análisis de este tipo puede utilizarse para priorizar la planificación de la conservación marina y la implementación de actividades en una región extensa, indicando qué áreas dentro de la región contribuyen constantemente a cumplir con los objetivos generales de conservación".

En usos inteligentes de Marxan el usuario genera numerosas soluciones buenas para el problema de conjunto mínimo utilizando el templado simulado. Con todas esas soluciones buenas se puede calcular la frecuencia con la cual se selecciona una unidad de planificación –que de ahora en adelante llamaremos frecuencia de selección. No es exactamente lo mismo que se describe arriba sobre la irremplazabilidad, aunque en algún momento se conoció como "irremplazabilidad sumada". Esto nos indica qué parte de las buenas soluciones identificadas se pierde en caso de que un sitio deje de estar disponible para la conservación. Por ejemplo, si la mitad de las soluciones buenas generadas por Marxan al problema de conjunto mínimo (vea Recuadro 1.1) contienen una determinada unidad de planificación, dicha unidad de planificación tendrá una frecuencia de selección del 0.5. Este tema se analizará más adelante en el *Capítulo 9: Interpretación y Comunicación de los Resultados.*

3.7 REPRESENTATIVIDAD

Existe gran confusión en cuanto al término representatividad y su relación con la amplitud. Idealmente, las partes de cada objeto de la biodiversidad (por ejemplo, especies o hábitats) protegidas dentro de una red de reservas deben representar cada objeto y, por consiguiente, cubrir el rango de variación en cada objeto. Aquí lo definimos como una red de reservas que preserva la variación dentro de un objeto (con frecuencia no representada en mapas) (Possingham et al. 2005).

La representatividad está muy relacionada con la idea de amplitud ya que si definimos la biodiversidad en una escala detallada (por ejemplo, clasificar el hábitat en sus tipos de componentes), entonces muestrear de manera abarcadora los tipos detallados de hábitat equivaldría a representar los tipos de hábitat más generales. En la fase de recopilación de la información es importante tener en cuenta la capacidad para lograr la representatividad.

Un análisis básico realizado con Marxan, por lo general, no incluye el tema de la representatividad dentro de una determinada capa de objeto. Una manera simple de representar mejor los objetos es subdividir esos objetos en diversos sub-objetos—los que pueden definirse geográfica o físicamente. Por ejemplo, el extremo norte del rango de una especie puede ser un objeto y el extremo sur puede ser otro. Asimismo, el extremo húmedo del rango de una especie puede ser un objeto y el extremo seco puede ser otro objeto. Este tema se analizará más adelante en el *Capítulo 5: Consideraciones para el Diseño de Reservas.*

Otra característica de Marxan es que puede garantizar una distancia mínima de separación entre las parcelas y contribuir a aumentar las posibilidades de que una red de reservas represente la variación geográfica en cada objeto. Este tema se analiza en más detalles en el Manual para el uso de Marxan y en el *Capítulo 5: Consideraciones para el Diseño de Reservas*.

3.8 IDONEIDAD

Lo ideal es que cualquier sistema de reservas seleccionado sea suficiente para garantizar la persistencia de todos los objetos que contiene. Esto incluye el estudio de los conceptos de viabilidad de la población, los procesos ecológicos y la interacción entre las dinámicas de las especies, ecosistemas y paisajes. La idoneidad se ve influida, además, por el tamaño y la distribución espacial de la red de reservas. Por lo general, las redes de reserva se deben configurar de manera que los componentes de los sitios interactúen de forma positiva. Las reservas ubicadas en poblaciones sumidero tienden a depender del reabastecimiento proveniente de otros lugares, disminuyendo así las posibilidades de viabilidad a largo plazo en caso de que se pierda la conectividad o las poblaciones de origen (Pulliam & Danielosn 1991, Roberts 1998). Los criterios de diseño espacial pueden ser genéricos o específicos según las especies y puden ser basados en teorías de las metapoblaciones, los análisis de viabilidad de la población, la biogeografía y la ecología de paisaje (Pressey et al. 2007).

La idoneidad es uno de los conceptos principales del diseño de red de reservas y la biología de la conservación en general. Pero si bien la información sobre la idoneidad puede utilizarse en Marxan, dicha información por lo general no está disponible y es un poco dudosa. La idoneidad puede analizarse de diversas maneras en Marxan aunque no es el punto fuerte la herramienta. Por ejemplo:

- Definir una meta cuantitativa de tamaño de población para las poblaciones de una especie a partir de los resultados de los análisis de viabilidad de la población (Noss et al., 2002).
- Se puede especificar un área mínima de parcela.
- El modificador de longitud de frontera se puede utilizar para agrupar unidades de planificación y crear reservas con una relación baja perímetro/área.
- La separación geográfica y la dispersión de los riesgos se pueden garantizar mediante la replicación y la función de distancia mínima en Marxan.
- El estado de protección de las unidades de planificación puede emplearse para pre-incluir áreas que son 100% críticas para la persistencia de las especies (por ejemplo, áreas de tránsito de la fauna migratoria, áreas de reproducción, etc.) y pre-excluir las áreas que están muy amenazadas por amenazas difíciles de controlar que afectan la persistencia de la biodiversidad (por ejemplo, áreas con alta densidad de especies invasoras).

3.9 OPTIMIZACIÓN, TEORÍA DE LA DECISIÓN Y PROGRAMACIÓN MATEMÁTICA

La optimización es un proceso mediante el cual intentamos encontrar las mejores soluciones o soluciones muy buenas a un problema bien definido. Hay gran variedad de técnicas matemáticas que pueden conllevar a soluciones óptimas o casi óptimas. La teoría de la decisión es cualquier ciencia matemática, económica o social que nos ayuda en la toma de decisiones. De manera muy general, la programación matemática se halla en el campo de la optimización, y la optimización en el campo todavía más amplio de la teoría de la decisión. El templado simulado (vea el Recuadro 3.2) es un algoritmo dentro de Marxan utilizado para encontrar soluciones buenas al problema de conjunto mínimo (vea el Recuadro 1.1) y es un algoritmo de programación matemática.

Recuadro 3.2: ¿Qué es el templado simulado?

El término *templado simulado* proviene del templado en la metalurgia, una técnica basada en el calentamiento y enfriamiento controlado de un material a fin de incrementar el tamaño de sus cristales y reducir la prevalencia de defectos. El calor provoca que los átomos se separen de sus posiciones iniciales (*un mínimo local*) y se muevan sin rumbo fijo y de manera aleatoria por estados de mayor energía; el enfriamiento lento les proporciona más posibilidades de que encuentren configuraciones con menor energía interna que la inicial y, por consiguiente, con menores defectos. Por analogía, cada paso del algoritmo de templado simulado reemplaza la solución actual por una solución aleatoria "cercana", seleccionada a partir de una probabilidad que depende de la diferencia entre los valores correspondientes de una *función objetivo* y un parámetro global denominado *temperatura*, que se reduce de manera gradual. La solución actual cambia casi de forma aleatoria cuando la temperatura es alta, pero cada vez más son sólo aceptadas las buenas soluciones cuando la temperatura se acerca a cero. La posibilidad de seleccionar movimientos errados previene que el método quede atascado en un mínimo local -problema asociado con los métodos ávidos del proceso de selección de reservas (Kirkpatrick et al. 1983)

Más información sobre el templado simulado la puede encontrar en el Manual de Marxan, así como en la página web de CLUZ: http://anotherbobsmith.wordpress.com/software/cluz/

4 Análisis de los Objetivos Ecológicos mediante el Establecimiento de Metas

Louise Lieberknecht,[1]* Jeff A. Ardron,[2] Ralph Wells,[3] Natalie C Ban,[4] Mervyn Lötter,[5] Jose L. Gerhartz,[6] David J. Nicolson[7]

[1]Finding Sanctuary [2]Asociación para la Investigación y Análisis Marino del Pacífico [3]Universidad de British Columbia, Centro para la investigación de la Conservación Aplicada [4]Universidad de British Columbia, Centro para la Actividad Pesquera [5]Agencia de Turismo y Parques de Mpumalanga; Servicios Científicos [6]WWF-Canada [7]Nature Conservancy de Canadá

*Correspondencia: E-mail: Louise.Lieberknecht@southwestfoodanddrink.com

PRÓLOGO

Resulta esencial para cumplir con los objetivos ecológicos de una red de reservas que se determinen y cumplan adecuadamente sus metas cuantitativas de conservación espacial. Existen diferentes enfoques para establecer las metas para los objetos de conservación en Marxan, dependiendo de los objetivos ecológicos y los datos disponibles. Con frecuencia, es recomendable establecer metas de representación a gran escala para las clasificaciones de hábitat o biotipo que cubren toda la región (el filtro grueso), y luego establecer metas adicionales para objetos individuales discretos distribuidos espacialmente (el filtro fino). Las metas proporcionales para los objetos incluidos en el filtro grueso, dígase clasificaciones de hábitat, pueden ser las mismas para todos los tipos de objetos (ej. 10%), o pueden llevarse a una escala dependientemente de la abundancia general de cada tipo de objeto, proporcionando a los objetos más raros metas mayores que los más abundantes (vea el Recuadro 4.1). Para los objetos individuales que se incluyen dentro del filtro fino, las curvas de tamaño mínimo de población viable y las curvas de especies/área pueden contribuir a definir las metas cuantitativas, cuando se cuenta con dicha información (vea la Sección 4.3.2). Se deben determinar metas mayores para objetos que representen un interés de conservación particular (que se definen utilizando diferentes criterios como rareza, disminución, y amenaza). Las medidas de protección existentes (espaciales y no espaciales) deben influir en la definición de las metas cuantitativas, mientras que los marcos legales y compromisos políticos existentes pueden contener metas generales que constituyan un punto de partida necesario. Una perspectiva transregional suele influir en las metas. Por ejemplo, un objeto poco común en una región determinada puede ser común en otra región colindante, y por tanto, recibir un tratamiento diferente al de un objeto que es raro a escala global. En casi todos los casos, el conocimiento y la experiencia de los expertos serán valiosos para ayudar a definir esas metas o rangos de metas que son más probables de lograr los objetivos ecológicos (vea la Sección 4.3.3 y el Recuadro 4.2). En los casos donde hay cierta incertidumbre en la determinación de las metas, puede resultar útil explorar un rango de metas cuantitativas para desarrollar diferentes escenarios.

4.1 INTRODUCCIÓN

La adecuada planificación sistemática de la conservación requiere objetivos explícitos formulados dentro de un problema bien definido (vea el *Capítulo 1: Introducción)*. En el contexto de Marxan, este capítulo analiza el desarrollo de metas cuantitativas para objetos de conservación basados en dichos objetivos ecológicos. La traducción de objetivos ecológicos a objetivos que se puedan cuantificar es un aspecto muy importante, aunque no el único. En los siguientes capítulos se describe como se pueden utilizar otras configuraciones en Marxan para abordar otras consideraciones del diseño (vea el *Capítulo 5: Consideraciones para el Diseño de Reservas)* y como incorporar los objetivos socio-económicos (vea el *Capítulo 6: Análisis de los Objetivos Socioeconómicos*).

Los objetivos generales y específicos[4] de un proyecto deben exponerse al inicio y utilizarse luego para formular un modelo de planificación de la conservación. Un paso importante en el uso de Marxan es ir de objetivos generales a objetivos específicos cuantificables. Marxan puede abordar algunos objetivos específicos expuestos de manera explícita y exacta, mientras que otros requieren ser interpretados o requieren cierta imaginación. La determinación de las metas para objetos es esencial para la especificación de este problema.

4.2 OBJETOS Y METAS CUANTITATIVAS DE CONSERVACIÓN

Un objeto de conservación es un componente de la biodiversidad medible y definible desde el punto de vista espacial que va a ser conservado dentro de una red de reservas. Los objetos de conservación se pueden definir a diferentes niveles de la escala ecológica. Por ejemplo, es posible proteger especies, comunidades, tipos de hábitat, poblaciones y subtipos genéticos. En una análisis realizado con Marxan, a cada objeto de conservación se le asigna una meta (*target)*, que es la cantidad de ese objeto de conservación que será incluida dentro de la red de reserva; por ejemplo, 10 000 ha de un hábitat, o 30 % de su extensión original, o una incidencia[5].

La manera de incorporar los objetos y metas cuantitativas de conservación en un análisis con Marxan es un reflejo de los objetivos ecológicos de una red de reservas. Por ejemplo, si el objetivo de representación es incluir todo el rango regional del hábitat dentro de la red, entonces se debe incluir una capa de clasificación regional de hábitats en el análisis

---

[4] Nótese que hay cierta confusión semántica en la literatura anglosajona en cuanto a los términos *metas (goals)* y *objetivos (objectives)*. En la traducción de esta guía, el término metas *(goals)* es considerado en términos generales y amplios, mientras que el término objetivo se reserva para aquellos más específicos y cuantificables.

[5] Estos términos no se deben confundir con la terminología utilizada por The Nature Conservancy, que emplea la palabra anglosajona *target* para referirse al término *objeto de conservación* tal como se usa en esta guía.

con cada clase incorporada como un objeto de conservación específico, para el cual se establecerán las metas (por ejemplo, el 10% de cada tipo de hábitat (vea el Recuadro 4.1). Si otro objetivo específico es proteger de manera adecuada un mamífero en peligro de extinción, la propia especie deberá incluirse como un objeto de conservación adicional, estableciendo como meta cuantitativa el tamaño mínimo de población viable. Como alternativa, se pueden utilizar como objeto de conservación un hábitat importante para las especies (por ejemplo, hábitat de pastos), y establecer una meta de una determinada cantidad de hectáreas.

La selección de los objetos de conservación y sus metas dependerá del tipo, la escala, la calidad y cantidad disponible de datos espaciales relacionados con ellos. En la práctica, la disponibilidad de información espacial de buena calidad va a limitar con frecuencia los objetos y metas de conservación que se pueden utilizar. Los conjuntos de información ecológica se presentan de diferentes formas: muestras puntuales de incidencias de las especies, registros de observación, abundancias, mapas de la distribución de especies (mapas binarios o mapas de probabilidades de incidencias), mapas de hábitat, mapas de conveniencia de hábitat, cantidad de personas o especies registradas en cuadriculas, probabilidades de incidencias, etcétera. Uno de los mayores retos es la integración y el pre-procesamiento de la información disponible, de forma que cada objeto de conservación se resuma en una base de datos única y asociada con las unidades de planificación (vea el *Capítulo 7: Evaluación y Manejo de los Datos* y el *Capítulo 8: Cómo Asegurar un Análisis Robusto)*. Si se utiliza una superficie de probabilidad, los valores de probabilidad se pueden utilizar como un sustituto de la abundancia, considerando la "abundancia" total como la suma de la superficie de probabilidad en el área de estudio. Una buena práctica es documentar no sólo los objetos y metas cuantitativas de conservación que se utilicen, sino el argumento(s) para su selección.

4.3 ESTABLECIMIENTO DE METAS CUANTITATIVAS RAZONABLES

4.3.1 Cómo se relacionan las metas de filtro grueso y fino

Los objetos de filtro grueso son aquellos que cubren casi toda, o toda, el área de planificación y normalmente representan hábitats, biomasa o comunidades de especies de mayor nivel. Por ejemplo, una meta de representación del 25% para una clase de vegetación puede proteger una estimación del 75% de todas las especies encontradas dentro de esa clase de vegetación. Este es un filtro grueso, ya que no analiza ninguna especie de manera individual sino un agrupamiento general que normalmente tiene lugar en conjunto. La inclusión posterior de metas para una escala más detallada, o de datos puntuales por localidades para especies o hábitats seleccionados, refina este enfoque de filtro grueso. De esta manera se incluyen aquellas áreas críticas donde se conoce o es probable la ocurrencia de taxones de particular interés para la conservación. Son varios los criterios a considerar para seleccionar los objetos de conservación de filtro fino, y pueden incluir objetos de conservación con hábitats especiales que no fueron representados de manera adecuada mediante el filtro grueso, tales como las especies

raras, amenazadas o en peligro de extinción, especies claves o sombrillas, especies endémicas o aquellas que ejercen una influencia desproporcionada sobre el medio que las rodea. En algunos casos, los objetos de filtro grueso se distribuyen en el área de estudio con diversos tamaños. Por ejemplo, una clasificación de hábitat de fondo marino puede incluir extensas franjas de áreas arenosas conteniendo pequeños parches de coral rocoso. En tales circunstancias, si se aplican metas de iguales proporciones a todos los objetos, la red puede entonces estar dominada por amplias franjas de objetos comunes, posiblemente menos amenazados. Proteger objetos comunes tan extensos puede no ser el mejor uso de los limitados recursos disponibles para la conservación (Recuadro 4.1).

Recuadro 4.1: Un enfoque para determinar las metas de filtro grueso

Proteger el 30% de un hábitat que cubre 1 000 000 hectáreas requiere un esfuerzo notablemente mayor que la protección del 30 % de un hábitat más inusual que solo cubre 1000 hectáreas. Lo más adecuado es utilizar datos de idoneidad (vea debajo por ejemplo, las curvas de especies-hábitat) para seleccionar los porcentajes adecuados. Sin embargo, esos datos rara vez están disponibles para los objetos de filtro grueso, especialmente para el medio marino. En esos casos, se deben analizar otras opciones para determinar metas cuantitativas proporcionales basadas en la abundancia general de los objetos de conservación.

Una opción para trabajar con objetos multiescalares es normalizar los datos espaciales utilizando una transformación de raíz cuadrada (de la misma manera que las poblaciones de especies se pueden normalizar utilizando una transformación logarítmica). Las metas de representación de un par de objetos determinados se llevan a una escala aproximadamente proporcional a la raíz cuadrada de la relación entre sus áreas totales. Así, dentro de una clase de objeto específica (por ejemplo, hábitats bénticos o biomas marinos) para dos objetos cualquiera (x & y), la protección sería:

$(x_p / y_p) \approx (x_t / y_t)^{0.5}$

…donde el subíndice "$_p$" representa el área protegida de un objeto determinado y el subíndice "$_t$" representa el área total de un objeto determinado en la red. En otras palabras, la distribución de las metas para múltiples objetos representativos del mismo tipo debe ubicarse dentro de un continuo aproximadamente proporcional a la raíz cuadrada de sus respectivas áreas totales.

En el ejemplo anterior, si se protege el 30% del objeto de 1000 hectáreas (por ejemplo, 300 ha), según la fórmula debiéramos esperar que se protejan unas 9500 hectáreas del objeto común de un millón de hectáreas[6], lo que resulta ser el 9.5%. De modo que, en la práctica, quizás se establezca una meta del 1% para el mayor objeto de conservación y una meta del 30% para el menor. Los supuestos estadísticos de este concepto son analizados por Ardron (2008).

Si es apropiado o no llevar a escala las metas de representación, como se sugiere aquí, dependerá de los objetivos ecológicos de la red. Por ejemplo, Johnson et al. (2008) señalan que las especies marinas asociadas con hábitat más comunes se encuentran posiblemente tanto en sitios protegidos como no protegidos, pero que aquellas asociadas con hábitat menos comunes

[6] Lo que equivale a 300 ha * $(1\ 000\ 000/1000)^{0.5}$ = 9487 ha.

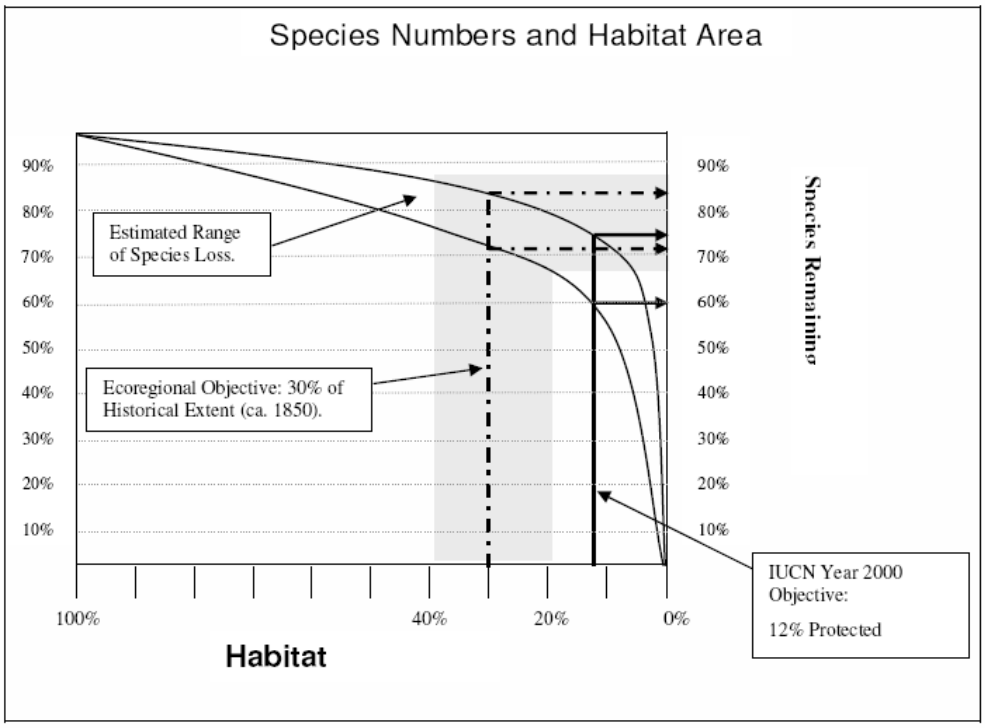
dependen más de los "peldaños" de las áreas protegidas, y por tanto, se protegerían más esos hábitats menos comunes de manera proporcional. Igualmente sería apropiado escalar las metas si se hace más énfasis en proteger objetos raros o inusuales, o si es poco realista proteger áreas muy extensas. Por otra parte, si el objetivo es reflejar fielmente las abundancias relativas de los objetos en la red, pudiera entonces ser inadecuado incluir una proporción mayor de objetos raros.

4.3.2 ¿Cuánto es suficiente? Análisis de viabilidad, curvas de especies-área y opinión de expertos

De manera ideal, reportaremos metas mínimas para especies individuales utilizando una valoración detallada de viabilidad - por ejemplo, un sistema de reservas debe incluir suficiente hábitat para acoger 1000 Cebras de Montaña (Ferrar and Lötter 2007). Para especies individuales, los valores absolutos de las metas podrán depender del conocimiento sobre los tamaños mínimos de poblaciones viables (MVPs, por sus siglas en inglés)

En los casos donde se disponga de curvas de especies-área, estas pueden resultar de utilidad en la definición de las metas para las áreas de diferentes comunidades/ hábitats/ biomas que deban ser protegidos (Desmet and Cowling 2004, Pryce et al. 2006). El principio es que se debe proteger suficiente área para garantizar que las especies características de una comunidad o bioma tengan posibilidades de ser incluidas; no obstante, los detalles de la implementación pueden resultar complicados (Tjørve 2003), y la manera en que se desarrolló la curva va a influir en como debe usarse (Scheiner 2003). Por lo general, mientras más tierra se reserve, la tasa de los crecientes beneficios ecológicos para una comunidad de especies o bioma específicos comenzará a disminuir, (vea la Figura 4.1), y es en algún lugar de esta sección aplanada de la curva donde se debe establecer la meta general. Una "regla general" es ubicar la región de la curva donde el incremento del 1/10 en el área genera un incremento del 1/10 en especies (Cain 1938). Otras curvas relacionadas analizan la diseminación de las larvas, las distancias de polinización, rangos de distribución de las especies, etcétera.

Figura 4.1: Curva de Especies/Área (de Pryce et al, 2006)



Desafortunadamente, y en particular en el reino marino, dicha información por lo general no está disponible y lo único que la sustituye es la opinión de los expertos. Durante debates con los expertos es aconsejable aclarar qué tamaño mínimo de parcela se considera viable y qué tamaño mínimo de red será considerado, al fin de garantizar objetivos ecológicos como la diversidad genética. Aspectos espaciales importantes como la separación entre los parches, las distancias de los corredores terrestres y de dispersión de las larvas marinas, y las etapas del ciclo de vida, deben ser analizados y traducidos en metas cuantitativas espaciales, siempre que se conozcan y sea propicio (vea la *Sección 4.3: Establecimiento de metas cuantitativas razonables* y el *Recuadro 4.1).*

4.3.3 Asesoría y revisión de expertos

Las metas ecológicas seleccionadas para ser utilizadas en un análisis pueden tener implicaciones de gran alcance y deberán ser defendidas, quizás ante un tribunal de justicia. La selección inicial de metas ecológicas llevada a cabo por el equipo de análisis debe incluir criterios de expertos y, en ocasiones, de las partes interesadas *(*vea el *Capítulo 10: Uso de Marxan en Procesos de Planificación de Múltiples Partes* Interesadas). El Recuadro 4.2 muestra el cuestionario utilizado en una serie de talleres de expertos para documentar los procesos de planificación de la conservación marina en la Columbia Británica (BC), Canadá. Una buena práctica es intentar llegar a un acuerdo en un rango de valores de metas cuantitativas alcanzables. Sin embargo, muchos expertos no se sienten cómodos utilizando valores de metas numéricas, y tienden a sobrevalorar sus

propias áreas de investigación. De modo que la tarea de lograr un equilibrio entre los valores numéricos para todas las metas cuantitativas de conservación en el análisis deberá ser responsabilidad del equipo principal de análisis.

Durante la depuración puede resultar muy útil analizar los *valores de metas relativos* de los objetos de conservación como un conjunto relacionado y no valores absolutos para objetos individuales. En análisis realizados con anterioridad en la Columbia Británica, las metas para la protección de los objetos fueron diseñadas inicialmente con el empleo de términos cuantitativos (bajo, moderado-bajo, moderado, moderado-alto, alto, muy alto) y luego se aplicaron diversas metas numéricas a esos términos en diferentes escenarios (Ardron et al. 2000; Ardron 2003, 2008).

Recuadro 4.2: Cuestionario de los expertos para ayudar en el establecimiento de metas

El Análisis para la Conservación Marina de la Columbia Británica (BCMCA por sus siglas en inglés, www.bcmca.ca) utilizó un enfoque basado en expertos para seleccionar los objetos de conservación y establecer las metas cuantitativas. Para ello, el equipo de proyecto organizó talleres donde se analizaron un tema por día (temas ecológicos, incluyendo aves marinas, flora marina, peces, invertebrados, y mamíferos marinos). Luego de una introducción al proyecto, cada taller tuvo como objetivo completar hojas de trabajo basándose en las preguntas siguientes.

SECCIÓN 1 - OBJETOS	
Objeto Marino	**Argumento**
Haga una lista de los objetos ecológicos/especies únicos de este conjunto de información (ej. especies, familias, grupos de especies o hábitat de especies) que requieren un análisis individual en el BCMCA. Puede desear delinear objetos por temporada/región o ambos.	*Justificación para la clasificación de objetos o su tratamiento individual.*

SECCIÓN 2 - METAS CUANTITATIVAS ECOLÓGICAS		
Medida	**Meta (rango)**	**Comentarios/ Argumentos**
El tipo de medida que será utilizada para captar al objeto marino (por ejemplo, por ciento de la incidencia actual del objeto en el área de estudio, por ciento de la población actual, cantidad de incidencias).	*Cantidad requerida del objeto para para cumplir con los 4 objetivos ecológicos de BCMCA: (1) Representar la biodiversidad de los ecosistemas marinos de BC, (2) mantener las poblaciones viables de especies nativas; (3) sustentar los procesos ecológicos y evolutivos; (4) crear una red de conservación capaz de resistir el cambio ambiental. Los rangos deben abarcar desde el mínimo a las cantidades preferidas.*	

SECCIÓN 3 - CONSIDERACIONES ECOLÓGICAS				
Tamaño Mínimo de Parcela	**Réplicas**	**Distancia de Separación**	**Otras Consideraciones Ecológicas**	**Comentarios**
Tamaño mínimo de parcela/ población necesario para garantizar la viabilidad de la población.	*¿Cuántas parcelas únicas se necesitan para garantizar la persistencia a largo plazo de la población/ para la salvaguarda contra alteraciones?*	*La distancia mínima a la que deben ubicarse las diferentes parcelas de un objeto (considerando las distancias de dispersión)*	*Por ejemplo, la conectividad, relación entre ecosistemas, dinámicas, consideraciones espaciales de gestión.*	

SECCIÓN 4 - FUENTES DE DATOS DE LA FLORA Y PRE-PROCESAMIENTO					
Base de Datos/Capa	**Descripción**	**Geometría**	**Proveedor, Custodio**	**Extensión**	**Campos Claves/ Atributos**
Datos georeferenciados que contienen la ubicación de los objetos. Se le dará preferencia a la información digital. La lista no tiene que ser inclusiva pero debe representar la mejor información disponible para análisis científicos.	*Breve descripción de los datos* .	*Tipo de geometría (líneas, puntosl o polígonos)*	*Proveedor de la información/* *referencia*	*Alcance geográfico del conjunto de datos*	*Información descriptiva almacenada con los datos espaciales*

SECCIÓN 5 - PRE-PROCESAMIENTO
Pre-Procesamiento
¿Cómo debe procesarse este juego de datos (o juegos de datos combinados) para utilizar Marxan?

<u>Recuadro 4.3</u>: Lecciones aprendidas durante talleres de expertos

Por Karin Bodtker, BCMCA

El BCMCA encontró que completar las hojas de trabajo (ver Recuadro 4.2) funcionó mejor en algunos talleres que en otros. En general, las hojas de trabajo tuvieron mejor resultado cuando fueron completadas bajo las siguientes condiciones:

- Objetos fueron relativamente fáciles de listar especie por especie.
- Los expertos que atendieron cubrían los grupos de especies analizadas.
- Los expertos que atendieron tenian acceso a los datos que recomendaron para el proyecto de BCMCA o tenían buen conocimiento de ellos.
- No existían una mala predisposición sobre Marxan.

El BCMCA encontró que aunque ellos habían desarrollado unos claros objetivos ecológicos para los escenarios de Marxan, muchos expertos se sentían incómodos al recomendar rangos de metas para los objetos ya que solían carecer de evidencias que apoyaran sus recomedaciones. En retrospectiva, las siguientes tres recomensaciones puedrían haber ayudado a obtener respuestas más claras de los expertos:

- Desarrollar materiales con ejemplos reales de análisis con Marxan. A partir de estos, analizar una gama de escenarios con objetivos, listas de objetos, metas y resultados.
- Reconocer que no existe una revisión científica con expertos que señala metas basadas en objetivos específicos, y que para avanzar en el proyecto se necesita establecer rangos de metas razonables basados en el conocimiento de expertos de las objetos ecológicos relevantes.
- Recalcar que los rangos de metas necesitan ser explorados, reconociendo que no existe un único número "adecuado".

Además, BCMCA ofreció talleres durante dias diferentes, con diferentes participantes y facilitadores durante un periodo de diez meses. Mientras que el formato de los talleres era el mismo (grandes grupos en plenario y sesiones en pequeños grupos de cuatro o seis expertos en cada grupo), existieron diferentes enfoques tomados por los diferentes grupos para identificar objetos y metas, posiblemente debido al resultado del "pensamiento en grupo".

Recuadro 4.4: Alternativa a talleres de expertos para establecer metas

Por David Nicholson, Black Coffee Consulting

Un procedimiento alternativo a talleres con hojas de trabajo, sería talleres que se centraran en identificar objetos y datos para completar dichos objetos, e introducir el significado de las metas, seguido por un cuestionario Delphi para ayudar a establecer metas para cada objeto. Expertos invitados asignarían independientemente metas para cada uno de los objetos identificados, luego mostrar el promedio de metas y rango de metas de todos los expertos y dar la oportunidad de revisar las respuestas. Los beneficios de este procedimiento son:

- reducir la parcialidad del pensamiento en grupo;
- expertos conocen la métrica de los datos antes de asignar las metas;
- uso eficiente del tiempo de los participantes;
- todos los expertos tienen la mismas oportunidades de participar.

Dificultades de este procedimiento incluyen:

- bajo número de respuestas cuando se solicita a través de cuestionarios;
- el lapso de tiempo entre la explicación de las metas y solicitar recomendaciones de metas (ej. expertos olvidan o no están seguros y no responden a los resultados); y
- opiniones sobre objetos y metas más allá de los conocimientos de los participantes.

4.3.4 Estado de la conservación como representación de las metas cuantitativas

El estado de conservación de las especies y los hábitat (ej. IUCN, las listas rojas nacionales de especies que se encuentran en riesgo a nivel regional o global) puede utilizarse para fundamentar las prioridades y definir las metas para los objetos individuales. Los criterios que comúnmente se utilizan para desarrollar esas listas incluyen la amenaza, las disminuciones recientes o históricas, la rareza, el endemismo, o la importancia proporcional, y los objetos que se incluyen dentro de esos criterios reciben en ocasiones metas cuantitativas de mayor porcentaje. En casos donde las especies o hábitat hayan disminuido considerablemente, se podría utilizar la información relacionada con la distribución histórica. Esto puede utilizarse para establecer las metas de lo que queda, como una proporción de su abundancia histórica. El conocimiento de las causas de las disminuciones puede también ayudar a fundamentar el establecimiento de las metas. Por ejemplo, en casos donde las poblaciones de peces de estuarios son amenazadas por obstrucciones de los ríos, el objetivo ecológico puede ser proteger todo e un río sin represar desde las cabezadas hastael mar y la meta sería una longitud determinada de hábitat acuático no modificado con elementos de la cabezada, los afluentes y la corriente principal.

El uso del estado de conservación para dirigir las metas de filtro fino conlleva el riesgo de que el énfasis de la protección recaiga en los objetos raros y amenazados, y es muy poco probable que esto garantice, por sí solo, el funcionamiento saludable de un ecosistema. Por consiguiente, la buena práctica exige que se cuantifiquen otras consideraciones como la importancia ecológica (ej. especies clave para metas de filtro fino) y la representatividad (para metas de filtro grueso).

Recuadro 4.5: Localización de "objetos opcionales" en el análisis

En ocasiones puede haber objetos de un posible interés secundario que no son directamente relevantes para los objetivos ecológicos del análisis. Sin embargo, pueden incluirse en el análisis llevando sus metas y/o factores de penalidad a cero. Marxan no intentará captarlos, sin embargo, las tablas de salida de Marxan permitirán que el usuario verifique la cantidad de estos elementos que es incluida en la solución. Como alternativa, asignarle al objeto un factor de penalidad o meta por debajo de lo usual (pero no cero) le permitirá "inclinar la balanza a su favor" en situaciones donde, de otra forma, dos unidades de planificación serían calculadas como iguales. Sin embargo, la buena práctica establece que este ajuste solo tenga lugar después de que se hayan fijado los objetos más importantes y sus metas (vea la *Sección 4.4: Metas cuantitativas y Balances)*

4.3.5 Niveles de protección existentes

Si un usuario pre-incluye ("*locks in*") áreas espacialmente protegidas que ya existen, se tomarán en cuenta en el análisis los niveles de protección actuales para los objetos ubicados dentro de esas áreas.

Sin embargo, cuando un objeto en particular ya está protegido por medidas no espaciales, por ejemplo por cuotas restrictivas, este no puede ser contabilizado directamente en un análisis de Marxan. Si se le piensa dar protección espacial a ese objeto, el beneficio que se deriva de la protección no espacial existente puede representar que una meta espacial menor ofrezca suficiente protección general. Esto dependerá del objetivo ecológico, teniendo en cuenta que puede resultar difícil cuantificar con exactitud la efectividad de las medidas no espaciales y traducirlas a un equivalente espacial.

4.3.6 Marco legal o mandato

Muchos países son signatarios de convenciones o están sujetos a legislaciones que establecen que se preserven ciertas proporciones de especies/hábitat particulares (ej. Las Directivas sobre Aves y Hábitat de la Comunidad Europea). Esto representará un punto de partida para el establecimiento de metas cuantitativas ecológicas, y hará que sean defendibles de manera pública y en un proceso legal. No obstante, se recomienda prudencia, ya que una meta legal puede no ajustarse a lo que se requiere desde el punto de vista ecológico. Si hubiese alguna discrepancia en este sentido, se podrían ejecutar dos conjuntos de escenarios (el "legal" y el "ecológico") para demostrar visualmente a

las partes interesadas y a los encargados de la toma de decisiones las diferencias entre las posibles soluciones. Asimismo, algunas organizaciones tienen misiones que las comprometen hacia determinadas metas. Una vez más, estas pueden ejecutarse en conjunto con metas cuantitativas basadas en valoraciones ecológicas de proyectos específicos, así como otras creadas por las partes interesadas, la política gubernamental o los requerimientos legales (vean Recuadro 4.5 y Recuadro 4.6).

Recuadro 4.6: El lado político cuando se establecen metas

Por George F. Wilhere, Washington State Department of Fish and Wildlife

Las metas deberían de ser informadas por datos científicos, pero no deberían de ser libres de intereses económicos o aisladas del discurso político (Wilhere 2008)[5]. Aquellas personas que desarrollan metas de conservación dentro del contexto de planificación sin un conociemiento de la relación entre la economía y la ética, serán problamente responsables de "silenciar" la incidencia política (Lackey 2007).[6]

Para evitar esta situación, Wilhere (2008) propone las siguientes recomendaciones: Científicos deberían entender que (1) las metas de conservación son expresiones del riesgo aceptable; es decir, ¿cuánto estás dispuesto a arriesgar? (2) actitudes hacia el riesgo de la extinción antropogénica están basadas en valores éticos y (3) juicios sobre los valores éticos se encuentran fuera del campo de la ciencia. Por lo tanto, cuando científicos basan la evaluación de la conservación en una serie de metas subjetivas, deberían claramente establecer que representan una opción política or de principios dentro de un abanico ámplio de opciones potenciales. Siempre que sea práctico, científicos deberían hacer una evaluación de la conservación para un rango ámplio de metas, incluyendo metas que pueden incomodar a biólogos conservacionistas. Científicos deberían abstenerse a favorecer una sería de metas establecidas *a priori* dentro del trabajo publicado, excepto para indicar lo bien que estas metas se esperan de ser para alcanzar los objetivos de conservación del proceso. Cuando los datos estan disponibles, biólogos conservacionistas deberían de trabajar con economistas para determinas elcosto relativo de los diferested niveles de riesgo, incluyendo información sobre costos absolutos y marginales. Riesgos de extinción podráin enmarcarse en términos de compromiso entre costo y beneficio, al mismo tiempo que se reconoce la decisión como un dilema ético.

[5] Wilhere, G.F. 2008. The how-much-is-enough myth. Conservation Biology 22: 514-517

[6] Lackey, R.T. 2007. Science, scientists, and policy advocacy. Conservation Biology 21: 12-17

4.3.7 Planificación trans-regional

Resaltar la importancia proporcional o el grado de endemismo de una especie dentro de una región de estudio pudiera contribuir al establecimiento de las metas y a la conciliación de planes de conservación de regiones adyacentes. En particular si las regiones responden a fronteras administrativas más que a fronteras ecológicas, o se encuentran en regiones ecológicas donde no es posible realizar una valoración única. Por ejemplo, una especie rara en una región específica puede estar en el perímetro de su rango geográfico, y estar bien representada (y protegida) en una región adyacente: Dicha especie deberá, por lo general, recibir una meta cuantitativa menor que una especie rara globalmente. Generalmente es una buena práctica preservar las especies en el centro de su rango geográfico, por ejemplo, "en su zona fuerte"; sin embargo, en algunos casos pudiera ser adecuado considerar metas para especies en el perímetro de su rango geográfico, si se conoce que la distribución está cambiando hacia esa dirección, como resultado, por ejemplo, del cambio climático.

Cuando la distribución geográfica de un objeto abarca múltiples regiones de planificación y no es posible realizar una única valoración para el conjunto, se podrá garantizar cierta consistencia en los planes de áreas adyacentes estableciendo las mismas metas de representatividad para los diferentes objetos en dichas regiones adyacentes, independientemente de su abundancia relativa dentro de cada región. Dicha consistencia puede ser importante para las partes interesadas, considerando que todas las regiones deben recibir el mismo tratamiento, lo que equivale a decir un tratamiento "justo". Sin embargo, desde el punto de vista ecológico esto no suele ser ideal, ya que desestima las diferencias ecológicas entre las regiones, y la buena práctica indica que deben tomarse en cuenta esas diferencias siempre que sea práctico.

4.4 METAS CUANTITATIVAS Y BALANCES

4.4.1 Planificación iterativa

Al realizar cualquier análisis basado en los ecosistemas es esencial lograr los objetivos generales en el ámbito de ecosistemas y, por consiguiente, los objetivos ecológicos y metas cuantitativas de Marxan generadas a partir de dichos objetivos. No obstante, debido a consideraciones pragmáticas, usualmente se requiere realizar un balance entre logro de estos objetivos y otros intereses. Al tantear estos balances es una buena práctica explorar de manera iterativa un rango de metas alcanzables, documentar los pros y contras, y los argumentos que conllevaron a las decisiones. Por ejemplo, si los expertos no coinciden en una meta cuantitativa para un objeto de conservación, puede resultar útil ejecutar diferentes escenarios para explorar dichas diferencias. Puede encontrarse que dichas metas no implican diferencias notables en el diseño de reservas. O, en caso de que cambien las soluciones de manera marcada, sin dudas indicará donde se va a necesitar mayor trabajo investigativo o asesoría adicional *(*vea *Sección 8.4: Análisis de sensibilidad).*

Asimismo, puede ser importante para las partes interesadas comprender que el cambio de algunas metas cuantitativas puede no afectar los resultados de manera significativa, ya que las metas para otros objetivos específicos son las que están conduciendo a los resultados generales. No siempre es posible saber si una meta específica cumplirá con los criterios de idoneidad (por ejemplo, la conservación de poblaciones viables) por tanto, es importante comunicar otras opciones que existan (de mayor o menor riesgo) a fin de que las partes interesadas comprendan las implicaciones y puedan balancearlas (vea el *Capítulo 10: Uso de Marxan en Procesos de Planificación de Múltiples Partes* Interesadas*)*.

4.4.2 Ponderación de las metas cuantitativas mediante el factor de penalidad de especies

Las soluciones prominentes generadas por Marxan deben ser evaluadas a fin de analizar si cumplen sus metas ecológicas. Inicialmente los dos temas más comunes serán:

- **Poca representación**: Cuando no se cumplieron todas las metas, ¿Cuál fue el déficit? ¿Cuan significativo es desde el punto de vista ecológico/estadístico? ¿Significa esto que la meta fue poco realista? ¿Se debe reducir la meta, o como alternativa, aumentar el factor de penalidad de especies[7] puede corregir este déficit? ¿Qué impacto tienen esos ajustes en las nuevas soluciones generales de Marxan?
- **Sobre-representación**: ¿Las metas se sobrecumplieron? Esto puede significar que la solución no es eficiente desde el punto de vista espacial y se puede ajustar el factor asociado de penalidad de las especies hasta reducirse. ¿Qué impacto tienen esos ajustes en las nuevas soluciones generales de Marxan?

Como se indica previamente, el usuario puede evaluar la importancia de cumplir las metas cuantitativas para un objeto de conservación específico mediante el ajuste del factor de penalidad de las especies. Inicialmente, debe ser el mismo para todos los objetos en un análisis. Si no se cumplen algunas metas cuantitativas para ciertos objetos de conservación, se les deberá asignar de modo iterativo un factor de penalidad mayor que a otros objetos, de manera que se cumplan todas las metas (vea la *Sección 8.3.2: Iteraciones).* Algunos profesionales pueden dudar de esto, argumentando que cada objeto de conservación y su objetivo ecológico (de ahora en adelante meta cuantitativa) son considerados de similar importancia. Sin embargo, puede suceder que algunos objetos de conservación sean más costosos o difíciles de obtener que otros, y con un factor de penalidad plano sus metas no serán cumplidas. Si se necesita incluir esos objetos, deberá aumentarse entonces el factor de penalidad de especies (o reducir los costos, o los factores para otros objetos). Filosóficamente, el uso de factores de penalidad similares presume una jerarquía ecológica "plana", que puede ser difícil de defender ya que va en

[7] El Factor de Penalidad de Especies (SPF) se puede aplicar a cualquier tipo de objeto, incluidas las especies pero también los habitat, biomas, etc. para aclarar esto algunos usuarios utilizan el término *factor de penalidad de la conservación*

contra de las nociones comúnmente aceptadas sobre la importancia ecológica notable de las especies clave, el valor intrínsico de la protección de la rareza, etc. Independientemente de la decisión tomada, la buena práctica establece que se debe explicar con claridad el razonamiento subyacente para tales decisiones. En el Manual de Marxan y en el *Capítulo 8: Cómo Asegurar un Análisis Robusto* se brinda mayor orientación sobre el establecimiento del factor de penalidad de las especies.

4.4.3 Ajuste de las metas sobre la base de consideraciones pragmáticas

Se puede tomar la decisión de disminuir algunas metas cuantitativas. Por ejemplo, si se establecen las metas para representar un por ciento de cada hábitat general dentro del área de estudio, incluso cuando ese por ciento sea bajo, Marxan solo podrá cumplir esas metas seleccionando áreas muy extensas – especialmente si se incluyen otras limitaciones en el análisis (por ejemplo, pre-incluir áreas o metas de filtro fino para especies individuales, como se describió anteriormente). En tales circunstancias, el resultado puede no ser alcanzable desde el punto de vista político o práctico, y aquellas metas cuantitativas que dirigen la selección hacia áreas extensas deberán ser reducidas. Para los propósitos de la toma de decisiones, un producto final puede incluir diversos escenarios de reserva creados sobre la base de los mismos objetos de conservación pero también una variedad de metas cuantitativas diferentes para los objetos (ej. 10%, 20%, 30%, etc.), reflejando diferentes niveles de protección, diferentes costos de conservación y diferentes riesgos a la viabilidad de las especies y la integridad ecológica.

En ocasiones pudiera ser poco práctico pretender alcanzar todos los objetivos ecológicos. Los planificadores y encargados de la toma de decisiones deben con frecuencia realizar este tipo de difícil balance en cuanto a qué ganar y qué ceder; balances que, a la larga, son asumidos por la mayoría de las partes interesadas y el público, es decir, la sociedad. Esto no quiere decir que los científicos y los conservacionistas no deben continuar argumentando la necesidad de alcanzar los objetivos ecológicos. Una buena práctica es proveer a los planificadores y los encargados de la toma de decisiones de una variedad de soluciones que ilustren los balances entre la conservación y otras actividades o intereses.

Los resultados de Marxan se pueden comparar con soluciones obtenidas a partir de otras herramientas de planificación de la conservación, como C- Plan (vea Carwardine et al, 2006) o Zonación (http://cbig.it.helsinki.fi/software/zonation/). Estas herramientas pueden sugerir otras soluciones para balances difíciles de decidir.

Pudiera resultar instructivo comparar soluciones a superficies aleatorias, a fin de medir la proporción de eficiencia (ej. 30 veces más eficiente que una oportunidad aleatoria), lo que puede contribuir también a generar confianza en el buen funcionamiento de la herramienta a pesar de los difíciles balances que deben enfrentarse.

Como siempre, la fundamentación de qué ganar y qué ceder en un ejercicio de Marxan, así como de las decisiones finales debe ser transparente y documentada, haciendo de manera ideal que las autoridades competentes sean responsables de sus decisiones.

En el *Capítulo 9: Interpretación y Comunicación de los Resultados* se ofrece orientación más detallada sobre la evaluación de los resultados de Marxan

4.5 RETOS

4.5.1 Vacíos en la calidad y la cobertura de la información espacial

La importancia ecológica de un objeto debe estar equilibrada con la calidad de sus datos. El análisis no debe ser "conducido" por datos dudosos o incompletos.

Pudiera ser tentador incluir en el análisis a todos los objetos de conservación sobre los que se dispone alguna información, pero si determinadas juegos de datos resultan muy dudosos, es preferible no incluirlos. Sin embargo, si un objeto es raro o importante de alguna manera, entonces será preferible incluir información poco precisa o incompleta a no utilizar información alguna. En esos casos, generalmente es una buena práctica asignar al conjunto de información menos preciso un factor de penalidad de especies menor que lo normal. Es un hecho de equilibrio. En cualquier caso, los analistas y planificadores deberán registrar la decisión y su argumentación.

Los sesgos en el muestreo son un problema común; el algoritmo va a gravitar hacia las áreas ricas en datos, de modo que, de ser posible, incluso los objetos ampliamente distribuidos y registrados serán seleccionados en esas áreas ricas en información (vea el *Capítulo 7: Evaluación y Manejo de los Datos)*. Si se realizan estudios amplios para un objeto de conservación particular en una parte de la región de análisis, y no en otra, y se decide incluir dicho objeto, deberán entonces aplicarse estrategias atenuantes, como la división de la región en sub-regiones, y el establecimiento de metas cuantitativas para los objetos de conservación tanto para toda el área de estudio como para cada una de las regiones donde se encuentra la información (ej. Pryce et al. 2006). Si se han utilizado métodos de recopilación de la información muy diferentes en diversos lugares, estos deberán ser tratados como objetos separados. En ocasiones, resulta más fácil realizar un análisis separado para regiones más pequeñas que contienen abundantes datos. Cuando la información es homogénea pero distribuida en forma de parches, se pueden utilizar modelos estadísticos para extrapolar de manera uniforme los datos de distribución de los objetos en toda la región (Rondini et al. 2005).

Cuando no se dispone de datos sobre determinados objetos de conservación adecuados para establecer metas cuantitativas de un objetivo ecológico particular, se puede utilizar entonces, de existir, un sustituto o una superficie modelada.

Desde el punto de vista de las buenas prácticas, es importante comprender las consecuencias reales del uso de juegos de datos incompletos o variables, tomar una decisión informada, y comunicar las consecuencias, los puntos a favor y en contra claramente, en especial si esto impide abordar objetivos ecológicos importantes.

En el *Capítulo 7: Evaluación y Manejo de los Datos* y el *Capítulo 8: Cómo Asegurar un Análisis Robusto* se ofrece más asesoría sobre la preparación de la información.

4.5.2 Vacíos en el conocimiento científico

Incluso conociendo bien la distribución de los objetos, con frecuencia no se sabe qué metas se necesitan para cumplir con los objetivos ecológicos. En algunos casos, se puede contar con bastante evidencia científica, ej. tamaños mínimos de poblaciones viables, o el área mínima de un hábitat que se requiere para el forraje de individuos de una especie en particular. Sin embargo, esos casos son la excepción. Con frecuencia, resulta difícil obtener resultados definitivos, como, un por ciento del área total de un hábitat que debe protegerse para garantizar su integridad y persistencia. Independientemente del valor que se escoja, algunas especies inevitablemente, tendrán mejores resultados que otras. En esos casos, puede ser más sensato explorar rangos de valores verosímiles y con frecuencia pueden emerger posibles compromisos. Realizar un gráfico del costo general de la red contra el rango mayor y menor de valores indicará si hay relaciones no lineales que requieran ser analizadas, donde la red es relativamente "barata" hasta un cierto punto y luego se torna costosa.

5 Consideraciones para el Diseño de Reservas

Mervyn Lötter,[1]* Louise Lieberknecht,[2] Jeff A. Ardron,[3] Ralph Wells,[4] Natalie C. Ban,[5] David J. Nicholosn,[6] José L. Gerhartz[7]

[1] Agencia de Turismo y Parques de Mpumalanga; Servicios Científicos [2] Finding Sanctuary [3] Asociación de Investigación y Análisis Marino del Pacífico [4]Universidad de British Columbia, Centro para la Investigación Aplicada a la Conservación [5]Universidad de British Columbia, Centro de Actividades Pesqueras [6]Nature Conservancy de Canadá [7]WWF-Canadá

*Correspondencia: E-mail: mervyn.lotter@gmail.com

PRÓLOGO

Además del establecimiento de las metas ecológicas (vea el Capítulo 4 – Análisis de los Objetivos Ecológicos mediante el Establecimiento de Metas), hay otras consideraciones del diseño espacial de reservas que pueden abordarse con el empleo de Marxan. Estas incluyen opciones para establecer tamaños mínimos de parcelas para objetos específicos (para permitir la inclusión de procesos ecológicos que operen en escalas espaciales conocidas), y especificar una distancia mínima y una cantidad de réplicas de parcelas para objetos específicos (permitir la incorporación de un "factor de seguro" contra eventos catastróficos locales). Uno de los temas más complejos en la planificación de la conservación es la conectividad ecológica, que puede ser abordada de manera parcial escogiendo valores de Modificador de Longitud de Frontera (BLM) y formas de unidad de planificación adecuados, así como modificando el archivo de frontera a fin de sesgar el algoritmo hacia la selección de conjuntos específicos de unidades de planificación separadas espacialmente. El obstáculo fundamental de la incorporación adecuada de conectividad ecológica en el proceso de planificación, sigue siendo, sin embargo, la carencia de conocimiento espacialmente explícito sobre la conectividad a escalas ecológicas amplias. No hay una sola herramienta que analice todos los aspectos ecológicos, y se pueden emplear otras herramientas junto con Marxan para aquellos aspectos que no pueden delinearse con facilidad desde el punto de vista espacial.

5.1 INTRODUCCIÓN

Además del establecimiento de las metas ecológicas (vea el *Capítulo 4: Análisis de los Objetivos Ecológicos mediante el Establecimiento de Metas)*, Marxan permite que se incorporen numerosas consideraciones del diseño de red de reservas. En este capítulo se resaltan esas consideraciones y la manera en que se relacionan con las funcionalidades de Marxan, que junto a metas bien seleccionadas, pueden contribuir a alcanzar los objetivos ecológicos. Los lectores pueden remitirse también al Manual de Marxan donde se analiza el funcionamiento de esos aspectos.

Dentro del marco de la planificación sistemática de la conservación existen al menos cuatro clases generales de objetivos ecológicos: de representación, idoneidad, eficiencia y

de diseño (Possingham et al. 2006).[8] Los objetivos de representación consisten en "tener un poco de todo". Por ejemplo, el objetivo específico de conservar cada tipo de hábitat, se basa fundamentalmente en la representación con elementos de la idoneidad y el diseño. Los objetivos específicos de idoneidad se centran en la creación de una red de reservas que resulte eficiente para la conservación perenne de los objetos de conservación. Por ejemplo, el objetivo específico de conservar una población viable de mamíferos enfatiza la idoneidad. La incertidumbre ecológica en ese sentido muestra la necesidad de comprender los balances entre los costos y la precaución al definir tales objetivos. La amenaza a ciertas áreas y el hecho de permitir que esa amenaza modifique las decisiones, puede ser considerado también parte de los objetos de la idoneidad; ej. conservar el 15% de la distribución de todos los tipos de barreras coralinas, utilizando aquellos sitios que son menos amenazados por el blanqueamiento de los corales. Los objetivos específicos de eficiencia se centran en alcanzar los objetivos ecológicos manteniendo bajo el costo de todo el sistema, donde el costo suele medirse en términos socioeconómicos (vea el *Capítulo 6: Análisis de los Objetivos Socioeconómicos)*. Finalmente, los objetivos específicos de diseño de reservas abordan temas referentes a la posición espacial, el tamaño y la forma. Por ejemplo, pudiéramos querer garantizar que todas las reservas sean de al menos 1000 ha o que todo el sistema sea relativamente compacto (con una baja proporción de perímetro por área). Las consideraciones para el diseño de reservas pueden incluir también problemas como la replicación y la conectividad, como se analiza seguidamente.

5.2 CONECTIVIDAD

La conectividad (dentro de los paisajes marinos y terrestres) se define como "el punto hasta el cual el paisaje facilita o impide el movimiento entre las parcelas de recursos" (Taylor et al. 1993). Es un tema complejo, que varía de objeto a objeto, y no puede incorporarse totalmente con el empleo de las herramientas de selección de reservas que están disponibles en la actualidad, incluida Marxan. Sin embargo, algunos aspectos pueden ser abordados. Brooks (2003) reconoce dos componentes de la conectividad del paisaje: la conectividad estructural y la funcional.

La Conectividad estructural es la estructura espacial de un paisaje y puede describirse a partir de los elementos de un mapa (ej. unidades de vegetación). Al garantizar que se incluyan agrupamientos y corredores que conecten los agrupamientos en el paisaje, ayudamos a mantener la conectividad estructural. En Marxan, la modificación del "Modificador de Longitud de Frontera" (BLM) cambia la importancia relativa de mantener la conectividad estructural.

[8] Existen diferentes criterios sobre este tema. Por ejemplo, OSPAR y HELCOM consideran cuatro criterios de redes: la representación, la idoneidad, la conectividad, y la replicación (OSPAR 2007). La Convención sobre Diversidad Ecológica considera los cuatro criterios de OSPAR/HELCOM, más un quinto: *Áreas de Importancia Ecológica o Biológica* (CBD 2008)

La forma de las unidades de planificación tendrá también un efecto en la conectividad estructural. Las unidades de planificación de perímetros (límites) múltiples (ej. hexágonos) por lo general son más eficientes que una cuadrícula en cuanto a la creación de reservas con una baja proporción de perímetro por área. Si se escogen unidades de planificación de tamaños desiguales, obviamente las unidades más extensas estarán mejor conectadas internamente que las menos extensas, sin embargo, las posibilidades de conectividad externa (entre unidades de planificación) son mayores con unidades menores ya que por lo general resulta menos "costoso" agruparlas. En tierra, las unidades de planificación con frecuencia se seleccionan para representar líneas divisorias, que están conectadas internamente de manera inherente. En el reino marino, sin embargo, esas delineaciones están mucho menos definidas, y se seleccionan con más frecuencia aquellas unidades con tamaños regulares. En la rezonación del Parque Marino Gran Barrera de Coral se tomó la decisión de que cada arrecife de coral fuera una unidad de planificación única, de modo que, en general, corales enteros estén dentro o fuera del sistema de reservas.

La conectividad funcional reconoce la respuesta de los individuos ante los objetos del paisaje (ej. algunos peces necesitan trechos continuos del río para la alimentación y el desove). La conectividad funcional analiza la biología y el historial de los objetos en cuestión, y la realidad es que puede disponerse de información muy limitada. Además, las distancias de conectividad varían grandemente entre las especies, y un "sumidero" para una puede ser una "fuente" para otra, haciendo que resulte difícil abordar la conectividad a escala de paisaje o ecosistema (como oposición a especies individuales o poblaciones).

En el medio marino, las corrientes oceánicas se utilizan con frecuencia como una representación de la conectividad, basado en el hecho de que muchas especies tiene una fase de desarrollo larval, durante la cual pueden dispersarse "pasivamente" en las corrientes. No obstante, los patrones actuales de dispersión de las especies marinas pueden verse seriamente afectados por el comportamiento larval, trayendo como consecuencia menores distancias de dispersión que las esperadas considerando la fuerza y dirección de las corrientes. (ej. Leis 2002).

En el medio terrestre, se pueden definir espacialmente y representar en mapas los corredores para objetos individuales, como las rutas migratorias a través de los pasos montañosos. Se pueden también definir corredores probabilísticos en el medio marino. Los modelos espaciales se pueden emplear para contribuir en la predicción de corredores; un enfoque pudiera ser realizar un análisis del camino menos costoso (como el que está disponible en muchos SIG). Si se conocen corredores críticos o "cuellos de botella", estos pueden ser pre-incluidos en el sistema de reservas de Marxan.

Si existe una evidencia confiable de la conectividad funcional entre dos áreas separadas espacialmente para un determinado objeto, dichas áreas pueden recibir una frontera común en el archivo de entrada de frontera. No importa si las unidades de planificación no comparten realmente fronteras - si comparten un valor de frontera alto, se puede en efecto "engañar" a Marxan de modo que las analice como vecinas, y reaccionaría

reduciendo los costos de frontera al seleccionarlas juntas (visite la web CLUZ en http://anotherbobsmith.wordpress.com/software/cluz/). Las nuevas versiones de Marxan harán este hecho más explícito denominando la longitud de frontera como un "costo de conectividad". En realidad, "el costo de conectividad" lo permite dado el hecho de que toda la red es más que la suma de sus partes, y que la adyacencia es sencillamente una forma de conectividad, entre otras.

5.3 AGRUPAMIENTO MÍNIMO O TAMAÑO DE PARCELA

En Marxan es posible definir el tamaño mínimo que debe tener una parcela de un objeto particular a fin de considerarla válida para el cumplimiento de sus metas cuantitativas. Esto puede ayudar a garantizar la persistencia y la integridad del objeto. Las curvas de área-especies (Figura 4.1), o los análisis de viabilidad de la población, pueden ser útiles para calcular las metas de agrupamiento mínimo, si dicha información está disponible. Las metas cuantitativas del tamaño de agrupamiento mínimo pueden garantizar, además, que se tengan en cuenta procesos ecológicos dinámicos, los que de otra manera son difíciles de incorporar como objetos. Por ejemplo, si sabemos que la mayoría de los fuegos ocurren en un área de cierto tamaño, el usuario puede crear las reservas varias veces con ese mismo tamaño de manera que sean mínimas las posibilidades de que se queme un parque en su totalidad, y que cada parque mantenga un mosaico de etapas sucesivas. Asimismo, pudiéramos determinar un tamaño de agrupamiento mínimo lo suficientemente grande para que continúen las interacciones de los polinizadores de las plantas.

Dentro del medio marino, se ha sugerido que si los tamaños de agrupamiento son muy pequeños, la mayoría de las larvas se van a dispersar fuera de las áreas protegidas, provocando que las poblaciones no puedan sustentarse en los agrupamientos seleccionados por Marxan (Halpern and Warner 2003). Sin embargo, hay evidencias de altos niveles de mecanismos de retención larval en muchos ambientes marinos, como las barreras coralinas (ej. Cowen et al. 2000; Cowen et al. 2006; Leis 2002; Swearer 1999). En los casos donde se dispone de buena información sobre las escalas espaciales o la retención o dispersión larval, esto puede contribuir a informar las metas cuantitativas del tamaño de agrupamiento mínimo, así como diseñar las consideraciones relacionadas con una conectividad más amplia (vea lo anterior). Sin embargo, por lo general, los organismos marinos tienen una gran variedad de distancias de dispersión, por ello, es importante a la hora de designar los tamaños de las parcelas, analizar si hay sitios vecinos que pueden suministrar reclutas (Johnson et al. 2008).

Es importante tener en cuenta que el incremento del BLM aumentará el tamaño del agrupamiento en la red de reservas. Por supuesto, esto es diferente a la identificación del tamaño mínimo de agrupamiento para objetos de conservación individuales, pero en la práctica suele ser suficiente. El impacto del BLM puede calcularse en un SIG fusionando ("disolviendo") todas las unidades de red de reservas seleccionadas y calculando el tamaño promedio de la parcela y otras estadísticas, que pueden compararse con los tamaños de parcelas requeridos para apoyar a las poblaciones viables de objetos de

conservación. El establecimiento de metas de agrupamiento mínimo para objetos individuales incrementa notablemente el tiempo de procesamiento de Marxan, y puede también traer como resultado que no se logren algunas metas de representación (una solución puede ser aumentar los valores de penalidad de especies para esos objetos que no están representados adecuadamente). Es importante comprender esos balances y su impacto en las soluciones finales, cuando se emplean metas de tamaño de agrupamiento mínimo

5.4 REPLICACIÓN Y SEPARACIÓN

Para garantizar la persistencia a largo plazo de algunos objetos de conservación, una red de áreas de conservación puede requerir que esos objetos se protejan en múltiples parcelas separadas, con un espacio entre ellas. La replicación de los objetos de conservaciónpuede:

- Dispersar los riesgos ante eventos que provocan afectaciones y los cambios a largo plazo que afectan los sitios individuales;
- Garantizar que se cubra la variación natural del objeto (ya sea a un nivel genético dentro de las especies o dentro de tipos de hábitat;
- Incrementar la cantidad de conexiones entre sitios y fortalecer la conectividad en la red;
- Permitir las replicación de áreas científicas de referencia; y,
- Dar espacio a la incertidumbre en la identificación de objetos, de modo que a mayor incertidumbre, se requierirá mayor replicación para garantizar que el objeto sea protegido (OSPAR 2007, p. 27).

Para lograr esto, el profesional puede establecer distancias mínimas entre las parcelas que contienen un objeto particular. Además, el diseño puede buscar una cantidad determinada de repeteciones de objetos dentro de una red de reservas. Por ejemplo, en Mpumalanga, Sudáfrica, se necesitaron al menos tres repeticiones de las extensas praderas de montañas (>15 000 hectárea cada una), con una distancia mínima de 20 Km. entre las parcelas, de manera que no fueran contiguas (Ferrar and Lötter 2007).

Cuando se emplea la distancia de separación y la replicación para ofrecer un seguro contra desastres, las áreas que contienen los mismos objetos deben quedar separadas por distancias lo suficientemente grandes para compensar la posibilidad de un evento catastrófico que afecta a más de un sitio. Las distancias y cantidad de repeticiones requeridas van a variar en dependencia de la naturaleza de las amenazas y la vulnerabilidad de los objetos ante esas amenazas. La aplicación del principio precautorio significa incrementar la cantidad de repeticiones donde exista incertidumbre con relación a la información, para objetos que son particularmente vulnerables, y en áreas o regiones que son particularmente amenazadas (ej. para áreas donde las aves marinas se alimentan ubicadas cerca de las principales rutas marítimas y donde existen mayores posibilidades de que ocurran derrames de petróleo).

Al utilizar las distancias de separación, es importante tener conciencia de las unidades de longitud que se utilizan. Si las unidades y las fronteras se miden en metros, la distancia (de separación) deberá entonces ser medida en metros. El uso de la opción de distancia de separación puede incrementar considerablemente el tiempo de procesamiento.

Los planificadores necesitan realizar un balance entre la importancia de asegurarse contra eventos catastróficos, y las consideraciones que apunten a que las distancias entre las parcelas deban ser pequeñas, para, por ejemplo, facilitar la recolonización en una meta-población y garantizar de manera general la conectividad ecológica (vea lo anterior).

Hay posibles alternativas al uso de las configuraciones de replicación. En el Caribe colombiano los nombres (códigos) de objetos de conservación únicos fueron alterados en dependencia de en qué parte de la región de planificación ellos se encontraban (ej. Objeto1área1, objeto1área2, etc.) y se establecieron metas cuantitativas para cada objeto "diferente". Esto garantizó la diseminación del objeto en toda la red de área protegida, en lugar de quedar representado en un agrupamiento único (Alonso et al. 2008). En Cuba, una región de planificación fue dividida en sub-regiones, cada una fue incluida como un objeto de conservación, asignándole un factor de penalidad alto y estableciendo metas específicas para cada sub-región. Así, las reservas se duplicaron en toda la región de planificación (Halidina et al. 2004). Sin embargo, este enfoque limita hasta cierto punto la capacidad del algoritmo de optimizar las soluciones espacialmente.

Debido al costo computacional de los dos parámetros de Marxan, *agrupamientos* y distancia de separación, recomendamos que el usuario pruebe métodos alternativos como los discutidos en el párrafo anterior.

5.5 Forma (proporción del perímetro con relación al área)

Aunque Marxan no selecciona portafolios óptimos de acuerdo con formas específicas de las reservas, la forma de la red de reservas puede verse influida por el Modificador de Longitud de Frontera (BLM) y los valores de Costo de Frontera. El BLM actúa para agrupar a las unidades de planificación, así, mientras mayor sea el BLM, más tratará Marxan de agruparlas. Si los valores del Costo de Frontera son modificados para ciertas unidades de planificación, el algoritmo tenderá a agrupar aquellos conjuntos que comparten fronteras de mayor costo. Al modificar el Costo de Frontera, se pueden generar soluciones con diferentes grados de fragmentación en diferentes partes de una región de estudio (vea el Recuadro 5.1).

Recuadro 5.1: Respondiendo a diferentes grados de fragmentación del paisaje

En British Columbia, Canadá, donde hay varios cuerpos de aguas marinas abiertos y limitados Ardron (2003; 2008), se utilizó el Costo de Frontera para ajustar los agrupamientos relativos de hexágonos en el análisis de las cuatro Regiones Ecológicas (ensenadas, pasas, plataforma y pendiente continental). Para determinar este valor se calculó la proporción del perímetro por área de cada una de esas regiones con el fin de determinar un escalar apropiado. La medida no dimensional utilizada fue: $(P^2/A)^{0.5}$, donde P= perímetro total de la región, y A= área total de la región. La modificación de los costos de frontera por región permitió generar soluciones más fragmentadas en áreas limitadas por la geografía como las ensenadas, pero conllevó a soluciones más agrupadas en mar abierto, como es el caso de la pendiente continental.

Al tratar de seleccionar reservas con proporciones pequeñas de perímetro por área, pudiera ser conveniente realizar primero en un SIG los cálculos y la selección de los sitios que califiquen como adecuados, antes de incorporarlos como objetos dentro de Marxan. Por ejemplo, dentro del Plan de Conservación de la Biodiversidad de Mpumalanga (Ferrar and Lötter 2007), se seleccionaron las áreas de pastos apropiadas eliminando primeramente la tierra transformada, y seleccionando luego las parcelas de praderas con proporciones pequeñas de perímetro con relación al área, e incorporando únicamente esas parcelas como una capa de objeto dentro de la valoración de Marxan. Luego, se estableció el tamaño mínimo de agrupamiento, las distancias de agrupamientos y la cantidad de agrupamientos para ese objeto.

5.6 COSTO

Cada unidad de planificación en Marxan tiene un costo. Marxan intenta alcanzar todas las metas de conservación de la biodiversidad a un costo total mínimo (obviando por ahora los problemas de diseño). De esta forma, las configuraciones de costo se pueden utilizar para favorecer la selección de las unidades de planificación en áreas de alta integridad biológica. Por lo general el costo se calcula ya sea como el mero reflejo del área o como un costo económico; sin embargo, no hay razón por la que el costo de cada unidad de planificación no pueda reflejar un tema ecológico en casos donde deseamos evitar los sitios de costos elevados, manteniendo iguales los costos todos los demás sitios. Aquí se analizan algunas aplicaciones ecológicas posibles de la variable de costo que influyen en el diseño de reservas.

Como se mencionó en la *Sección 5.2: Conectividad*, la superficie de costo puede utilizarse con efectividad para reflejar corredores que conectan a las áreas protegidas entre sí, o a las especies con las áreas protegidas, disminuyendo el costo de las unidades de planificación dentro de esos corredores identificados. Existen opciones diversas para crear una superficie de costo, como el análisis del camino de menor costo o las superficies de fricción (movimiento reducido a través del paisaje). Se puede utilizar una superficie de fricción (ráster de costo en Idrisi o ArcGIS) directamente como una

superficie de costo de Marxan, donde las áreas de fricción incrementada o las áreas no propicias para el movimiento o la migración de especies a través del paisaje son más costosas y por tanto, se tratarán de evitar durante la selección de las unidades de planificación realizada por Marxan.

Para favorecer las áreas con alta integridad ecológica, las unidades de planificación que se encuentran en un estado saludable (menos dañado) pueden recibir un costo menor (en correspondencia con su tamaño) que las unidades de planificación ubicadas en áreas dañadas. The Nature Conservancy de Canadá desarrolló una superficie de costo (denominado el índice de conveniencia) mediante la ponderación entre y dentro de un número de factores, utilizando la comparación pareada y la evaluación de expertos (Recuadro 5.2) (Pryce et al., 2006). The Nature Conservancy suele utilizar las amenazas externas a un sitio como sustituto del costo, y si no se puede mitigar la amenaza, establecer altos costos para los sitios amenazados significará que el sistema de reservas seleccionado no estará muy propenso a ser influido por esas fuerzas externas. El costo de las unidades de planificación puede aumentarse en áreas que son importantes para actividades económicas, tales como la pesca, respecto a áreas de menor importancia para esta actividad, como se comprobó en el proyecto Irish Sea Pilot del Reino Unido. (Lieberknecht et al. 2004). De esa forma, es posible explorar vías para cumplir con las metas ecológicas mientras se minimizan las afectaciones en las actividades humanas (vea el *Capítulo 6: Análisis de los Objetivos Socioeconómicos).*

Sin embargo, Marxan sólo puede utilizar una superficie de costo en cada análisis. Se pueden combinar diferentes superficies espaciales en una capa de costo, pero se debe ser cuidadoso de no combinar muchos temas diferentes en una capa donde es necesario analizar aspectos tales como la transformación de lo datoa, su cambio de escala, normalización, ponderación, etc. Si es necesario fusionar diferentes capas en una superficie de costo, se recomienda utilizar un método más riguroso y defendible de integración de las capas, como lo es el uso de métodos o software de análisis de criterios múltiples (MCA, por sus siglas en inglés) (vea el *Capítulo 6: Análisis de los Objetivos Socioeconómicos).* Una buena práctica sugiere que los costos deben ser lo más directos y entendibles que sea posible. Si se dispone de datos referentes al costo económico que implica implementar medidas de conservación, es una buena práctica utilizarla como una capa de costo ya que generará soluciones de costo eficiente. El uso de una nueva capa de costo puede requerir del ajuste en algunos factores de penalidad de especies (aumento o disminución) para alcanzar con eficiencia las metas ecológicas *(vea el Capítulo 4: Análisis de los Objetivos Ecológicos mediante el Establecimiento de Metas* el *Capítulo 8: Cómo Asegurar un Análisis Robusto*).

5.7 PLANIFICACIÓN ADAPTABLE DE LA RED DE RESERVAS

El diseño de la red de reservas debe ser adaptable a los ambientes y prioridades cambiantes. Si bien Marxan está diseñado en principio para desarrollar una red sobre la base de una "muestra instantánea" estática de la distribución espacial de los objetos, opciones como las mencionadas ilustran que la herramienta es flexible y, por tanto,

puede ser usada de forma iterativa para adaptarse a las situaciones cambiantes. Marxan también puede incorporar actualizaciones regulares de los datos y ser utilizado para realizar nuevos análisis a medida que cambian el medio o las prioridades. El programa F-TRAC Florida Forever es un programa para la adquisición de tierras que era capaz de actualizar el plan cada 6 meses (Oeting et al. 2006). Además, si se necesita expandir un sistema de reservas diseñado con unas metas de conservación bajas, ej. 5% de cada objeto, utilizar una meta mayor con el 5% original del sistema pre-incluido pudiera ser razonablemente eficiente (Stewart et al. 2007).

Box 5.2: Desarrollo de una superficie de costo utilizando factores múltiples

The Nature Conservancy de Canadá quería incluir determinados factores de condiciones ecológicas apropiadas dentro de su superficie de costo (Pryce et al., 2006). Sin embargo, admitieron que factores como la densidad de caminos y el uso de la tierra en construcciones no tienen el mismo impacto en la conveniencia para la conservación o en las oportunidades de éxito en la conservación. Para contrarrestar esta limitación desarrollaron un índice de coveniencia utilizando una combinación lineal de factores que se creyó que afectaban a dichas condiciones. Cada factor quedó representado por un término independiente en la ecuación, y cada término se ponderó multiplicándolo por un peso. Los pesos se obtuvieron mediante una técnica conocida como comparación por pares en la cual se solicitan las opiniones de expertos (tanto de conocimiento local como del tema en cuestión) para, comparando dos términos cada vez, establecer la posición e importancia relativa de cada término en la ecuación. El costo (conveniencia) se definió mediante la siguiente ecuación:

Conveniencia en áreas terrestres = A * situación de manejo + B * uso de la tierra + C * densidad de caminos + D * potencial urbano futuro + E * clase de condición de fuego

Donde A, B, C, D y E son coeficientes de ponderación, calculados a partir de la información proporcionada por los expertos y la comparación en pares, que suman de conjunto 100%.

Se aplicaron también sub-coeficientes de ponderación, sumando hasta el 100%, a los sub-factores dentro de la situación de manejo, uso de la tierra y clase de condición de fuego. Por ejemplo:

Uso de la tierra = q * % urbano + r * % agricultura + s * % minas

Los valores para cada factor (o sub factor) se basan en el por ciento de ese factor dentro de la unidad de planificación. Los valores para cada factor se normalizan previo a la aplicación de coeficientes siguiendo la siguiente ecuación:

Resultado normalizado = (resultado para esa UP/ mayor resultado para todas las UP)

Esta normalización tiene la ventaja de crear rangos de resultados iguales, los que pueden compararse con facilidad. Como desventaja, no toma en cuenta la variabilidad de los datos, y tenderá a hacer demasiado énfasis en los factores que tienen poca variabilidad.

Por tanto, se aplica mejor a situaciones donde los factores tienen variabilidades similares, o donde esas variabilidades también han sido estandarizadas.

Aunque el índice simple utilizado en la valoración no puede responder a las diferentes situaciones locales complejas que influyen en la conservación, el estudio arrojó que algunas generalidades razonables como esas resultaron útiles para evaluar las oportunidades de conservación en toda el área de estudio.

5.8 OTROS RETOS

5.8.1 Problemas ecológicos difíciles

Muchas consideraciones del diseño de contexto específico surgen al intentar cumplir con los objetivos ecológicos. Es imposible cubrir todas las eventualidades, aunque hay tres ejemplos comunes:

- En ocasiones se evidencia una fuerte presión política para responder a los efectos del cambio climático, aunque con frecuencia resulta difícil lograrlo. Sin embargo, simples representaciones pueden comenzar a abordar algunas consideraciones referentes al cambio climático. Por ejemplo, si se espera que algunos taxones pudieran moverse hacia áreas específicas, tales como las laderas más frescas de una montaña en una zona donde no pueden migrar hacia lugares más altos de las pendientes, es posible incluir entonces las laderas frescas como un objeto de conservación y establecer una meta para ellas, o sesgar el algoritmo hacia la selección de esas áreas disminuyendo el costo relativo de las unidades de planificación dentro de dichas áreas. Los objetos ubicados en las periferias de su rango pueden tornarse más importantes dentro de un escenario de cambio climático. Algunas áreas pueden ser más propensas a eventos meteorológicos extremos y, por tanto, tendrán un costo asociado mayor. En todos los casos, sin embargo, el uso de tales representaciones asume cierto grado de certidumbre científica. La buena práctica sugeriría que esas representaciones se apliquen o enfaticen (ej. mediante el Factor de Penalidad de Especies) según el grado de certidumbre
- No todas las configuraciones de las unidades de planificación resultan adecuadas para todos los tipos de objetivos ecológicos. Por ejemplo, dividir una región de planificación en hexágonos regulares puede no ser conveniente para los planes de conservación de aguas dulces, que pueden recibir mayores beneficios utilizando sub-cuencas (modeladas). Algunos objetos, como los pantanos o arrecifes, son tratados idealmente como unidades de planificación completas y funcionales. Sin embargo, si se sub-dividen en unidades de planificación más pequeñas, se tendrán que implementar estrategias para mantenerlas juntas (ej. altos costos de frontera interna). Tenga en cuenta que las unidades agrupadas para representar mejor a determinado objeto de conservación, impedirá que se agrupen para otros objetos. En los casos donde no esté claro la selección correcta de las unidades de planificación, una buena práctica es realizar un análisis de sensibilidad sobre el impacto de la selección de las

diferentes unidades de planificación, lo que a su vez contribuye a eliminar opciones que implican resultados más sesgados. Una buena idea es comenzar con una cuadrícula básica para tener una idea de lo que pudieran ser las soluciones de línea de fondo, y explorar entonces formas de unidades de planificación sofisticadas. Además de lo anterior (vea la *Sección 5.2: Conectividad*) las unidades de planificación son también analizadas en el *Capítulo 7: Evaluación y Manejo de los Datos.*

- Un área de investigación actual es la planificación integrada de varios ámbitos, como las aguas dulces y marinas, o los ecositemas terrestres y acuáticos. El Plan para la Conservación de la Biodiversidad de Mpumalanga (Ferrar and Lötter 2007), combinó los resultados de un análisis de aguas dulces realizado con Marxan como archivos de entrada (superficie de costo) para lograr un análisis terrestre más detallado. Este fue un intento por combinar la planificación de la conservación en aguas dulces y terrestre en un plan holístico.

5.8.2 Limitaciones de Marxan al abordar los objetivos ecológicos

Marxan fue diseñado, en un principio, para analizar los objetivos específicos que se traducen en metas espaciales estáticas. Por ejemplo, Marxan es muy efectivo en el cumplimiento de metas relacionadas con objetivos de representatividad, o la incorporación de sitios específicos importantes en ciertas etapas de la vida de una especie. Sin embargo, la persistencia de un hábitat o una especie se ve influida con frecuencia por procesos ecológicos difíciles de representar espacialmente y difíciles de incorporar en un análisis espacial de "instantánea". Así, herramientas espaciales como Marxan son sólo una entre las herramientas disponibles.

Asimismo, la planificación espacial constituye sólo un conjunto de herramientas, y otros enfoques (como las herramientas económicas) serán probablemente necesarios para asegurar el uso sostenible de los recursos en general y la conservación.

Con Marxan resulta difícil analizar:

- Objetivos específicos para los cuales se dispone de poca o ninguna información espacial;
- Objetivos ecológicos que no persisten en el espacio y/o el tiempo;
- La elasticidad;
- La conectividad (que no sean las distancias rectas, y el uso de costos de fronteras descrito anteriormente); y
- Las funciones ecológicas que no están definidas espacialmente o no son persistentes.

  En resumen, no hay una herramienta única de análisis que aborde todos los aspectos de la ecología, o incorpore todos los objetivos económicos. El empleo de diferentes herramientas (espaciales o no espaciales) a la vez puede resultar más efectivo que el uso de una sola herramienta, en los casos donde el resultado de una herramienta pueda ayudar a crear las entradas de otra (Recuadro 2.1). Por ejemplo, los modelos

de conveniencia de hábitat pueden generar entradas en Marxan cuando no se dispone de datos que cubran a toda la región de análisis. Asimismo, los resultados de Marxan pueden utilizarse como opciones de entradas para análisis no espaciales. Por ejemplo, el tamaño y la relativa protección de las especies en un sitio determinado pueden mostrarse en un modelo trófico para indicar los posibles efectos sobre la cadena alimenticia de una localidad; ó un modelo de dispersión larval puede arrojar luz acerca de determinados objetivos específicos a nivel de red, como la conectividad y el flujo de genes, entre diferentes escenarios de Marxan que se estén considerando.

6 Análisis de los Objetivos Socioeconómicos

Susan E. Cameron,[1]* Carissa J. Klein,[2] Rosaline Canessa,[3] and Laura Geselbracht[4]

[1] Departamento de Ciencia y Política Medioambiental, Universidad de California, Davis [2]La Universidad de Queensland, Centro para el Análisis de la Decisión Medioambiental Aplicada [3]Universidad de Victoria [4]The Nature Conservancy

*Correspondencia: E-mail: secameron@ucdavis.edu

PRÓLOGO

Es una buena práctica incluir consideraciones socioeconómicas explícitas en la planificación de la conservación. Dichas consideraciones se deben definir claramente de modo que todos los participantes comprendan qué información será incluida en el análisis. Es posible desarrollar sustitutos del costo para representar el costo de la conservación cuando no están disponibles datos de costo espacialmente explícitos o no está disponible en una resolución apropiada. Los objetivos socioeconómicos se representan generalmente como costos (un factor que se debe minimizar) pero pueden representase también como objetos (un factor al que se le debe asignar una meta). Es posible también utilizar otros parámetros de Marxan, como el BLM para alcanzar objetivos socioeconómicos. Marxan analiza sólo un costo a la vez. Es por esto, que ante la presencia de múltiples costos, deben ser tratados o bien de manera individual o combinados en un único índice de costo general. Si todos los costos socioeconómicos se miden en las mismas unidades y tienen el mismo valor para las partes interesadas, pueden ser combinados aditivamente. Sin embargo, con frecuencia los costos se representan en diferentes unidades, y por tanto, no pueden combinarse directamente. Los resultados de Marxan están influídos por objetivos socioeconómicos y su incorporación puede ser fundamental para lograr el apoyo de las partes interesadas en el establecimiento una red de áreas protegidas.

6.1 INTRODUCCIÓN

El establecimiento de áreas de conservación suele generar un conflicto entre la conservación de la biodiversidad y otros objetivos socioeconómicos. En este capítulo, sugerimos diferentes formas de abordar múltiples objetivos en el diseño de redes de reservas con el uso de Marxan. Primeramente, recomendamos que los costos de la conservación (ej. costo de oportunidad, costo de administración, costo de adquisición) sean minimizados dado ciertos objetivos específicos de conservación de la biodiversidad. En segundo lugar, sugerimos fórmulas para incluir áreas de importancia social o cultural en una red de áreas de conservación. Finalmente, ofrecemos sugerencias sobre el uso del BLM para lograr ciertos objetivos socioeconómicos. Consideramos que el análisis cuidadoso de objetivos socioeconómicos es una buena práctica.

Con frecuencia, los objetivos socioeconómicos no se incluyen en el diseño de red de reservas debido a diversas razones:

- Es difícil traducir propósitos y objetivos socioeconómicos cualitativos en información espacial cuantitativa que pueda ser utilizada en Marxan.
- Puede resultar un reto para las partes interesadas comunicar sus necesidades a los planificadores y un reto para los planificadores dar respuesta a las necesidades de las diferentes partes interesadas.
- La incorporación de objetivos socioeconómicos requiere transparencia y conocimiento de las metas generales del proyecto desde el inicio.
- Los planificadores que han sido entrenados como ecologistas, geógrafos o en las ciencias afines pueden carecer de la experiencia para procesar datos socioeconómicos.

Sin embargo, consideramos que el beneficio del uso de datos socioeconómicos compensa los retos que esto representa:

- Al tener en cuenta objetivos socioeconómicos se puede reducir el costo general y el impacto de las áreas de conservación.
- La inclusión de objetivos socioeconómicos puede aumentar la aceptación y confianza de las partes interesadas.

En un plan efectivo, tanto los planificadores como las partes interesadas trabajarán de conjunto para traducir objetivos socioeconómicos ambiciosos en medidas cuantitativas que puedan incluirse en Marxan. Con frecuencia este es un proceso iterativo. Aunque el desarrollo de datos y objetivos socioeconómicos puede requerir tiempo, la inclusión de esta información desde el principio trae como resultado soluciones más eficientes y aceptables para las partes interesadas, que las soluciones que consideran el costo socioeconómico post-hoc.

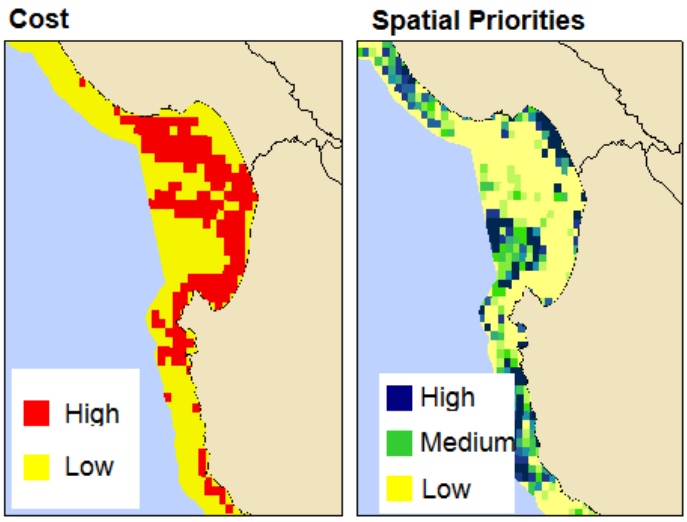
6.2 DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS SOCIOECONÓMICOS

Es esencial definir claramente los objetivos socioeconómicos, de modo que todos los participantes comprendan qué información debe ser incluida en el análisis. Enseñar al inicio del proceso el funcionamiento de Marxan y cómo el software utiliza la información puede resultar apropiado para que las partes interesadas conozcan qué tipo de dato puede incluirse. Los objetivos socioeconómicos van a reflejar, en gran parte, los mandatos y/o aspiraciones de las partes interesadas. Por tanto, es importante que los planificadores tengan una idea clara de las metas generales de un ejercicio de planificación de la conservación y quiénes son las partes interesadas realmente relevantes. Una vez más, la definición de esos objetivos específicos puede ser un proceso iterativo. Los objetivos específicos pueden cambiar a medida que se desarrolla el proyecto o se incorporan nuevas partes interesadas. Si bien los objetivos generales iniciales de las partes interesadas pueden ser ambiciosos, es importante enfatizar que

esos objetivos deben traducirse en datos espaciales, cuantitativos, para poder utilizarlos en Marxan. Los objetivos socioeconómicos que no cumplen esos requerimientos también son importantes, pero no pueden ser incluidos en el análisis de Marxan.

Recuadro 6.1: Métodos para incorporar la información socioeconómica en Marxan

Cualquier objetivo socioeconómico que pueda representarse cuantitativa y espacialmente puede ser incluido en Marxan. La información socioeconómica puede ser incorporada mediante los parámetros de costo, meta, y BLM. Por lo general, la información socioeconómica se expresa mediante un costo (vea el Recuadro 6.3). Marxan intenta minimizar el costo de un sistema de unidades de planificación, sujetas a la obligación de cumplir con las metas de la biodiversidad (vea debajo). Si los valores de un grupo de usuarios (ej. pescadores) se pueden cuantificar en toda la región de planificación, Marxan puede entonces generar soluciones que minimicen el impacto socioeconómico negativo.



Marxan intenta minimizar el costo de un sistema de reservas, sujeto a la obligación de cumplir las metas de biodiversidad. Mostramos como muchas áreas de gran prioridad (ej. Seleccionada con frecuencia en 100 soluciones) fueron identificadas en áreas de bajo costo de oportunidad cerca de Monterey Bay, California (USA). El treinta porciento de cada objeto de biodiversidad fue representado en cada solución.

6.3 ASPECTOS RELACIONADOS CON LOS DATOS

Uno de los mayores obstáculos ante el uso de datos socioeconómicos es la dificultad real o percibida para obtenerlos. Como se mencionó anteriormente, los datos deben ser espaciales y cuantitativos para ser utilizados en Marxan. La calidad de los datos es un aspecto a considerar en todos los casos. Evaluar la calidad de los datos socioeconómicos puede ser difícil debido a las restricciones impuestas durante su recopilación, por ejemplo para proteger su confidencialidad. Open OceanMap, desarrollado por Ecotrust (http://www.ecotrust.org/marineplanning/OpenOceanMap.html), se utilizó para recopilar información socioeconómica para el Acuerdo de Protección de la Vida Marina en California y es un buen ejemplo de herramienta para recopilar, administrar y analizar con transparencia información sensible manteniendo la confidencialidad de las partes interesadas.

Puede que para toda la región de estudio no estén disponibles datos espacialmente explícitos confiables o no se encuentren en una resolución adecuada. Como mismo se utilizan sustitutos para representar a la biodiversidad, es posible desarrollar sustitutos para representar el costo de conservación. Por ejemplo, la distancia desde los puertos pesqueros o los puntos de acceso (Clark 2007) puede ser un sustituto del costo pesquero en algunas regiones marinas. En los sistemas terrestres, la pendiente puede indicar áreas no propicias para la tala, aún cuando no se disponga de datos acerca de los volúmenes de madera (Cameron et al. 2008). La aplicabilidad del uso de sustitutos depende de la predicción de actividades dentro de una región de estudio, la escala o detalle requerido, la calidad de los datos sustitutos y la complejidad del modelo de sustitución. Richardson (2005) demostró que la incorporación en el diseño de reservas marinas de información detallada sobre la pesca comercial, reduce de manera sustancial las pérdidas económicas en que incurren los pescadores, en comparación con los diseños de reservas diseñados sobre la base de información más general. Los sustitutos se pueden combinar para mejorar la cobertura. Como sucede en cualquier estudio científico, se recomienda contar con protocolos explícitos de recopilación y análisis que hayan sido acordados por todos los participantes.

Recuadro 6.2: Recomendaciones para incorporar información socio-económica en Marxan

Por Dave Nicolson, Black Coffee Consulting; y Jeff Ardron, PacMARA

Prácticas recomendadas para la incorporación de datos socio-económicos:

- Recoger y recopilar datos de usos humanos es altamente recomendado, y puede ayudar a empezar a construir lazos entre comunidades de usuarios.
- La utilización de datos sobre usos humanos para creación de escenarios con zonas (Marxan con Zones) es más deseable que utilizar estos datos para crear una capa única de costo para Marxan, especialmente y hay más de un uso.
- Diseñar escenarios con más de una zona de usos humanos, lo cual puede ayudar a resolver conflictos, es teóricamente preferible que una solo zona. Pero estas ventajas de eficiencia espacial tiene que ser sopesadas con el esfurzo adicional, y posible confusión que surge cuando se comunican los resultados a los usuarios.
- En muchos casos, por razones de comunicación y por falta de familiarización con Marxan/Marxan con Zonas, empezar con una zonación suele ser preferible que más de una zonación, aunque esta última sea mas realista.
- La comunicación de los resultados, solicitar comentarios, y la continua creación de relaciones con los actores es tan importante en un proceso de planificación como los resultados mismos de Marxan.

6.4 CONEXIÓN CON LOS PARÁMETROS DE MARXAN

6.4.1 Incorporación de los objetivos socioeconómicos en la función objetivo

Si los objetivos socioeconómicos no pueden traducirse en información espacial cuantitativa no pueden entonces ser utilizados en Marxan. Sin embargo, esa información es importante, y se debe analizar su inclusión en un lugar diferente en el proceso de planificación. Por lo general, los objetivos socioeconómicos en Marxan se definen utilizando la función de "Costo". Los objetivos socioeconómicos, se muestran típicamente como costos que deben ser minimizados. Por ejemplo, la función de costo puede ser utilizada para minimizar el costo de la tierra, el esfuerzo pesquero, el costo de acuerdos administrativos, el costo de vigilancia o el costo del manejo. Hay otras maneras de incluir los objetivos socioeconómicos en Marxan. Los servicios ambientales de los ecosistemas, los valores recreativos y otros objetivos socioeconómicos "positivos" pueden incluirse en Marxan como "Objetos de conservación". Necesariamente hay un balance entre el presupuesto, el tiempo disponible para un proyecto de planificación de la conservación y la cantidad de objetivos socioeconómicos que se pueden incluir. Asimismo, a medida que aumentan los objetivos socioeconómicos, se hace más difícil lograr un balance entre ellos y resulta más difícil resolver el problema.

Se puede incorporar también alguna información socioeconómica centrándose en áreas de importancia social. Por ejemplo, puede ser importante incluir los sitios culturales en su totalidad o una parte de estos en un sistema de áreas protegidas. Para eso, los sitios culturales deben ser analizados como objetos adicionales de la conservación y cada uno tendrá una meta que será incluida en las soluciones. Si esas áreas importantes son esenciales desde el punto de vista social, se pueden pre incluir a priori. Por ejemplo, los sitios sagrados ("áreas de tabú") en Nueva Guinea se tomaron como áreas de inclusión obligatoria y se utilizaron para iniciar Marxan (Cameron et al. 2008).

El modificador de longitud de frontera se utilizó para incorporar otros tipos de información socioeconómica. Un objetivo de las partes interesadas comprometidas en el diseño de un área marina protegida a lo largo de la costa central de California fue identificar las áreas marinas protegidas adyacentes a los parques terrestres y otros "ojos vigilantes" para facilitar la implementación y monitoreo de las áreas marinas protegidas (Klein et al. 2008). Una forma de hacer esto es establecer una longitud de frontera igual a cero entre las unidades de planificación adyacentes a parques terrestres y ejecutar Marxan con la función de BLM. Para ello, Marxan va a identificar de manera preferencial las áreas marinas protegidas adyacentes a parques terrestres a fin de reducir la longitud de frontera. En resumen, si se dispone de información espacialmente explícita y confiable de la región existen múltiples formas de incorporarla en un diseño de áreas protegidas con Marxan (vea el Recuadro 6.3).

6.4.2 Análisis de múltiples objetivos socioeconómicos

Marxan únicamente considera un costo a la vez. Por tanto, si se presentan múltiples costos socioeconómicos, se pueden tratar de manera individual o combinados en un

índice único de costo general. Si se miden los costos socioeconómicos en las mismas unidades y tienen el mismo valor para las partes interesadas, se pueden combinar sumándolos. Sin embargo, frecuentemente los costos suelen representarse en diferentes unidades y por ende no es conveniente sumarlos directamente. En ese caso, se hace necesario asignar coeficientes a cada costo antes de adicionarlos (Sarkar et al. 2006). Ese proceso exige el compromiso de las partes interesadas (vea el *Capítulo 10: Uso de Marxan en Procesos de Planificación de Múltiples Partes* Interesadas*)* para asignarles un coeficiente de ponderación a fin de combinarlos. Si los costos no se encuentran en la misma unidad (ej. volumen de madera, potencial agrícola y distancia a los caminos), primero deben normalizarse en las mismas unidades antes de que se puedan aplicar los coeficientes adecuadamente. Se deben analizar con detenimiento las implicaciones de combinar costos múltiples antes de agregarlos. El proceso de ponderación ofrece a las partes interesadas una forma de participación en el establecimiento de objetivos explícitos y una forma de visualizar los balances. Los resultados de Marxan deben ser muy sensibles a las ponderaciones de los costos, por tanto, se recomienda un minucioso análisis de sensibilidad de este proceso. De manera ideal, a los encargados de la toma de decisiones se les presentan varios mapas de frecuencia de selección de Marxan que se derivan del uso de pesos que enfatizan diferentes costos.

Utilizar un sistema de puntuación (ej. 1-10 puntos para todos los costos) para combinar los costos es un proceso rápido aunque no siempre efectivo o transparente (Bedward et al. 1991). Vea el *Capítulo 5: Consideraciones para el Diseño de Reservas*, para un ejemplo de combinación de costos con un índice. La combinación de costos múltiples requiere transparencia e involucrar de manera iterativa a las partes interesadas, para evitar que el proceso se vea como una "caja negra". En caso de dudas, lo mejor es utilizar los costos de forma individual en una serie de análisis de Marxan y entonces presentar mapas de resultados individuales para cada costo. La presentación de resultados individuales suele ser un paso útil para que las partes interesadas visualicen la influencia de los datos y los objetivos en la solución.

6.5 EVALUACIÓN DE RESULTADOS / INDICADORES DE DESEMPEÑO

Los resultados de Marxan dependen de preferencias sujetivas acerca de los objetivos socioeconómicos. Los costos que se incluyan y los coeficientes de ponderación que se utilicen inciden notablemente en los resultados. Recomendamos que se documenten de manera detallada los argumentos que justifican cada una de las decisiones tomadas con relación al análisis socioeconómico, para que sean revisados por todas las partes interesadas, con lo que se garantiza que el análisis sea transparente y repetible. Muchos de los pasos de la evaluación recomendados en el *Capítulo 9: Interpretación y Comunicación de los Resultados* resultan relevantes para que los datos socioeconómicos garanticen un análisis riguroso y defendible.

Recuadro 6.3: Definición de los "costos" de conservación en Marxan

Los costos de conservación con frecuencia se consideran secundarios a los factores biológicos en los diseños de áreas protegidas (Scholz et al. 2004), y se tiende a analizarlos post hoc para áreas seleccionadas únicamente sobre la base de información biofísica (Stewart and Possingham 2005). El objetivo de la minimización de los costos está implícito en Marxan (vea el *Capítulo 1: Introducción)*, el cual permite que los usuarios analicen los costos a priori. Revisamos tres definiciones diferentes de "costo" que han sido implementadas en Marxan para identificar un sistema de áreas de prioridad.

Costo igual al área

Muchas evaluaciones de planificación de la conservación definen el costo como el área de las unidades de planificación identificadas para sitios representar las metas de biodiversidad dentro de la zona de tierra o mar menor posible. En ese caso, se obvia la variación espacial en el costo de diferentes acciones de conservación y puede no conllevar a la identificación de las áreas más efectivas para las inversiones desde el punto de vista de los costos (Klein et al. 2008, Stewart and Possingham 2005, Carwardine et al. 2006).

Costo igua al esfuerzo pesquero previo

El establecimiento de áreas marinas protegidas suele verse como un conflicto entre la conservación y la pesca. Para minimizar el conflicto, se puede utilizar Marxan a fin de identificar áreas protegidas que minimicen su impacto sobre los pescadores, a la vez que alcanzan las metas generales de conservación de la biodiversidad. Por ejemplo, Stewart & Possingham (2005) utilizaron información relacionada con la pesca comercial de langostas a fin de reducir el esfuerzo pesquero previo en un sistema de reservas marinas en el sur de Australia. Asimismo, Klein et al. (2008) recopiló datos de esfuerzo pesquero en 24 sitios de pesca recreacional y comercial para minimizar el impacto ejercido por las áreas marinas protegidas sobre los pescadores en California central.

Costo igua a la acción de la conservación (ej. adquisición y administración)

En Australia hay dos acciones de conservación, adquisición y custodia, que se consideran por el gobierno nacional para proteger la biodiversidad. Carwardine et al. (2006) priorizó áreas para cumplir con las metas de la biodiversidad a la vez que minimizó los costos de dos acciones alternativas de conservación: la adquisición y la custodia de la tierra. Se utilizaron datos no mejorados del valor de la tierra para representar los costos de adquisición y se utilizaron datos sobre la rentabilidad agrícola para calcular un estimado de los costos de oportunidades que representaría lograr acuerdos de custodia por parte de los poseedores de tierras. Este estudio demostró importantes mejoras en la eficiencia financiera con el empleo de datos espacialmente variables que reflejaran el costo de las acciones de conservación planificadas.

Un elemento clave para alcanzar con éxito los objetivos socioeconómicos es abordarlos como un proceso iterativo. Puediera ser necesario presentar varias veces los resultados a las partes interesadas para mejorar los objetivos específicos y las ponderaciones (vea el *Capítulo 9: Interpretación y Comunicación de los Resultados* y el *Capítulo 10: Uso de Marxan en Procesos de Planificación de Múltiples Partes* Interesadas*).* Las partes interesadas desearán conocer dónde se refleja su información en los resultados y cómo las soluciones los afectan en función de los costos y beneficios. La presentación de soluciones para diferentes escenarios ayudará a las partes interesadas a visualizar y comprender el proceso de Marxan. Es posible resumir los resultados generados con o sin la inclusión de costos para evaluar los balances y el desempeño (por ejemplo, las diferencias en el costo total, las metas alcanzadas, el área total, la longitud total de frontera).

Es importante tener en cuenta que, a pesar de lo complejo que resulta incluir los costos socioeconómicos en un análisis de Marxan, por lo general no es una decisión inteligente no tenerlos en cuenta. La Autoridad del Parque Marino de la Gran Barrera de Coral por más de un año ejecutó análisis igualando el costo al área y encontró que Marxan resultaba poco concluyente de manera particular - proporcionando mapas de frecuencia que daban poca orientación a los encargados de la toma de decisiones. Marxan comenzó a generar resultados útiles únicamente después de la inclusión de los costos socioeconómicos. La idea de obtener resultados ecológicos "puros" libres de costo debe evitarse en las aplicaciones prácticas. Pocas veces resulta válido asumir que el costo es igual al área, lo que, por otra parte, puede ser engañoso.

6.6 PRIORIDADES DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Hasta la fecha, en la literatura hay relativamente pocos estudios que hayan incorporado datos socioeconómicos Crear esa literatura ayudará a los planificadores en la selección de medidas adecuadas que se incluyan en sus análisis. El desarrollo de vínculos entre Marxan y las herramientas socio-económicas existentes (ej. los análisis de decisión sobre la base de criterios múltiples, MCDA) podrán incrementar el uso de la información socioeconómica en la planificación de la conservación. Resnet, una herramienta de apoyo a la toma de decisiones con objetivos similares a los de Marxan, incorpora MCDA a su análisis (Sarkar et al. 2004).

Una segunda esfera de investigación y desarrollo es la consideración del tiempo y el espacio como elementos dinámicos. Los objetivos y prioridades socioeconómicos pueden cambiar con el paso del tiempo, y es posible, y no poco significativo, incluir estos tipos de datos en Marxan (Wilson et al. 2006). Se necesita una investigación más profunda para conectar a los objetivos socio-económicos con futuros escenarios de crecimiento y otras proyecciones futuras. El análisis de la incertidumbre en los datos socioeconómicos es otra área de investigación.

Marxan con Zones fue introducido recientemente y permite al usuario especificar un número multiple de zonas. Así, algunos usos socioeconómicos, por ejemplo, la pesca y la tala, pueden incorporarse como zonas cada una con objetivos específicos. Esto

conllevará a que el potencial máximo del algoritmo de templado simulado genere soluciones espaciales eficientes para varios usos competitivos. Sin embargo, para ello se necesitará información espacial de resolución comparable a las capas medioambientales, de especies y hábitat. Convertir algunos costos en zonas puede reducir bastante la dificultad que implica lograr un equilibrio entre varios costos dentro de la función de costos única de Marxan. No obstante, permanecerán algunos costos socio-económicos, como los costos de adquisición, costos administrativos y otros relacionados, y serán incluso parte de la función de costo.

7 Evaluación y Manejo de los Datos

Hussein M. Alidina,[1]* Douglas T. Fisher,[2] Charles Stienback,[3] Zach Ferdana,[4] Alfonso V. Lombana,[5] Falk Heuttmann[6]

[1]WWF-Canada [2]Universidad Northridge del Estado de California [3]Ecotrust [4]The Nature Conservancy [5]World Wildlife Fund [6]Universidad de Alaska, Fairbanks

*Correspondencia: E-mail: HAlidina@wwfcanada.org

PRÓLOGO

En este capítulo se analizan una serie de temas relacionados con el uso y la evaluación de los datos en herramientas de planificación como Marxan. Los datos requeridoa para cualquier análisis n determinados por un conjunto más general de objetivos a los cuales dicho análisis servirá de apoyo. Los datos tienen limitaciones que deben ser comprendidas, documentadas y corregidas donde sea posible. Una comprensión más completa de las limitaciones de los datos nos permite minimizar la propagación de errores y evaluar correctamente la validez de los resultados del análisis. Se ofrece un listado de aspectos que ayudan a los profesionales a valorar la calidad de los datos, su integridad, el sesgo de las muestras y otras limitaciones de los juegos de datos. Cuando se obtienen juegos de datos de diferentes fuentes se debe mantener una consistencia espacial, temporal y de representación. Se resaltan también diversas consideraciones relativas al uso de sustitutos o representaciones. Es importante comprender el tipo variabilidad temporal que presenta un objeto de conservación a fin de dilucidar de qué manera deben representaarse los datos en un análisis. Cuando se obtienen y manejan los datos para análisis y aplicaciones utilizando Marxan, es importante prestar atención a las prácticas de gestión de los datos. Se mencionan algunas consideraciones y guías generales que deben tenerse en cuenta durante la selección del tamaño y la forma de las unidades de planificación. Las limitaciones y consideraciones intrínsecas de los datos, como las analizadas en este capítulo, se resumen en Tabla 7.3.

7.1 INTRODUCCIÓN

Desde el principio del análisis, es importante esclarecer ciertos puntos relacionados con el uso de los datos.

a. Los datos que se utilicen en cualquier análisis para apoyar un proceso o proyecto de planificación se determinan en gran medida por un conjunto más amplio de metas generales y objetivos específicos del proyecto o ejercicio de planificación. Esas metas generales y objetivos específicos pueden haberse definido en términos de la conservación de la biodiversidad, la pesca sostenible, los beneficios socioeconómicos y otros propósitos (vea el *Capítulo 4: Análisis de los Objetivos Ecológicos mediante el Establecimiento de Metas* y el *Capítulo 6: Análisis de los Objetivos Socioeconómicos*).

b. Para realizar cualquier análisis cuantitativo con muchos datos es crucial para el profesional comprender todas las limitaciones de los datos que se van a recopilar y evaluar si cuentan con suficiente calidad para ser usados en el análisis. Las Herramientas de Apoyo en la toma de Decisiones como Marxan generan salidas independientemente de la calidad de los datos que se le introducen. Para determinar la validez de un análisis se deben comprender a plenitud todas las limitaciones inherentes a los datos que se están utilizando.

c. Las limitaciones de los datos generalmente se relacionan con su calidad ycantidad. Es deseable contar con juegos de datos completos y consistentes pero esto no siempre es posible. Se pueden abordar algunas de las limitaciones y vacíos en los datos y es importante tener una idea de qué limitaciones pueden abordarse y cuáles no.

d. Los datos utilizados dentro de un análisis para el apoyo a la toma de decisiones, por lo general, provienen de diversas fuentes. Es importante realizar análisis repetibles y localizables, así como seguir una práctica profesional en lo concerniente al manejo de los datos, lo que incluye una documentación adecuada y estándares de los metadatos.

Este capítulo continúa analizando los temas expuestos anteriormente y se centra en el proceso analítico como se ilustra en la *Sección 1.1.2: Ocho Etapas de la Planificación Sistemática de la Conservación*.

7.2 ¿QUÉ DATOS SE BUSCAN?

Existe una tendencia en algunos análisis a incluir todos los datos disponibles sin analizar a profundidad cuán adecuados son para las metas generales y objetivos específicos del análisis. Los datos que vayan a utilizarse en cualquier análisis con Marxan deben reflejar de manera confiable los objetivos específicos y criterios establecidos para la selección de sitios si se desean resultados significativos. El establecimiento de objetivos con significado se explica en el *Capítulo 5: Consideraciones para el Diseño de Reservas* y se aborda, además, el tema de cómo traducir los objetivos específicos en requerimientos de datos.

Cuando se recopilan los datos requeridos para un análisis, rara vez se dispondrá de juegos de datos "perfectos" o ni siquiera de buena calidad. Dicho esto, vale la pena tener una idea de lo que sería un juego de datos ideal, y luego trabajar partiendo de ahí para determinar lo que puede ser aceptable o no. Por ejemplo, con el objetivo de proteger los agrupamientos para el desove de una especie de pez, se debe conocer dónde se han identificado y verificado los sitios de desove. Cuando no se dispone de esa información, será necesario reemplazarla por un juego de datos que la represente.. Una representación adecuada pudiera ser la información que contiene la distribución o abundancia de hembras grávidas de esa especie. La distribución de juveniles o hembras adultass, aunque resultan útiles para otros contextos, no es la información adecuada para representar lo que exige este objetivo específico. Por tanto, para cada juego de datos

que se piensa incluir en el análisis es recomendable preguntarse qué representa dicho juego de datos y su métrica asociada y si cumple con los objetivos específicos y los criterios de selección de sitios que se utilizan en el análisis.

7.2.1 Un comentario sobre las fuentes de los datos

Esto no es una revisión extensa sobre donde adquirir los datos. Existen numerosas fuentes que van desde los investigadores individuales, las publicaciones revisadas por expertos, los centros de información, los institutos de investigación, los programas de investigación, las agencias gubernamentales, las oficinas de estadísticas, etc., con los que muchos profesionales están familiarizados. Hay algunas buenas prácticas que se deben tener en cuenta cuando se analizan las fuentes de los datos:

- Conozca a los expertos en el tema para cada juego de datos, ya que suelen tener los conocimientos más detallados de las condiciones de la información, su calidad y uso para diferentes propósitos de ese conocimiento.
- Busque juegos de datos que contengan metadatos de alta calidad y sea cauteloso al analizar aquellos sin metadata. Pregunte sus dudas y busque respuestas (vea la Tabla 7.1).

7.3 Evaluación de la calidad, integridad y sesgo muestral de los datos

Además de identificar los datos y las métricas apropiadas para el análisis, es también necesario evaluar cada juego de datos de manera individual para tener una idea de sus características y limitaciones. La lista de la Tabla 7.1 sugiere algunos de los aspectos principales a considerar en el análisis de un juego de datos. Esta lista es útil para informar las limitaciones y advertencias que deben proporcionarse al inicio de cualquier informe que describa un análisis posterior. Los aspectos incluidos en esa lista son también parte de los metadatos de cualquier juego de datos. Como se indicó anteriormente, es aconsejable consultar a los que poseen los datos, expertos temáticos y en estadísticas para cualquiera de esos aspectos.

Tabla 7.1: Listado recomendado para evaluar bases de datos de fuente/usadas

ASPECTOS A VERIFICAR	TEMAS A ANALIZAR	IMPLICACIONES
Origen de la Información Fuente Compilación	¿Los datos provienen de una fuente de primera mano (datos primarios), o es una compilación secundaria o un producto de valor agregado de muchas otras fuentes? Si proviene de diferentes fuentes, ¿resultaron comparables los métodos de muestreo y se normalizó la información?	Las inconsistencias significan que los datos pueden no ser comparables, pueden requerir de normalización o corrección de errores.
Razones para la obtención de la información Estrategia de muestreo Cobertura Espacial y Temporal	Comprenda la razón y el propósito para el cual se colectaron los datos, y el método de recopilación. ¿Cuál fue el protocolo del muestreo? ¿Hubo un muestreo adecuado y consistente a través del tiempo y el espacio? ¿La recopilación de los datos ha sido sesgada hacia un área, un periodo de tiempo o por el recopilador? ¿En qué medida es abarcadora la información con relación al área del proyecto? ¿Es representativa, ej. es una muestra aleatoria? Si hubo un muestreo diferencial, entonces los datos deben corregirse según el esfuerzo y se debe reportar por unidad de esfuerzo.	Los datos recopilados para diferentes objetivos pueden no ser apropiados para su análisis específico Puede haber sesgos espaciales o temporales en los datos, como esfuerzo y protocolo de muestreo.
Representación de los Datos Clasificación los Datos Generalización los Datos	¿Cómo se reportan y representan espacialmente los datos? ¿Se presentan como datos continuos o se han generalizado o agrupado en clases o categorías? ¿Cuál es la variabilidad en los datos reportados (existen errores asociados con ellos? ¿Cómo se derivaron las clases y cuál es la exactitud de la clasificación? ¿La forma en que se presentan los datos es adecuada para el propósito de su análisis?	Los datos pueden necesitar ser reclasificados, normalizados o recibir otro tratamiento
Resolución espacial Escala y precisión espacial	¿Cómo se representan espacialmente los datos? ¿Están en formato raster o vectorial?¿A qué escala (resolución y extensión) se observaron o compilaron los objetos?¿Cuál es la resolución y exactitud espacial de los objetos representados? ¿Son la resolución y precisión comparables con los de la escala para el análisis?	Los datos pueden o no estar en una escala más general o detallada que la del análisis
Actualidad de la Información	¿Están actualizados los datos ? Si los datos fueron tomados hace muchos años ¿se espera que ofrezcan aun una representación adecuada de la realidad? ¿El objeto que se representa cambia rápidamente o es relativamente estable? ¿Se ofrecen medios a largo plazo con una métrica de variabilidad, ej. variación estándar, min-max?	Los datos registrados en momentos y estaciones específicos pueden o no resultar apropiados para representar las distribuciones. actuales

7.4 RECOPILACIÓN Y PREPARACIÓN DE LOS DATOS– ASPECTOS A TENER EN CUENTA

Con mayor o menor frecuencia, la persona que utilice el programa tendrá que reunir datos provenientes de diferentes fuentes y formar un conjunto único (o conjuntos) de datos temáticos que cubra el área geográfica del análisis. El listado en la Tabla 7.1 debe ser una guía para evaluar cada una de los diversos juegos de datos que deben agruparse en un conjunto temático para un análisis con Marxan. Asimismo, la consideración clave al compilar un juego de datos a partir de diferentes fuentes es la consistencia, ej. con respecto a la cobertura del área de estudio, el protocolo de recopilación, las unidades y el formato digital. El profesional debe esforzarse para garantizar un nivel de consistencia espacial, temporal y de representacióntal que los datos reflejen adecuadamente la realidad y no introduzcan sesgos imprevistos en el análisis. Finalmente, asegúresede documentar cuidadosamente cada paso durante la preparación de los datos (en los metadatos a esto se le denomina "linaje") ya que dicha documentación es fundamental para la repetición y la transparencia en el proceso de planificación.

La consistencia espacial garantiza que la totalidad del área de estudio esté suficientemente representada por la información recopilada.

- Se debe delinear una frontera espacial para el área de estudio y buscar datos idóneos, proporcionales y representativos. Esto se debe corregir para los propósitos de observación en aras de ofrecer una imagen imparcial. (NOTA IMPORTANTE: si algún juego de datos cubre sólo parte del área de estudio, su uso va a requerir el establecimiento de sub-áreas y metas o penalidades asociadas a los objetos en esas sub-áreas).
- Es importante discernir entre los datos de presencia/ausencia y los datos de solo-presencia (esta información usualmente consta de registros oportunistas de presencia, y carece de "ausencia confirmada"). Un objeto se considera ausente en un área particular porque fue hecho un muestreo y no se encontró y no porque no se le haya realizado el muestreo. Esas son distinciones esenciales. Se debe hacer énfasis en que cualquier información de la mencionada anteriormente constituye virtualmente una función del esfuerzo de búsqueda. Idealmente, tales datos deben ser corregidos para lograr un esfuerzo de búsqueda similar en espacio y tiempo.
- En ocasiones se realizan supuestos sobre la distribución de un objeto o fenómeno. Por ejemplo, una distribución espacial se puede obtener interpolando datos de muestra a través de un área geográfica (ej. información puntual de sondeo de profundidad interpolada a una superficie batimétrica). No todos los datos se pueden interpolar (ej. algunas muestras puntuales de sedimentos tomados del fondo marino interpoladas a nivel regional en una superficie de substrato), así que debemos ser concientes de los supuestos utilizados en la creación de dichos conjuntos de datos.
- En cuanto a la información sobre el océano, la estratificación con la profundidad (resolución vertical) puede desempeñar un papel fundamental. Aunque hay disponibles imágenes satelitales de la superficie del mar, las aplicaciones marinas

suelen necesitar la inclusión información sobre columnas de aguas más profundas y del fondo del mar. Tenga en cuenta que la calidad de los datos, con frecuencia, se degrada con la profundidad, reflejando su mayor inaccesibilidad.

La consistencia temporal de los datos se relaciona con el periodo de tiempo durante el cual se recopilaron, en particular en el caso de objetos que se conoce que son dinámicos y que pueden tener asociada una estacionalidad.

- Un objeto puede cambiar con las estaciones y es importante identificar qué estación o estaciones reflejan o representan mejor la distribución del objeto más apropiada para el análisis. Se sugiere dejar que los datos guíen esas estratificaciones temporales, en lugar de usar un esquema de clasificación que normalice los datos en enteros anuales.
- La recopilación de datos sin considerar su variación temporal puede falsear la representación de la distribución de los objetos de interés, y permitir que áreas estacionales claves se pasen por alto.
- Otras consideraciones relacionadas con la variabilidad temporal de la información se abordan en la *Sección 7.7: Manejo y Mantenimiento de los Datos.*

La consistencia de la representación se relaciona con la manera en que se reportan los datos y en que un objeto o fenómeno de interés se representa geográficamente. Dentro de nuestros datos el mismo objeto puede ser clasificado de diversas maneras y ser representado en forma de punto, línea, área (polígono) o un píxel dependiendo de la escala con que se observó.

- Los datos recopilados desde diferentes fuentes, que conformarán un conjunto de información amplio que cubra el área del proyecto, puede ser reportada en un sistema común de clasificación siempre que sea adecuado (ej. la clasificación del fondo marino sobre la base de factores primarios como la batimetría, la geomorfología y el sustrato). El hecho de basarse en un sistema de clasificación estándar y conocido ofrece estructura a los datos, puede resaltar patrones no visibles en capas de datos individuales y ser más robusta durante la revisión de expertos.
- Sin embargo, advertimos sobre el uso de esquemas de clasificación pre-concebidos que no representan necesariamente las condiciones observables. Por lo general, es recomendable utilizar datos básicos para clasificar la información de manera natural. (NOTA: la cantidad de clases y el método de agregación resultan decisiones importantes en función de la cantidad de información que va a introducirse en una herramienta de apoyo a la toma de decisiones y cuan bien argumentada esté la caracterización ecológica. Ya sea utilizando rompimientos naturales o clasificaciones más normalizadas para compilar la información, es importante documentar claramente las decisiones, que deben basarse en los objetivos específicos del proyecto).
- Se puede necesitar la transformación o normalización de los datos para que los mismos n comparables o consistente en la manera en que se representan. Sin

embargo, ese procesamiento de los datos debe estar bien documentado ya que puede crear o eliminar sesgos y generar cambios de unidades.

Frecuentemente resulta difícil obtener altos niveles de consistencia respecto a los elementos anteriores en áreas de planificación o análisis muy extensas, por la sencilla razón de que siempre hay un muestreo muy desigual del área. En tales casos, el área de planificación deberá ser sub dividida para evitar sesgos en los datos. Con frecuencia se crean sub-áreas menores sobre la base de divisiones políticas o ecológicas dentro del área de estudio mayor (eco regiones o secciones, cuencas o consejos de cuencas, jurisdicciones internacionales) dentro de las cuales se puede obtener determinado grado de consistencia. No obstante, se debe tener cuidado ya que en ocasiones tal estratificación espacial puede carecer de la comprensión de las diferencias reales entre las sub-áreas (por ejemplo, parámetros físicos como los patrones de corrientes de superficie) y conllevar a una representación errónea de los patrones de dispersión biológica.

7.5 SUSTITUTOS Y SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN ECOLÓGICA

Los sustitutos, representacionesn o datos en forma de índices se utilizan cuando no se dispone de datos acerca del objeto deseado. Con frecuencia, resulta difícil recopilar juegos de datos biológicos y la información puede estar incompleta. Por lo general, si hay vacíos en la cobertura de datos para alguna especie en particular, los modelos de predicción de ecosistemas o hábitat (u otros enfoques con una precisión reconocida) resultan una alternativa positiva para completar esos vacíos. En algunos casos, los objetos geofísicos o no biológicos pueden ser un buen sustituto o representación de la información biológica a determinadas escalas (Roff et al. 2003, Ramey and Snelgrove 2003, Post et al. 2007). Se puede modelar la distribución de una especie particular sobre la base de condiciones medioambientales u factores físicos de los que depende una especie, y de hecho, muchos modelos de hábitat y especies se basan en esta premisa, sin embargo tenga cautela al utilizar estos datos, según lo recomendado por Anderson et al. (2003). Se debe comprobar si los datos de entrada de esa información, o su representación, son suficientemente confiables para desarrollar análisis robustos, y en última instancia, si la representación es defendible, es decir, que es comparable con la variable que se supone está sustituyendo.

En la planificación de la conservación, un enfoque común ha sido representar en mapas el rango de condiciones medioambientales (geología, clima, hidrología, oceanografía, etc.) y clasificarlas en una manera útil desde el punto de vista ecológico, para que refleje los diversos y diferentes tipos de ambientes de una región. Muchas de esas clasificaciones hacen supuestos o establecen relaciones entre los tipos de ambientes y la expresión de la biodiversidad resultante (tipos de comunidades, niveles más altos de organización biológica etc.) Muchos profesionales consideran que es válido caracterizar esos tipos de ambientes en alguna escala, incluso sin definir totalmente qué limita la expresión de la biodiversidad. No conocer a priori cómo afectan a la distribución de las especies y hábitats las interacciones entre las diferentes condiciones físicas, impide

obtener una clasificación confiable de las comunidades sobre la base de lascondiciones físico ambientales. Por tanto, se requiere de una comprobación, calibración y verificación detallada, siempre que la información biológica esté disponible. Esto puede necesitar bastante tiempo y gran cúmulo de información, ya que se necesitan juegos de datos alternativos que permitan validar todas lasclases en el área de estudio. Un sistema de clasificación robusto debe estar validado e identificar claramente qué aspectos de la biodiversidad representa. Si un sistema de clasificación no es validado, como suele suceder, debe ser analizado.

Recuadro 7.1: Rectificando los datos de acuerdo al esfuerzo de observación

Con frecuencia se generan sesgos en los datos cuando un área se observa y muestrea más que otra. Los juegos de datos que muestran la abundancia de las especies pueden resultar engañosos si ellos no expresanel tiempo o el esfuerzo que fue necesario para la obtener los datos. Si estos datos se utilizan en un análisis, los resultados pueden estar sesgados y generarán dudas sobre la confiabilidad del análisis.

Analicemos el ejemplo simple de dos sitios que son muestreados determinadas veces en cada estación. Uno de los sitios (sitio A) tiene mejor acceso (ej. se ubica cerca de un camino y en un terreno llano) y es más frecuentado por los investigadores que el otro sitio (sitio B). Cada vez que se visita un sitio se emplea un protocolo estándar de observación (una caminata de 30 minutos) y se observan y registran la cantidad de aves por especie. Las observaciones realizadas a una especie, digamos la Bijirita Coronada (Dendroica coronata) (YWRA, del inglés), se resumen en la tabla siguiente, con y sin corrección del muestreo.

Observaciones corregidas por esfuerzo

	Number of times site visited/sampled	Number of YRWA observed	Average number of YRWA/visit
SITE A	10	45	4.5
SITE B	5	35	7

Aunque en el sitio A se registró un mayor número de observaciones de Bijirita Coronada, cuando se analizan ambos con una corrección para el muestreo, el sitio B muestra una densidad mayor de esta especie. Esos resultados no sólo se aplican para la abundancia sino para los patrones espaciales de incidencia. Por ejemplo, después de 10 horas de búsqueda intensa desplegada por 20 observadores se puede encontrar una especie de ave muy rara, mientras que otro sitio puede ser observado durante 10 minutos por un solo observador y si no se encuentra un ave se puede denominar (erróneamente) como "ausente".

Aunque este es un ejemplo simple, la interpretación de la información sin una corrección de esfuerzo, puede ser confusa y conllevar a sesgos en la selección de los sitios por Marxan. Muchos juegos de datos espaciales adolecen defalta de información acerca de los esfuerzos de muestreo que están detrás de los datos y si estos detalles no se ofrecen en los metadatos, se debe investigar al respecto.

Si se decide usar sustitutos, se debe evaluar si resultan adecuados para el estudio. A continuación se mencionan algunas consideraciones:

- Defina claramente qué representa el sustituto, índice o parámetro modelado o el sistema de clasificación y cómo se relaciona con el objeto al cual representa. ¿Es adecuado para los objetivos de conservación del estudio o ejercicio de planificación? ¿Tiene un significado claro desde el punto de vista biológico?
- Garantice que el sustituto, índice o parámetro modelado o el sistema de clasificación haya sido comprobado o validado, al menos hasta cierto grado, con respecto a lo que pretende representar en el área de estudio. Esto ayudará a valorar el nivel de confiabilidad en su uso. Los datos biológicos originales que se intentan representar con la información sustituta pueden existir para una porción del área de estudio, caso en el que la validez del sustituto puede ser comprobada, al menos parcialmente. ¿Existe correspondencia entre la información biológica y la sustituta? Por ejemplo, ¿se ha predicho mediante modelación un hábitat rocoso donde se conoce que existen distribuciones de peces adultos de arrecifes rocosos? Estas pruebas deben informar sobre la confiabilidad y la certeza de la información sustituta.
- Asegúrese de que la escala espacial de los datos que se están utilizando para obtener el sustituto o parámetro modelado sea adecuada para representar al objeto de conservación de interés.
- Si el parámetro modelado o sistema de clasificación se ha obtenido a partir de la combinación de múltiples juegos de datos, es aconsejable contar con indicaciones acerca de los datos originales utilizados como fuente de información y su nivel de precisión. Los errores en los juegos de datos fuentes se pueden propagar en los productos resultantes. Los metadatos o la cita bibliográfica publicada, deben reportar acerca de la precisión (aunque no siempre es el caso)
- Si se utiliza o crea un sistema de clasificación, garantice que los criterios en el sistema de clasificación reflejan diferencias significativas desde el punto de vista ecológico y no sean solo artificios para el procesamiento de datos (como puede suceder con los algoritmos de aprendizaje no supervisado y de agrupamiento). ¿Las clases tienen sentido desde el punto de vista ecológico o reflejan lo que se pueda conocer sobre las distribuciones de la biodiversidad? Las revisiones de la literatura pueden establecer dichos criterios para establecer las clases y la buena práctica sugiere que la ciencia debe conducir tales criterios.

- ¿La clasificación tiene en cuenta y refleja la dinámica, estacionalidad y variaciones temporales de los objetos que representa? En caso negativo, ¿se puede sub-dividir la clasificación para tomar esto en cuenta?

Recuadro 7.2: Un ejemplo de errores en la detectabilidad

Una especie puede no quedar registrada en un levantamiento o transecto. Los datos que no se corrigen debido a tales errores (referidos como índice de abundancia oincidencia relativa) representan subestimaciones, por lo general están sesgados y tienen gran varianza. Existen métodos que permiten corregir las fracciones de animales no registrados para obtener estimados "verdaderos" (referidos a la abundancia absoluta, densidad). No es inusual que la fracción de los animales no representados se mueva en un rango entre el 10 y el 80%

Como ley natural, la capacidad de detección disminuye con la distancia desde el observador; en otras palabras, los animales cercanos y en hábitat abiertos se detectan con mayor facilidad que aquellos a mayor distancia y en hábitat cerrados. Los factores de corrección no son estáticos y no se pueden generalizar. Varían en dependencia del momento del día, la motivación y habilidad del observador, el hábitat en que se realiza, la plataforma de observación, la velocidad de observación y muchos otros factores. Aquí se debe hacer énfasis en que con frecuencia los límites de confiabilidad son más significativos que el propio estimado real. La meta general de cualquier aplicación es generar datos de observación de alta calidad, y en general, es deseable unCoeficiente de Variación (CV) por debajo del 15% para los datos resultantes de la observación.

Existen varios métodos para reducir la noción de la detección que se encuentran disponibles de forma gratuita online, y son reconocidos por los expertos y la literatura. Para transectos y métodos de parcela, se aplica mayormente el programa DISTANCE Sampling (www.ruwpa.st-and.ac.uk/distance/). Para la presencia/ausencia se utilizan los modelos de *ocupación* de los datos. Otros métodos abordan los m de Marcado-Captura-ReCaptura, Doble Conteo y Avistamiento Re-Avistamiento para obtener el estimado clave. Es importante documentar esos conceptos y métodos en los metadatos.

7.6 MANEJO DE INFORMACIÓN CON INFLUENCIAS TEMPORALES

Muchos objetos biológicos (y algunos físicos) no son estáticos y tienen una naturaleza dinámica con cambios en los patrones de distribución. ¿Cómo se puede abordar esto, garantizando que los datos que deben representar a estos objetos reflejen con precisión dichas variaciones temporales?

- Los objetos pueden mostrar estacionalidad anual (verano, invierno, etc.) o durante el transcurso de muchos años (otras variaciones a largo plazo,ciclos decenales etc.) Es importante conocer el tipo de variabilidad temporal que existe para el objeto de interés. Esto va a determinar qué parte de los datos utilizar y cómo.

- Para un objeto que muestre estacionalidad anual (ej. muchas especies móviles), puede ser adecuado agregar datos de múltiples años para la estación o estaciones de interés e identificar las áreas de persistencia.
- Para un objeto que no tiene asociado a su distribución estacionalidad anual (ejemplo, especies con poca movilidad) pero que muestran cambios al transcurrir muchos años, puede ser adecuado utilizar información de muchos años de forma no agregada (ej. como capas separadas) para responder a todo el rango de distribuciones históricas y actuales.
- Para los objetos biológicos es importante también determinar y comprender los ciclos de vidas y las etapas de la historia de vida asociadas a un objeto de interés. ¿Es todo el objeto lo que interesa para el análisis o etapas particulares (específicas) de la vida? Una etapa de vida puede estar asociada a una estación o periodo de tiempo específico. Recuerde que las etapas de vida no son objetos independientes y necesitan ser ubicados en el contexto de la ecología general del área y el contexto de aplicación.
- ¿Resultan útiles los datos viejos? La distribución de los objetos pueden haber cambiado significativamente, de forma que las distribuciones actuales no se parecen a las históricas. Dependiendo de, los objetivos específicos de su estudio y de las causas y naturaleza del cambio (dinámica natural o inducido por el hombre), puede ser muy útil una perspectiva histórica para el establecimiento de objetivos de conservación y la identificación de patrones de distribución consistentes a través del tiempo.
- Con el avance del cambio climático, se espera que muchos objetos y fenómenos varíen sus distribuciones, o ya hayan cambiado drásticamente. Se puede en ciertos casos, examinar la futura distribución probable y utilizarla en el análisis (ej., Pyke et al. 2005, Pyke y Fischer 2005).

7.7 MANEJO Y MANTENIMIENTO DE LOS DATOS

Para garantizar procesos analíticos repetidos y transparentes, es esencial el cuidadoso manejo de los juegos de datos. Los profesionales tienen sus propias preferencias de manejo de datos pero las instituciones exigen formatos y descripciones similares y se les debe dar seguimiento. Generalmente, se deben analizar cuidadosamente las convenciones utilizadas con los nombres , la documentación/metadatos, los sitios para el almacenamiento de los datos, las copias de resguardo de los datos y el procesamiento de los mismos (vea el Recuadro 7.1)

La mayoría de los SIG ofrecen funcionalidad para el manejo básico de los datos. Marxan y otras Herramientas de Apoyo a la Toma de Decisiones no se conectan directamente con los sistemas SIG o con juegos de datos en formato SIG. Por tanto, los datos deben ser pre-procesados y formateados según las especificaciones de las herramientas. Sugerimos

que se documenten bien estos pasos, con metadatos y se asocien directamente con la base de datos relacional y/ o espacial.

Las entradas para Marxan, que requieren resumir los datos espaciales por unidades de planificación (vea la guía en la próxima sección), pueden generarse utilizando diversos métodos ya sea dentro de un SIG o hoja de cálculo o base de datos, que permita sucesivos procesamientos. Otros programas como CLUZ y PANDA (vea el *Apéndice A2-3 Algunos recursos online)* son ejemplos de herramientas diseñadas específicamente para que funcionen de conjunto con Marxan y entre otras cosas, ayuden a formatear los datos SIG para que sean utilizados en Marxan.

Recuadro 7.3: Manejo de archivos

Marxan se puede utilizar para comprobar diferentes escenarios. Cuando se ejecutan escenarios utilizando diferentes objetos o metas de conservación, al cambiar las configuraciones de Marxan o desarrollar un análisis de sensibilidad, la cantidad de archivos de salida se multiplicará rápidamente y se deberá establecer un protocolo de administración de archivos.

Se recomienda que se identifiquen los escenarios con un nombre único (tanto en el archivo de parámetros como en el nombre del directorio de nivel superior) y que los directorios de entrada y salida, así como el archivo de parámetros de entrada, se almacenen en sus propios directorios. Para nuevos escenarios o modificaciones en los escenarios existentes, los directorios de entrada (y salida) y el archivo de parámetros de entrada, se deben copiar a un nuevo y único directorio. Si bien esto va a incrementar el total de archivos, los archivos de entrada y salida de Marxan son relativamente pequeños lo que permitirá a los usuarios monitorear y revisar los cambios. Esto reviste particular importancia si se realiza el análisis por un periodo de tiempo o por varios técnicos de Marxan a la vez. Se puede mantener una hoja de cálculo que contenga todos los cambios realizados a cada escenario y el nuevo nombre del escenario.

Además de registrar los datos fuentes, se requiere la cuidadosa documentación de cada paso en la manipulación y preparación de los datos de entrada. Una práctica recomendada que ayuda a documentar la preparación de los datos es realizar los diversos pasos preparatorios mediante programación, en lugar de utilizar los menúes de pantalla ("point and click"). Algunos profesionales utilizan pequeños programas en AML, otros códigos en C o Python, otros usan macros de ArcGIS o VBA y SQL en MS-Access. Estas codificaciones tienen la función esencial de documentar cada paso durante la preparación de la información. Dichos códigos se deben insertar en los metadatos del juego de datos que se esté creando. Estos pasos se pueden analizar fácilmente para encontrar errores, y se pueden replicar con confianza mediante las inevitables múltiples iteraciones del proceso de planificación (ej. en la medida que nuevos datos estén disponibles o se identifiquen nuevas metas generales). Hacemos énfasis en que esos

métodos son parte de las buenas prácticas profesionales y contribuyen a la validez de cualquier análisis. Es posible crear una documentación similarmente detallada para procesar manualmente (point-and-click) los datos originales y llevarlos al formato de los archivos de Marxan, pero asegúrese de anotar todos los detalles para cada paso (incluidas las variables ambientales, etc.).

7.7.1 Protocolos de intercambio de los datos y re-uso de los datos de valor agregado

Una vez que se ejecuta y completa un análisis con Marxan se crea un conjunto de entradas y salidas de información de valor agregado. La compilación de esa información por lo general presenta la mejor información disponible para un área o tema determinado. Como los datos ha sido "investigada" y puede considerarse "limpia", habrá una alta demanda para los productos y resultados del análisis. Los ejecutores del proyecto deberán lidiar con esto de manera adecuada después de haber finalizado el proyecto. Es aconsejable que se elaboren de antemano las políticas del proyecto relacionadas con el compartimiento e intercambio de la información, y esto proveerá a los suministradores los datos relacionada con el uso o distribución de su información.

La mayoría de los gobiernos se ha comprometido con el intercambio de datos y a garantizar el acceso a los mismos mediante compromisos como la Convención de Río e iniciativas como OBIS e IPY (Huettmann 2005, 2007a, b) y pueden tener iniciativas específicas para ayudar en el registro y facilitar el acceso a los datos (ej. Geo-connections en Canadá). Lo mismo se aplica a los datos generados por proyectos investigativos que cuentan con la participación de NSF (Fundación Nacional de la Ciencia, Estados Unidos), NIH (Instituto Nacional de Salud, Estados Unidos) y NSERC (el Consejo Nacional de Ciencia, Ingeniería e Investigación-Canadá).

Es con el espíritu de utilizar la mejor ciencia disponible para la toma de decisiones que se alienta a compartir los datos generados en los análisis y proyectos de Marxan. Los proyectos que integran diversos conjuntos de información y aplicaciones de Marxan ayudan a definir los vacíos y las insuficiencias. Esto puede provocar la emisión o la actualización y mejoramiento de los juegos de datos, lo que demandará una re-ejecución de Marxan y afinar los resultados. La experiencia muestra que ser pro-activo y transparente con relación al compartimiento de la información, incrementa la aceptación pública y la reputación del análisis y de las herramientas para el apoyo a la toma de decisiones como Marxan.

Aunque consideramos que es esencial compartir los resultados de Marxan, es también sumamente importante suministrar documentación inicial sobre lo que representan esos resultados y cómo deben ser interpretados *(*vea el *Capítulo 9: Interpretación y Comunicación de los Resultados).*

7.8 DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO Y FORMA APROPIADOS DE UNA UNIDAD DE PLANIFICACIÓN

Hay muchas consideraciones que deben analizarse al determinar el tamaño y forma apropiados de las unidades de planificación. No existe una solución única para todas las situaciones, y el tamaño y formas apropiadas dependerán de las circunstancias de cada ejercicio de planificación individual. En general, el tamaño y la forma de una unidad de planificación dependerá de una combinación de: la escala de planificación (ej. global, regional, nacional o local); la resolución de los datos que se utilizan; el objetivo específico del ejercicio de planificación y el uso que se le pretende dar a los resultados (ej. la priorización general de áreas o desarrollar planes específicos para su implementación, como un amplio esquema de ordenamiento territorial)

- Las unidades de planificación no deben ser más específicas que los datos en que se apoya el estudio (generalmente tamaño promedio de parcela de los objetos de conservación representados en los mapas) ni más generales de lo que se requiere para la administración, ej. la escala en la que se utilizarán los resultados.
- Las unidades de planificación, por lo general, deben ser de un rango de tamaños consistentes para evitar problemas de sesgo debido al tamaño de las unidades (vea Recuadro 7.4). Sin embargo, algunos procesos de planificación requieren el uso de unidades naturales que puedan ser de tamaños variables. Si se usan cuencas, por ejemplo, asegúrese de ajustar sus parámetros (ej. normalizar por el área y/o perímetro) para compensar el sesgo por tamaños.
- Si se utiliza el Modificador de Longitud de Frontera (BLM) para generar soluciones agrupadas, las unidades de planificación deben tener también una relación del perímetro respecto al árearelativamente consistente (ej., evitar la mezcla de unidades de planificación muy largas y estrechas con unidades de planificación más circulares)
- El uso de más unidades de planificación pequeñas para particionar el área de estudio, hasta un cierto punto, generará soluciones más eficientes (ej. soluciones de menor costo para lograr las mismas metas planteadas (vea la *Sección 7.9: Cantidad de Unidades de Planificación)* Sin embargo, el uso de unidades de planificación extensas pero en menor cantidad , por lo general, va a permitir que Marxan genere soluciones con mayor rapidez.
- Sugerimos ser oportunistas al analizar las unidades de planificación. Donde sea posible, haga corresponder el análisis con el esquema administrativo o el objetivo específico planteado. Si bien es prudente analizar el tamaño y la forma desde el punto de vista de la modelación, quizás al ejecutar análisis de sensibilidad entre unidades naturales y unidades uniformes abstractas, recomendamos también explorar el uso de unidades ya delimitadas que estén siendo utilizadas en esquemas de administración actuales.

La Tabla 7.2 presenta una revisión de diferentes estudios y las razones para la selección del tamaño y forma de la unidad de planificación . Muchos de los estudios explicados no

ofrecen una razón para escoger el tamaño y/o forma de la unidad de planificación. Esto puede deberse a la carencia de una base teórica sólida para fundamentar el uso de una unidad de selección específica (Stoms 1994; Pressey y Logan 1998).

Recuadro 7.4: Precaución al utilizar diferentes tamaños de unidades de planificación en un mismo analasis

Por Karin Bodtker, BCMCA

En BCMCA se decidió utilizar dos tamaños diferentes en la unidades de planificación (uno de 2 km x 2 km cuadrados para unidades de planificación en la plataforma continental y 4 km x 4 km cuadrados para unidades de planificación más allá de la plataforma) para un análisis que contenía la totalidad de la ZEE del Pacífico Canadiense. Esta decisión se tomó a pesar de las recomendaciones por los expertos de Marxan que alertaban de los problemas que dos tamaños para las unidades de planificación podría ocasionar complicaciones con el costo y el balance del análisis. Sin embargo, estos problemas no están bien documentados y se tomó la decisión de intentar el análisis con dos tamaños diferentes de unidades de planificación por las siguientes razones:

- El área marina de estudio es grande con límites naturales en el medio físico en la base de la pendiente continental.
- La resolución de los datos disponibles era más fina cerca de la costa y en la plataforma continental, y más gruesa en la región de mar adentro.
- La grilla original también fue diseñada para coincidir con la grilla de 4 km x 4 km utilizada en datos del esfuerzo pesquero de algunas pesquerías.
- BCMCA quería mantener el número total de unidades de planificación por debajo de 65 000 para facilitar el uso de Excel.
- Experiencias anteriores con análisis lentos cuando se utilizaba Marxan con más de 65000 unidades de planificación.
- Mestas de algunos objetos de conservación debían de ser estimadas por *ecosecciones*, de las cuales hay doze en el área de estudio, y se pensó que esto iba a distribuir las soluciones más eficientemente a largo del área de estudio y reducir problemas de sesgo relacionados con el diferente tamaño de las unidades de planificación.
- El trabajo de poblar las unidades de planificación existentes con la mistad de la unidades de planificación ya había sido completado cuando las recomendaciones fueron recibidas.

Cuando fue tiempo de realizar la calibración de Marxan, BCMCA se comprobó la tendencia en la selección de los tamaños de unidades de planificación y se descubrió un sesgo consistente. Para comprobar esto, de creo un objeto que ocupaba completamente cada una de las unidades de planificación (es decir, la cantidad era igual que el área de las unidades de planificación) y se le aplicó una meta proporcional. Al BLM se le dió un

valor de cero, y se esperaba una selección aleatoria de unidades de planificación. BCMCA esperaba que la suma de soluciones tuviera una distribución normal, con la media igual a la meta proporcional. Sin embargo, encontraron que las unidades de planificación más pequeñas eran seleccionas casi el doble de veces que las unidades más grandes, y la distribución de los valores de la suma de soluciones era claramente bimodal con una media mayor que la meta proporcional. Encontraron los mismos resultados tanto si el escenario era corrido 1 millon de iteraciones o 500 millones de iteraciones.

Es posible corregir esta tendencia incrementando el costo de borde para unidades de planificación mayores, pero este factor correctivo también interactua con el parámetro de BLM, el número de iteraciones, y el número y distribución espacial de los objetos. BCMCA no procedió con el análisis utilizando dos tamaños diferentes de unidades de planificación y, en retrospectiva, recomendaríamos utilizar un único tamaño de unidad de planificación.

7.9 CANTIDAD DE UNIDADES DE PLANIFICACIÓN

Las versiones previas de Marxan pueden trabajar con un límite máximo de unas 20 000 a 30 000 unidades de planificación (versión 1.8 y las anteriores), aunque la versión optimizada (versión 2.0+) tiene menos restricciones y ha logrado procesar sin dificultad hasta 100 000 unidades de planificación. Muchas personas preguntan: ¿Cuál es la cantidad máxima de unidades de planificación que Marxan puede procesar? Sin embargo, no hay una respuesta única ya que esto dependerá de la cantidad de unidades de planificación, objetos y de la computadora utilizada para ejecutar Marxan. Hay razones matemáticas que explican porqué Marxan, con sus algoritmos, que intentan realizar un trabajo razonable de óptima calidad, nunca logrará procesar satisfactoriamente grandes cantidades de unidades de planificación y objetos.

La cantidad de posibles soluciones de red es 2 elevado a la potencia de la cantidad de unidades de planificación. Así, 100 000 unidades pueden generar más de 10 elevado a la potencia de 10 000 posibles soluciones, cifra mayor que la cantidad de átomos en el universo! Dicho esto, hay casos donde las decisiones espaciales son tan limitadas por la distribución de los objetos que incluso con un número enorme de UP es posible llegar a soluciones caso óptimas. Sin embargo, estas situaciones son las excepción, y en general cuando hay una gran cantidad de posibles configuraciones de redes, soluciones óptimas serán difíciles de encontrar con más de 50 000 UP.

Considerando los problemas de escala y precisión, bloquear los datos raster de pequeña escala en sub-cuencas y hexágonos no provoca la pérdida de información alguna y no debe considerarse un problema. Al fin y al cabo se trata de la escala espacial en la toma de decisiones. Si la toma de decisiones en un área de estudio extensa se encuentra aun en al escala de hectáreas individuales, entonces el problema deberá dividirse en análisis sub-regionales. Sin embargo, usualmente este no es el caso. De ser necesario, los algoritmos secuenciales o ávidos pueden operar en esas grandes cantidades de unidades

de planificación pero es muy poco probable que las soluciones que se generen lleguen a ser óptimas. Por tanto, la buena práctica establecería agregar los datos en las UP más extensas o sub-dividir el área de estudio. Si se decide de utilizar in gran número de UP, se necesitará realizar un análisis extensivo para encontrar el número de iteraciones requeridas para que soluciones buenas se asemejen.

Tabla 7.2: Resumen de opciones de Unidades de Planificación en diversos estudios

AUTOR/ TITULO	FORMA	TAMAÑO	RAZÓN
Leslie et al. 2003.	Cuadrada	1-km^2 y 100-km^2	No – se prefirió un 1 km^2 a 100 km^2 porque el área de solución disminuyó.
Airame et al. 2003.	Cuadrada	1 x 1 min	Información socioeconómica recopilada en esta escala porque constituyen las unidades de planificación del departamento de Pesca y Caza
Beck y Odaya 2001.	Bahías/ Eco-región	Varía	El objetivo del proyecto era identificar sitios de prioridad para la conservación (eco-regiones).
Ardron et al. 2002.	Hexágono	250 ha	No
Lewis, et al. 2003.	Hexágono	30 km^2 y 10 km^2, arrecifes	Se utilizaron diferentes unidades de planificación para reflejar la escala espacial de fronteras físicas, de manejo y administración. No hay razón para escoger el hexágono.
Chan et al. 2006.	Cuadrada	1 x 1 min	Información socioeconómica recopilada en esta escala porque constituyen las unidades de planificación del departamento. de Pesca y Caza
Richardson et al.	Cuadrada	2 x 2 min	No
Stewart and Possingham 2003.	Cuadrada	5 x 5 km	No
Geselbracht et al. 2005.	Hexágono	1500 ha	Los hexágonos dan una apariencia más natural, los agrupamientos como sitios tienen seis lados compartidos entre las unidades individuales. El tamaño de la UP se seleccionó para ofrecer suficientes detalles para un análisis de toda la región sin disminuir las capacidades del procesamiento con excesiva cantidad de unidades que aporten muy poco a las soluciones analíticas.
CLF y WWF 2006.	Cuadrada	5 x 5 min	El tamaño consistente con la planificación regional para la que se prepararon los resultados y la escala y limitaciones de la información disponible.

AUTOR/ TITULO	FORMA	TAMAÑO	RAZÓN
Tallis, H, Ferdana, Z, Gray, E 2008.	Hexágono	500 Ha Hexágonos, & Hexágonos divididos en la costa para responder por los objetos terrestres y costeros.	Los hexágonos integraron el área de selección terrestre y cercana a la orilla. Razones para el tamaño: (1) Razones de escalas de la información de entrada para los objetos ecológicos; (2) promoción de la precisión ecológica entre los reinos costero y terrestre al dividir las unidades en la costa representando así una frontera natural compartida.
Ferdana 2005.	Hexágono y Unidad de ribera	750 Ha Hexágonos, & Hexágonos y costa de longitud variable	Los hexágonos integraron el área de selección terrestre y cercana a la orilla. No hay razón para el tamaño La costa fue una unidad más natural con fronteras ecológicas
Ferrar & Lötter 2007.	Sub-cuencas modeladas a partir de MDE	5820 ha	Evaluación de aguas dulces necesaria para proteger los humedales y ríos intactos, dentro de sub-cuencas saludables
Pence, (in prep).	Imagen satelital segmentada o imagen de cobertura (eCognition)	23 ha (rango 0.25-550 ha)	Unidades de planificación de cobertura; garantizando contenidos homogéneos para las unidades de planificación (garantizar además objetos no diseccionados artificialmente por las fronteras de la unidad de planificación); mejora la traducción del producto a un plan/guía de manejo.
Klein et al. (2008).	Sub-cuencas	Promedio de 50 km^2 y 800 km^2 en el uso de la tierra intensivo y extensivo respectivamente	Facilitar la protección de la integridad y función de los procesos de ecosistemas que ocurren a una escala de sub-cuenca

7.10 RESUMEN

Tabla 7.3: Algunas limitaciones comunes de los datos y formas de abordarlas

LIMITACIÓN	FORMAS DE ABORDAR LAS LIMITACIONES
Los datos existentes no informan de forma consistente en toda la región	Estandarizar los juegos de datos entre las áreas y corregirlos por los problemas de esfuerzos de observación y de capacidad de detección Crear sub-regiones o sub–áreas donde los datos sean más o menos consistentes Utilizar datos a escala del sitio para verificar y calibrar un juego de datos estandarizado o regional
No se dispone de datos para el objeto de interés	Use datos u objetos alternativos que puedan servir como sustitutos o reemplazos
Para un objeto particular sólo hay datos en un área limitada	Utilice los datos existentes sobre las variables medioambientales y modele el área de ocupación del objeto. Use el área limitada para la cual existen datos para comprobar y validar su modelo.
No hay datos para parte de la región o área de estudio	De ser factible, genere y utilice en el análisis clases "sin información"
No se tienen datos del mismo periodo de tiempo	Si los objetos no tienen mucha variabilidad temporal durante las estaciones o través de los años no hay problema De lo contrario, puede que la información se pueda utilizar solo para limitados periodos de tiempo, agregada quizás para muchos años.

8 Cómo Asegurar un Análisis Robusto

Douglas T.Fischer,[1*] Hussein M. Alidina,[2] Charles Steinback,[3] Alfonso V. Lombana,[4] Pablo I. Ramirez De Arellano,[5] Zach Ferdana,[6] Carissa J. Klein[7]

[1]Universidad Northridge del Estado de California [2]WWF-Canada [3]Ecotrust [4]World Wildlife Fund [5]Universidad Estatal de Nueva York, Colegio de Ciencia Medioambiental y Bosques [6]The Nature Conservancy [7] La Universidad de Queensland, Centro para el Análisis de las Decisiones Medioambientales Aplicadas

*Correspondencia: E-mail: fischer@geog.ucsb.edu

PRÓLOGO

Marxan es una herramienta útil, pero para obtener resultados precisos se requiere de una inversión significativa para la identificación del problema, la calibración del algoritmo, y la ejecución de las pruebas de sensibilidad en los resultados. En este capítulo se ofrece una guía para algunos de los pasos necesarios en este proceso. Para una solución determinada, verifique que es factible (cumple con todas las metas). Siempre que se efectua un cambio al problema que se está solucionando, se deberán reajustar los demás parámetros de Marxan. Evalúe la calidad de las soluciones generadas en términos de costos, función objetivo y niveles de protección. Compruebe cuán sensible son los resultados ante los cambios realizados en los parámetros de Marxan, los datos de entrada (específicamente los datos dudosos) y las metas de conservación. Con estos pasos se comprenderá mejor el problema, cómo influyen en él los diversos parámetros y objetos, así como la calidad de las soluciones generadas.

8.1 INTRODUCCIÓN

El objetivo específico del optimizador en Marxan es "seleccionar un poco de todo, al menor costo posible" (Recuadro 1.1.) El tema de este capítulo es la calibración y perfeccionamiento de Marxan para lograr el objetivo del "menor costo", a la vez que se genere un rango de soluciones. En otros capítulos se han abordado algunos de los temas relacionados con el proceso de traducir metas políticas generales en problemas matemáticos, con los que Marxan pueda trabajar. Se abordarán, además, las diferentes configuraciones de usuario, los procedimientos de calibración, y la comprobación de sensibilidad necesaria para garantizar que Marxan genere un rango de soluciones casi-óptimas, "al menor costo" para cada variante del problema especificado.

Una vez que se han recopilado los datos iniciales, el proceso de solución recomendado itera mediante múltiples pasos (Figura 8.1). El primer paso es preparar los archivos iniciales de entrada para la calibración (establecimiento de costos de unidad de planificación, el por ciento de cada objeto de conservación en cada unidad de planificación, y la meta para cada objeto de conservación). Las decisiones tomadas para el establecimiento de los costos de unidades de planificación, etc. (vea *Sección 8.2.2: Costo*

de unidad de planificación) pueden influir grandemente en los resultados, de modo que la buena práctica incluye las comprobaciones de sensibilidad para los efectos de esas decisiones *(*vea la *Sección 8.4: Análisis de sensibilidad).*

El paso siguiente es calibrar los parámetros fundamentales para correr el heurístico de templado simulado de Marxan (SA, por sus siglas en inglés) (vea la *Sección 8.3: Calibración – Ajuste de los parámetros de Marxan)* Este paso puede implicar una calibración extensa la primera vez en un problema determinado, pero una vez lograda sólo necesitará posteriores ajustes en corridas futuras.

Durante cada paso en el ciclo de calibración y comprobación de sensibilidad, es importante comprobar un rango de variables para cada parámetro y examinar minuciosamente los resultados para lograr las metas de protección de objetos de conservación y para las características espaciales (ej. agrupamientos, sesgo regional, etc.)

Posterior a esa comprobación, el profesional puede elegir iterar varias veces a lo largo del proceso para comprobar los efectos de BLM en la compacidad de las redes de agrupamientos o reservas y examinar la sensibilidad de los resultados en relación a las decisiones tomadas al crear los datos de entrada. Las decisiones que se tomen en la calibración pueden tener un fuerte impacto en los resultados, de manera que la buena práctica incluye documentar y comprobar la sensibilidad de esas decisiones *(vea la Sección 8.4: Análisis de sensibilidad).*

Como los parámetros (BLM, metas de conservación, costos etc.) varían entre los diferentes escenarios de Marxan, resulta útil analizar los resultados cuantitativa y cualitativamente. Un análisis cuantitativo es útil para determinar cómo difieren los escenarios. El análisis cualitativo ayuda a verificar el valor de los resultados y a explicar las diferentes configuraciones de los resultados (ej. qué factores condujero a la heurística a seleccionar ciertas áreas) . En este capítulo se presenta una idea general de los métodos analíticos cualitativos y cuantitativos

8.2 Buenas Prácticas en el uso de los principales parámetros de entrada de Marxan

El manual para el uso de Marxan, el *Capítulo 4: Análisis de los Objetivos Ecológicos mediante el Establecimiento de Metas* y el *Capítulo 7: Evaluación y Manejo de los Datos* ofrecen importante asesoría sobre la valoración y la obtención de juegos de datos para ser utilizados en un problema abordado con Marxan. Los temas restantes acerca de la introducción de esos datos en Marxan se discuten a continuación.

8.2.1 Situación de la unidad de planificación (influencia de las áreas pre-incluidas o pre-excluidas)

Incluir las reservas existentes en una solución influye en los resultados fuera de las reservas fijadas. Excluir las reservas actuales ilustrará con mayor claridad qué función desempeñan en la eficiente obtención de las metas de conservación. No resulta poco común que las áreas protegidas actuales sean ineficientes, desde el punto de vista del

cumplimiento de objetivos más generales del sistema; por tanto, corregirlas genera una solución de red general que puede ser notablemente mayor que una red de reservas resultante de una corrida de Marxan con todas las unidades de planificación incluidas en la selección. Las unidades de planificación fijadas como reservas pueden tener un impacto en cada característica de la red, desde la congruencia espacial hasta el logro de las metas. En muchas aplicaciones, es por tanto una buena práctica, probar con las dos, con las reservas preincluidas y sin incluir, para tener una mejor idea de cómo las reservas existentes influyen en las soluciones generales de red.

Cada vez que se pre-incluyen o pre-excluyen unidades de planificación (UP), la estructura matemática del problema cambia. Después de cambiar la condición de una UP, la buena práctica de Marxan indica verificar la calibración (SPF, reinicios, BLM). Si una unidad de planificación va a estar siempre pre-incluida o pre excluida; en algunos casos se puede excluir del análisis cambiando el concepto de "seleccionar un poco de todo al menor costo posible" a fin de "seleccionar más de todo al menor incremento de costo posible". Este enfoque puede reducir la dimensión del problema que Marxan deberá resolver, sin embargo, puede limitar la aplicación de algunas métricas espaciales, e influirá en las soluciones de manera diferente. El efecto del BLM es tal, que cuando las unidades son pre-incluidas, las reservas que las rodean tienden al crecimiento, mientras que cuando son pre-excluidas, crean una "rosquilla (donut)" y se tiende a desestimar a las unidades cercanas. Si las áreas protegidas existentes son pre- incluidas, el usuario necesita entonces tener en cuenta por separado los objetos dentro de esas unidades al calcular cualquier estadística espacial.

8.2.2 Costo de unidad de planificación

Los profesionales utilizan diversos métodos para asignar un costo a las unidades de planificación. Algunos usuarios, (particularmente aquellos que utilizan cuadrículas regulares) llevan a 1 los costos para todas las unidades de planificación. Otros, (en especial aquellos que utilizan polígonos irregulares) establecen los costos iguales al área de la unidad de planificación. Otros fijan los costos para incluir una o más medidas de costo socioeconómico para cada unidad de planificación (vea el *Capítulo 7:* Evaluación y Manejo de los Datos y el *Capítulo 10: Uso de Marxan en Procesos de Planificación de Múltiples Partes* Interesadas). Mientras otros utilizan la variable de costo para reflejar aspectos no deseados de un sitio (ej. su nivel de degradación – vea el *Capítulo 6: Análisis de los Objetivos Socioeconómicos*). Por ejemplo, se pueden desarrollar diferentes índices de costo basado en las preferencias para cada uno de los grupos de las partes interesadas (ej. preferencias de los pescadores versus preferencias de los defensores del medio ambiente). Esto se puede examinar en corridas diferentes para explorar los balances, o de forma combinada para generar soluciones de compromiso. Cuando se combinan, por ejemplo, utilizando más de una medida de costo para cada unidad de planificación, es importante analizar los pesos relativos otorgados a las medidas del costo. El método que se describe a continuación para seleccionar de manera eficiente los valores de BLM (vea la *Sección 8.3: Calibración – Ajuste de los parámetros de Marxan*) se puede utilizar también para encontrar el justo equilibrio entre dos medidas de costo competitivas. Sólo se

necesita ser capaz de tomar una solución de Marxan determinada y calcularle un costo por cada índice de costo diferente que se esté utilizando. De manera similar se pueden explorar eficientemente balances multidimensionales (Solanki et al. 1993).

8.2.3 Costo de frontera

Los costos de frontera se utilizan para estimular agrupamientos y una mayor compacidad de la red de reservas en las soluciones generadas. En Marxan las fronteras compartidas se pueden interpretar como una medida de conectividad entre las unidades de planificación adyacentes. Al seleccionar las unidades de planificación, el perímetro total (modificado por el BLM y el costo de frontera) se adiciona a la función objetivo, y se sustrae cualquier frontera compartida con otras unidades de planificación seleccionadas. Así, una unidad de planificación que cubra el "hueco" de un objeto en forma de arandela realmente reduce la frontera total de una solución, ya que todas sus fronteras son compartidas y su inclusión reduce la longitud total de fronteras. Tiene lógica expresar los costos de fronteras en unidades escaladas de modo que las longitudes de fronteras sean similares en magnitud a los costos de UP, metas de conservación, etc. Si expresar las fronteras en metros no funciona, se debe intentar con kilómetros, hectómetros u otra unidad de medida que logre representarlos adecuadamente en una escala. En el caso de que se utilicen unidades de planificación basadas en unidades variables de longitud como los grados de latitud y longitud, es una buena práctia convertir esas fronteras en unidades de longitud fija, como las millas náuticas o kilómetros.

Algunos usuarios han evidenciado un sesgo en la selección de las unidades de planificación situadas en el perímetro del área de estudio cuando se utilizan costos de frontera para desarrollar los agrupamientos (vea Recuadro 8.1). Este es, ante todo, un problema con valores de BLM relativamente altos. Una solución que se ha utilizado es no contabilizar el perímetro del área de estudio como parte de la frontera de esas unidades de planificación ubicadas en el borde. Esta solución puede originar un sesgo opuesto, seleccionando preferiblemente aquellas unidades de planificación ubicadas en el perímetro porque una gran fracción de sus fronteras lleva el costo de frontera a 0. Si en la prueba de sensibilidad surge algún problema de sesgo, entonces las fronteras junto al perímetro del área de estudio pueden llevarse a cualquier fracción de su longitud real (entre 0 y 1).

Recuadro 8.1: Como comprobar la posibilidad de sesgo en el costo de borde

Por Karin Bodtker, BCMCA

Cuando se utiliza CLUZ para crear el archivo bound.dat, el usuario tiene la opción de incluir o excluir anotaciones del archivo relacionadas con el borde externo. Cuando estos son incluidos, un valor para cada unidad de planificación del borde externo del área de estudio es anotado como si tuviera un borde consigo mismo igual a la longitud del borde externo dentro de esa unidad de planificación. Si los bordes externos son

incorporados con el mismo costo que otros bordes, soluciones evitarán el borde de las unidades de planificación, pero si son excluidos, soluciones incluirán estos bordes externos. Esto fué especialmente problemático para el BCMCA porque el área de estudio incluia un línea de costa compleja con muchos fjordos estrechos delimitados por unidades de planificación en el borde. Se querían asegurar que las soluciones no favorecieran estas unidades de planificación or las excluyeran de una manera sesgada. Crearon un objeto que ocupaba todas las unidades de planificación de la misma manera, y establecieron metas proporcionales. Para comprobar cualquier tendencia, se utilizó un valor diferente a cero para el BLM, y se comprobaron los resultados de los escenarios utilizando los dos archivos de borde. BCMCA redujo el costo de borde de los bordes externos en el archivo de borde un 50%, 25%, 12.5% y 6.25%, hasta que la distribución de la suma de soluciones se asemejaba a la distribución de la suma de soluciones solo con las unidades de planificación en el borde. La visualización de la suma de soluciones resultado de 100 corridas puede ayudar a determinar si existe sesgo, ya que las unidades de planificación de borde tendrán un color diferente que el resto del área de estudio. Visualización y examinación de la mejor solución y cualquier otra solución escojida aleatoriamente es recomendable para establecer si los agrupamientos tiended a evitar o incluir bordes externos. El efecto cambiará a medida que el número de iteraciones y los valores BLM cambian, por eso es mejor utilizar un valor de BLM que se hacerque al valor utilizado en escenarios finales. (Sin embargo, si se utilizan diferentes tamaños de unidades de planificación, ten encuenta estos problemas cuando se utilize CLUZ para crear los archivos de borde, y que es probablemente preferible crearlos utilizando otra herramienta).

8.2.4 Abundancia de objetos de conservación

En cada unidad de planificación existe una cierta cantidad o porciónde cada objeto de conservación. Sin embargo, la presencia total y la distribución espacial de los objetos de conservación pueden variar sustancialmente. Algunos objetos pueden estar presentes a niveles muy bajos pero encontrarse en la mayoría de las unidades de planificación, mientras que otros pueden estar presentes en niveles muy altos pero sólo en pocas unidades de planificación. Algunos pueden ser un poco raros en el área de estudio, mientras que otros pueden ser muy comunes en toda el área de estudio (pero continuar siendo raros en otros lugares y por tanto constituir una prioridad de la conservación). Cuando existen grandes diferencias en la distribución de los objetos de conservación, unos pocos objetos de conservación comienzan a dominar las soluciones generadas por Marxan. En esos casos se pueden normalizar las abundancias de objeto de conservación en cada unidad de planificación como un por ciento de la abundancia total de ese objeto de conservación en el área de estudio. De esta forma, la protección de cada objeto de conservación recibe igual coeficiente en la solución. (Como alternativa, si un objeto está dominando las soluciones y esto no es lo que se desea, entonces su Factor de Penalidad de Especies (SPF) puede también reducirse. Vea el *Capítulo 4: Análisis de los Objetivos Ecológicos mediante el Establecimiento de Metas*). Una vez más, este paso sólo se indica cuando hay grandes diferencias en la abundancia del objeto, o si el usuario decide,

contra lo recomendado en este capítulo, analizar soluciones donde no se cumplen las metas de protección.

8.2.5 Metas cuantitativas de conservación

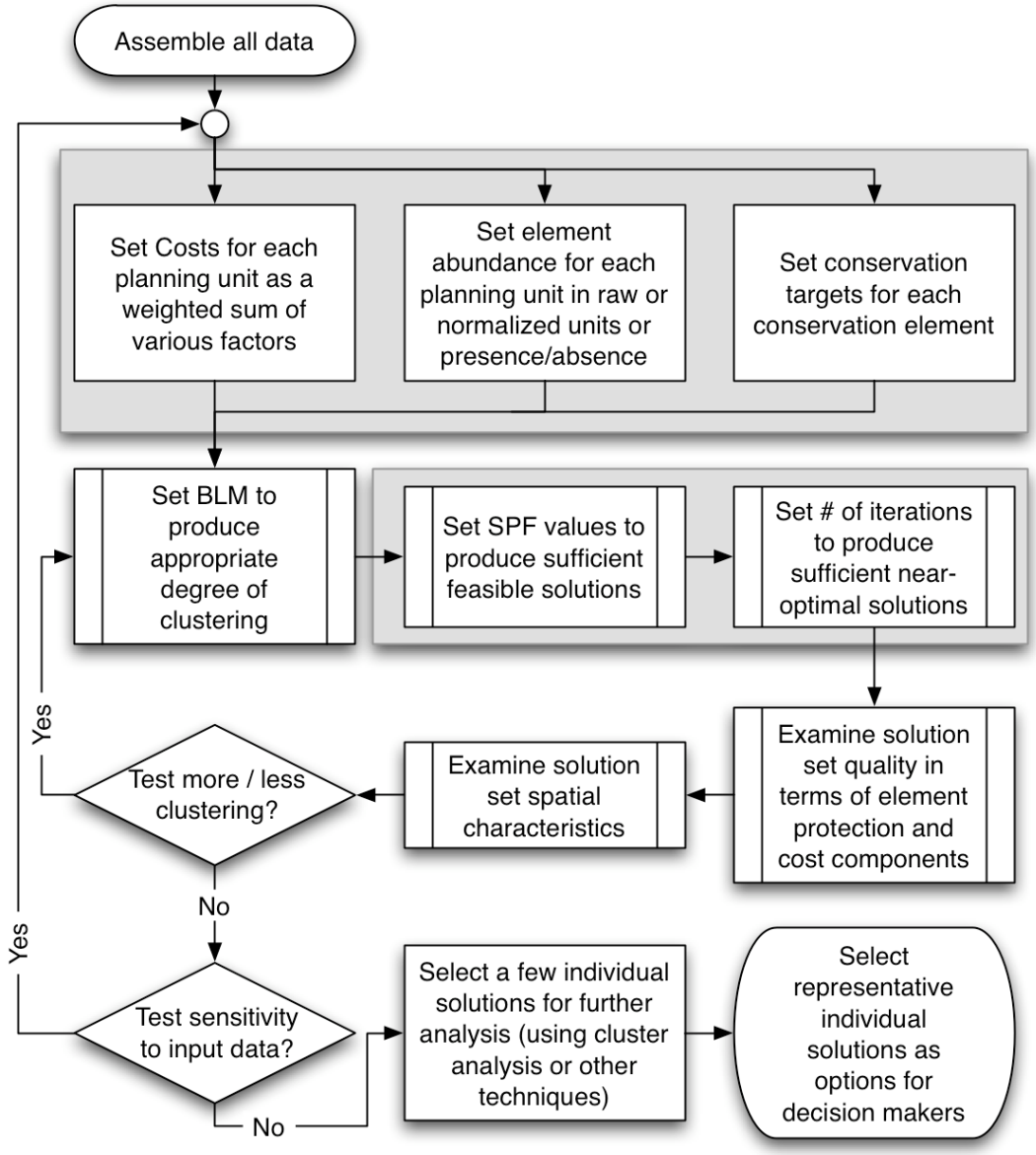
Existen diferentes métodos para el establecimiento de metas de conservación (Vea el *Capítulo 4: Análisis de los Objetivos Ecológicos mediante el Establecimiento de Metas*). Las metas de conservación con frecuencia se establecen en discusiones amplias basada en los objetivos específicos del proyecto o ejercicio de planificación y los requerimientos de conservación para el área. Generalmente se analiza un rango de metas. Los aspectos más importantes relacionados con la configuración de Marxan son (a) garantizar que las metas numéricas representen con precisión los objetivos específicos de la planificación, (b) verificar y asegurarse de que las metas sean alcanzables y (c) realizar al menos algunas pruebas de sensibilidad para ver los efectos de modificar las metas cuantitativas individuales. Algunos profesionales nutren su entendimiento acerca de los juegos de datos con una técnica exploratoria. Inicialmente establecen metas muy altas y utilizan umbrales de costo para explorar el rango de metas que pueden ser alcanzables a diferentes umbrales de costo. Esta técnica exploratoria los orienta hacia la selección de metas adecuadas y alcanzables para futuras corridas de Marxan. Los profesionales tienden a tener metas cuantitativas diferentes para objetos de mayor incidencia versus aquellos que son raros o amenazados (vea el *Capítulo 4: Análisis de los Objetivos Ecológicos mediante el Establecimiento de Metas*). Garantice que al traducir sus objetivos de conservación en objetos de conservación y sus respectivas metas se preserve el propósito de su ejercicio de planificación. Analice detenidamente qué problema Marxan resuelve realmente y cómo la meta para cada objeto influirá en la solución general.

8.2.6 Umbral de costo

Los umbrales de costos pueden resultar útiles en las etapas iniciales de la planificación para ayudar a explorar los rangos de metas de conservación que puedan resultan prácticos, considerando limitaciones de costo conocidas. Un enfoque pudiera ser definir como meta para cada objeto de conservación el 100% del hábitat disponible y definir un umbral de costo (basado en supuestos de lo que puede ser factible desde el punto de vista político, o quizás un por ciento de lo que costaría seleccionar todas las unidades de planificación). Las soluciones resultantes posiblemente ofrecerán niveles de protección muy diferentes para cada objeto de conservación. Esas diferencias se pueden reducir incrementando el SPF para los objetos de conservación con una baja representación y/o reduciendo el SPF para los objetos de conservación sobre representados. Aunque esto no refleja las consideraciones ecológicas (vea el *Capítulo 4: Análisis de los Objetivos Ecológicos mediante el Establecimiento de Metas*) una vez que se eliminan las grandes desigualdades, esas soluciones de prueba pueden ayudar a comprender qué niveles de metas son realmente alcanzables. Este proceso se puede repetir para algunos umbrales de costo si se desea, aunque el volumen de nueva información aportada disminuye rápidamente.

Después de las etapas iniciales de planificación exploratoria, es una mejor práctica establecer explícitamente metas de protección significativasy centrarse en reducir el costo en lugar de balancear la protección de un objeto de conservación con relación al otro.

Figura 8.1: Diagrama de flujo para correr Marxan con pruebas de calibración y sensibilidad



8.3 CALIBRACIÓN – AJUSTE DE LOS PARÁMETROS DE MARXAN

Las soluciones generadas por Marxan se pueden clasificar como "factibles", si alcanzan todas las metas de conservación, y como soluciones "no factibles", las que no logran

alcanzar una o más metas de conservación. (Esta definición matemática de "factible" es obviamente solo un punto de partida en la determinación de qué soluciones deben considerarse como prácticas). El primer paso en el análisis de cualquier conjunto de soluciones es determinar cuántas, y cuáles, son factibles. Las soluciones factibles se relacionan en el archivo<problem_name>_sum.dat con un déficit y penalidad de cero. El próximo paso con las soluciones no factibles es determinar qué objetos de conservación no fueron representados y por qué. Las soluciones no factibles son el resultado de (a) tener metas mayores que la cantidad total disponible de los objetos de conservación, o (b) tener establecida una penalidad muy baja para objetos no representados (SPF) . En el último caso, el costo de agregar otra unidad de planificación útil es mayor que la penalidad por no representar una meta (déficit * SPF) en las unidades arbitrarias de la función objetivo.

Si Marxan no está generando soluciones factibles, por lo general es más sensato variar de manera conciente y explícita sus metas de conservación o los factores de penalidad de especies (SPF) en lugar de permitir que Marxan sencillamente no logre alcanzar ciertas metas. Permitir que Marxan no alcance las metas de conservación significa que Marxan esta cambiando arbitrariamente los niveles de protección basado en balances que por lo general no son válidos. Adentrarse en el mundo de los balances respecto al logro de las metas de conservación es peligroso y los resultados generados distan mucho de ser transparentes para los modeladores o partes interesadas. El próximo paso con las soluciones factibles es examinar la consistencia de Marxan en la generación de soluciones al "menor costo".

El objetivo específico de la calibración es garantizar que el conjunto de soluciones generadas por Marxan se acerquen al "menor costo" o al costo óptimo. El optimizador de templado simulado en Marxan es poderoso, flexible y altamente automatizado y sólo requiere de algunas configuraciones por parte del usuario. Esas configuraciones de usuario, sin embargo, pueden incidir notablemente en la eficiencia de la solución (Fischer & Church, 2005).

El procedimiento de calibración básica consiste en establecer y verificar de manera iterativa los valores de SPF y la cantidad de iteraciones necesarias para lograr resultados consistentes y garantizar que se cumplan todas las metas. Esta calibración básica debiera realizarse después de cada cambio significativo hecho al problema que se viene resolviendo (por ejemplo, después de un cambio significativo en los costos de unidad de planificación o el modificador de longitud de frontera).

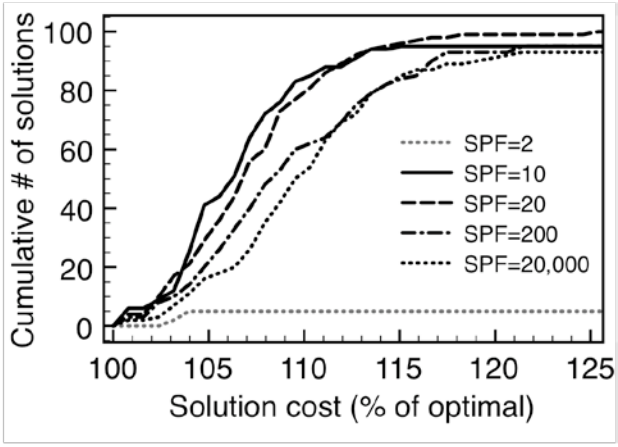
8.3.1 Factor de penalidad de objeto de conservación (SPF)

Una vez que se ha agrupado toda la información y está lista para ejecutarse, el usuario debe decidir los valores de SPF para cada meta de conservación (vea Recuadro 8.2). El parámetro SPF es esencial para obtener buenos resultados. Una ponderación demasiado alta limita el funcionamiento de Marxan. Un coeficiente demasiado bajo significa que las metas no se logran con frecuencia. Los valores de SPF se incorporan a la función objetivo que Marxan trata de minimizar. Si los valores de SPF son muy pequeños (con

relación a los costos de la unidad de planificación), entonces la solución del "menor costo" incluirá muy pocas o ninguna unidad de planificación, porque el costo de seleccionar las unidades de planificación es mayor que las pequeñas penalidades por no cumplir con metas de protección. Si los valores de SPF son muy altos (con relación a los costos de la unidad de planificación), entonces el heurístico de templado simulado no podrá analizar tantas opciones en el proceso de solución. Como resultado, Marxan va a generar menor cantidad de soluciones diferentes con costos promedios más altos. Lo esencial aquí es que los valores SPF deben escogerse de forma que las penalidades por no alcanzar las metas de conservación sean escaladas adecuadamente *con relación al papel de cada uno en la función objetivo* (ej. costo, longitud de frontera, etc.). Cada instancia de problemas tendrá un conjunto diferente de valores apropiados para el SPF.

La importancia de calibrar los valores de SPF se ilustra con los resultados de un problema de muestra en la Figura 8.2. Los resultados que se muestran corresponden a un problema de 99 unidades de planificación y 24 objetos de conservación. Se establecieron los mismos valores de SPF para todos los objetos de conservación. Con un SPF =200, numerosas soluciones de un total de 100 resultaron no factibles (no todas las metas de conservación se cumplieron). Al incrementar los valores de SPF a 20 000 se evidenció un incremento de la cantidad de soluciones no factibles y el conjunto de soluciones resultó más costoso como un todo (cambiando a la derecha). La disminución de los valores SPF a 20 resultó en un conjunto de soluciones menos costoso y disminuyó ligeramente la cantidad de soluciones no factibles. La disminución de los valores SPF a 2 generó sólo cinco soluciones factibles. Llevar los valores SPF a 10 trajo como resultado unas pocas soluciones no factibles y propició un conjunto de soluciones de bajo costo más consistente que los valores mayores que se analizaron.

<u>Figura 8.2</u>: La función de distribución acumulativa del costo de soluciones utilizando cinco niveles diferentes de valores SPF. Para este problema, el SPF igual a 2 no pudo generar muchas soluciones factibles. El SPF de 20 000 generó mayormente soluciones factibles, pero casi la mitad de ellas representó un costó mayor del 110 % del costo óptimo. Empleando el SPF calibrado de 10, el 90% de las soluciones generadas resultó ser tanto factibles como menos costosas que el 110 % del costo óptimo. Si las unidades utilizadas para medir el costo hubieran sido diferentes, los valores calibrados de SPF también hubiesen diferido. La solución de menor costo constaba de 15 unidades de planificación con un costo total de 252 unidades de costo.

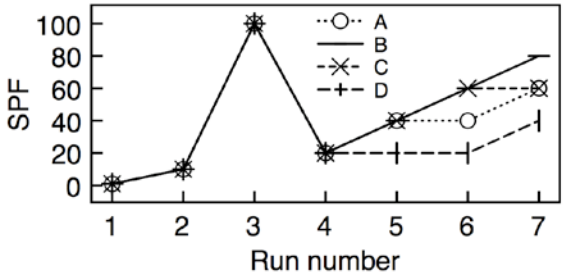


Un enfoque para calibrar los valores de SPF es definir los mismos SPF para todos los objetos de conservación y ajustarlos iterativamente hasta que el 70%-90% de los reinicios alcancen las metas de conservación. El proceso consiste en seleccionar un valor arbitrario de SPFs, realizar alrededor de 100 reinicios y analizar la distribución de soluciones de calidad entre esos reinicios. Si no se cumplen todas las metas de protección en la mayoría o en todas las soluciones, trate de incrementar los valores de SPF (iniciando quizás con un factor en el rango de dos a diez veces mayor). Si todas las metas de protección se cumplen, trate de disminuir iterativamente los valores SPF hasta que no se cumplan las metas, luego aumente ligeramente los valores de SPF. Si no se puede cumplir con las metas de conservación, resulta apropiado reevaluar las metas. Este enfoque puede funcionar con resultados positivos si las metas, la abundancia y la distribución espacial de todos los objetos de conservación son generalmente similares. Cuando la abundancia de los objetos o las distribuciones difieren notablemente, la buena práctica incluye al menos algunos ajustes individuales de los valores de SPF.

Un método para el ajuste individual de los valores de SPF se ilustra en la Figura 8.3 (basado en Chen, pers. comm.). Este método consiste en encontrar valores SPF uniformes para los cuales se cumplen todas las metas y el valor menor para el cual no se cumplen. La diferencia entre esos valores SPF es el rango explorado para cada objeto. Todos los SPFs se llevan al valor bajo, y luego para aquellas especies que no logran sus

metas, se incrementa el valor SPF. Este proceso se repite hasta que se cumplan todas las metas.

Figura 8.3: Calibración iterativa de valores SPF individuales para un problema muestra de cuatro objetos. La corrida 1 utilizó un SPF uniforme para los cuatro objetos de conservación A-D. No se cumplieron las metas. La corrida 2 utilizó SPF uniformes de 10 y las metas tampoco se cumplieron. La corrida 3 utilizó SPF uniformes de 100 y todas las metas se cumplieron. Desde este punto analizamos los valores SPF entre 10 (sin metas cumplidas) y 100 (todas las metas cumplidas). Para la corrida 4, nuevamente se diminuyó el SPF a 20. Las metas sólo se cumplieron para el objeto D, de modo que los SPFs se elevaron (de 20 a 40) para los objetos A-C que no cumplieron sus metas. En la corrida 5, A y D cumplieron las metas, mientras que B y C no. Se incrementaron los SPFs para B y C (de 40 a 60). En la corrida 6, C alcanzó las metas por primera vez, pero ninguno más lo hizo, así que sus SPFs se incrementaron en 20. En la corrida 7 se cumplieron todas las metas.



Un paso importante en esta etapa es examinar las soluciones no factibles para ver qué metas de conservación no se cumplen. En algunos casos, puede que constantemente no se representen una o dos metas. En esos casos, es razonable elevar los valores SPF para esas metas de conservación, mientras se disminuyen los demás valores SPF. Este nivel de detalle sólo será indicado cuando se presenten dificultades para obtener constantemente soluciones factibles de costos bajos.

Recuadro 8.2: Optimización del factor de penalidad

Por George F. Wilhere, Washington Department of Fish and Wildlife

En Marxan, los factores de penalidad de las especies (SPF) imponen restricciones en la optimización. Sin embargo, son restricciones "suaves" en el sentido que se pueden infringir. Mayor es el SPF, más firme es la restricción. Firmes restricciones se pueden establecer dando valores altos de SPF arbitrarios, o a través de "bloquear" unidades de planificación. Sin embargo, factores de penalidad muy altos pueden crear resultados

erróneos que exhiben picos o valles, lo cual hace que la optimización sea más difícil de alcanzar (Gottfried y Weisman, 1973, pp. 253-254).[9]

Wilhere et al. (2008)[10] ejecutaron una búsqueda iterativa simple para buscar valores de SPF para todos los objetos. Todos los valores de SPF fueron inicialmente con un valor de 2. Un reinicio de Marxan (que consistía de 4 millones de iteraciones) fue ejecutado, y luego la cantidad capturada para cada objeto fue comparada con las metas de los objetos. Si el objeto no cumplía con la meta, el valos de SPF de incrementaba por 1. Este proceso se repitió hasta que todos los objetos alcanzaban las metas de conservación al menos en 38 de los reinicios de Marxan (38 era 1.5 número de veces en reinicios que tuvieron que utilizar en su análisis final). Los valores resultantes de SPF tenían un rango entre 2 y 6, aunque 97% de los valores equivalían al valor por defecto de 2. En restrospectiva, dado que solo incrementamos los valores de SPF y no los reducimos, los valores iniciales de SPF podrían haberse establecido con un valor 1 y no 2.

8.3.2 Iteraciones

El solucionador de templado simulado en Marxan descansa en una gran cantidad de iteraciones que resultan en buenas soluciones. ¿Cuántas iteraciones se pueden utilizar? La calibración de ese parámetro es similar a la calibración de SPF. Pruebe con algunas ejecuciones de prueba con diferentes cantidades de iteraciones y compare la distribución acumulativa de la eficiencia para las soluciones factibles (como se muestra en la Figura 8.2, pero utilizando "Score" from*_sum.dat). Generalmente, según aumenta la cantidad de iteraciones, Marxan será capaz, cada vez más, de localizar un óptimo global, o al menos mejores óptimos locales. Para un problema moderadamente extenso, pudiera ser apropiado comenzar con 100 corridas de 10^6 iteraciones y comparar esa solución llevándola a 100 reinicios con 10^7 iteraciones en un escenario similar a la Figura 8.2. Si se evidencia un mejoramiento notable con 10^7 iteraciones (ej. un giro hacia la izquierda de la función de distribución acumulativa), intente entonces 10^8 (o $2*10^7$), y así sucesivamente. El tiempo de la solución aumenta linealmente con la cantidad de iteraciones, por tanto, hay límites prácticos en la cantidad de iteraciones que se pueden considerar como razonables. En algún momento, resulta de mayor utilidad garantizar una cantidad adecuada de reinicios que tratar de garantizar la eficiencia en todo un conjunto de soluciones. Después de todo, se pueden desechar las soluciones menos eficientes en un conjunto de soluciones, del mismo modo que se desechan las soluciones no factibles. Dicho esto, si se utiliza la opción de "frecuencia de selección" de Marxan, resulta entonces una buena práctica tratar de generar fundamentalmente soluciones factibles, y mantener alto el número de iteraciones.

---

[9] Gottfried, B.S., and J. Weisman. 1973. Introduction to Optimization Theory. PrenticeHall, Englewood Cliffs, NJ.

[10] Wilhere, G.F., M. Goering, and H. Wang. 2008. Average optimacity: an index to guide site prioritization for biodiversity conservation. Biological Conservation 141: 770-781.

Hay una advertencia a considerar a la hora de seleccionar la cantidad de iteraciones. Para algunos problemas pequeños, Marxan puede generar con toda confianza el óptimo global con pequeña cantidad de iteraciones. De hecho, el problema demostrado en la Figura 8.2 se resolvió utilizando 4000 iteraciones. Con sólo 10 000 iteraciones, Marxan encontró el mismo óptimo global en casi todos los reinicios. En este caso, se tuvo que disminuir la cantidad de iteraciones para generar un conjunto de soluciones diverso. Para problemas de conservación de tamaño más real esto no debe constituir un problema.

8.3.3 Cantidad de reinicios

Para cualquier problema de Marxan con una complejidad razonable existen más soluciones posibles que estrellas en el universo (Possingham, pers. comm.). No es necesario identificarlas todas. El objetivo es realizar un número elevado de reinicios, suficiente para que las soluciones generadas sean una muestra representativa de las soluciones disponibles. Para responder a cuál pudiera ser el costo de la obtención de soluciones de bajo costo, bastaría con una cantidad relativamente pequeña de reinicios (100-150). Si un pequeño por ciento de cada una las soluciones factibles obtenidas se encuentra dentro de la función objetivo, es entonces probable que la mejor solución se acerque a la óptima. Para identificar patrones espaciales se necesitará de un mayor número de reinicios. Una guía es correr suficientes reinicios para que el mapa de frecuencia de selección deje de realizar cambios notables con reinicios adicionales. Ejecute Marxan en series de 100 reinicios. Analice los patrones de frecuencia de selección (utilizando iguales intervalos de clasificación) para reinicios X y reinicios 2X. Si el patrón espacial de valores de frecuencia de selección no cambia mucho con la adición de nuevos reinicios, es probable que hayamos representado adecuadamente el espacio de solución. Una advertencia con este enfoque es que el patrón espacial puede diferir notablemente entre el 10% de las mejores soluciones de menor costo y el resto de las soluciones (Chen, pers. comm.), y el patrón espacial puede ser diferente entre las soluciones factibles y las no factibles (Fischer & Church, 2005). Esto resalta una vez más la buena práctica de configurar Marxan para que, generalmente, logre soluciones factibles.

8.3.4 Parámetros del templado

La configuración adecuada de los parámetros del templado se explica en el manual de Marxan.

8.3.5 Modificador de longitud de frontera (BLM)

El Modificador de Longitud de Frontera (BLM) se utiliza para mejorar el agrupamiento y la compacidad de soluciones individuales (McDonnell et al., 2002; Fischer & Church, 2003). Para la prueba inicial, llévelo a cero. Después de realizar satisfactoriamente la calibración inicial, existen numerosos métodos para establecer el BLM. Incluso cambios relativamente pequeños en el BLM pueden implicar modificaciones significativas en la

estructura matemática del problema, y la buena práctica requiere una verificación de la calibración después de realizar cambios al BLM.

El Modificador de Longitud de Frontera (BLM) controla el agrupamiento de reservas en las soluciones individuales. Quizás la manera más intuitiva de definir el BLM es comenzar con cero e incrementarlo iterativamente con números arbitrarios (ej. factores de diez), hasta que la inspección visual de los resultados muestre el grado de agrupamiento deseado, preferiblemente sin grandes incrementos en el costo. La desventaja de ese método es que se pueden realizar ejecuciones de Marxan sin lograr determinar un rango de valores de BLM que incida en el grado de agrupamiento y mucho menos ofrezca resultados con el grado de agrupamiento deseado. En cualquier caso, es factible crear un escenario de costo versus longitud de frontera para rastrear los efectos de los cambios de BLM (como en la Figura 8.4). Asimismo, el escenario puede ayudar a explicar los resultados a los demás (vea el *Capítulo 9: Interpretación y Comunicación de los Resultados*).

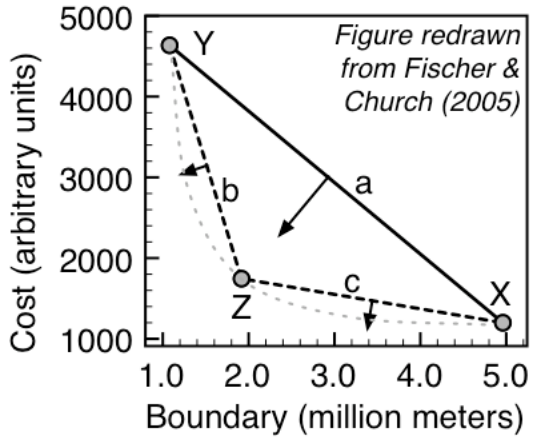
Otra manera de escoger un valor inicial de BLM es definirlo de forma tal que las longitudes de frontera alcancen una magnitud similar a la de los otros términos de la función objetivo. Si los costos de las unidades de planificación se mueven en un rango de 10 a 15 unidades, y las longitudes de frontera de 30000 m a 60000 m, habrá una diferencia enorme en las penalidades asociadas con la disminución del costo y la longitud de frontera. Un BLM de 0.001 en este caso, llevaría las fronteras y los costos a un orden similar de magnitud (30-50 y 10-50, respectivamente). Las corridas subsiguientes se pueden utilizar entonces para explorar la sensibilidad de los conjuntos de soluciones establecidos a diferentes valores de BLM.

Una tercera manera de escoger valores de BLM es utilizar un método de ponderación desarrollado para explorar balances multi objetivos en la optimización. Estos métodos sistemáticos para BLM variables, permiten a los usuarios descubrir rápidamente el rango de valores BLM que representará las mayores diferencias en los patrones espaciales de producción sin tener que adivinar los valores adecuados (Cohon et al. 1979; Solanki et al. 1993; Fischer and Church 2005). Primeramente, llevar el BLM a 0 y optimizar el costo para encontrar la solución menos costosa posible. Calcule el costo y la longitud de frontera para esa solución y plásmela en un gráfico como punto X, la solución de costo mínimo (Figura 8.4). Lleve entonces todos los costos a cero y el BLM a 1 para encontrar el punto Y (la solución de frontera mínima posible). Calcule la pendiente de la línea "a" conectando esas dos soluciones en el espacio objetivo: (Costo(X) –Costo (Y))/ (Frontera(X)-Frontera (Y)). Esta es una curva de balance estimada con dos puntos. Utilice el valor absoluto de la pendiente de la línea "a" como BLM y regrese todos los costos a sus valores originales. En este ejemplo, el BLM sería 0.00088525. Ese valor representa un "punto adecuado" en la curva al balacear la reducción del costo con la disminución de la longitud de frontera. Los pequeños cambios realizados en el BLM alrededor del "punto adecuado" podrán conllevar a cambios grandes en los patrones espaciales de las redes de reservas seleccionadas. Los valores de BLM de 10, 1 e incluso 0.1 son mucho más altos que ese "punto positivo" en

la curva, tanto que todos presentan redes de reservas similares- agrupadas en la máxima extensión posible. (Este ejemplo ilustra los posibles inconvenientes y las demoras que implican comenzar sencillamente con un BLM de 0 ó 1 y tratar de ajustarlo de manera gradual hasta que el agrupamiento se vea "bien". Dicho esto, otras consideraciones como el manejo no se analizan en esta etapa). Ejecute Marxan nuevamente para ubicar el punto Z. Con tres soluciones, la curva de balances se estima como las líneas discontinuas "b" y "c". Si las soluciones representadas por el punto Z están más agrupadas que lo deseado, se puede repetir el proceso con la línea "c" para encontrar un nuevo valor para el BLM. Si las soluciones representadas por el punto Z no están agrupadas como se desea, el proceso se puede repetir con la línea "b" (Figura modificada a partir de Fischer and Church 2005).

Este método se puede utilizar para encontrar balances entre diferentes medidas de costo como se muestra a continuación. Comience igualando los costos de la UP a una suma ponderada de dos o más medidas alternativas de costo (ej. Costo de la UP= Costo 1 +Peso$_{Costo2}$ *Costo2). Luego siga las instrucciones anteriores, sustituyendo el Costo1 por Costo, Peso$_{Costo2}$ por BLM y costo 2 por Frontera.

Figura 8.4: Balance disponible entre la reducción del costo y la reducción de la longitud de frontera. La línea gris de puntos representa las posibles soluciones en la curva de balance. X es la solución disponible de menor costo. La solución Z logra grandes reducciones en la longitud de frontera por un pequeño incremento del costo (comparado con X). Vea el texto para los cálculos.



8.3.6 Importancia de la calibración

La buena práctica establece que se deben seguir los pasos anteriores para cada cambio realizado en el problema al que se le está dando solución. Pequeños cambios en el BLM o en los costos de UP pueden no representar ninguna diferencia en el porcentaje de soluciones factibles, o en la cantidad de patrones espaciales disponibles, aunque pudiera suceder. En algunos casos, pequeños ajustes en los costos relativos de la UP pueden conllevar a soluciones muy diferentes (Fischer and Church 2003). Cuando se analiza por

primera vez el espacio de solución de un nuevo proyecto, es recomendable que los profesionales verifiquen la necesidad de cambiar las iteraciones, SPF y cantidad de reinicios después de cualquier cambio realizado al problema. En la mayoría de los casos, no habrá necesidad alguna de una calibración profunda, pero en ocasiones si será necesario. Esto se relaciona con el análisis de sensibilidad, tema que se aborda a continuación.

8.4 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

8.4.1 Un marco básico

La meta general del análisis de sensibilidad es determinar en qué medida son sensibles los resultados de modelación ante las diferencias en la información o parámetros de entrada. El análisis de sensibilidad proporciona información sobre qué datos de entrada y qué parámetros provocan grandes diferencias en las soluciones generadas y cuales no. Se puede entonces hacer un análisis más profundo centrado en esos datos y en los parámetros que más interesan. Los datos de entrada suelen tener un cierto grado de inseguridad asociada. Quizás la abundancia de un objeto de conservación determinado se ha estimado dentro del 50 % de su abundancia real. O quizás el profesional obtuvo un grado aparentemente razonable de agrupamiento con un BLM de X pero no tiene una razón sólida para utilizar X en lugar de 0.5 0 2X. El análisis de sensibilidad es el proceso de comprobar si los resultados obtenidos con diferentes parámetros (ej. diferentes valores de X para el BLM) o con diferentes datos de entrada (ej. valores de la abundancia del objeto al extremo mayor o menor del rango esperado) generan resultados sustancialmente similares o diferentes.

Los dos primeros pasos en el análisis de sensibilidad son decidir qué datos o parámetros comprobar y qué medidas utilizar para comparar los resultados. Las soluciones pueden presentar características como el costo total, la longitud de frontera, la cantidad de metas en exceso, la distribución espacial, la congruencia espacial, las unidades de planificación específicas en la solución etc. Por tanto, el análisis de sensibilidad requiere una definición clara de los factores y la escala para la medición de las soluciones.

La primera parte del análisis de sensibilidad es determinar qué debe ser comprobado. Se mencionan algunos aspectos que suelen comprobarse:

- Efectos de los datos de menor calidad de la abundancia de los objetos (vea *el Capítulo 7: Evaluación y Manejo de los Datos*);
- El grado en que el proceso de selección es guiado por objetos raros, u objetos con metas de conservación muy altas;
- Efectos de los objetos de conservación individuales que requieren valores muy altos de SPF;
- Grupos de objetos incluidos o no en las metas;
- Diferentes niveles de metas (en objetos individuales o grupos);

- Diferentes superficies de costo;
- Incidencia del BLM en el agrupamiento y costo; y
- Tamaño y forma de la unidad de planificación.

La segunda parte del análisis de sensibilidad es determinar las escalas con las que se medirán las soluciones. Algunas medidas para soluciones individuales incluyen:

- ¿Es factible la solución (se cumplen todas las metas)?
- ¿Qué unidades de planificación se seleccionan en comparación con otras soluciones?
- ¿Cómo se compara la función objetivo (costo, más frontera, más penalidades, etc.) con la mejor solución conocida?
- ¿Cuál es el costo de la solución versus el costo de todo el sistema que se conserva?
- ¿Cuál es la longitud de frontera de la solución (una medida de agrupamiento/compacidad?
- ¿Cuántas unidades de planificación individuales o agrupamientos de unidades de planificación se seleccionaron?
- ¿Cuántos objetos de conservación excedieron sus metas y en cuánto?

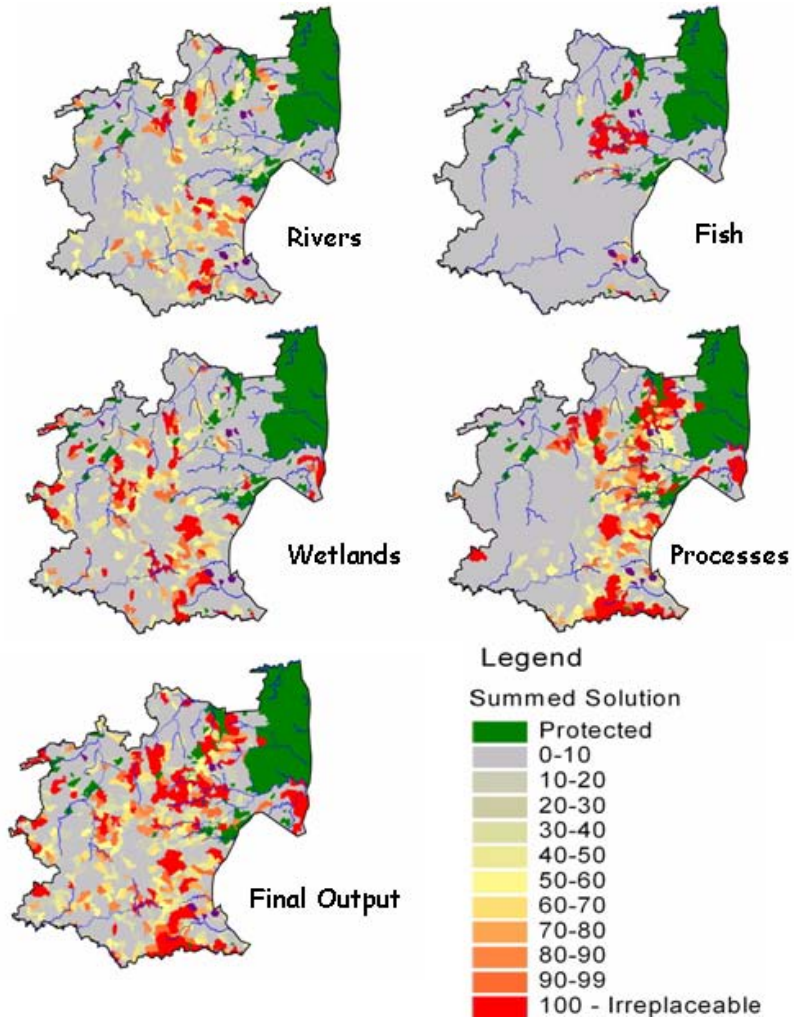
Algunas medidas para conjuntos de soluciones incluyen:

- ¿Las soluciones son factibles (se cumplen todas las metas)?
- ¿Este conjunto de soluciones incluye sustancialmente las mismas unidades de planificación que los demás conjuntos de soluciones?
- ¿Qué unidades de planificación se seleccionan comparadas con otros conjuntos de soluciones? ¿Qué unidades de planificación son comunes? ¿Cuáles se adicionan o sustraen?
- ¿Cuán variable son las soluciones dentro de la comprobación en términos de costo (s), función objetiva, patrones espaciales, etc.?
- ¿Cómo se compara la congruencia espacial de la solución con otras (utilizando la misma métrica de congruencia como Jaccard, Kappa, etc.)?
- ¿Cómo se compara el costo (s), la función objetivo, la longitud de frontera, etcétera, dentro de este conjunto de soluciones versus otros conjuntos de soluciones?
- ¿Hay dentro de este conjunto de soluciones cantidades e identidades de objetos de conservación que excedan sus metas, similares a las de otros conjuntos de solución?
- ¿Un análisis de agrupamiento en este conjunto de solución revela alguna solución o grupos de soluciones que resulten sustancialmente diferentes de las soluciones generadas en otro conjunto de soluciones? (se espera que el agrupamiento automatizado de soluciones sea una característica de una futura versión de Marxan).

El primer paso en el análisis de sensibilidad se puede ejecutar de manera más simple preguntando si, en esencia, se seleccionan las mismas unidades de planificación en una solución (o conjunto de soluciones) como en otras. Si ese es el caso, no se necesita hacer nada más. Sin embargo, si el conjunto de unidades de planificación difiere, es probable que, al menos algunas medidas del desempeño de la solución (conjunto de soluciones), sean diferentes. Para determinar si un conjunto de soluciones es similar, se puede enfocar cualitativamente mediante una inspección visual o cuantitativamente (vea la *Sección 8.4.2: Ejemplos de análisis cuantitativos de sensibilidad*).

<u>Recuadro 8.3</u>: Análisis de sensibilidad en un resultado espacial de una solución sumada (frecuencia de selección)

La sensibilidad se puede analizar dividiendo los objetos en grupos (ej. tipos de ríos, pantanos, peces, procesos), o en juegos de datos individuales, luego llevando las metas a cero para todos los grupos excepto para el de interés, y analizar el impacto de ese grupo en el resultado final espacial. La figura muestra un ejemplo de como se mostraron espacialmente los resultados de los análisis de sensibilidad en la valoración de aguas dulces del Plan de Conservación de la Biodiversidad de Mpumalanga (Ferrar and Lötter 2007). Si se compara la solución sumada de la ejecución de cada grupo con la solución combinada final, se puede determinar si algunos grupos de objetos (y sus configuraciones) están influyendo en el resultado final de la valoración.



.

8.4.2 Ejemplos de análisis cuantitativos de sensibilidad

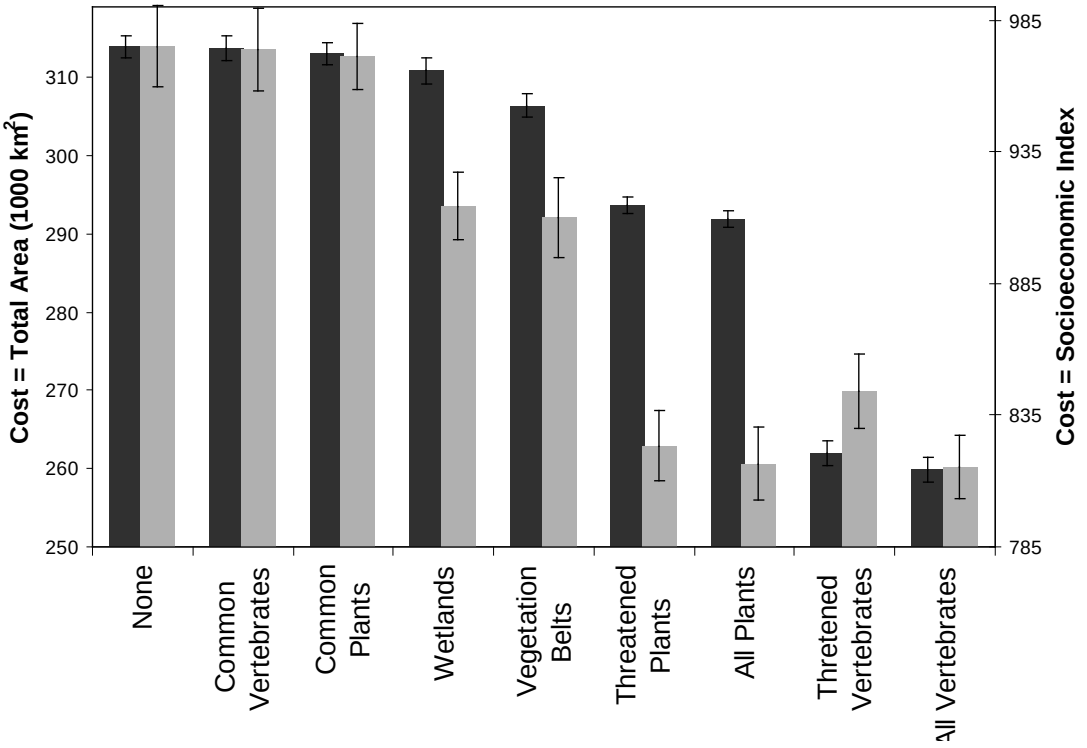
8.4.2.1 Efecto desproporcional de algunas metas en el costo total

En algunos casos, algunas metas pueden tener poco impacto en las soluciones mientras que otros rasgos influyen significativamente en las soluciones (Church and Gerrard 2003). En otras palabras, si esas metas mencionadas se hacen 0, entonces el costo total de la solución va a disminuir considerablemente. En esos casos, la buena práctica incluye el análisis detallado de las metas, los datos de abundancia, y la distribución espacial de esos últimos objetos de conservación. En ocasiones, esos objetos individuales que guían las soluciones pueden contener datos dudosos desde el punto de vista numérico o espacial, o tener metas arbitrarias que se pueden cambiar de manera razonable. De cualquier manera, determinar qué objetos de conservación y metas asociadas influyen en el costo de la solución deberían de motivar una valoración más profunda de la confianza en la distribución espacial de esos objetos y una reevaluación de sus metas.

En los casos donde el costo de una unidad de planificación es la combinación de varias medidas de costo (ej. el área total combinada con algún costo basado en información socioeconómica), la elección de la medida del costo puede generar diferencias en la contribución relativa de los objetos de conservación al costo total de la solución. En esos casos, es importante comprobar cuales objetos pueden estar influyendo en las soluciones bajo cada diferente combinación de costos.

La Figura 8.5 muestra los resultados de un análisis de sensibilidad a partir de un problema de selección de reservas en el reino terrestre. Se ejecutó Marxan varias veces excluyendo en cada momento las metas para un conjunto diferente de objetos de conservación. Las metas para algunos objetos de conservación generan pequeñas diferencias en el costo total. Por ejemplo, la exclusión de vertebrados o plantas comunes no influye en el costo. Por otra parte, la exclusión de vertebrados amenazados hace que la solución sea significativamente menos costosa a la vez que Marxan minimiza el área total del costo socioeconómico. Finalmente, algunos grupos de objetos de conservación, como las plantas amenazadas, logran una disminución mayor en el costo cuando se minimiza el área total. La Figura 8.5 sugiere que la confianza en la solución aumentará si aumenta la confianza en la distribución espacial de las plantas y vertebrados amenazados.

<u>Figura 8.5</u>: Efecto de la exclusión de grupos de objetos de conservación. .La Figura muestra el área promedio (barras oscuras) y el índice de costo socioeconómico (barras claras) para conjuntos de soluciones que excluyen un grupo particular de objetos de conservación. "None (ninguno)" es el caso de referencia, que incluye todos los objetos. Las barras verticales indican 2 Errores Estándares. La exclusión de vertebrados y plantas comunes no afectan de ninguna manera el costo de la solución. Por otra parte, la exclusión de vertebrados amenazados reduce notablemente el área total y el costo socioeconómico de las soluciones (Figura de Ramirez 2007).



8.4.2.2 Geometría de red

Una vía relativamente rápida de cuantificar los resultados es analizar qué por ciento del área y perímetro cambia ante la variación de un parámetro (Airame 2005). La Tabla 8.1 es un ejemplo de como cambian el área y el perímetro cuando se modificaron por separado los objetos de conservación, las metas de conservación, y el BLM. Aquí, el promedio y la desviación estándar se muestran en 100 reinicios. Verificar si las áreas o perímetros promedios de dos escenarios difieren significativamente, mostrará con rapidez si al cambiar parámetros (ej. metas de conservación, objetos de conservación, costos, etc.) cambia el resultado y es un buen suplemento para el análisis cualitativo. Incluso si el área o perímetro promedio no cambian, se pueden buscar diferencias entre los conjuntos de soluciones comparando gráficos de dispersión del área vs. perímetro para los dos (o más) conjuntos de soluciones. Otras opciones consisten en analizar la solución sumada o utilizar estadísticas espaciales más extensivas, como se describe a continuación.

Tabla 8.1: Área y perímetro de soluciones de Marxan para tres metas de conservación. Soluciones generadas con dos BLMs diferentes con metas de conservación de 10%, 30%, y 50%. El área y el perímetro se expresan como promedio ± desviación estándar en 100 repeticiones de reinicios.

BLM	Meta de conservación	Área (km^2)	Perímetro (km)
0	10%	293.6 ± 1.8	893.4 ± 19.6
	30%	881.2 ± 2.2	1977.7 ± 28.2
	50%	1471.4 ± 1.1	2414.7 ± 37.7
0.0001	10%	295.7 ± 1.3	264.1 ± 20.5
	30%	886.4 ± 1.6	494.4 ± 26.9
	50%	1476.9 ±1.5	712.3 ± 27.5

8.4.2.3 Configuración espacial de redes – medidas de similitud

Para comprender el papel que desempeñan diferentes áreas en las soluciones generales de reservas dentro de un área de estudio, es aconsejable comenzar por el análisis de la frecuencia de selección de la UP. Sin embargo, para tener una mejor idea de las posibles alternativas para un área determinada, puede resultar más efectivo realizar un análisis de grupos de soluciones, que centrarse únicamente en la frecuencia de selección (Airame 2005). En la actualidad, para realizar este análisis se necesita de un paquete de estadísticas externas. En esta sección, se analiza la comparación de una solución con otra y sus similitudes espaciales.

Para determinar cuán semejante puede ser la configuración espacial de una solución con relación a otra (ej. cuan similares son las unidades de planificación de una red con relación a las unidades de planificación de otra red) se puede realizar una comparación por pares de las soluciones utilizando la estadística *Kappa,* que ofrece una medida de la similitud entre dos reservas después de eliminar las posibles coincidencias (Richardson et al. 2006). Para esto, los datos de presencia o ausencia de las unidades de planificación, obtenidos a partir del archivo de salida de la solución individual, deben utilizarse como datos muestrales. Las estadísticas Kappa indican el grado de coincidencia entre dos soluciones. (Nota: la estadística Kappa no es efectiva cuando se comparan dos soluciones que varían significativamente con respecto al área total, y por tanto, sólo se puede utilizar en soluciones de metas similares o idénticas).

Se puede realizar una comparación similar utilizando los resultados de frecuencia de selección para analizar cuán semejante es la frecuencia de selección de un escenario con respecto a otro. Para comparar los resultados de las frecuencias de selección, se debe desarrollar un análisis de correlación multivariado. Este análisis genera una tabla de correlación (vea la Tabla 8.2), que es una matriz de coeficientes de correlación que resume los aspectos positivos de las relaciones entre cada par de respuestas.

Tanto para las estadísticas Kappa como para el análisis de correlación multivariada, el valor 1 indica una coincidencia perfecta, 0 indica algunas coincidencias, y un valor negativo indica ausencia de coincidencias. En otras palabras, mientras más se acerque el estadígrafo a 1, más posibilidades hay de que las configuraciones espaciales de las soluciones sean similares entre ellas como resultado de los datos y no por casualidad. En la Tabla 8.2 se muestran los resultados de un análisis de correlación multivariado que se realizó utilizando las frecuencias de selección de tres escenarios.

Tabla 8.2: Análisis de correlación multivariada para los resultados de tres frecuencias de selección. Los escenarios a, b, y c corresponden a los resultados mostrados en la Figura 2. .

Escenario	**a**	**b**	**c**
A	1	0.96	-0.04
B	0.96	1	-0.02
C	-0.04	-0.02	1

Otra forma de comparar la configuración espacial de redes es mediante un análisis de agrupamiento (Airame 2005; Clark and Warwick 2001). Los datos de muestra pueden ser, o bien la presencia de unidades de planificación a partir del archivo de salida, o los datos de frecuencia de selección en cada escenario. El resultado de este análisis es un dendograma que define las similitudes entre todas las redes.

Cada uno de esos métodos para medir la similitud es útil para comparar simultáneamente variados resultados dentro de los escenarios y entre escenarios. Por ejemplo, dentro de un escenario en particular, se pueden comparar dos corridas diferentes. Además, una corrida del primer escenario se puede comparar con otra de un escenario diferente. Es de utilidad conocer esta información para determinar como influye en los resultados la modificación de un parámetro particular (ej. meta de conservación, objeto de conservación, BLM, costo, etc). Por ejemplo, si dos escenarios son idénticos excepto por un parámetro, y los escenarios generan resultados muy similares, entonces el parámetro no cambió los resultados.

8.4.2.4 Flexibilidad del escenario

La cantidad de diferentes opciones de redes varía entre los escenarios y se puede cuantificar utilizando los resultados de la frecuencia de selección. Hay menos variabilidad entre las redes a medida que aumenta la proporción de unidades de planificación que se seleccionan con mucha frecuencia (ej. aquellas seleccionadas en más del 80% de los reinicios) (Richardson 2006). Por ejemplo, un conjunto de soluciones puede tener 20% de las UP seleccionadas con mucha frecuencia. Durante las pruebas de sensibilidad, un conjunto de solución ulterior puede tener 40% de las UP frecuentemente

seleccionadas. Esto implica que hay menos posibilidades de que un diseño de red cumpla las metas de conservación en un escenario subsiguiente que en el primero. En ese caso, la flexibilidad de la red de reservas en sensible a todos los parámetros que se cambiaron en las pruebas de sensibilidad y se debe examinar la confianza en esos parámetros.

8.5 EXPLORACIÓN DE DIFERENTES ESCENARIOS

Además del análisis de sensibilidad explicado anteriormente, puede resultar de utilidad explorar escenarios sustancialmente diferentes (ej. basados en conjuntos de costos de unidades de planificación completamente independientes, o con metas considerablemente mayores o menores, etc). Particularmente cuando se utiliza un índice de costo que combine costos múltiples (ej. costos económicos, opiniones de las partes interesadas, etc) resulta conveniente cambiar los coeficientes en los distintos costos para ver las diferencias que surgen en la distribución espacial. Verifique también qué objetos de conservación exceden las metas y en cuanto.

Para garantizar que se están midiendo cambios significativos entre dos escenarios diferentes, es esencial calibrar el algoritmo de Marxan (para garantizar que está solucionando eficientemente la función objetivo, logrando soluciones verdaderamente óptimas) así como realizar análisis de sensibilidad.

9 Interpretación y Comunicación de los Resultados

David J. Nicolosn,[1]* Mervyn Lötter,[2] Louise Lieberknecht,[3] Ralph Wells,[4] Jose L. Gerhartz,[5] Natalie C. Ban,[6] Jeff A. Ardron[7]

[1]Nature Conservancy de Canadá [2] Agencia de Parques y Turismo de Mpumalanga; Servicios Científicos [3]Finding Sanctuary [4]Universidad de British Columbia, Centro para la Investigación de la Conservación Aplicada [5]WWF-Canada [6]Universidad de of British Columbia, Centro de Pesca [7]Asociación para la Investigación y Análisis Marino del Pacífico

*Correspondencia: E-mail: Dave.Nicolosn@natureconservancy.ca

PRÓLOGO

En este capítulo se describen las buenas prácticas relacionadas con la interprestación y la comunicación de los resultados de Marxan. Asumimos en todo el capítulo que Marxan se está utilizando siguiendo las recomendaciones dadas en el nuevo Manual de Marxan, versión 1.8.10 (2008). En este capítulo se describen las buenas prácticas referentes a las tres categorías de salidas de Marxan (pantalla, tabular y espacial). Aunque este capítulo va destinado a los científicos/analistas que desarrollan análisis con Marxan, se ofrece también una breve presentación de cómo los profesionales que utilicen Marxan pueden presentar los resultados tanto a los revisores internos como a los externos. Dado el hecho de que establecer las metas de Marxan es tanto un arte como una ciencia, los resultados generados por Marxan deben ser revisados e interpretados internamente por el equipo de proyecto antes de presentar los resultados a las partes interesadas externas o incluso al patrocinador del proyecto. Esta revisión debe traer como resultado un acuerdo sobre la interpretación de los resultados y sobre cómo se han alcanzado los objetivos específicos. El equipo de proyecto debe analizar la mejor manera de mostrar los resultados de Marxan, que dependerá en parte de la capacidad técnica y el conocimiento local del público a quien va destinada esta información. El proyecto podrá exponerse con mayor claridad si se realiza la interpretación, el refinamiento y la comunicación de los resultados de Marxan de forma interactiva a medida que se ejecuta el análisis.

9.1 RESULTADOS DE MARXAN

En el capítulo 5 del Manual de Marxan se describen los resultados como salidas en pantalla y en archivo de formato tabular. Estos son controlados por las configuraciones seleccionadas en el archivo de parámetros de entrada (vea el Manual para el uso de Marxan en la sección 3.2.1.5). Las salidas tabulares se convierten fácilmente en salidas espaciales (vea el Manual de Marxan Apéndice C). Más adelante se describen algunas consideraciones y buenas prácticas para la revisión, interpretación y comunicación de las salidas tabulares, espaciales y en pantalla de Marxan, que contribuyen a la realización de un análisis robusto (vea el *Capítulo 8*: *Cómo Asegurar un Análisis Robusto*) y

a involucrar a los distintos interesados (vea el *Capítulo 10: Uso de Marxan en Procesos de Planificación de Múltiples Partes* Interesadas).

9.1.1 Salidas en pantalla

Para desarrollar análisis que impliquen gran cantidad de unidades de planificación, iteraciones, corridas, u objetos de conservación se pueden necesitar muchas horas o días para completar un escenario. La salida en pantalla (modo verboso 3) es útil para garantizar rápidamente que las ejecuciones de Marxan continúen desarrollándose de manera previsible. Con el modo verboso los usuarios pueden identificar si el templado se hace más lento y se detiene antes de que se completen las iteraciones, de lo contrario puede que no haya suficientes iteraciones, o una temperatura final lo suficientemente baja, por ejemplo. Este modo se puede utilizar también para mostrar el funcionamiento de Marxan a aquellos que no están familiarizados con el templado simulado. Los detalles encontrados en pantalla se pueden guardar en los archivos de salida de texto. En la sección 5.2.2 del Manual de Marxan se ofrecen otras razones para el uso del resultado en pantalla cuando se ejecuta Marxan.

9.1.2 Salidas tabulares

Marxan puede generar cierta cantidad de salidas tabulares como se muestra en la Tabla 9.1. Cada uno de esos archivos se puede ver utilizando un editor de texto, la mayoría se puede manipular en una hoja de cálculo o base de datos, o se puede conectar a las unidades de planificación para generar salidas espaciales.

Tabla 9.1: Resumen de los archivos de salida

Tipo de Archivo de salida	Nombre del Archivo[10]
Soluciones para cada ejecución	*scenario*_r001.dat
Información de valor no representado para cada ejecución	*scenario*_mv001.dat
Mejor solución de cada ejecución	*scenario*_best.dat
Información de valor no representado para la mejor solución	*scenario*_mvbest.dat
Suma de soluciones (Frecuencia de selección)	*scenariio*_ssoln.dat
Resumen de Información	*scenario*_sum.dat
Archivo de registro en pantalla	*scenario*_log.dat
Detalles del escenario	*scenario*_sen.dat
Archivos de instantáneas	*scenario*_snap_r00001t01000.dat

[10] El prefijo 'escenario' tomará cualquier nombre especificado por el usuario en el Archivo de Parámetros de Entrada. Cuando se incluye un nombre en el nombre del archivo (ej. scenario_r001.dat), se hace referencia al número de ejecución que generó ese resultado específico. Las salidas tabulares tiene una extensión .dat. Para las salidas tabulares que se puedan ver espacialmente, se selecciona la opción ArcView y el resultado tabular tendrá una extensión .txt.

9.1.2.1 Solución y valor no alcanzado para cada corrida

Cada escenario tendrá múltiples corridas (la cantidad total de corridas se define en el *archivo de parámetros de entrada*). Cada corrida tiene un archivo de salida identificando la solución (r001.dat, r002.dat…r00n.dat), y los "valores no alcanzados" (mv001.dat, mv002.dat… mv00n.dat). La solución consiste en las unidades de planificación incluidas en el conjunto de reservas identificadas por Marxan dentro de la corrida. La tabla de "valores no alcanzados" relaciona los objetos de conservación para los cuales se establecieron metas, y cuanto de esos objetos está representado en la solución, así como si se cumplieron las metas para cada objeto.

Al importar las tablas de *soluciones* a una base de datos u hoja de cálculo, los usuarios pueden desarrollar múltiples análisis, incluida la prueba de sensibilidad de diversos parámetros (vea la *Sección 8.4:Análisis de sensibilidad*). Por ejemplo, Munro (2006) detectó que Marxan cumplió o excedió el 99% de las metas, sin embargo, de las metas no cumplidas, los objetos de conservación con altas penalidades estuvieron mejor representados que aquellos con penalidades medias, que a su vez, estaban mejor representados que los de penalidades bajas. Las configuraciones de Marxan se pueden ajustar para alcanzar diferentes resultados como: reducción del costo de frontera de reservas, disminución de las metas no alcanzadas o disminución de los costos de las unidades de planificación. Mediante el uso de hojas de cálculo, los resultados de las diferentes corridas o escenarios se pueden representar en gráficos a fin de compararlos y evaluar los resultados de las redes de reservas derivadas de cada escenario. El archivo de solución se puede importar a un SIG para lograr una mejor visualización de los resultados obtenidos con Marxan (vea la *Sección 9.1: Resultados de Marxan)*, aunque es más común tomar únicamente la mejor solución y la solución sumada (frecuencia de selección) en capas espaciales.

La tabla de *valores no alcanzados* muestra una medida de la amplitud o la representación de la conservación, incluido el nombre, la meta, la cantidad de cada objeto de conservación contenida en el sistema de reservas y si la meta se cumplió o no. Las tablas de valores no alcanzados se pueden abrir en una hoja de cálculo, para identificar qué objetos cumplieron el 100% de sus metas, que objetos no tuvieron la representación adecuada y la proporción de metas cumplidas, mostrando por ejemplo, dónde pudiera ajustarse *la penalidad del objeto de conservación*.

9.1.2.2 La mejor solución de todas las ejecuciones (best.dat)

Posiblemente los resultados de Marxan más reconocidos y más utilizados son la "mejor solución" y la "frecuencia de selección" (se explica a continuación). Ambos ofrecen diferente información al usuario y pueden informar al grupo a cargo del diseño de la red de reservas.

La mejor solución se muestra en el archivo de solución (best.dat) y en la tabla correspondiente de "valores no alcanzados" (mvbest.dat). Los mismos análisis descritos anteriormente, para las soluciones de cada corrida, se pueden también realizar para la "mejor" solución.

La terminología de "mejor corrida" puede conllevar a cierta confusión. La "mejor" solución es la solución con el menor valor de función objetivo (ej. la solución más eficiente)(vea el Manual de Marxan la Sección 1.5). Por tanto, el usuario debe comprender claramente cómo se calcula la función objetivo, ya que factores no incluidos en la misma pueden dificultar o hacer prohibitiva la implementación de la "mejor" solución de Marxan.

Note que la "mejor" solución no siempre genera los mismos resultados cada vez que se muestre un escenario idéntico. El algoritmo no puede garantizar que se encuentren las mejores soluciones, en especial para problemas grandes, de modo que es mejor considerar la "mejor solución" como una solución muy buena y no la mejor posible. La capacidad que tiene Marxan de obtener diversas opciones muy buenas es una de sus mayores fortalezas.

Los usuarios no se deben limitar a analizar únicamente la "mejor solución" para un escenario determinado. Pueden realizarse muchas otras ejecuciones del programa con costos similares que resulten prácticamente tan buenas como la "mejor solución" y más fáciles de implementar. La "mejor" solución puede que no sea práctica. Asimismo, nunca se debe comunicar a las partes interesadas o a los encargados de la toma de decisiones la "mejor" solución con tal estatus, sino como una solución muy buena dentro de un cúmulo de opciones. Los profesionales pueden analizar la posibilidad de presentar más de un resultado espacial de las áreas que deben cumplir las metas. Esto permitirá que las partes interesadas/expertos hagan uso de la flexibilidad de los análisis de Marxan para comparar y contrastar diferentes opciones de conservación que pueden responder a sus preocupaciones inherentes, a la vez que cumplen con los objetivos ecológicos.

9.1.2.3 Solución sumada (ssoln.dat)

La "solución sumada", también conocida como "frecuencia de selección" o anteriormente como "irremplazabilidad", representa las veces que se seleccionó una unidad de planificación como parte de una buena solución para todas las corridas en un escenario. Los profesionales pueden utilizar esa solución para analizar cuán útil resulta una unidad de planificación en la creación de un sistema de reservas eficiente. Esto, por su parte, puede contribuir al establecimiento de prioridades. En esencia, si perdemos una unidad de planificación con una frecuencia de selección del 60%, estamos perdiendo aproximadamente el 60% de las opciones buenas de la red de reservas.

La solución sumada no iguala la "irremplazabilidad" en su sentido más estricto. Esta es, literalmente, una medida de la frecuencia de selección de una unidad de planificación bajo determinadas limitaciones. El hecho de que una unidad de planificación sea seleccionada en casi todas las soluciones, no significa necesariamente que sea irremplazable; más bien, la unidad de planificación puede tener una ubicación geográfica que exige soluciones eficientes, a pesar de que los objetos que contiene pueden estar presentes en otras unidades de planificación. La solución sumada, por tanto, también se puede describir como un "resultado útil", ya que describe la utilidad

de una unidad de planificación en la generación de soluciones eficientes dentro de un escenario determinado. Cuando se interpretan y comunican las soluciones sumadas, es importante comprender que su resultado no es una red de reservas que cumple con los criterios de un escenario dado. Para aclarar la diferencia, la solución sumada se debe presentar de conjunto con una o más de las mejores soluciones individuales.

Fischer and Church (2005) advierten sobre las interpretaciones basadas en el archivo de solución sumada y señalan, con mucha certeza, que todas las soluciones contribuyen al archivo por igual. Las soluciones muy eficientes en las que se cumplen todas las metas contribuyen tanto como aquellas soluciones ineficientes en las que no se cumplen todas las metas. En resumen, los sitios seleccionados con mayor frecuencia, no necesariamente tienen que ser parte de las soluciones más eficientes. Fischer and Church (2003) encontraron numerosos sitios "populares" (seleccionados en más del 50% de las soluciones) que no eran parte de una solución óptima, y numerosos sitios "impopulares" (seleccionados en menos del 2% de las soluciones) que sí estaban incluidos. En esos casos, donde Marxan no encuentra soluciones sub óptimas, se deben reajustar los parámetros (vea el *Capítulo 8: Cómo Asegurar un Análisis Robusto)*. Un valor mayor de SPF para los objetos con poca representación limita la flexibilidad del algoritmo, pero garantiza mayor cantidad de soluciones factibles entre las cuales escoger. El incremento de la cantidad de iteraciones contribuye también a limitar las opciones no factibles. De cualquier manera, el resultado de frecuencia de selección tiene mucho más sentido si se eliminan las soluciones pobres o no factibles.

9.1.2.4 Información de resumen (sum.dat)

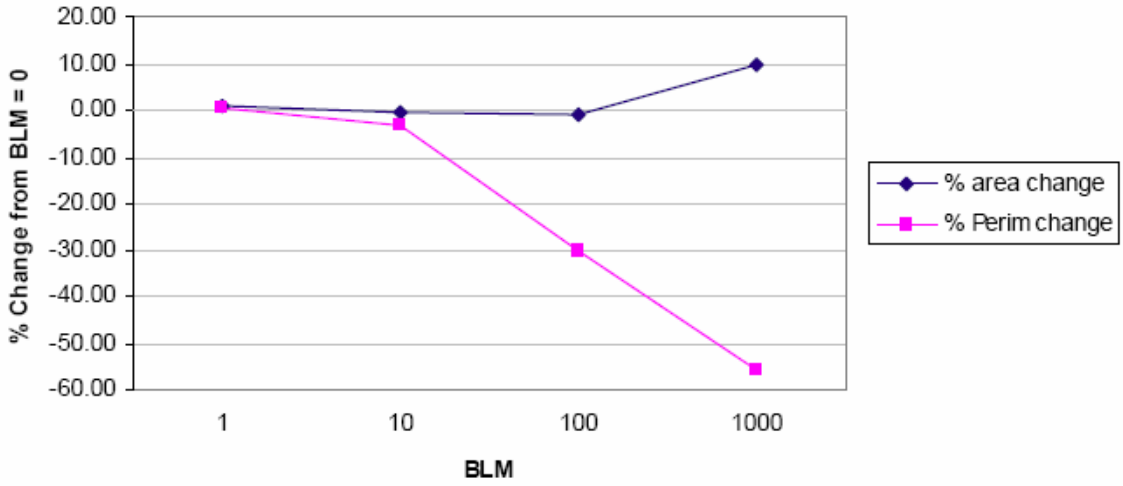
El archivo sum.dat ofrece información resumida de Marxan considerando los resultados para cada corrida en el escenario, permitiendo así una comparación de las diferentes corridas. El archivo contiene: el costo total de la red de reservas, el costo de las unidades de planificación (costo de la UP), la cantidad de unidades de planificación (#UP), el costo de frontera de la red de reservas, la penalidad por no cumplir las metas, el déficit combinado por no cubrir los objetos de conservación y la cantidad de objetos que no alcanzan las metas. Esta información se puede revisar con el uso de una hoja de cálculo para comparar las diferentes corridas o ejecuciones, o los escenarios. La mayoría de los usuarios consideran que el "costo", la "penalidad" y la "cantidad de unidades de planificación" son los criterios más importantes para evaluar las soluciones. El "déficit" no resulta de particular utilidad ya que es un campo sumado y no ofrece detalles sobre qué objetos no están bien representados.

Un método útil para verificar el funcionamiento de Marxan es crear un histograma de las puntuaciones alcanzadas en cada corrida. Al analizar la forma del histograma, debe haber un rango bajo de puntuaciones; un alto rango de puntuaciones pueden sugerir que el algoritmo no está realizando el templado de forma suficiente. Se deben considerar los rompimientos naturales. Carwardine et al. (2006) utilizó histogramas de los valores de frecuencia de selección para cada escenario con el objetivo de ofrecer información

sobre la similitud de las distribuciones de los valores de frecuencia de selección en toda el área de estudio. Sin embargo, una limitación derivada de únicamente comparar los histogramas es que no ofrecen detalles sobre las diferencias y similitudes espaciales. Para enfrentar esa limitación, Carwardine et al. (2006) utilizó las comparaciones espaciales, midiendo las coincidencias proporcionales en áreas con valores de frecuencia de selección de 1.0 entre cada par de métodos (vea el *Capítulo 8: Cómo Asegurar un Análisis Robusto*).

Los resultados de Marxan se pueden mostrar en un gráfico en relación con las variables de escenario. Esta información es útil para justificar las selecciones, y reviste particular importancia al comunicar las soluciones a las partes interesadas o los patrocinadores del proyecto. Los ejemplos de gráficos incluyen diversos escenarios de modificador de longitud de frontera (BLM) contra el área requerida por la solución, el perímetro o la penalidad, o también gráficos que muestran cómo se lograron las metas para diferentes taxones. La Figura 9.1, que se muestra más adelante, presenta el efecto de modificar el BLM sobre el área y el perímetro de las reservas, lo que puede resultar útil para justificar ante otros la selección de determinado BLM (y en configurar lo parámetros, (vea la *Sección 8.3.5: Modificador de longitud de frontera (BLM)*).

Figura 9.1: Cambio porcentual en el área y perímetro de una mejor solución comparado con el BLM (Loos, 2006).



Los resultados de una solución sumada generada a partir de un análisis de Marxan se pueden analizar detalladamente de diferentes maneras. Pryce et al. (2006) prepararon un digrama de dispersión que muestra en un eje el valor para la conservación de grupos de unidades de planificación (es decir, la cantidad de veces que un grupo de unidades de planificación se selecciona en la solución sumada) y en el otro eje la vulnerabilidad (es decir el costo de amenaza promedio a la integridad del grupo de unidades de planificación). Esto se utilizó para priorizar las acciones de conservación. Asimismo, los

resultados del análisis se pueden mostrar espacialmente, como se muestra en la *Sección 9.1.4: Salidas espaciales*).

Al comparar los resultados de las corridas de Marxan para la interpretación y la comunicación, se deben considerar cuatro factores (que se describen con mayor profundidad en el *Capítulo 8: Cómo Asegurar un Análisis Robusto)*:

1. Tamaño/eficiencia (entre ejecuciones): La superficie total de los sitios seleccionados con relación a la de todas las unidades de planificación disponibles. Esto reviste particular importancia cuando se utilizan unidades de planificación con tamaños irregulares.
2. Forma/agrupamiento: La proporción del perímetro respecto al área en sitios contiguos (tanto la media como la mediana del tamaño de los sitios contiguos) Este análisis se puede llevar a cabo espacialmente utilizando un SIG para "disolver" (unir o combinar) las unidades de planificación adyacentes. ¿Son el tamaño y forma de la solución los apropiados para alcanzar los objetivos ecológicos o del proyecto?
3. Completamiento: Cantidad de objetos de conservación que no se incluyen en la red de reservas. ¿Cuán cercanos se encontraban los objetos que no lo lograron, de alcanzar sus metas? (ej. No se alcanzó la meta por un 1% o por un 50%; se supone que en soluciones que se estén considerando seriamente todas las metas deben cumplirse o algunas dejar de cumplirse sólo por un margen muy estrecho)
4. Sobre-representación: Objetos de conservación que están sobre representados en la solución.

9.1.3 Otros archivos de salidas tabulares (registro en pantalla, detalles del escenario e instantáneas)

El archivo de registro en pantalla (*log.dat*) capta la información que se presenta en pantalla cuando Marxan se corre con salida verbosa. Este archivo es útil para depurar los escenarios (vea la Sección 5.2.2 del Manual para el Uso de Marxan). El archivo *sen.dat* contiene un registro de los parámetros de configuracón que conforman un escenario determinado. Se debe mantener, en espacial si se desarrollan múltiples escenarios, y puede utilizarse para ayudar en la interpretación de los diferentes resultados de Marxan para diferentes escenarios. *Snapshot.dat* es una variable opcional, y en la *Sección 9.1.4: Salidas espaciales* hemos recomendado convertir este resultado tabular en espacial.

9.1.4 Salidas espaciales

Si bien Marxan no está integrado a un software SIG, su salida tabular se importa fácilmente en un SIG uniendo las tablas de resultados a las unidades de planificación espaciales si se selecciona el formato ArcView en el archivo de entrada de parámetros (vea el Manual de Marxan, Apéndice C). La revisión espacial de las salidas tabulares brindará mayor claridad a los resultados del análisis y puede facilitar la comunicación con los usuarios internos y externos. La conversión de las salidas tabulares al formato

espacial es más común en las mejores soluciones y las soluciones sumadas. *Una buena práctica es utilizar tanto la "mejor (es)" solución (es) como las soluciones sumadas cuando se interpretan, perfeccionan y comunican espacialmente los resultados de Marxan.*

Entre los freeware de interfase de SIG, que son fáciles de usar, utilizados para importar con facilidad y analizar la información utilizando Marxan se incluyen:

CLUZ para usuarios de ArcView 3.x (http://anotherbobsmith.wordpress.com/software/cluz/).

P.A.N.D.A. para usuarios de ArcGIS (http://www.mappamondogis.it/panda.htm).

TNC ArcGIS 9.x extensión (http://maps.usm.edu/pat/)[11]

Los mapas de frecuencia de selección se pueden mostrar y clasificar de diferentes maneras. Algunos aspectos a tener en cuenta cuando se muestran los resultados en un mapa son los siguientes:

- Incluir información sobre las configuraciones de los análisis de Marxan. Los mapas que no incluyen información suficiente relacionada con la generación de la información mostrada pueden conllevar a confusiones. Entre las informaciones útiles se incluyen los valores de BLM, el % del área requerido, la cantidad de objetos, el lugar, etc.
- Utilice gradientes de colores para mostrar los resultados. Algunos autores utilizan gradientes de colores y colores diferentes en los rompimientos naturales.
- Siga las regulaciones cartográficas básicas para establecer las gamas de colores y cuando se escojan gradientes tenga en cuenta que algunos usuarios finales pueden ser daltónicos o tener impresoras de escala gris. La Figura 9.2 muestra como una persona daltónica percibe los colores.
- Los mapas se deben diseñar para que sean intuitivos, de modo que las personas los puedan ver e interpretar correctamente sin remitirse a una simbología. No obstante, siempre se debe ofrecer una simbología.

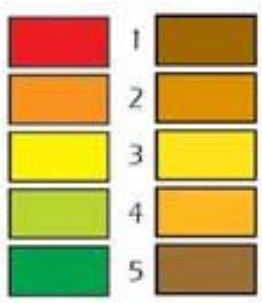
  Hay muchos métodos estadísticos para la clasificación de la información. En la cartografía, los cuatro más comunes son: rangos iguales, *cuantiles*, desviación estándar y rompimientos naturales. La mejor opción para mostrar la información depende de la distribución subyacente de la información. Conformar un diagrama de dispersión o histograma que emplee estadísticas descriptivas básicas (como la media, la moda, la mediana, el rango o la desviación estándard) revelará la forma de la distribución. Esta forma ayudará en la selección del método de clasificación más

[11] La terminología utilizada por The Nature Conservancy (TNC) difiere de la utilizada en el manual de Marxan y en esta guía; ej, *objeto de conservación* = TNC meta, y *meta* = TNC objetivo.

apropiado. Sin embargo, en el caso de los resultados de Marxan, la opción adecuada suele ser una ruptura natural.

- La salida se puede clasificar en categorías que ayuden en la interpretación y el perfeccionamiento de los resultados para los usuarios finales. Por ejemplo, en la evaluación de la biodiversidad terrestre de Mpumalanga se clasificó en categorías significativas que serían usadas en una herramienta de apoyo en la toma de decisiones relacionadas con el uso de la tierra (Ferrar and Lötter 2007

Figura 9.2: Simbología real (izquierda) y como los individuos daltónicos perciben esos colores (derecha). Observe la similitud entre los colores del 1 al 5. Para que las persona daltónicas puedan leer mejor los resultados, utilice un gradiente de color y evite usar colores puros (utilice mezclas). Imprima el mapa en escala gris para garantizar que tenga sentido para los daltónicos cuando se imprima en una impresora que no sea a color



A continuación se resumen otros métodos de exploración de los datos para analizar escenarios múltiples:

- Combinar los resultados de la solución sumada a partir de diferentes corridas o escenarios en un sólo resultado como una medida de la importancia del sitio en los diversos escenarios (por ejemplo, escenarios de diferentes BLM). Las áreas que constantemente incurren en diferentes escenarios pueden verse como un buen punto de partida para una reserva si no se confía en la información y/o supuestos.
- Sume sólo algunas de las corridas (ej. los principales rompimientos naturales o la frecuencia de selección para los diferentes pasos en la ruptura natural, o la suma de las corridas más eficientes).
- Compare la mejor solución o las soluciones sumadas con una ejecución realizada sin la configuración del BLM. Esto puede resaltar áreas fragmentadas más pequeñas con importantes valores de la biodiversidad. Esas diferencias se pueden comunicar como parte del balance al decidir si es mejor "Una sola Unidad Extensa" o "Muchas Pequeñas" (SLOSS) en el diseño de redes de conservación.

9.1.5 Archivos de instantáneas

Los archivos de instantáneas (vea el Manual de Marxan 5.3.9) se pueden utilizar para crear un video (mpeg), ofreciendo una apreciación visual del trabajo de Marxan a medida que funciona en múltiples iteraciones de una ejecución o corrida. Cada archivo de instantánea se presenta en el mismo formato de la corrida final y se pueden conectar a las unidades de planificación para crear un resultado espacial. Se crea entonces una imagen jpeg del resultado espacial. Los jpegs de todos los archivos de instantáneas serán combinados entonces en un orden secuencial en un software de edición de películas el para crear un "video" que muestre el funcionamiento de Marxan en la búsqueda de una solución. Los profesionales pueden revisar este resultado para garantizar que Marxan opere en un patrón predecible, donde los resultados impredecibles garantizan futuras exploraciones. Tal resultado será igualmente útil al explicar a audiencias externas cómo funciona Marxan (Munro 2006).

9.2 INTERPRETACIÓN DE LA SOLUCIÓN

Marxan es una herramienta de apoyo en la toma de decisiones, diseñada para ayudar en la selección de sistemas de reservas eficientes; cuyo resultado no se debe interpretar nunca como "La Respuesta". Si bien cada conjunto de ejecuciones de Marxan genera una "mejor" solución matemática, no hay una mejor solución única que se aplique a los problemas de planificación de la conservación que Marxan suele abordar, pero sí muchas buenas soluciones sobre la base de factores que no necesariamente están en el análisis (ej. preferencias del uso humano, etc.) (vea *el Capítulo 1: Introducción*).

Trabajar con Marxan es tanto un arte como una ciencia, en especial mientras mejor se determinen los parámetros mediante prueba y error (vea el *Capítulo 8: Cómo Asegurar un Análisis Robusto*). Para comprender su funcionamiento, los profesionales deben comprender a cabalidad tanto la naturaleza de los datos espaciales utilizados para mostrar los objetos de conservación como del funcionamiento de Marxan. El aspecto clave al valorar las soluciones de Marxan es determinar si ha logrado cumplir las metas ecológicas del problema y los objetivos generales y específicos (vea el *Capítulo 4: Análisis de los Objetivos Ecológicos mediante el Establecimiento de Metas*).

Se recomienda que los profesionales desarrollen dos niveles de revisión: Interna y Externa. Cada una tendrá diferentes centros de atención y ambas deben incluir las salidas espaciales y tabulares. Los responsables del análisis de Marxan deben realizar la revisión interna antes de llevar los resultados a la revisión externa. Esta revisión se debe centrar en el funcionamiento de Marxan y en garantizar que Marxan se esté ejecutando correctamente, generando resultados eficientes y repetibles. La revisión externa se debe centrar en las soluciones, incluidos los méritos ecológicos de la solución y la valoración de si el diseño de reservas es práctico desde la perspectiva del manejo o de su implementación. Esta tarea es más simple si se documentan y justifican adecuadamente las etapas iniciales de la interpretación y el mejoramiento.

9.2.1 Revisión interna

La revisión interna se debe centrar en definir cómo funciona Marxan y cómo responde a los diferentes parámetros de entrada y juegos de datos . Dado el hecho de que la mejor manera de realizar un análisis de Marxan es hacerlo de forma iterativa, se realizarán numerosas revisiones internas antes de llevar los resultados a las partes externas. La naturaleza exacta de los temas analizados en la revisión interna va a variar entre los diferentes procesos. Tres aspectos importantes que se han explicado en esta guía, fundamentalmente en el *Capítulo 4: Análisis de los Objetivos Ecológicos mediante el Establecimiento de Metas*, *Capítulo 5: Consideraciones para el Diseño de Reservas* y el *Capítulo 8: Cómo Asegurar un Análisis Robusto*):

- **cumplimiento de las metas:** cómo se han alcanzado los objetivos específicos del proyecto mediante el cumplimiento de la metas;
- **eficiencia**: valoración de cómo las soluciones que cumplen las metas lo hacen por un costo o área mínimos, y valoración de cómo los agrupamientos de los sitios se ajustan a los propósitos de la planificación;
- **análisis de sensibilidad:** medir la influencia que ejerce cada parámetro en las soluciones, y valoración de los efectos potenciales de estimaciones de mala calidad de los parámetros o de supuestos poco fundamentados (Caswell 1989).

Otros aspectos que se deben tener en cuenta para la revisión interna, en aras de prepararla para la revisión externa, incluyen:

- El grado de participación técnica en el proceso del supervisor, patrocinador del proyecto o miembros del equipo del proyecto, su conocimiento técnico y la manera más apropiada para informarles los resultados.
- Cómo se formularon las metas generales y objetivos específicos y verificar que sean argumentadas y apoyadas por el equipo de proyecto.
- Que los resultados del análisis se comprendan y "tengan sentido". Si surgen resultados inesperados se deben discutir.
- Que el mensaje sea claro. Analizar cuidadosamente qué resultados mostrar tanto interna como externamente. Esto dependerá del proceso y de los objetivos específicos del proyecto: se puede mostrar un resultado único o un rango de resultados obtenidos para diferentes escenarios. Se debe conocer que la sobrecarga de información puede paralizar la toma de decisiones, sin embargo no mostrar suficiente información puede atrapar al debate en falsas valoraciones de balance.
- Tome nota de las fortalezas y debilidades de su análisis y resultados, así como los supuestos inherentes a su análisis.
- Anticipe los conflictos potenciales, y resáltelos (ej. coincidencias entre áreas seleccionadas para reservas y los usos socioeconómicos de esas áreas). Analice también los impactos económicos generados por el alcance del análisis, por ejemplo, ¿Pudiera el plan seleccionado incidir en el valor de la tierra?

- Esté consciente y conozca en qué medida el plan cambia el status quo.

Es importante contar con un documento técnico que explique en detalles qué información se incluyó en el análisis, y qué metas, limitaciones y parámetros se establecieron a fin de posibilitar una explicación total de los detalles, que se puede replicar de ser necesario.

Antes de pasar a una revisión externa formal, pudiera resultar de utilidad realizar prácticas que consistan en presentar los resultados a algunos expertos y personas de la localidad que sean amistosos. Ellos pueden brindar una invaluable retroalimentación analizando si los resultados tienen un sentido intuitivo. Si los resultados no tienen sentido para los revisores amistosos, se debe realizar un examen más profundo (ya sea corregir el análisis o develar las razones legítimas que expliquen esos resultados) antes de pasar a la revisión externa, donde los comentarios, sin duda alguna, serán más críticos.

9.2.2 Revisión externa

La revisión externa puede requerir de la participación de expertos, encargados de tomar las decisiones, responsables de poner en práctica las decisiones y numerosas partes interesadas en dependencia del proceso y sus objetivos (vea el *Capítulo 6: Análisis de los Objetivos Socioeconómicos* y *el Capítulo 10: Uso de Marxan en Procesos de Planificación de Múltiples Partes* Interesadas).

Uno de los propósitos claves de un proceso de revisión externa es una "verificación de la realidad". ¿Se puede realmente implementar la solución? ¿Cómo se compara el tamaño promedio de los agrupamientos con el tamaño promedio de las áreas protegidas de una red de reservas existente? ¿La distribución es realista? ¿Los resultados tienen "sentido"? El Recuadro 9.1 y la Figura 9.3 describen una interpretación de un análisis de Marxan que puede facilitar la revisión externa.

Los expertos suelen tener conocimiento sobre áreas específicas que no están representadas en los juegos de datos disponibles, y por tanto pueden hacer aportes valiosos en la revisión de la calidad de los resultados de Marxan. Sin embargo, los expertos también pueden tener sus propias opiniones subjetivas sobre los sitios: Si un experto recomienda un sitio que Marxan no seleccionó para que sea incluido en una red de reservas, trate de definir si la recomendación es el resultado de una preferencia personal o sesgo, una deficiencia de la información o un factor no incluido en el análisis de Marxan.

Los expertos por lo general tienen conocimiento cuantificable y no cuantificable (ej. "instintos", "presentimientos", intuiciones) con relación a una especie particular o taxón, que usualmente puede mejorar su protección. Sin embargo, se deben tener en cuenta las implicaciones de sus recomendaciones con respecto de la preservación de otros taxa importantes. Una configuración "ideal" para la preservación de una especie animal de gran movilidad puede parecer muy diferente de aquella para la preservación de una comunidad vegetal, por ejemplo.

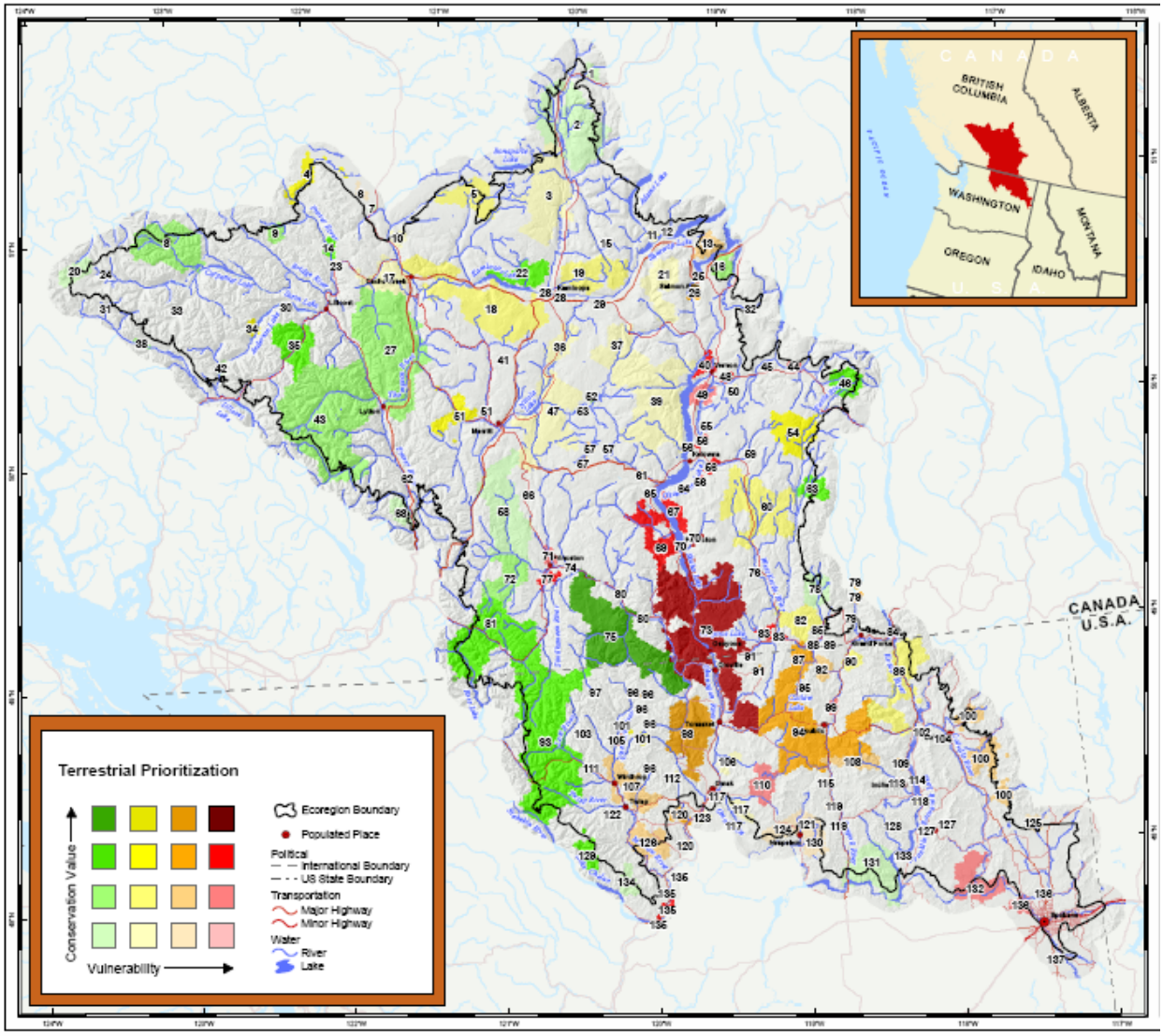
En una revisión externa, es importante no sólo mostrar una única mejor solución, sino presentar soluciones sumadas (frecuencia de selección) para cada escenario de Marxan. Una única solución no indica el grado de variabilidad entre las soluciones. Además de la solución sumada, puede ser una buena idea mostrar una selección de buenas soluciones únicas, para comunicar el alcance general del área necesaria para representar las metas en un escenario determinado. Cuando se muestran diferentes escenarios, informe los objetivos ecológicos que se abordarán y explique como son abordados por Marxan. Asimismo, es importante dedicar algún tiempo a explicar como funciona Marxan para evitar la percepción de que es un generador de soluciones tipo "caja negra".

Se debe estar preparado para defender las metas seleccionadas y los balances implementados para lograr el resultado de Marxan (vea el *Capítulo 4: Análisis de los Objetivos Ecológicos mediante el Establecimiento de Metas)*. Una de las mejores formas de lograr esto es realizando un análisis detallado (vea el *Capítulo 8: Cómo Asegurar un Análisis Robusto*) y la revisión interna; así como seguir la buena práctica de documentar los juegos de datos y las configuraciones de los parámetros de entrada utilizados en cada escenario, junto con la razón que justifica su uso. Se deben incluir referencias acerca de los enfoques utilizados en otros análisis similares. De ser posible, es conveniente que se haga una revisión de los aspectos novedosos del análisis por otros expertos en Marxan. Esto, en combinación con la revisión que realizan los expertos de los resultados, aumentará significativamente la posibilidad de que el análisis sea preciso y aceptado por aquellos que participan en los procesos más generales de planificación de la conservación.

Recuadro 9.1: Interpretación de los resultados y prioridades

El enfoque explicado en la *Sección 9.1.4: Salidas espaciales* se puede utilizar para establecer prioridades espaciales en la Solución de Marxan, como se hizo para la Evaluación Eco regional de Okanagan (Pryce et al, 2006) (Figura 9.3). Para este ejercicio se agruparon las unidades de planificación (hexágonos) sobre la base de acciones de conservación a implementar u objetos de conservación similares. Se asignó entonces un valor de conservación y un valor de vulnerabilidad a grupos de unidades de planificación sobre la base de la solución promedio sumada y el costo promedio respectivamente. Utilizando un gráfico de dispersión se les asignó un lugar a los sitios en la matriz que se muestra en la Figura 9.3. Esto se tradujo a un código de color que se puede mostrar espacialmente.

<u>Figura 9.3</u>: Priorización de los resultados del análisis de Marxan de la Valoración Eco regional de Okanagan utilizando medidas de valor de conservación y vulnerabilidad (Pryce et al, 2006).



10 Uso de Marxan en Procesos de Planificación de Múltiples Partes Interesadas

Rosaline Canessa,[1]* Laura Geselbracht,[2] Carissa J. Klein,[3] Susan E. Cameron[4]

[1]Universidad de Victoria [2]The Nature Conservancy [3]La Universidad de Queensland, Centro para el Análisis de las Decisiones Ambientales Aplicadas [4]Departamento de Ciencia y Política Ambiental, Universidad de California, Davis

*Correspondencia: E-mail: rcanessa@office.geog.uvic.ca

PRÓLOGO

En este capítulo se presentan buenas prácticas para la participación exitosa de las partes interesadas en un proceso de planificación de red de reservas, realizado con Marxan. En la Sección 10.2 se discuten los principios del proceso de planificación de múltiples partes interesadas incluido la definición de las partes, y cómo y cuándo atraerlos. En la Sección 10.3 se analiza la integración entre las partes y Marxan. En la Sección 10.4 se presenta un resumen y las conclusiones.

10.1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad es bien aceptada la idea de que la participación de las partes interesadas y la comunidad en la planificación de redes de reservas es fundamental para lograr un resultado exitoso. La clave para el diseño exitoso de redes de reservas y su implementación puede ser una mayor participación de las partes y un mejor uso de la información socio-económica, en lugar de un mayor conocimiento de los ecosistemas marinos (Morin 2001). La participación positiva de las partes genera orgullo en la comunidad y "sentido de propiedad" sobre la red de reservas, lo que incrementa su relevancia, apoyo y respeto (Kessler 2004, Wells and White 1995). En oposición a esto, la falta de participación o la participación no efectiva de las partes, donde se perciba que sus intereses están amenazados o no son alcanzados, puede conllevar a que la agenda sea desviada por un grupo vocal de las partes interesadas, a la desilusión y la oposición, lo que puede socavar, entorpecer o incluso detener el proceso (Helvey 2004b, Kessler 2004, Lien 1999, Wells y White 1995). Los pescadores marginados, por ejemplo, pueden conllevar a un mayor agotamiento de los recursos (Brown et al. 2001). El primer intento de implementar en 1999 la Ley para la Protección de la Vida Marina en California fue entorpecido por la crítica de las partes interesadas que protestaron contra una propuesta para crear una red de reservas a nivel de estado que se había desarrollado sin que ellos realizaran aportes significativos (California, Departamento de Pesca y Caza 2005)

La experiencia en la Islas Canal demuestra también las consecuencias de la participación no efectiva de las partes.

10.2 PARTICIPACIÓN DE LAS PARTES INTERESADAS EN EL PROCESO DE PLANIFICACIÓN

En esta sección se discuten las siguientes cuatro buenas prácticas:

1. Búsqueda de una amplia representación de las **partes interesadas**;
2. Confeccionar un plan de participación de las partes interesadas desde en **inicio**;
3. Utilizar un rango de **métodos** para la participación de las múltiples partes interesadas;
4. Lograr la participación de las partes interesadas que desempeñan un papel crucial una vez **definidos los objetivos** generales.

10.2.1 Búsqueda de una amplia representación de las partes interesadas

Las partes interesadas son cualquier persona que tenga interés en los recursos o áreas que se incluyen en un ejercicio de planificación, o sobre los que incida de alguna manera la creación de una red de reservas. Las partes interesadas pueden tener un interés económico, social, espiritual o una combinación de los mismos. Por ejemplo, los pescadores comerciales pueden tener un interés económico en los recursos que cosechan, pero su participación en la actividad pesquera puede tener también un componente cultural que define a sus comunidades. Algunos ejemplos de grupos interesados en cualquier acción de planificación de recursos incluyen:

- administradores y reguladores gubernamentales de los recursos;
- grupos de usuarios consumidores (ej., la pesca comercial o de recreación, extracción de gas y petróleo, extracción agregada, acuicultura);
- grupos de usuarios no-consumidores (ej., observadores de aves, fotógrafos, buzos, turistas;
- industrias que reciben un impacto potencial (ej., procesadoras, mayoristas, distribuidoras, operadores de servicios);
- residentes en el área o en zonas aledañas al sitio en cuestión;
- interesados en la conservación; y
- propietarios de tierras y arrendatarios en el área en cuestión.

Depende del equipo de planificación del proyecto decidir qué parte interesada incluir en el proceso. En el caso de procesos impulsados por el gobierno, recomendamos invitar a todas las posibles partes interesadas para que participen en el proceso de planificación. De otra manera, se corre el riesgo de que, más avanzado el proceso, las partes que no fueron invitadas entorpezcan o dilaten el progreso previsto alegando que fueron excluidos y se perdería tiempo tratándo de acelerar el proceso con ellos y comprometerlos con el mismo. En el caso de los procesos que no son conducidos por el gobierno, se puede invitar solamente a las partes interesadas con intereses similares para participar en sus acciones y buscar la participación más amplia de las partes sólo cuando

sea necesario para favorecer las metas generales. De alguna manera, las partes interesadas que participen van a reflejar las normas y expectativas culturales y pueden variar de un lugar a otro. La participación también puede depender del órgano que conduce el proceso y sus respectivas competencias.

10.2.2 Creación temprana de un plan de participación de las partes interesadas.

El tipo de participación de las partes interesadas en un proceso de planificación es un paso esencial y se debe analizar cuidadosamente desde el inicio del proceso de planificación. Sugerimos que los patrocinadores de los proyectos preparen un plan de participación que describa la función que se espera desempeñen las partes en el proceso de planificación y de qué manera participarán. Las partes necesitan estar bien informadas sobre qué incidencia tendrá su participación y los aportes al proceso de planificación. El plan de participación debe estar bien integrado con el proceso articulado general del plan, que describe: el objetivo específico de las acciones de planificación, quién lo definirá y cómo. Este proceso de planificación más amplio, así como del proceso de participación de las partes interesadas y las expectativas que se tienen del mismo, deben ser transparentes e informados a fondo. Los jefes de los proyectos deben analizar con inteligencia, múltiples estrategias y oportunidades de comunicación para garantizar que se comprendan con claridad todos los mensajes. No hay una receta para formular el compromiso de las partes interesadas. La transparencia, el compromiso, la inclusividad, la comunicación y la total comprensión del proceso y las expectativas por parte de las partes interesadas incrementarán las posibilidades de que participen de manera productiva en el proceso de planificación, y por consiguiente, aumentará la posibilidad de éxito del proyecto.

Niveles de participación. En los procesos participativos en general, la toma de decisiones tiene lugar mediante una participación contínua (Arnstein 1969). Los planificadores y las partes interesadas deben estar claros y de acuerdo con relación al nivel de participación de las partes interesadas. Los cuatro niveles de toma de decisiones participativas se han caracterizado de la siguiente manera por NOAA (NOAA Centro de Servicios Costeros 2000):

- **Nivel I** – Este nivel de toma de decisiones participativa se realiza únicamente por la autoridad/agencia de administración, y las partes interesadas conocen de la decisión sólo después de haberse tomado. Este nivel incluye vías para suministrar la información como cartas, presentaciones en reuniones, actualizaciones a los medios de difusión mediante conferencias de prensa, divulgación mediante pósters y anuncios por radio.
- **Nivel II** – Este nivel de toma de decisiones participativa se realiza por la autoridad/agencia de administración después de recibir los aportes de las partes interesadas. Este nivel incluye actividades de consulta como encuentros públicos, talleres, o grupos de trabajo. Esas actividades de consulta suelen ser utilizadas de

conjunto con las actividades para ofrecer la información que describieron anteriormente.

- **Nivel III –** Este nivel de toma de decisiones participativa incluye debates sostenidos por las partes acerca del curso de una acción. Sin embargo, a este nivel, las partes interesadas no pueden actuar hasta recibir la aprobación de la agencia administradora. Aquí, se inicia el proceso con actividades para suministrar la información, seguido de actividades de colaboración como comités de asesorías o equipos conjuntos de planificación.
- **Nivel IV –** Este nivel de toma de decisiones participativa se aplica a situaciones donde las partes interesadas cuentan con la autoridad para tomar decisiones e implementar planes de acción sin esperar por una aprobación definitiva de agencia administradora alguna.

10.2.3 Utilizar un rango de métodos de participación de múltiples partes interesadas

Dependiendo del grado de participación, los medios para la participación de las partes interesadas incluyen cartas, sitios web, encuestas y cuestionarios, foros abiertos, grupos de enfoque, talleres para elaborar mapas, reuniones con todas las partes, reuniones individuales con partes interesadas, reuniones sectoriales, viajes de estudio, membresías en comités de asesoría o participación directa en la mesa de planificación. Uno o cualquier combinación de esos elementos se puede tomar para solicitar información sobre el proceso de planificación, los objetivos específicos, los resultados deseados, las iteraciones del escenario, etc. Se recomienda que los métodos para lograr la participación de múltiples partes interesadas se utilicen en todo el proceso a fin de garantizar que lleguen a un público amplio. Dicho esto, mucha consulta pública sin evidenciar avances palpables puede generar sentimientos de frustración y agotamiento en las partes interesadas.

10.2.4 Lograr la participación temprana de las partes interesadas cruciales, una vez definidos los objetivos generales del proceso.

Decidir cuándo involucrar a determinada parte interesada en el proceso de planificación dependerá en parte del nivel de participación esperado, como se resalta en la *Sección 10.2.2: Creación temprana de un plan de participación de las partes interesadas*.; es posible que un mayor compromiso requiera una participación más temprana. La realización exitosa de este análisis puede ser un arte más que una ciencia. Incluir a las partes interesadas en etapas muy tempranas del proceso, antes de que los líderes del proyecto se familiaricen totalmente con lo que quieren lograr, puede resultar una manera ineficiente de emplear el tiempo, confuso para las partes y frustrante para los líderes del proyecto. Incluirlos cuando el proceso esté muy avanzado, o no incluirlos, puede provocar que las partes piensen que se han tomado todas las decisiones importantes y que su participación no tiene trascendencia y representa una pérdida de tiempo. En la Ley para la Protección de la Vida Marina de California, después de uno a dos años de planificación por los

científicos, se programaron encuentros con diversas comunidades, las que fueron avisadas con una semana de antelación. Hasta que se anunció la reunión, las partes desconocían del proceso de planificación, y de su necesidad. Este hecho devino en una enorme protesta y se tuvo que cancelar el proceso. Se necesitaron seis años para recuperar la credibilidad por parte de los miembros de la comunidad.

En otro ejemplo, The Nature Conservancy desarrolló una evaluación de la planificación de la conservación a nivel regional en el Noroeste del Pacífico. En ella, las tribus costeras del estado de Washington constituían partes interesadas de crucial importancia. Si bien muchas de las tribus costeras participaron en la revisión de los escenarios de Marxan, ellos consideran que llegaron tarde al proceso de planificación. Es muy importante lograr que grupos claves como las tribus participen lo antes posible para generar la confianza, y se debe ser transparente con relación a la información que se compila en forma de unidades de evaluación utilizadas por Marxan. Los procesos de planificación exitosos han contado con la participación de las partes interesadas durante la creación de la base de datos que caracteriza los elementos de uso ecológicos y humanos de una región. En aras de ser transparentes, los momentos críticos incluyen la selección de los objetos ecológicos y biológicos que conforman al ecosistema, la generación del costo del índice de idoneidad y la presentación de escenarios preliminares para que se compartan y se discutan. Cada situación de planificación va ser única y se debe analizar cuidadosamente qué partes interesadas tomarán parte. Las partes pueden incluso ser consultadas para valorar cuando es el momento adecuado para que participen.

Por otra parte, otros proyectos anteriores han utilizado, con buenos resultados, campañas en los medios de difusión antes de comprometer a las partes interesadas como una herramienta efectiva para establecer el ambiente para las reuniones con dichas partes.

Recuadro 10.1: Cómo comprometer a las partes interesadas en un análisis realizado con Marxan

A pesar de la efectividad de Marxan para diseñar redes óptimas de reservas, el software no puede tomar el lugar de los procesos de planificación conducidos por las partes interesadas. Un proceso conducido por las partes interesadas es importante para definir objetivos específicos tanto de conservación de la biodiversidad como socioeconómicos, abordando cualquier objetivo que no esté incorporado en el software y apoyando el resultado final. Una vez que se tienen claros los objetivos, se puede ejecutar Marxan para ayudar a las partes interesadas a diseñar reservas marinas. Aquí describimos dos estudios de caso que demuestran formas de incluir tanto a las partes como a un análisis con Marxan en la planificación de redes de reservas marinas. Además, describimos un software que se está desarrollando para facilitar la interacción de las partes en un proceso de diseño de área protegida que utiliza Marxan.

Santuario Marino Nacional de las Islas Canal

Una red de diez reservas marinas totalmente protegidas y dos áreas de conservación marina que permiten la actividad pesquera limitada se establecieron en los alrededores de las Islas Canal al norte de California en abril de 2003. La red de áreas marinas protegidas fue el resultado de un extenso proceso de planificación que incluyó la participación de agencias federales, científicos y partes interesadas. Una versión anterior de la herramienta de planificación Marxan se utilizó por el panel científico de asesoría para identificar una serie de sitios potenciales donde establecer áreas marinas protegidas. Las partes interesadas utilizaron una combinación de lineamientos ecológicos para el diseño de las áreas marinas protegidas desarrollados por el panel científico de asesoría, las opciones generadas mediante un análisis con Marxan y sus propios conocimientos para trabajar con un conjunto de redes alternativas de áreas marinas protegidas. Las partes interesadas emplearon una herramienta de planificación computarizada, conocida como Herramienta de Análisis y Apoyo Espacial para las Islas Canal (o CI-SSAT), para ver la información y valorar las posibles áreas marinas protegidas.

Los objetos de conservación se definieron sobre la base de objetivos generales para las áreas marinas protegidas, desarrolladas por las partes interesadas. Esos objetivos incluyeron la protección del hábitat y especies marinas, el uso de las áreas marinas protegidas para contribuir a la pesca sostenible, y máximizar los beneficios a largo plazo al tiempo que limitar los impactos a corto plazo. Las partes interesadas y el equipo de asesoría científica identificaron más de 100 especies de interés.

Se consideró que el costo de cada unidad de planificación fuera equivalente a su área. Aunque los planificadores recopilaron información sobre la actividad pesquera recreacional y comercial y sobre otras actividades en la región de planificación, el uso de esa información se restringió por problemas de propiedad. Además, las partes interesadas prefirieron revisar los resultados de Marxan sin la complejidad adicional de los costos económicos. Las partes interesadas en el proceso quisieron valorar las soluciones sobre la base de lineamientos ecológicos separándolos de los costos económicos potenciales.

Al generar una serie de soluciones, Marxan ofreció la flexibilidad necesaria para abordar las preocupaciones sobre las políticas dentro del marco de un proceso analítico repetitivo y estricto. Dado el rango de soluciones, las partes interesadas pudieron identificar alternativas para el establecimiento de áreas protegidas en locaciones de mucho uso. El mapa de frecuencia de selección resultó de particular utilidad para avanzar en los debates sobre dónde establecer las áreas marinas protegidas.

Finalmente, las partes interesadas no pudieron llegar a un consenso sobre una única alternativa preferida, de modo que el personal de la agencia federal debió lograr un compromiso entre las dos redes alternativas de áreas marinas protegidas que recibieron el mayor apoyo de las partes interesadas.

Grupos conservacionistas locales en el sur del Estrecho de Georgia

En la preparación de un proceso de consulta relacionado con Áreas Nacionales de Conservación Marina propuestas en el sur del Estrecho de Georgia, Columbia Británica en Canadá, los grupos locales de conservación están interesados en desarrollar una visión de zonación basada en la conservación utilizando Marxan, una herramienta que la agencia de Parques Nacionales de Canadá (Parks Canada) también utiliza, como parte de un proceso sistemático de planificación. Trabajando con los investigadores del Departamento de Geografía de la Universidad de Victoria, Canadá, las partes interesadas en la conservación se reunieron para una serie de talleres en aras de identificar sus metas generales, definir sus objetivos específicos con las metas, costos y penalidades, además de explorar diversos escenarios de zonación. Mientras las partes realizaban las especificaciones los investigadores desarrollaban el análisis. Los datos y los resultados se mostraron en pantalla durante los talleres, permitiendo que los usuarios navegaran a través de los resultados.

La zonación se realizó de una manera inteligente comenzando con la zona de mayor protección siendo esta considerada la prioridad mayor. Después de describir el propósito de la zona, las partes interesadas seleccionaron las capas de SIG pertinentes. Buscando en las capas las partes valoraron la confiabilidad de la información. Las partes interesadas identificaron metas de manera colectiva para cada capa y el costo de la unidad de planificación asociado con los objetos deseados (ej. adyacencia con parques terrestres) o no deseados (adyacencia con áreas industriales). Las partes aprendieron que dada la distribución de la información, sus metas ideales seleccionaron cerca del 90% del área de estudio como la zona de mayor protección. Este no resultó ser un escenario realista. Se analizaron y revisaron los niveles de metas y los costos para crear escenarios diferentes.

El uso de Marxan de forma cooperada permite que las partes interesadas comprendan el análisis que desarrolla Parks Canada, y así podrán contribuir con mayor efectividad al proceso de consulta. Aprendieron en particular sobre las implicaciones de la distribución espacial de la información con relación al establecimiento de metas y a las limitaciones de la calidad de la información. Asimismo, al analizar con Marxan los escenarios potenciales, las partes logran comprender mejor lo relacionado con el alcance de las posibilidades y las implicaciones de sus metas generales sobre otros usuarios.

10.3 CÓMO COMPROMETER A LAS PARTES INTERESADAS CON MARXAN

Presentación de Marxan según el grado de participación

Cómo traducir las metas generales y valores de las partes interesadas en objetivos específicos y parámetros de Marxan.

Generar sistemáticamente escenarios alternativos.

Incorporar la comunicación en la planificación *inicial*

Orientar los resultados y la interpretación para las diferentes audiencias.

Comprender la diferencia entre la "mejor" solución y frecuencia de selección

Explicar el significado de los mapas

Garantizar que los estilos cartográficos no generen confusión en el lector

Seleccionar comunicadores que comprendan los aspectos técnicos y la perspectiva de la audiencia

Se puede consultar a las partes interesadas, como miembros del público general, al ofrecer aportes generales y retroalimentación en un análisis con Marxan. En este caso, los científicos y analistas espaciales emplean Marxan para generar y analizar escenarios sobre la base de los aportes de las partes interesadas, la información científica y las directrices políticas[12]. Este es el enfoque tradicional en el cual Marxan ha permanecido fundamentalmente en el dominio de los científicos y analistas técnicos, mientras que las partes interesadas tienen una participación mayoritariamente indirecta en Marxan. Sin embargo, cuando las partes tiene mayor participación o desean una mayor participación en un proceso de planificación, dígase miembros representativos de un grupo de trabajo o asesoría, suelen mostrarse inconformes si el proceso de delimitación de una red de reservas marinas se delega a un grupo de científicos, personal de una agencia o a una herramienta de apoyo en la toma de decisiones. Por ejemplo, una red de grupos conservacionistas en el sur de la Columbia Británica, Canadá, ha desempeñado un papel activo utilizando Marxan para ofrecer una visión de una red de reservas a fin de realizar aportes más sólidos al proceso de planificación.

10.3.1 Presentación de Marxan según el grado de participación

El grado de participación de las partes interesadas con Marxan (vea la *Sección 10.2.2: Creación temprana de un plan de participación de las partes interesadas*.) determina cuándo y hasta qué punto se debe presentar Marxan a las partes. Si bien Marxan, como cualquier otra herramienta de apoyo en la toma de decisiones, puede ser una herramienta clave en el enfoque de la planificación, no debe conducir al proceso de planificación sino facilitarlo cuando sea pertinente. Por tanto, suele ser una buena práctica no presentar

[12] Para ejemplos de cómo traducir las políticas en análisis espaciales para AMP vea (Bruce & Eliot 2006; Chan et al. 2006).

Marxan en los encuentros iniciales de las partes interesadas, que por el contrario, deben centrarse en los objetivos fundamentales del diseño de la red de reservas. A partir de esos debates puede surgir la idea de que Marxan es una herramienta apropiada para responder a las interrogantes y generar ideas para cumplir con los objetivos generales. De modo alternativo, otras herramientas pueden resultar más apropiadas para el trabajo o se pueden utilizar de conjunto con Marxan.

En algunos casos, cuando las partes tienen una participación indirecta con Marxan, puede no ser necesario mencionar la herramienta o describir sus aspectos específicos. En otros casos, particularmente cuando las partes interesadas tienen una participación más directa en el análisis o en la evaluación de los resultados, se debe comprender claramente cómo funciona Marxan. Un análisis transparente y fácil de comprender reviste particular importancia para generar la aceptación y confianza de las partes interesadas. Los enfoques para introducir a Marxan incluyen:

- explicar los principios y cálculos fundamentales de Marxan,[13] por ejemplo, muchos interesados se sienten motivados cuando ven que uno de los objetivos específicos claves puede ser minimizar la incidencia de la red de reservas sobre las actividades económicas;
- aclarar el vocabulario de Marxan que puede tener diferentes significados para diferentes partes interesadas;
- demostrar ejemplos en los que se ha usado Marxan;
- invitar a partes interesadas de otro proceso de planificación de red de reservas para ofrecer su perspectiva; y
- utilizar Marxan para ofrecer algunas respuestas iniciales a ciertas interrogantes básicas del tipo "que pasa si", formuladas por el grupo interesado.

Por ejemplo, se utilizó Marxan para explorar una visión basada en la conservación para el sur del Estrecho de Georgia, Columbia Británica (vea el Recuadro 10.1). Los participantes recibieron información general sobre Marxan con ejemplos de su uso en otros lugares y los resultados que puede generar. Seguidamente se desarrollaron sesiones más detalladas de orientación sobre el uso de Marxan en pequeños grupos analizando las metas, los requerimientos de costo e información.

La intención que se persigue presentando y explicando el uso de Marxan a las partes interesadas no es sobrevender o vender a a bajo precio la herramienta, sino reconocer sus ventajas y desventajas, es decir, qué puede y qué no puede hacer. Cuando las partes tienen una participación directa en un proceso de planificación, se puede presentar Marxan por pasos, incrementando el nivel de detalles a medida que avanza el proceso. Por ejemplo, para presentar Marxan a una red de grupos para la conservación marina de

[13] Se pueden encontrar materiales introductorios en los capítulos anteriores de esta guía, el manual de Marxan, el sitio web de Marxan y el sitio web de CLUZ.

la Columbia Británica, se realizó una breve presentación general sobre Marxan, seguido de una presentación más detallada a los grupos conservacionistas por separado, resaltando conceptos fundamentales como las unidades de planificación, las metas y costos, con diferentes ejemplos referentes al uso Marxan en otros proyectos. Los individuos que habían participado directamente en el proceso de planificación se sintieron lo suficientemente cómodos para comenzar el proceso de planificación. A medida que procedió el proceso, se incrementó la complejidad de las explicaciones mediante debates informales y la exploración de escenarios. Después de haberse generado diferentes escenarios y haber debatido sobre ellos, el grupo retrocedió un paso y abordó la interrogante: ¿Qué nos indican los escenarios de Marxan? ¿Qué otras interrogantes tenemos que Marxan no puede contestar fácilmente?

En el transcurso de esta sección se ofrecen buenas prácticas para atraer la participación de las partes interesadas, tanto directa como indirectamente, en tres etapas del uso de Marxan para el diseño de red de reservas:

1. Al definir los objetivos específicos de Marxan;
2. Al generar y explorar los escenarios; y
3. Al evaluar y ofrecer retroalimentación en los resultados de Marxan.

10.3.2 Cómo traducir las metas generales y valores de las partes interesadas en objetivos específicos y parámetros de Marxan

Antes de iniciar cualquier análisis es importante tener una visión clara de las metas generales del proceso y de la red de reserva y los objetivos específicos para cumplir esas metas que se expresan como un objetivo específico de Marxan.

Marxan se basa en un algoritmo de reducción de costos definido por varios parámetros como las metas y los costos asociados con capas de objetos. En la práctica actual los científicos y expertos han definido típicamente los parámetros de los objetivos específicos de Marxan. Una encuesta recién realizada a 77 usuarios de Marxan de varios lugares del mundo arrojó que el 97% de los objetivos del proyecto fueron trazados por los científicos/expertos. Sin embargo, las partes interesadas participaron en el diseño de los objetivos en un 39% de los proyectos (vea el Apéndice 1: Resultados de una Encuesta Realizada a Usuarios de Marxan) y este por ciento puede incrementarse a medida que las partes logran una participación más directa en el proceso de planificación. Es mejor delegar el análisis de algunos parámetros del algoritmo como el BLM, la forma de la unidad de planificación y el tamaño de la unidad de planificación a los analistas. Las partes interesadas pueden definir otros como las correspondientes capas de objetos, las metas y otros parámetros de localización que pueden incidir en los valores de costos y los factores de penalidad.

Expresar sus intereses y valores en un algoritmo puede constituir un reto para los no expertos. Primeramente, loes interesados deben definir muy claramente sus metas generales para la red de reservas y luego estos deben articularse matemáticamente en un algoritmo (Leslie et al. 2003). No se debe subestimar el tiempo necesario para definir las

metas generales ya sean metas generales de conservación, socio-económicas o reguladores ya que son la base del análisis. El adentrarse directamente en los detalles de Marxan antes de una preparación adecuada puede conllevar a caminos errados y sin salida. En las Islas Canal, el grupo de trabajo de múltiples partes interesadas dedicó un año al análisis de las condiciones del ecosistema marino y las metas para las reservas marinas antes de analizar los resultados de SPEXAN obtenidos por el panel de asesoría científica (vea el Recuadro 10.1) (Airame 2005). Asimismo, en el Estrecho Sur de Georgia, los grupos conservacionistas dedicaron la mayor parte de los dos primeros talleres a discutir sus metas generales para la región en general y para zonas específicas. Al examinar las políticas (Bruce and Eliot 2006; Chan et al. 2006), se pueden combinar los intereses de las partes y el conocimiento científico para especificar los objetivos.

Las preguntas dirigidas a las partes interesadas deben formularse en un lenguaje familiar, tal como:

- ¿Cómo quisiera que fuera la red de reservas dentro de 20 años?
- ¿Qué objetos de conservación usted considera importantes?
- ¿Qué hábitat y objetos considera más importantes para proteger?
- ¿Qué actividades socioeconómicas son importantes en la comunidad?
- ¿Cómo se deben incorporar en el nuevo diseño las áreas marinas protegidas que existen?
- ¿Qué factores terrestres y costeros son importantes para localizar las reservas marinas?

10.3.3 Generar sistemáticamente escenarios alternativos

Al ejecutar Marxan, existe el riesgo de que las personas piensen que Marxan va a generar la solución definitiva. Esto puede crear una visión estrecha de los posibles resultados y una respuesta de confrontación de las partes interesadas. Presentar y valorar las diferentes soluciones alternativas no como el punto final sino como un punto de partida para analizar el espacio de decisión va a ofrecer un medio de compromiso, estimulará la discusión más creativa y constructiva y va a lograr que se comprenda que posiblemente más de una solución cumplirá un conjunto de propósitos (Airame 2005). Los escenarios alternativos ayudan a las partes interesadas a comprender los balances y todo el rango de posibilidades. La flexibilidad de generar múltiples soluciones resultó ser el aspecto positivo más remarcado de Marxan (62% de los usuarios encuestados - vea el (vea el Apéndice 1: Resultados de una Encuesta Realizada a Usuarios de Marxan)).

Explorando el uso de SPEXAN (un precursor de Marxan) para identificar una red de reservas marinas en el Santuario Marino Nacional de los Cayos de la Florida se demostró la importancia de generar escenarios alternativos. Se concluyó que generar escenarios con diferentes metas generales de conservación puede proporcionar a las partes una idea visual de cómo sus metas se representan en un diseño espacial de red, cómo inciden las diferentes metas en el diseño potencial de la red y además qué áreas

mostraron un comportamiento consistente y por tanto, fueron de especial importancia por su aporte a un sistema de reservas marinas sostenible desde el punto de vista ecológico y social (Leslie et al. 2003). Al diseñar una red de reservas en el Santuario Marino Nacional de Islas Canal, un grupo de trabajo de partes interesadas trabajó con científicos utilizando SPEXAN para desarrollar y explorar más de 40 diseños de redes diferentes durante el proceso de planificación (Airame 2005). Con cada alternativa, las partes pudieron valorar la sensibilidad de los resultados ante los diferentes tipos de datos, esquemas de clasificación y metas generales. El rango de soluciones generadas posibilitó la identificación de alternativas constructivas en áreas de grandes conflictos entre las partes interesadas. En la planificación para el Parque Marino Gran Barrera de Coral se utilizó Marxan para generar una "solución" inicial. Luego se invitó al público a que hiciera sus comentarios.

Una de las limitaciones del uso de Marxan en procesos de planificación de múltiples partes interesadas es el tiempo que se requiere para generar diferentes escenarios en dependencia de la cantidad de capas de información, unidades de planificación etc. En la nueva versión optimizada de Marxan, los usuarios ahora pueden generar soluciones en tiempo real/de modo interactivo. Se puede lograr además un mayor grado de interacción y exploración del espacio de decisión y las posibles soluciones al contar con la información y los SIG para visualizar e interrogar los datos, de modo que las partes puedan ver diferentes capas, adicionar o eliminar datos, , explorar y cuestionar las soluciones generadas por Marxan. En los ejemplos de las Islas Canal y el Estrecho Sur de Georgia (vea el Recuadro 10.1) se utilizó un SIG y se proyectaron los mapas sobre una pantalla de modo que las partes interesadas pudieran explorar directamente los datos y formular preguntas sobre los escenarios generados por Marxan. Otra opción es presentar la información disponible en un sitio web público como www.marinemap.org. Sin embargo, se necesitará una *interfase de usuario*, para que los usuarios puedan delinear una red de reservas y evaluar los impactos biofísicos y socioeconómicos.

Si bien es importante generar soluciones alternativas, generar soluciones significativamente diferentes, que carezcan de una buena explicación, puede provocar que se pierda credibilidad por las partes interesadas, que pueden percibir que las soluciones son generadas por casualidad o sin patrones percibidos que conlleven a soluciones más confiables. Un amplio rango de soluciones puede, de hecho, sugerir que no se le introdujeron suficientes limitaciones al algoritmo, y de ser el caso, puede ser útil adicionar costos más detallados (vea el *Capítulo 6: Análisis de los Objetivos Socioeconómicos*).

10.3.4 Cómo incorporar la comunicación en la planificación inicial

Un elemento importante al generar escenarios es comprender los resultados e interpretarlos para ofrecer retroalimentación a fin de guiar la creación de nuevos y diferentes escenarios. Ello requiere una estrategia clara de comunicación entre los

analistas, los encargados de la toma de decisiones y las partes interesadas como se ha explicado en esta sección.

Una encuesta reciente realizada a 77 usuarios de Marxan en todo el mundo reveló que en el 57% de los proyectos los resultados se comunicaron a las partes interesadas y el 28% se comunicó al público general (vea el Apéndice 1: Resultados de una Encuesta Realizada a Usuarios de Marxan). Como se explicó en la Introducción de este capítulo, el éxito o fracaso de un proceso de diseño de red de reservas con frecuencia radica en el apoyo y la confianza de las partes interesadas. Conocer el proceso incluido el análisis sobre el que se basan las decisiones es esencial para establecer la confianza y obtener apoyo. Si se percibe que las decisiones son subjetivas, ad hoc o están dentro de una caja negra, entonces la confianza puede verse comprometida. Las partes también necesitan comprender sus propios riegos o intereses personales así como el impacto positivo y negativo, que tendrá una red de reserva propuesta sobre ese interés, en espacial para aquellos que pueden perder el derecho a utilizar ciertos recursos o a acceder a un área.

En esta sección se ofrecen buenas prácticas para develar el misterio de Marxan, y particularmente los resultados, mediante la comunicación efectiva, de modo que las partes interesadas se sientan satisfechas con su comprensión y puedan realizar aportes al proceso. Para esto, es importante tener presente el hecho de que Marxan es sólo un componente, y quizás el menor, del todo el proceso.

La comunicación suele ser comunmente algo en lo que se piensa al final del proceso de planificación y puede incluir la presentación de un mapa con líneas trazadas con escasa explicación. Las partes consultadas pueden quedar sorprendidas. Es necesario que la comunicación sea parte de la planificación inicial y un componente de todo el plan para comprometer a las partes interesadas en el proceso. La buena comunicación de Marxan no difiere de otras buenas prácticas de comunicación y se puede encontrar abundante literatura sobre este tema. Sería ideal contar con la participación de un especialista en comunicación social.

10.3.5 Orientar los resultados y la interpretación para las diferentes audiencias.

Si bien todas las parte interesadas necesitan tener una comprensión común de los resultados de Marxan, las partes interesadas fundamentalmente se centrarán más en aquellos resultados que guarden relación con sus propios intereses. Por tanto, la comunicación debe orientarse a cada audiencia. Los resultados deben ajustarse a los costos y valores propios de las partes. Por consiguiente, es necesario en primer lugar comprender los valores de las partes interesadas, cómo van a medir los costos y beneficios de una red de reservas y cómo utilizarán la información que reciben. Por ejemplo, los pescadores deben saber si se restringe el acceso a la pesca en áreas particulares y qué incidencia puede esto tener en los empleos y la definición cultural de las comunidades pesqueras. Si se utiliza con creatividad, Marxan puede también ayudar a identificar alguna compensación ante la pérdida del acceso a la actividad pesquera. Los pescadores necesitarán conocer también por anticipado los beneficios a largo plazo

de las reservas marinas en la recuperación y los efectos indirectos potenciales. Pueden desear conocer cuándo las reservas marinas se relacionan con las áreas de cría. Los resultados y la interpretación de esos resultados se deben presentar y explicar en un lenguaje que el público comprenda, en lugar de hacer que el público traduzca esos resultados y adicione una nueva capa de interpretación o posiblemente de mala interpretación. Finalmente, es también importante escuchar la retroalimentación de los usuarios que pueden sugerir insuficiencias o errores en la información utilizada y dar garantía a la revisión.

10.3.6 Comprender la diferencia entre la "mejor" solución y frecuencia de selección

La encuesta a usuarios de Marxan reveló que la frecuencia de selección y la mejor solución en general fueron los resultados más usados (83% y 77% respectivamente) ((vea el Apéndice 1: Resultados de una Encuesta Realizada a Usuarios de Marxan)). Suele haber mucha confusión con respecto de las implicaciones de la diferencia entre las dos soluciones, a la hora de interpretar los resultados. Es necesario ser cauteloso al comparar la "mejor" solución con la frecuencia de selección ya que ambos resultados tienen un significado diferente. Esto se explica en el *Capítulo 9: Interpretación y Comunicación de los Resultados* y más adelante se ofrece también un breve resumen.

El término "mejor" solución puede conllevar a confusión. De hecho, es la solución más eficiente de todas las generadas a partir de un conjunto de ejecuciones. La más eficiente se define como la de menor costo. Por tanto, es importante comprender el costo medido por la menor área u otra métrica. Otro conjunto de corridas o ejecuciones puede generar una "mejor" solución diferente. En la mayoría de los casos, la "mejor solución" no difiere significativamente desde el punto de vista estadístico, o sólo difiere un poco del resto de las soluciones de menor costo en una corrida. La 2da o 6ta mejor solución, por ejemplo, puede ser realmente más factible o más apropiada en el mundo real.

La frecuencia de selección indica las veces o la frecuencia con que se selecciona cada unidad de planificación en todas las soluciones para un grupo de ejecuciones. Es una forma de analizar cuán útiles resultan las unidades de planificación para lograr soluciones eficientes.

¿Qué resultado es más útil? Como se indicó en la encuesta a los usuarios ((vea el Apéndice 1: Resultados de una Encuesta Realizada a Usuarios de Marxan) ambos son importantes. Al utilizar SPEXAN para diseñar una red de redes de reservas en el Santuario Marino Nacional de Islas Canal, se evidenció que la frecuencia de selección constituyó uno de los resultados más útiles para el progreso de las discusiones. Los agrupamientos de unidades de planificación seleccionadas en un gran número de soluciones fueron identificados como "puntos calientes" (hot spots) de la biodiversidad (Airame 2005). Los comentarios expuestos por los usuarios que respondieron a la encuesta sugieren que prefieren utilizar de conjunto la frecuencia de selección y el mejor resultado general para complementar a uno con el otro.

10.3.7 Explicar el significado de los mapas

Marxan puede ser una herramienta poderosa y sus resultados en mapas ser muy atractivos visualmente, sin embargo, las partes interesadas finalmente preguntarán "¿Qué significa el mapa?" Para dar respuesta a esta interrogante, los analistas y aquellos que comunican los resultados a las partes deben comprenderlos a cabalidad (vea *Capítulo 9: Interpretación y Comunicación de los Resultados*). Esto incluye comprender las fortalezas y debilidades de los supuestos, los datos disponibles, la sensibilidad de los resultados ante las variaciones en los datos, las metas, los costos y las penalidades en el análisis de diferentes escenarios. Requiere, además, de la habilidad de no perderse en los detalles, sino por el contrario, concentrarse en los factores claves que inciden en los resultados. Los resultados rigurosos y bien argumentados son más valiosos que "aquellas informaciones no confirmadas que se emiten para ver la reaccción del público", las que pueden generar más daño que beneficio. Los resultados se deben exponer de modo que se entiendan y den un sentido visual a expertos y miembros de la comunidad por igual.

Las partes interesadas querrán saber como inciden sus resultados en sus propios intereses y compararlos con las afectaciones experimentadas por otras partes o regiones. ¿Se lograron las metas? ¿En qué parte de la región existe una meta específica? ¿Por qué se seleccionan ciertas áreas? ¿Qué nos lleva al resultado? Esas fueron interrogantes comunes formuladas por un grupo de conservacionistas comprometido en un proceso de planificación del Sur de la Columbia Británica. Esperaban que se representaran en los resultados sitios especiales o únicos que reflejaran el conocimiento local. Sin embargo, la representatividad fue la que condujo al análisis y sus metas. Por tanto, resultó importante explicar cómo se interrelacionan los componentes de las metas y que, en un sistema de reservas, el valor del sitio depende de los demás componentes del sistema.

Las tablas que muestran los mapas y los relacionan con los resultados representados en los mapas pueden ayudar a responder las preguntas anteriores y a explicar los resultados. Llevar los resultados de Marxan a mapas de resultados mediante un SIG es relativamente sencillo, y una de las maneras de interpretar la información a profundidad es resaltar determinadas filas en la tabla de atributos. Herramientas como CLUZ y PANDA pueden ayudar a responder estas preguntas al instante y pueden vincular las tablas a las unidades de planificación para determinar qué objetos se encuentran en una unidad de planificación dada. Asimismo, CLUZ puede ayudar a determinar si las áreas se seleccionan por la presencia de un objeto en particular o por metas de representación más generales.

10.3.8 Garantizar que los estilos cartográficos no generen confusión en el lector

Cuando se comunica con una audiencia amplia empleando mapas, se debe ser conciente de que se puede perder el control del proceso de comunicación. En otras palabras, los mapas hablan por sí solos. Mucho se puede interpretar y malinterpretar de los colores, los símbolos y otras características cartográficas de los mapas. Por ejemplo, las líneas

sólidas en un mapa pueden invocar "líneas dibujadas en la arena". Mientras que líneas punteadas o fronteras descoloridas pueden representar áreas abiertas al debate. Los observadores quizás no se detengan a leer una leyenda o los detalles sutiles sino que tendrán una impresión inmediata de los patrones espaciales, los colores y títulos, centrándose por lo general, en la sección del área de estudio que sea más familiar para ellos y sus intereses.

Para reducir el riesgo de que los mapas generen confusión o sean malinterpretados distribuya los mapas a un grupo de trabajo o a representantes de diferentes grupos de partes interesadas para retroalimentación o para anticipar la reacción. En el *Capítulo 9*: *Interpretación y Comunicación de* los *Resultados* también se discute sobre la Cartografía.

10.3.9 Seleccionar comunicadores que comprendan los aspectos técnicos y la perspectiva de la audiencia

El debate hasta el momento se ha centrado en qué comunicar. Igual importancia reviste quién comunica. En muchos casos, los científicos o personal gubernamental se han responsabilizado por la comunicación con las partes interesadas. Sin embargo, no necesariamente son los más adecuados. La persona apropiada para comunicar a las partes es alguien que:

- tenga buenas relaciones (ej. de confianza) con un grupo de partes interesadas;
- comprenda sus valores e intereses y esté dispuesto a escuchar;
- pueda explicar los resultados en una terminología no técnica; y
- no sea confrontacional o defensivo con respecto de los escenarios.

La mayoría de las veces esto requiere un equipo de comunicación compuesto de miembros del grupo meta y que incluya a científicos, analistas y políticos. Si bien es posible que el analista de Marxan sea parte del equipo, se debe anticipar que él/ella puede ser sensible ante ciertos criticismos, y que otro miembro puede resultar más adecuado para comunicarse directamente con el grupo más extenso de partes interesadas.

10.4 RESUMEN DE LAS BUENAS PRÁCTICAS

- Búsqueda de una amplia representación de las partes interesadas.
- Creación temprana de un plan de participación de las partes interesadas.
- Utilizar un rango de métodos de participación de múltiples partes interesadas .
- Presentación de Marxan según el grado de participación.
- Cómo traducir las metas generales y valores de las partes interesadas en objetivos específicos y parámetros de Marxan.
- Generar sistemáticamente escenarios alternativos.
- Incorporar la comunicación en la planificación inicial.

- Orientar los resultados y la interpretación para las diferentes audiencias.
- Comprender la diferencia entre la "mejor" solución y frecuencia de selección.
- Explicar el significado de los mapas.
- Garantizar que los estilos cartográficos no generen confusión en el lector.
- Escoger comunicadores que comprendan los aspectos técnicos y las perspectivas de la audiencia objetivo.

[Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente]

Apéndice 1: Resultados de una Encuesta Realizada a Usuarios de Marxan

Natalie C. Ban

PRÓLOGO

Durante el otoño e invierno de 2006, se desarrolló una encuesta electrónica para identificar como se había utilizado Marxan hasta la fecha, y para identificar los temas y necesidades de los usuarios. Los resultados de esa encuesta ayudaron a concebir el taller de expertos de PacMARA celebrado del 2-5 de abril, 2007 en Vancouver, BC, Canadá y por consiguiente a la redacción de esta guía para las buenas Prácticas de Marxan

A1-1 MÉTODOS

Se utilizó una encuesta online para recopilar información sobre el uso actual de Marxan. Las invitaciones para participar se entregaron mediante el listserv de Marxan, que incluye a todo el que haya descargado Marxan. La participación en la encuesta fue voluntaria. Las preguntas de la encuesta se centraron en el alcance y los resultados de los proyectos de Marxan, la información y los parámetros aplicados y las fortalezas y debilidades percibidas en el programa. *Para la mayoría de las preguntas, los participantes podían dar múltiples respuestas, y por tanto la mayoría de las respuestas excedió el 100%.*

A1-2 RESULTADOS

En la encuesta participaron 77 usuarios de Marxan, incluyendo proyectos de todos los continentes excepto Antártica. La mayoría (71%) de los participantes utilizaron Marxan con una función científica, seguido de los planificadores (31%), los operadores técnicos (26%). Muy pocos administradores o funcionarios importantes encargados de la toma de decisiones utilizaron Marxan. La mayoría de los proyectos se desarrollaron a escala regional (74%), con muy pocos a escala nacional (21%), internacional (16), o local (13%). Los usuarios de Marxan estaban divididos de forma bastante equitativa entre los diferentes niveles del gobierno (57%, del cual 26% eran agencias federales o nacionales, 26% regional y 5% local), organizaciones no gubernamentales (49%) y academia (47%). La mayoría de los proyectos son colaboraciones donde participa más de una de esas categorías. La mayoría de las aplicaciones cubren ambientes terrestres (68%), seguido de lo marinos (51%) y aguas dulces (22%). Los proyectos por lo generar previeron de tres a seis meses para culminar (28%), algunos requirieron menos de tres meses (16%), de seis meses a un año (20%), entre uno y tres años (17%) y muy pocos necesitaron más de tres años (1%). Sin embargo, la mayoría de los proyectos (31%) no estaban aún concluidos. Los participantes comentaron que el mayor tiempo se destina a recopilar, obtener y

preparar los archivos y la información de entrada. Se dijo además que se requería de mucho tiempo para calibrar los parámetros de Marxan.

Marxan se escogió por su capacidad para generar soluciones múltiples (56%), su rigor científico (53%), su capacidad para trabajar con grandes cantidades de información (53%), la generación de soluciones casi óptimas (52%), y su reputación(45%). Unos pocos participantes (3%) señalaron también la presión política como factor determinante para el uso de Marxan. Otros comentarios sobre la elección de Marxan incluyeron su reputación como el "estándar de la industria" para la planificación de la conservación, la habilidad para agrupar soluciones, y la capacidad para el análisis post-hoc . la mayoría de los usuarios consideran que la complejidad de Marxan es moderada o moderadamente difícil (76%), coincidiendo muchos en que la generación de archivos de entrada es el aspecto más difícil.

Los objetivos de planificación más comunes fueron la conservación de la biodiversidad (88%) y el establecimiento de áreas protegidas (72%) . Otros objetivos incluyen el funcionamiento del ecosistema (36%), la investigación (35%), y la pesca sostenible (19%). Otras respuestas menos comunes abarcaron el desarrollo de la comunidad (7%), la recreación y la educación (4% cada una), y los objetivos estéticos y espirituales (3% cada uno). Los objetivos definidos en los proyectos de Marxan se definieron en principio por científicos/expertos (97%), seguido de los encargados de la toma de decisiones (40%) y las partes interesadas (39%). Los resultados se comunicaron a los científicos/expertos (91%), encargados de la toma de decisiones (77%), partes interesadas (57%), y el público en general (28%).

La mayoría de los participantes (66%) no habían terminado aún los proyectos de Marxan, y por tanto no pudieron determinar si sus proyectos resultaron favorables para la conservación. El 24% indicó que sus proyectos resultaron favorables para la conservación, mientras que el 10% dijo que no. Los comentarios sugieren una experiencia diversa con relación a la influencia de los proyectos de Marxan en las decisiones. Algunos proyectos se diseñaron como proyectos de investigación que no estaban concebidos para ofrecer recomendaciones. Algunos usuarios de Marxan encontraron que sus resultados estaban integrados a los planes de conservación y a los diseños de áreas protegidas, mientras que otras recomendaciones se ignoraron, o se canceló la realización de proyectos por el área requerida para cumplir los objetivos

El tamaño de las áreas de estudio y las unidades de planificación utilizadas varió grandemente (Tabla 1), promediando alrededor de mil millones de kilómetros cuadrados. Los hexágonos y cuadrados gozaron de igual aceptación por parte de las unidades de planificación (46% y 44%), seguido de las unidades irregulares (35%). Algunos participantes también utilizaron triángulos.

Tabla A1.1: Detalles del área de estudio (n=61)

	Tamaño del área de estudio (km^2)	Tamaño de la unidad de planificación (km^2)
Mínimo	40	0.0001
Máximo	30 000 000	10 000
Promedio	955 503	260
Desviación estándar	4 024 649	1502

La mayoría de los usuarios aplicó todas las opciones básicas de Marxan, pero menos de la mitad utilizó opciones avanzadas ya sea para todos o algunos de los objetos de conservación (Tabla 2). La mayoría de los participantes utilizó la función adaptativa del templado simulado (81%), seguido del *mejoramiento iterativo* (44%) y el templado simulado estableciendo la temperatura inicial (22%). Se utilizaron las opciones heurísticas, aunque no resultaron muy populares (en un rango de 17 a 6%).

Tabla A1.2: Opciones de Marxan

Opciones Básicas	Utilizado	No utilizado
Modificador de Longitud de Frontera	89%	11%
Corridas Repetidas	98%	0%
Costo de la unidad de Planificación	87%	13%
Costo de Frontera	79%	18%
Estado de la Unidad de Planificación	87%	10%
Factor de Penalidad para los objetos de conservación (spf)	88%	12%

Opciones Avanzadas	Utilizadas para todas las metas	Utilizada para algunas metas	No utilizada
Definiciones de bloques	13%	22%	65%
Umbral de costo	25%	11%	64%
Distancia de separación (sepdistance)	5%	26%	68%
Número de separación (sepnum)	4%	15%	82%
Tamaño mínimo de agrupamiento (target2)	9%	30%	61%
Cantidad de incidencias requerida (targetocc)	25%	27%	47%
Tamaño mínimo de población viable	11%	16%	73%

Se utilizaron varias entradas de información (Tabla 3). Otras entradas de información utilizadas incluyeron también sitios de importancia para la pesca, clasificaciones de cobertura de la tierra, información sobre el suelo, agregaciones de desove, matrices de paisajes, funciones hidrológicas, paisajes marinos y modelos digitales de profundidad, y los resultados de los análisis de viabilidad de la población. La mayoría de los encuestados utilizó varias metas para los objetos (65%) en lugar de metas uniformes. Las metas se establecieron sobre la base de lo común o la rareza de los objetos, los valores ecológicos, los estimados de las poblaciones mínimas viables, las proporciones de abundancia original, los resultados de análisis de vacíos y las relaciones área-especies.

Tabla A1.3: Entradas de información

	Utilizado	No utilizado
Distribuciones de las especies (modelos y/o levantamientos)	88%	12%
Distribuciones de hábitat (modelos y/o levantamientos)	81%	19%
Abundancia de las especies (población estudiada)	54%	46%
Presencia/ausencia de especies (levantamientos)	47%	51%
Sólo presencia de especies (avistamientos)	74%	25%
Cobertura incompleta de especies/hábitat	46%	50%
• Si la respuesta es Si, ¿Hay algún estimado para cubrir menos del 75% del área de estudio?	50%	30%
Información geofísica (ej. topografía, salinidad, corrientes)	64%	34%
Clasificaciones de los hábitat	82%	18%
Zonas biogeográficas	62%	38%
Información económica (ej. costo de la tierra, valor de la actividad pesquera)	43%	57%
Información sobre el uso de la tierra/recursos marinos por el hombre	62%	38%
Conocimiento ecológico tradicional (autóctono)	17%	83%
Conocimiento ecológico local	40%	60%
Opinión Científica de los Expertos	64%	36%
Información 3D convertida en 2D (ej., topografía, batimetría)	43%	55%
Información temporal	12%	85%
Conectividad	37%	61%
Información genética	6%	94%
Información sobre los servicios/procesos de los ecosistemas (ej.., polinización, tasas de absorción de carbono)	19%	81%
Otros	18%	70%

Las opciones más comunes establecer ponderaciones fueron las de importancia relativa (48%), opinión de los expertos (47%), y confiabilidad en la información (40%). Otros coeficientes incluyeron lo común de los objetos, la vulnerabilidad o rareza de los objetos, y los niveles de viabilidad de las metas. La mayoría de los participantes asignó las mismas penalidades para todos los objetos (54%), aunque algunos aplicaron diferentes valores (33%). Al utilizar diferentes valores de penalidad, se basaron mayormente en la importancia relativa de los objetos o la confianza en los datos. Otros enfoques incluyen los niveles según la vulnerabilidad relativa y la rareza. Muchos usuarios de Marxan informaron sobre la realización de análisis de vulnerabilidad para determinar qué valores usar como penalidades.

El área de la unidad de planificación fue el costo más comúnmente aplicado, seguido de costos iguales y costos basados en datos económicos (Tabla 4). Otros costos aplicados se refieren principalmente a las amenazas a la integridad ecológica (incluidas representaciones como la proximidad a las áreas urbanas, caminos)

Tabla A1.4: Costo

	Utilizado	No Utilizado
Costo similar	55%	45%
Área de la unidad de planificación	76%	24%
Datos económicos (ej, costo de la tierra, valor de las pesquerías)	51%	49%
Naturalidad	44%	49%
Opinión científica de los expertos	17%	77%
Conocimiento local	14%	83%
Conocimiento ecológico tradicional (autóctono)	9%	85%
Otros	50%	47%

La mayoría de los participantes no realizó análisis de sensibilidad (60%). Los que lo hicieron, dijeron haber comprobado las formas y tamaños de las unidades de planificacióny la agrupación de diferentes objetos, ajustaron el modificador de longitud de frontera, aplicaron diferentes costos, cambiaron los factores de penalidad de especies, preincluyeron o pre excluyeron objetos, eliminaron datos de forma aleatoria, y cambiaron metas y estimados de las poblaciones.

Tanto la frecuencia de selección como la mejor corrida general fueron los resultados más usados (83% y 77%), pocos encuestados utilizaron ejecuciones individuales (27%). Los comentarios sugieren que se prefiere utilizar de conjunto la frecuencia de selección y el mejor resultado general para que uno se complemente con el otro.

A1-3 CONCLUSIONES

Los participantes mencionaron muchas fortalezas y debilidades de Marxan (Tabla 5). La fortaleza más aludida es su flexibilidad para proporcionar múltiples soluciones, mientras que la debilidad más mencionada fue la insuficiente guía para ajustar las configuraciones requeridas. Respuestas adicionales sobre qué parámetros de Marxan no están bien explicados indican que la mayoría de los encuestados considera que sería beneficioso si la mayoría de los parámetros recibiera explicación adicional y ejemplos. En particular, las respuestas sugieren que se necesita una descripción detallada de cómo interactúan los diferentes parámetros de Marxan.

Tabla A1.5: Fortalezas y debilidades de Marxan según los encuestados

Fortalezas (n=53)		Debilidades (n=49)	
Flexibilidad / variedad de opciones	62%	Guía insuficiente para ajustar las configuraciones	43%
Manipulación de grandes volúmenes de información	30%	Errores/problemas	39%
Soluciones casi-óptimas	25%	Preparación de los archivos de entrada	37%
Repetición /transparencia	19%	Curva de aprendizaje muy pendiente	16%
Resultado de las frecuencias de selección	17%	Convertir los resultados en SIG	14%
Reputación	13%	Interpretación/explicación de los resultados	14%
Velocidad	13%	interfase de usuario	12%
Metas explícitas	11%	Determinar metas/objetos de entrada	10%
Inclusión de costos	11%	Cómo interactúan los parámetros	10%
Enfoque sistemático	11%	Definición del parámetro de costo	8%
Capacidad para crear resultados gráficos	9%	Incapacidad de analizar múltiples zonas	8%
Facilidad de uso	9%	Lento ante problemas complejos/grandes	8%
Análisis objetivo de los datos	9%	Conectividad	6%
Capacidad para el procesamiento en lotes	8%	Disponibilidad de la información	6%
Facilidad de los análisis post-hoc	8%	Manejo de la información	6%
Obliga a la evaluación los datos de entrada	6%	Límites en la cantidad de unidades de planificación, objetos de conservación	6%
Capacidad para actualizar las entradas	4%	Ausencia de una herramienta de ayuda	4%
Modificador de longitud de frontera	4%	Manual	4%

Fortalezas (n=53)		Debilidades (n=49)	
Herramienta gratis	4%	Verificación de los resultados	4%
Extensiones de interfase Arc	2%	Caja negra	2%
Documentación	2%	Ponderación de la información	2%
Opción de área mínima	2%	Difícil para el procesamiento en lotes	2%
Apoyo al usuario	2%	Eliminación de soluciones pobres	2%

Los participantes hicieron diversas recomendaciones sobre los temas y aspectos prácticos que debían ser abordados en una guía para las buenas prácticas (Tabla 6). Se evidenció que la necesidad más común fue la ayuda para el establecimiento de todos los parámetros de Marxan, incluidos aquellos con los que algunos usuarios dijeron tener dificultades (ej. aquellos cuyo uso, según su opinión, resultó en atascamientos inexplicables de la corrida) como la distancia de separación[14]

[14] Nota del Editor: estas preocupaciones generalizadas con relación a la configuración y ejecución de Marxan conllevaron a reescribir el manual de Marxan, en un proyecto conjunto con la Universidad de Queensland y PacMARA

Tabla A1.6: Sugerencias de inclusiones en una guía de las buenas prácticas

Establecer los parámetros de Marxan ej SPF, BLM, costo, distancia de separación)	37%
Establecimiento de archivos de entrada / tutorial	21%
Comunicación e interpretación de los resultados	19%
Garantizar el análisis profundo/explicación de sesgos inherentes	16%
Proporcionar ejemplos prácticos	16%
Desarrollar análisis de sensibilidad y ver qué parámetros comprobar	16%
Abordar temas relacionados con la información (ej. calidad, cobertura, manejo, etc.)	14%
Explicación de las configuraciones	14%
Reglas generales para un punto de partida de las entradas	14%
Determinación de objetivos realistas del proyecto	9%
Interacciones de parámetros	9%
Uso de las configuraciones de templado	9%
Por qué y cuándo usar Marxan	9%
Explicación de los errores y pasos para solucionar problemas	7%
Conocer los límites de Marxan (ej. unidades de planificación, objetos)	7%
Compromisos con las partes interesadas y los intereses mediante Marxan	5%
Mejorar la interfase gráfica a usuario	5%
Incorporar la conectividad y otros análisis de diseño de red	5%
Incorporar la estocasticidad y la variabilidad temporal	5%
Evaluar la calidad de la solución	2%
Función y centro de análisis de cada algoritmo	2%
¿Cuán lejos está la mejor solución de ser óptima?	2%
Mejorar la velocidad	2%
Incorporar la vulnerabilidad	2%

Apéndice 2: Literatura citada, Referencias & Recursos

Compilado por by Falk Huettmann y los autores que contribuyeron en todos los capítulos

A2-1 LITERATURA CITADA

Airame S., Dugan, J.E., Lafferty, K.D., Leslie, H., McArdle, D.A., and Warner, R.R. 2003. Applying ecological criteria to marine reserve design: a case study from the California Channel Islands. Ecological Applications, 13, S170–S184.

Airame, S. 2005. Channel Islands National Marine Sanctuary: Advancing the Science and Policy of Marine Protected Áreas. In Scholz, A.J. and Wright, D. (eds). Place Matters: Geospatial Tools for Marine Science, Conservation, and Management in the Pacific Northwest. Oregon State University Press, Corvallis, 91-124.

Alonso, D., Castillo, P., Segura, C., and Gerhartz, J.L. 2008. "Diseño de una red de áreas marinas protegidas: estrategia de conservación para el norte del Caribe continental colombiano."

Anderson, D.R., Cooch, E.G., Gutierrez, R.J., Krebs, C.J., Lindberg, M.S., Pollock, K.H., Ribic, C.A., and Shenck, T.M. 2003. Rigorous science: suggestions on how to raise the bar. Wildlife Society Bulletin, 31, 296-305.

Ando, A., Camm, L., Polasky, S. and Solow, A. 1998. Species distributions, land values and efficient conservation. Science, 279, 2126-2128.

Ardron, J.A, Lash, J., Haggarty, D. 2000. Designing a Network of Marine Protected Áreas for the Central Coast of British Columbia. Volume 1: Overview; Volume 2: Data and Classification Details; Volume 3: Analyses and Results. Living Oceans Society, Sointula, BC, Canada.

Ardron, J.A. 2003. BC Coast Information Team Marine Ecosystem Spatial Analysis, v. 1.2. Excerpted and revised from: Rumsey, C., Ardron, J., Ciruna, K., Curtis, T., Doyle, F., Ferdana, Z., Hamilton, T., Heinemyer, K., Iachetti, P., Jeo, R., Kaiser, G., Narver, D., Noss, R., Sizemore, D., Tautz, A., Tingey, R., and Vance-Borland, K. An ecosystem analysis for Haida Gwaii, Central Coast, and North Coast British Columbia. Sept. 22, 2003, 184.

Ardron, J.A. 2008. Modelling Marine Protected Áreas (MPAs) in British Columbia. Proceedings of the Fourth World Fisheries Congress: Reconciling Fisheries with Conservation. American Fisheries Society.

Ardron, J.A. 2008. The challenge of assessing whether the OSPAR Network of Marine Protected Áreas is ecologically coherent. Hydrobiologica, 606:1, 45-53.

Ardron, J.A., Lash, J., Haggarty, D. 2002. Modelling a Network of Marine Protected Áreas for the Central Coast of British Columbia. Version 3.1. Living Oceans Society, Sointula, BC, Canada.

Arnstein, S.R. 1969. A ladder of citizen participation. JAIP 35, 216-224.

Ball, I.R. 2000. Mathematical applications for conservation ecology: the dynamics of tree hollows and the design of nature reservas. PhD Thesis, The University of Adelaide.

Ball, I.R. and Possingham, H.P. 2000. Marxan (V1.8.2): Marine Reserve Design Using Spatially Explicit Annealing, a Manual.

Balmford, A., Gaston, K.J., Blyth, S., James, A., and Kapos, V. 2003. Global variation in terrestrial conservation costs, conservation benefits, and unmet conservation needs. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 100, 1046-1050.

Beck, M.W. and Odaya, M. 2001. Ecoregional planning in marine environments: identifying priority sites for conservation in the northern Gulf of Mexico. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 11, 235–242.

Bedward, M., Pressey, R.L., and Nicholls, A.O. 1991. Scores and score classes for evaluation criteria - A comparison based on the cost of reserving all natural features. Biological Conservation, 56, 281-294.

Brooks, C.P. 2003. A scalar analysis of landscape connectivity. Oikos 102, 433-439.

Brown, K., Adger, N., Tompkins, E., Bacon, P., Shim, D., and Young, K. 2001. Trade-off analysis for MPA management. Ecological Economics, 37, 417-434.

Bruce, E.M. and Eliot, I.G. 2006. A spatial model for marine park zoning. Coastal Management, 34, 17-38.

Cain, S.A. 1938. The Species-Área Curve. American Midland Naturalist, Vol. 19: 3, 573-581.

California Department of Fish and Game. 2005. California Marine Life Protection Act Initiative Draft Master Plan Framework: A Recommendation to the California Fish and Game Commission. California Department of Fish and Game.

Cameron, S.E., Mitchell, D.K., and Williams, K.J. 2008 in press. Efficiency and concordance of alternative methods for minimizing opportunity costs in conservation planning. Conservation Biology.

Carroll, C., Noss, R.F., Paquet, P.C., and Schumaker, N.H. 2003. Use of population viability analysis and reserve selection algorithms in regional conservation plans. Ecological Applications, 13, S1773-S1789.

Carwardine, J., Rochester, W.A., Richardson, K.S., Williams, K.J., Pressey, R.L., and Possingham, H.P. 2006. Conservation planning with irreplaceability: Does the method matter? Biodiversity and Conservation, 16 (1), 245-258.

Carwardine, J., Wilosn, K., Watts, M., Etter, A., Tremblay-Boyar, L., Hajkowicz, S., and Possingham, H. 2006. Where do we act to get the biggest conservation bang for our buck? A systematic spatial prioritisation approach for Australia. Report to The Department of Environment and Heritage.

Caswell, H. 1989. Matrix Population Models. Sunderland, MA: Sinauer Associates.

CBD. 2008. Report of the Subsidiary Body on Scientific, Technical and Technological Advice, on the work of its thirteenth meeting. Ninth meeting of the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity, 19-30 May 2008, Bonn, Germany. UNEP/CBD/COP/9/3.

Cerdeira, J.O., Gaston, K.J., and Pinto, L.S. 2005. Connectivity in priority área selection for conservation. Environmental Modeling and Assessment, 10, 183-192.

Chan, A., Cundiff, A., Gardner, N., Hrovat, Y., Kircher, L., and Klein, C. 2006. Marine Protected Áreas Along California's Central Coast: A Multicriteria Analysis of Network Design. Page 196. Donald Bren School of Environmental Science and Management. University of California at Santat Barbara, Santa Barbara, CA. Available from http://www.bren.ucsb.edu/research/documents/MLPAThesis041206.pdf

Chan, K.M.A., Shaw, M.R., Cameron, D.R., Underwood, E.C., Daily, G.C. 2006. Conservation Planning for Ecosystem Services. PLoS Biology Vol. 4, No. 11, e379 doi:10.1371/journal.pbio.0040379.

Chen, C. October 2007. Personal communication to D. Fischer, Bren School of Environmental Science and Management, University of California, Santa Barbara.

Chromitz, K. M., Alger, K., Thomas, T. S., Orlando, H. and Vila Nova, P. 2005. Opportunity costs of conservation in a biodiversity hotspot: the case of southern Bahia. Environ. Dev. Econ., 10, 293-312.

Church, R.L. and Gerrard, R.A. 2003. The Multi-Level Location Set Covering Model. Geographical Analysis, 35, 277-290.

Clark, B.M. and Lombard, A.T. 2007. A marine conservation plan for the agulhas bioregion: options and opportunities for enhancing the exisitng MPA network. Anchor Environmental Consultants CC, Rhodes Gift.

CLF, WWF. 2006. Marine Ecosystem Conservation for New England and Maritime Canada: a science based approach to identifying priority áreas for conservation.

Cocks, K.D. and Baird, I.A. 1989. Using mathematical programming to address the multiple reserve selection problem: an example from the Eyre Peninsula, South Australia. Biological Conservation, 49, 113–30.

Cohon, J.L., Church, R.L. and Sheer, D.P. 1979. Generating multiobjective trade-offs: an algorithm for bicriterion problems. Water Resources Research, 15, 1001-1010.

Costello, C. and Polasky, S. 2004. Dynamic reserve site selection. Res. Energy Econ., 26, 157-174.

Cowen, R.K., Lwiza, K.M.M., Sponaugle, S., Paris, C.B., and Olosn, D.B. 2000. Connectivity of marine populations: Open or closed? Science, 287, 857-859.

Cowen, R.K., Paris, C.B., and Srinivasan, A. 2006. "Scaling of connectivity in marine populations." Science, 311.5760, 522-27.

Cowling, R.M., Pressey, R.L., Lombard, A.T., Desmet P.G. and Ellis, A.G. 1999. From representation to persistence: requirements for a sustainable system of conservation áreas in the species-rich Mediterranean-climate desert of southern Africa. Diversity and Distributions, 5, 51-71.

Cowling, R.M., Pressey, R.L., Sims-Castley, R., le Roux, A., Baard, E., Burgers, C.J., and Palmer, G. 2003. The expert or the algorithm? - comparison of priority conservation áreas in the Cape Floristic Region identified by park managers and reserve selection software. Biological Conservation, 112, 147-167.

Davey, A.G. 1998. National system Planning for Protected Áreas. Gland, Switzerland: IUCN – World Conservation Union.

Department of Conservation and Ministry of Fisheries (New Zealand). 2005. Marine Protected Áreas: Policy and Implementation Plan. Wellington, New Zealand.

Desmet, P. and Cowling, R. 2004. Using the species–área relationship to set baseline targets for conservation. Ecology and Society, 9(2), 11. [online] URL: http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art11/

Evans, S.M.J., Jamieson, G.S., Ardron, J., Patterson, M., and Jessen, S. 2004. Evaluation of Site Selection Methodologies for Use in Marine Protected Área network design. Report prepared for the Pacific Scientific Advice Review Committee, Fisheries and Oceans Canada.

Faith, D.P. and Walker, P.A. 1996. Integrating conservation and development: Effective trade-offs between biodiversity and cost in the selection of protected áreas. Biodiversity and Conservation, 5, 431-446.

Ferdaña, Z. 2005. Nearshore marine conservation planning in the Pacific Northwest: Exploring the use of a siting algorithm for representing marine biodiversity. In: Wright, Scholz, A.J. (eds). Place matters: geospatial tools for marine science, conservation, and management in the pacific northwest. OSU Press, Corvallis, 150-195

Fernandes, L., Day, J., Lewis, A., Slegers, S., Kerrigan, B., Breen, D., Cameron, D., Jago, B., Hall, J., Lowe, D., Innes, J., Tanzer, J., Chadwick, V., Thompson, L., Gorman, K., Simmons, M., Barnett, B., Sampson, K., De'ath, G., Mapstone, B., Marsh, H., Possingham, H., Ball, I., Ward, T., Dobbs, K., Aumend, J., Slater, D., and Stapleton, K. 2005. Establishing representative no-take áreas in the Great Barrier Reef: large-scale implementation of theory on marine protected áreas. Conservation Biology, 19 (6).

Ferrar, A.A., and Lőtter, M.C. 2007. Mpumalanga Biodiversity Conservation Plan Handbook. Mpumalanga Tourism & Parks Agency, Nelspruit, South Africa.

Ferrier S., Pressey, R.L. and Barrett, T.W. 2000. A new predictor of the irreplaceability of áreas for achieving a conservation goal, its application to real-world planning, and a research agenda for further refinement. Biological Conservation, 93, 303-325.

Fischer, D.T. and Church, R.L. 2003. Clustering and compactness in reserve site selection: An extension of the Biodiversity management área selection model. Forest Science, 49, 555-564.

Fischer, D.T. and Church, R.L. 2005. The SITES reserve selection system: A critical review. Environmental Modeling and Assessment, 10, 215-228.

Frazee, S.R., Cowling, R.M., Pressey, R.L., Turpie, J.K. and Lindenberg, N. 2003. Estimating the costs of conserving a biodiversity hotspot: a case-study of the Cape Floristic Region, South Africa. Biological Conservation 112, 275-290.

Geselbracht, L., Torres, R., Cumming, G.S., Dorfman, D., and Beck, M. 2005. Marine/Estuarine Site Assessment for Florida: A Framework for Site Prioritization. Final Report for Florida's Wildlife Legacy Initiative, a program of the Florida Fish and Wildlife Conservation Commission.

Groves, C.R., Jensen, D.B., Valutis, L.L., Redford, K.H., Shaffer, M.L., Scott, J.M., Baumgartner, J.V, Higgins, J.V., Beck, M.W., and Anderson, M.G. 2002. Planning for Biodiversity Conservation: Putting Conservation Science into Practice. BioScience, 52, 499-512.

Groves, D.R. 2003. Drafting a Conservation Blueprint: A Practitioner's Guide to Planning for Biodiversity. Washington, Covelo, London, Island Press.

Hajkowicz, S.A. and Young, M.D. (eds). 2002. Value of returns and costs of resource degradation. Report to National Land and Water Resources Audit, CSIRO, Canberra.

Hajkowicz, S.A., Perraud, J.M., Dawes, W. and DeRose, R. 2005. The strategic landscape investment model: a tool for mapping optimal environmental expenditure. Environ. Model. Software 20, 1251-1262.

Halidina, H., Gerhartz, J.L., Areces, A., and Durhuit, R. 2004 (unpublished). "Diseño de una red representativa de áreas marinas protegidas en Cuba" Informe Técnico. Centro Nacional de Áreas Protegidas de Cuba. 1-25.

Halpern, B.S. and Warner, R.R. 2003. Matching marine reserve design to reserve objectives. Proceedings of The Royal Society, London. 270, 1871-1878.

Helvey, M. 2004a. Seeking Consensus on Designing MPAs: Keeping the Fishing Community Engaged. Coastal Management, 32, 173-190.

Huettmann, F. 2005. Databases and science-based management in the context of wildlife and habitat: towards a certified ISO standard for objective decision-making for the global community by using the internet. Journal of Wildlife Management, 69(20), 466-472.

Huettmann, F. 2007a. The digital teaching legacy of the International Polar Year (IPY): Details of a present to the global village for achieving sustainability. In Tjoa, M., Wagner, R.R. (eds). Proceedings 18th International Workshop on Database and Expert Systems Applications (DEXA) 3-7 September 2007, Regensburg, Germany. IEEE Computer Society, Los Alamitos, 673-677.

Huettmann, F. 2007b. Constraints, suggested solutions and an outlook towards a new digital culture for the oceans and beyond: experiences from five predictive GIS models that contribute to global management, conservation and study of marine wildlife and habitat. In Vanden Berghe E, Appeltans W, Costello MJ, Pissierssens P (eds) Proceedings of 'Ocean Biodiversity Informatics': an international conference on marine biodiversity data management Hamburg, Germany, 29 November – 1 December, 2004. IOC Workshop Report, 202, VLIZ Special Publication 37, 49-61.

Johnson, M.P., Crowe, T.P., McAllen, R., and Allcock, A.L. 2008. Characterizing the marine Natura 2000 network for the Atlantic region. Aquatic Conservation: marine and freshwater ecosystems. 18, 86-97.

Justus, J., and Sarkar, S. 2002. The principle of complementarity in the design of reserve networks to conserve biodiversity: a preliminary history. Journal of Biosciences, 27, 421-435.

Kessler, B. 2004. Stakeholder Participation: A Synthesis of Current Literature. National Oceanic and Atmospheric Administration and National Marine Protected Áreas Center, Silver Spring, MD.

Kirkpatrick, S., Gelatt, C.D., and Vecchi, M.P. 1983. Optimization by Simulated Annealing, Science 220(4598), 671-680. http://citeseer.ist.psu.edu/kirkpatrick83optimization.html

Klein, C., Chan, A., Kircher, L., Cundiff, A., Hrovat, Y., Gardner, N., Scholz, A., Kendall, B., and Airame, S. 2008. Striking a balance between biodiversity conservation and socioeconomic viability in the design of marine protected áreas. Conservation Biology, DOI: 10.1111/j.1523-1739.2008.00896.x.

Klein, C., Wilosn, K.A., Watts, M., Stein, J., Berry, S., Carwardine, J., Stafford Smith, D.M., Mackey, B., and Possingham, H. 2008 in press. Incorporating ecological and evolutionary processes into continental-scale conservation planning. Ecological Applications.

Leis, J.M. 2002. Pacific coral-reef fishes: the implications of behaviour and ecology of larvae for biodiversity and conservation, and a reassessment of the open population paradigm. Environmental Biology of Fishes, 65.2, 199-208.

Leslie, H., Ruckelshaus, M., Ball, I.R., Andelman, S., and Possingham, H.P. 2003. Using siting algorithms in the design of marine reserve networks. Ecological Applications, 13, S185-S198.

Leslie, H.M. 2005. A synthesis of marine conservation planning approaches. Conservation Biology, 19(6), 1701-1713.

Lewis, A., Slegers, S., Lowe, D., Muller, L., Fernandes, L., and Day, J. 2003. Use of Spatial Analysis and GIS techniques to Re-Zone the Great Barrier Reef Marine Park. Coastal GIS Workshop, July 7-8 2003, University of Wollongong, Australia.

Lieberknecht, L.M., Carwardine, J., Connor, D., Vincent, M.A., Atkins, S.M., and Lumb, C.M. 2004. The Irish Sea Pilot - Report on the identification of nationally important marine áreas in the Irish Sea. Joint Nature Conservation Committee, Peterborough, UK (http://www.jncc.gov.uk/page-1621).

Lien, J. 1999. When Marine Conservation Efforts Sink: What can be Learned from the Abandoned Effort to Examine the Feasibility of a National Marine Conservation Área on the NE Coast of Newfoundland. Canadian Council on Ecological Áreas, Ottawa.

Loos, S. 2006. Exploration of Marxan for Utility in Marine Protected Área Zoning. MSc Thesis – University of Victoria (Geography).

Mace, G.M., Possingham, H.P., and Leader-Williams, N. 2006. Prioritizing choices in conservation. In McDonald, D.W. and Service, K. (eds). Key Topics in Conservation Biology. Blackwell Publishing, Malden, MA USA, 17-34.

Margules, C.R. 1989. Introduction to Some Australian Developments in Conservation Evaluation. Biological Conservation, 50, 1-11.

Margules, C.R. and Pressey, R.L. 2000. Systematic Conservation Planning. Nature, 405, 243-253.

Margules, C.R., and Sarkar, S. 2007. Systematic Conservation Planning. Cambridge University Press, New York.

McDonnell, M.D., Possingham, H.P., Ball, I.R. and Cousins, E.A. 2002. Mathematical Methods for Spatially Cohesive Reserve Design. Environmental Modeling and Assessment, 7, 107-114.

Morin, T. 2001. Sanctuary Advisory Councils: Involving the public in the National Marine Sanctuary Program. Coastal Management, 29, 327-339.

Munro, K.G. 2006. Evaluating Marxan as a Terrestrial Conservation Planning Tool. MA Thesis. University of British Columbia. School of Community and Regional Planning.

Naidoo, R., Balmford, A., Ferraro, P.J., Polasky, S., Ricketts, T.H., and Rouget, M. 2006. Integrating economic costs into conservation planning. Trends in Ecology & Evolution, 21, 682-687.

NOAA Coastal Services Center, in cooperation with the National Marine Protected Áreas Center. 2003. Marine Protected Áreas Needs Assessment, Final Report. Charleston, SC, NOAA Coastal Services Center.

Noss, R. 2003. A checklist for wildlands network designs. Conservation Biology 17(5), 1-7.

Noss, R.F. 1990. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. Conservation Biology, 4, 355-364.

Noss, R.F., and Cooperrider, A.Y. 1994. Saving Nature's Legacy: Protecting and Restoring Biodiverity. Washington, DC, Island Press.

Noss, R.F., Carroll, C., Vance-Borland, K., and Wuerthner, G. 2002. A multicriteria assessment of the irreplaceability and vulnerability of sites in the Greater Yellowstone Ecosystem. Conservation Biology, 16, 895-908.

Oetting, J. and Knight, A. 2003. F-TRAC: Florida Forever Tool for Efficient resource Acquisition and Conservation. Model Documentation and Project Evaluation. Florida Natural Áreas Inventory, Florida.

Oetting, J.B., Knight, A.L., and Knight, G.R. 2006. Systematic reserve design as a dynamic process: F-TRAC and the Florida Forever program. Biological Conservation, 128, 37-46.

OSPAR. 2007. Background document to support the Assessment of whether the OSPAR Network of Marine Protected Áreas is Ecologically Coherent. OSPAR Convention for the Protection of the Marine environment of the Northeast Atlantic. Biodiversity Series, Publication Number: 2007/320. www.ospar.org.

Pattison, D., dosReis, D., and Smilie, H. 2004. An Inventory of GIS-Based Decision-Support Tools for MPAs. Prepared by the National Marine Protected Áreas Center in cooperation with the national oceanic and Atmospheric Administration Coastal services Center.

Pence, G.Q.K. 2008 in prep. C.A.P.E. Fine-Scale Biodiversity Assessment Technical Report. Prepared for CapeNature. Cape Town, South Africa.

Poiani, K.A., Richter, B.C., Anderson, M.G., and Richter, H.E. 2000. Biodiversity Conservation at Multiple Scales: Functional Sites, Landscapes, and Networks. BioScience, 50, 133-146.

Polasky, S., Camm, J. D. and Garber-Yonts, B. 2001. Selecting biological reservas cost effectively: an application to terrestrial vertebrate conservation in Oregon. Land Econ. 77, 68-78.

Possingham, H., Day, J., Goldfinch, M., and Salzborn, F. 1993. The mathematics of designing a network of protected áreas for conservation. In Sutton, D., Cousins, E., and Pierce, C. (eds). Decision sciences, tools for today. Proceedings of the 12th Australian Operations Research Conference. Adelaide, Australia: Australian Society for Operations Research, 536–545.

Possingham, H.P., Ball, I.R. and Andelman, S. 2000. Mathematical Methods for Identifying Representative Reserve Networks. In Ferson, S., and Burgman, M. (eds). Quantitative Methods for Conservation Biology. Springer-Verlag, New York, 291-305.

Possingham, H.P., Franklin, J., Wilosn, K., and Regan, T.J. 2005. The roles of spatial heterogeneity and ecological processes in conservation planning. In Lovett, G.M., Jones, C.G., Turner, M.G., and Weathers, K.C. (eds). Ecosystem Function in Heterogeneous Landscapes. Springer-Verlag, New York, 389-406.

Possingham, H.P., Wilosn, K.A., Andelman, S.J. and Vynne, C.H. 2006. Protected áreas: goals, limitations, and design. In Groom, M.J., Meffe, G.K., and Carroll, C.R. (eds). Principles of Conservation Biology. Sinauer Associates Inc., Sundaland, MA, 509-533.

Post, A.L., Wassenberg, T., and Passlow, V. 2006. Physical surrogates for macrofaunal distributions and abundance in a tropical gulf. Marine and Freshwater Research, 57, 469-483.

Pressey R.L., Johnson I.R. & Wilosn P.D. (1994) Shades of irreplaceability: towards a measure of the contribution of sites to a reservation goal. Biodiversity and Conservation, 3, 242-262

Pressey, R.L., Humphries, C.J., Margules, C.R., Vane-Wright, R.I., and Williams P.H. 1993. Beyond Opportunism: Key Principles for Systematic Reserve Selection. TREE, 8(4) 124-128.

Pressey, R.L. 1994. Ad Hoc Reservations: Forward or Backward Steps in Developing Representative Reserve Systems? Conservation Biology, 8, 662-668.

Pressey, R.L. 2005. Short Course on Systematic Conservation Planning - Concepts and Case Studies. Presentation during Society for Conservation Biology annual General Meeting, Brasilia, Brazil.

Pressey, R.L., and Cowling, R.M. 2001. Reserve selection algorithms and the real world. Conservation Biology, 15, 275-277.

Pressey, R.L., Cabeza, M., Watts, M.E., Cowling, R.M., and Wilosn, K.A. 2007. Conservation planning in a changing world. Trends in Ecology & Evolution, 22, 583-592.

Pressey, R.L., Cowling, R.M. and Rouget, M. 2003. Formulating conservation targets for biodiversity pattern and process in the Cape Floristic Region, South Africa. Biological Conservation, 112, 99-127.

Pressey, R.L., Johnson, I.R., and Wilosn, P.D. Shades of irreplaceability: towards a measure of the contribution of sites to a reservation goal. Biodiversity and Conservation, 3(3), 242-262.

Pressey, R.L. and Logan, V.S. 1998. Size of selection units for future reservas and its influence on actual vs. targeted representation of features: a case study in Western New south Wales. Biological Conservation, 85, 305-319.

Pressey, R.L., Possingham, H.P., and Margules, C.R. 1996. Optimality in reserve selection algorithms: When does it matter and how much. Biological Conservation, 96, 259-267.

Pressey, R.L., Whish, G.L., Barrett, T.W. and Watts, M.E. 2002. Effectiveness of protected áreas in north-eastern New South Wales: recent trends in six measures. Biological Conservation, 106, 57-69.

Pressey. R.L. 1999. Editorial – systematic conservation planning for the real world. Parks 9, 1.

Pryce, B., Iachetti, P., Wilhere, G., Ciruna, K., Floberg, J., Crawford, R., Dye, R., Fairbarns, M., Farone, S., Ford, S., Goering, M., Heiner, M., Kittel, G., Lewis, J., Nicolosn, D., and Warner, N. 2006. Okanagan Ecoregional Assessment, Volume 2 – Appendices. Prepared by Nature Conservancy of Canada, The Nature Conservancy of Washington, and the Washington Department of Fish and Wildlife with support from the British Columbia Conservation Data Centre, Washington Department of Natural Resources Natural Heritage Program, and NatureServe. Nature Conservancy of Canada, Victoria, British Columbia.

Pyke, C.R. and Fischer, D.T. 2005. Selection of bioclimatically representative biological reserve systems under climate change. Biological Conservation, 121: 429-441.

Pyke, C.R., Andelman, S.J., and Midgley, G. 2005. Identifying priority áreas for bioclimatic representation under climate change: a case study for Proteaceae in the Cape Floristic Region, South Africa. Biological Conservation, 125, 1-9.

Ramey, P.A. and Snelgrove, P.V.R. 2003. Spatial patterns in sedimentary macrofaunal communities on the south coast of Newfoundland in relation to surface oceanography and sediment characteristics. Marine Ecology Progress Series, 262, 215-227.

Ramírez de Arellano, P.I. 2007. Systematic conservation planning in Chile: Sensitivity of reserve selection procedures to target choices, cost surface, and spatial scale. PhD Thesis. College of Environmental Science and Forestry. State University of New York, 133.

Richardson, E., Kaiser, M., Edwards-Jones, G., and Possingham, H. 2006. Sensitivity of marine-reserve design to the spatial resolution of socioeconomic data. Conservation Biology, 20, 1191-1202.

Rodrigues, A.S.L. and Brooks, T.M. 2007. Shortcuts for Biodiversity Conservation Planning: The Effectiveness of Surrogates. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 38, 717-737.

Roff, J.C., Taylor, M.E., and Laughren, J. 2003. Geophysical approaches to the classification, delineation and monitoring of marine habitats and their communities. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 13, 77-90.

Rondinini, C., Stuart, S., and Boitani, L. 2005. Habitat Suitability Models and the Shortfall in Conservation Planning for African Vertebrates. Conservation Biology, 19, 1488-1497.

Rumsey, C., Ardron, J., Ciruna, K., Curtis, T., Ferdaña, Z., Hamilton, T., Heinemeyer, K., Iachetti, P., Jeo, R., Kaiser, G., Narver, D., Noss, R., Sizemore, D., Tautz, A., Tingey, R., and Vance-Borland, K. 2004. An Ecosystem Spatial Analysis for Haida Gwaii,

Central Coast, and North Coast BC. Report prepared for the Coast Ecosystem Team (available at www.citbc.org).

Sala, E., Aburto-Oropeza, O., Paredes, G., Parra, I., Barrera, J.C., and Dayton, P.K. 2002. A General Model for Designing Networks of Marine Reservas. Science, 1991-1993.

Sarkar, S., Moffett, A. Sierra, R., Fuller, T., Cameron, S., and Garson, J. 2004. Incorporating Multiple Criteria into the Design of Conservation Área Networks. Endangered Species Update, 21, 100-107.

Sarkar, S., Pressey, R. L., Faith, D. P., Margules, C. R., Fuller, T., Stoms, D. M., Moffett, A., Wilosn, K. A., Williams, K. J., Williams, P. H. and Andelman, S. 2006 Biodiversity conservation planning tools: Present status and challenges for the future. Annual Review of Environment and Resources, 31, 123-159.

Scheiner, S.M. 2003. Six types of species-área curves. Global Ecology and Biogeography, 12 (6), 441–447.

Scholz, A., Bonzon, K., Fujita, R., Benjamin, N., Woodling, N., Black, P., and Steinback, C. 2004. Participatory socioeconomic analysis: drawing on fishermen's knowledge for marine protected área planning in California. Marine Policy, 28, 335-349.

Simberloff, D. 1998. Flagships, umbrellas and keystones: is single species management passe in the landscape era? Biological Conservation, 83, 247-257.

Smith, J.L., Lewis, K., and Laughren, J. 2006. A Policy and Planning Frameowrk for Marine Protected Área Networks in Canada's Oceans. WWF-Canada, Halifax, 105.

Smith, P.G.R., and Theberge, J.B. 1986. A review of criteria for evaluating natural áreas. Environmental Management, 10, 715–34.

Solanki, R.S., Appino, P.A. and Cohon, J.L. 1993. Approximating the noninferior set in multiobjective linear programming problems. European journal of operational research, 68, 356-373.

Soulé, M., and Noss, R.F. 1998. Rewilding and Biodiversity: Complementary Goals for Continental Conservation. Wild Earth Fall, 18-28.

Soulé, M., and Terborgh, J. (eds). 1999. Continental conservation: scientific foundations of regional reserve networks. Wathington DC, Island Press.

Stewart, R.R., and Possingham, H.P. 2005. Efficiency, costs and trade-offs in marine reserve system design. Environmental Modeling and Assessment, 10, 203-213.

Stewart, R.R., Noyce, T., and Possingham, H.P. 2003. Opportunity cost of ad hoc marine reserve design decisions: an example from South Australia. Marine Ecology Progress Series 253, 25-38.

Stewart, R.R. and Possingham, H.P. 2003. A framework for systematic marine reserve design in South Australia: A case study. Proceedings of the Inaugural World Congress on Aquatic Protected Áreas, Cairns - August 2002.

Stoms, D.M. 1994. Scale-Dependence of Species Richness Maps. The Professional Geographer, 46, 346-358

Swearer, S.E., Caselle, J.E., Lea, D.W., and Warner, R.R. 1999. Larval retention and recruitment in an island population of a coral-reef fish. Nature, 402, 799-802.

Tallis, H., Ferdaña, Z,. and Gray, E. 2008. Linking Terrestrial and Marine Conservation Planning and Threats Analysis. Conservation Biology, 22, 1, 120-130 (11).

Taylor, P.D., Fahrig, L., Henein, K., and Merriam, G. 1993. Connectivity is a vital element of landscape structure. Oikos, 68, 571-573.

Tear, H.T., Kareiva, P., Angermeier, P.L., Comer, P., Czech, B., Kautz, R., Landon, L., Mehlman, D., Murphy, K., Ruckelshaus, J., Scott, J.M., and Wilhere, G. 2005. How much is enough? The recurrent problem of setting measurable objectives in conservation. BioScience 55, 10.

Tjørve, E. 2003. Shapes and functions of species-área curves: a review of posible models. Journal of Biogeography, 30 (6), 827–835.

United States Environmental Protection Agency (USEPA), Western Ecology Division. 2004. Program to Assist in Tracking Critical Habitat (PATCH). Available from www.epa.gov/wed/pages/models/patch/patchmain.htm (Accessed September 2004).

Vane-Wright, R. I., C. J. Humphries, and Williams. P.H. 1991. What to Protect? Systematics and the agony of choice. Biological Conservation, 55, 235-254.

Walters, C., Pauly, D., and Christensen, V. 1999. Ecospace: Prediction of mesoscale spatial pattern in trophic relationships of exploited ecosystems, with emphasis on the impacts of marine protected áreas. Ecosystems, 2, 539-554.

Warwick, R.M. and Clarke, K.R. 2001. Practical measures of marine biodiversity based on relatedness of species. Oceanography and Marine Biology Annual Review, 39, 207-231.

WCPA/IUCN. 2007. Establishing networks of protected áreas: A guide for developing national and regional capacity for building MPA networks. Non-technical summary report.

Wells, S., and White, A.T. 1995. Involving the community in S. Gubbay, editor. Marine Protected Áreas: Principles and Techniques for Management. Chapman & Hall, London.

Williams, J.C., ReVelle, C.S. and Levin, S.A. 2005. Spatial attributes and reserve design: A review. Environmental Modeling & Assessment.

Williams, J.C., ReVelle, C.S. and Levin, S.A. 2004. Using mathematical optimization models to design nature reservas. Frontiers in Ecology and the Environment, 2(2), 98-105.

Wilosn, K.A., McBride, M., Bode, M. and Possingham, H.P. 2006. Prioritising global conservation efforts. Nature, 40, 337-340.

A2-2 Otras referencias

Araújo, M.B. 2004. Matching species with reservas - uncertainties from using data at different resolutions. Biological Conservation, 118, 533-538.

Armsworth P.R., Daily, G.C., Kareiva, P., and Sanchirico, J.N. 2006. Land market feedbacks can undermine biodiversity conservation. PNAS 103, 5403-5408.

Balmford, A., Gaston, K.J., Rodrigues, A.S.L., and James, A. 2000. Integrating costs of conservation into international priority setting. Conservation Biology, 14, 1-9.

Burgman, M.A., Possingham, H.P., Lynch, A.J.J., Keith, D.A., McCarthy, M.A., Hopper, S.D., Drury, W.L., Passioura, J.A., Devries, R.J. 2001. A method for setting the size of plant conservation target áreas. Conservation Biology, 15, 603-616.

Cabeza, M. and Moilanen, A. 2001. Design of reserve networks and the persistence of biodiversity. Trends in Ecology & Evolution, 16, 242-248.

Camm, J.D., Polasky, S., Solow, A., and Csuti, B. 1996. A note on optimal algorithms to reserve selection. Biological Conservation, 78, 353-355.

Church, R.L., Stoms, D.M., and Davis, F.W. 1996. Reserve selection as a maximal covering location problem, Biological Conservation, 76, 105-112.

ConserveOnline focusing on stakeholder engagement in the Nature Conservancy's Conservation by Design process with a broad selection of relevant links and an extensive reference section - http://conserveonline.org/workspaces/cbdgateway/era/standards/std_2

Cook, R. and Auster, P.J. 2006. Developing Alternativas for Optimal Representation of Seafloor Habitats and Associated Communities in Stellwagen Bank National Marine Sanctuary. U.S. Dept of Commerce, Office of National Marine Sanctuaries. Marine Conservation Series ONMS-06-02.

Cook, R.R. and Auster, P.J. 2005. Use of Simulated Annealing for Identifying Essential Fish Habitat in a Multispecies Context. Conservation Biology, 19, 876-886.

Cowling, R.M. and Pressey, R.L. 2003. Introduction to systematic conservation planning in the Cape Floristic Region. Biological Conservation, 112, 1-13.

Cowling, R.M. et al. 2003. A conservation plan for a global biodiversity hotspot - the Cape Floristic Region, South Africa. Biological Conservation, 112, 191-216.

Cowling, R.M., Knight, A.T., Faith, D.P., Ferrier, S., Lombard, A.T., Driver, A., Rouget, M., Maze, K., and Desmet, P.G. 2004. Nature conservation requires more than a passion for species. Conservation Biology, 18, 1674-1676.

Csuti, B., Polasky, S., Williams,.P.H., Pressey, R.L., Camm, J.D., Kershaw, M., Kiester, A.R., Downs, B., Hamilton, R., Huso, M., and Sahr, K. 1997. A Comparison of Reserve Selection Algorithms Using Data on terrestrial vertebrates in Oregon. Biological Conservation, 80, 83- 97.

Erasmus, B.F.N., Freitag, S., Gaston, K.J., Erasmus, B.H., and van Jaarsveld, A.S. 1999. Scale and conservation planning in the real world. Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences, 266, 315-319.

Ferrier, S. 2002. Mapping spatial pattern in biodiversity for regional conservation planning: Where to from here? Systematic Biology 51, 331-363.

Ferrier, S. et al. 2002. Extended statistical approaches to modelling spatial pattern in biodiversity in northeast New South Wales. I. Species-level modelling Biodiversity and Conservation, 11, 2275-2307.

Ferrier, S. et al. 2002. Extended statistical approaches to modelling spatial pattern in biodiversity in northeast New South Wales. II. Community-level modeling. Biodiversity and Conservation, 11, 2309-2338.

Gonzales, E.K, Arcese, P., Schulz, R., and Bunnel, F. 2003. Strategic reserve design in the central coast of British Columbia; integrating ecological and industrial goals. Can J For Res 33, 2129-2140.

Higgins, J.V., Bryer, M.T., Khoury, M.L., Fitzhugh, T.W. 2005. A freshwater classification approach for biodiversity conservation planning Conservation Biology, 19, 432-445.

Kirkpatrick, J.B. 1983. An Iterative Method for Establishing Priorities for Selection of Nature Reservas: An Example From Tasmania, Biological Conservation, 25, 127-134.

Kirkpatrick, J.B. and Brown, M.J. 1994. A comparison of direct and environmental domain approaches to planning reservation of forest higher plant communities in Tasmania. Conservation Biology 8, 217-224.

Knight, A.T., Cowling, R.M., and Campbell, B.M. 2006. An operational model for implementing conservation action. Conservation Biology, 20, 408-419.

Lombard, A.T., Cowling, R.M., Pressey, R.L., and Rebelo, A.G. 2003. Effectiveness of land classes as surrogates for species in conservation planning for the Cape Floristic Region. Biological Conservation, 112, 45-62.

McDonald, R., McKnight, M., Weiss, D., Selig, E., O'Connor, M., Violin, C., and Moody, A. 2005. Species compositional similarity and ecoregions: Do ecoregion boundaries represent zones of high species turnover? Biological Conservation, 126, 24-40.

Meir, E., Andelman, S., and Possingham, H.P. 2004. Does conservation planning matter in a dynamic and uncertain world? Ecology Letters, 7, 615-622.

Naidoo, R. and Adamowicz, W.L. 2006. Modeling Opportunity Costs of Conservation in Transitional Landscapes. Conservation Biology, 20, 490-500.

Nicholls, A.O. and Margules, C.R. 1993. An Upgraded Reserve Selection Algorithm, Biological Conservation, 64, 165-169.

Nicholosn, E. and Possingham, H.P. 2006. Objectives for multiple species conservation planning. Conservation Biology, 20, 871-881.

Noss, R.F. 2004. Conservation targets and information needs for regional conservation planning. Natural Áreas Journal, 24, 223-231.

Oenal, H. and Briers, R.A. 2005. Designing a conservation reserve network with minimum fragmentation: A linear integer approach. Env Model and Assess, 10, 193-202.

Pierce, S.M., Cowling, R.M., Knight, A.T., Lombard, A.T., Rouget, M., and Wolf, T. 2005. Systematic conservation planning products for land-use planning: interpretation for implementation Biological Conservation, 125, 441-458.

Possingham, H.P., Ball, I.R., and Andelman, S. 2000. Mathematical methods for identifying representative reserve networks. In: Ferson, S. and Burgman, M. (eds). Quantitative methods for conservation biology. Springer-Verlag, New York, 291-305.

Possingham, H.P., Day, J.R., Goldfinch, M., and Salzborn, F. 1993. The mathematics of designing a network of protected áreas for conservation. In: Sutton, D.J., Pearce, C.E.M., and Cousins, E.A. (eds). Decision Sciences: Tools for Today. Proceedings of 12th National ASOR Conference. ASOR, Adelaide, 536-545.

Pressey, L., Possingham, H., Margueles, C.R. 1996. Optimality in Reserve Selection algorithms: When does it matter and how much? Biological Conservation, 259-267.

Pressey, R.L. 2002. The first reserve selection algorithm Progress in Physical Geography, 26, 434-441.

Pressey, R.L. 2004. Conservation planning and biodiversity: Assembling the best data for the job. Conservation Biology, 18, 1677-1681.

Pressey, R.L. and Taffs, K.H. 2001. Scheduling conservation action in production landscapes: priority áreas in western New South Wales defined by irreplaceability and vulnerability to vegetation loss. Biological Conservation, 100, 355-376.

Pressey, R.L., Cabeza, M., Watts, M.E., Cowling, R.M., and Wilosn, K.A. In press. Conservation planning in a changing world. Trends in Ecology & Evolution.

Pressey, R.L. and Logan, V.S. 1994. Level of geographical subdivision and its effects on assessments of reserve coverage: a review of regional studies. Conservation Biology, 8, 1037-1046.

Pressey, R.L., Possingham, P.H., and Day, R.J. 1997. Effectiveness of Alternative Heuristic Algorithms for Identifying Indicative Minimum Requirements for Conservation Reservas. Biological Conservation, 80, 207-219.

Pressey, R.L., Watts, M.E., and Barret, T.W. 2004. Is maximizing protection the same as minimizing loss? Efficiency and retention as alternative measures of the effectiveness of proposed reservas. Ecology Letters, 7, 1035-1046.

Pressey, R.L., Whish, G.L., Barrett, T.W., and Watts, M.E. 2002. Effectiveness of protected áreas in north-eastern New South Wales: recent trends in six measures. Biological Conservation, 106, 57-69.

Rebelo, A.G. and Siegfried, W.R. 1992. Where Should Nature Reservas be Located in the Cape Floristic Region, South Africa? Models for the Spatial Configuration of a Reserve Network Aimed at Maximizing the Protection of Floral Diversity. Conservation Biology, 6, 243-252

Rodriguez, A.S.L. and Gaston, K.J. 2002. Optimisation in reserve selection procedures – why not? Biological Conservation, 107, 123-129.

Rondinini C. et al. 2006. Tradeoffs of different types of species occurrence data for use in systematic conservation planning. Ecology Letters, 9, 1136-1145.

Sarkar, S., Justus, J., Fuller, R., Kelley, C., Garson, J., and Mayfield, M. 2005. Effectiveness of environmental surrogates for the selection of conservation área networks. Conservation Biology, 19, 815-825.

Smith, R., Goodman, P., and Matthews, W. 2006. Systematic conservation planning: a review of perceived limitations and an illustration of the benefits using a case study from Maputaland, South Africa. Oryx, 40, 400-410.

Stewart, R.R. 2003. Opportunity cost of ad hoc marine reserve design decisions: an example from South Australia. Marine Ecology Progress Series, 253, 25-38

The Nature Conservancy 2000. Stakeholders Analysis Exercise - A quick process for identifying stakeholders and developing community outreach strategies. Arlington,

VA: Home Office Government Relations Department, The Nature Conservancy. Available at: http://conserveonline.org/workspaces/ecotools/Std2materials/StakeholderAnalysisExercise.pdf

Turner, W.R, Wilcove, D.S. 2006. Adaptive Decision Rules for the Acquisition of Nature Reservas. Conservation Biology, 20, 527-537.

Underhill, L.G. 1994. Optimal and suboptimal reserve selection algorithms, Biological Conservation, 70, 85-87.

Vanderkam, R.P.D., Wiersma, Y.F., and King, D.J. In review. Heuristic Algorithms vs. Linear Programs for Designing Efficient Conservation Reserve Networks: Evaluation of Solution Optimality and Processing Time. Conservation Biology.

Warman, L.D., Sinclair, A.R.E., Scudder, G.G.E., Klinkenberg, B., and Pressey, R.L. 2004. Sensitivity of Systematic Reserve Selection to Decisions about Scale, Biological Data, and Targets: Case Study from Southern British Columbia. Conservation Biology, 18, 655-666.

Wilosn, K.A., Newton, A.N., Echeverría, C., Weston, C.J., and Burgman, M.A. 2005. A vulnerability analysis of the temperate forests of south central Chile. Biological Conservation, 122, 9-21.

Wilosn, K.A., Pressey, R.L., Newton, A.N., Burgman, M.A., Possingham, H.P., and Weston, C.J. 2005. Measuring and incorporating vulnerability into conservation planning Environmental Management 35, 527-543.

Wilosn, K.A., Westphal, M.I., Possingham, H.P., and Elith, J. 2005. Sensitivity of conservation planning to different approaches to using predicted species distribution data. Biological Conservation, 122, 99-112.

Winter, S.J., Esler, K.J., and Kidd, M. 2005. An index to measure the conservation attitudes of landowners towards Overberg Coastal Renosterveld, a critically endangered vegetation type in the Cape Floral Kingdom, South Africa. Biological Conservation, 126, 383-394.

Zacharias, M.A. and Roff, J.C. 2000. A hierarchiacal ecological approach to conserving marine biodiversity. Conservation Biology, 14, 1327-1334.

Zacharias, M.A. and Roff, J.C. 2001. Use of focal species in marine conservation and management: a review and critique. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 11, 59-76.

A2-3 ALGUNOS RECURSOS ONLINE

Página Principal de Marxan, incluidos los vínculos para la descarga del software y la capacitación

http://www.uq.edu.au/Marxan/

Manual de Marxan y wiki (sitio alternativo al anteriormente mencionado , PacMARA)

http://www.pacmara.org/

Descarga del software CLUZ

http://anotherbobsmith.wordpress.com/software/cluz/

- CLUZ software, Arcview support for Marxan (accedido April 2013)

Descarga del software PANDA

http://www.mappamondogis.it/panda.htm

- PANDA software, ArcGIS support for Marxan (accedido April 2013)

Descarga del software "Sites"

http://www.biogeog.ucsb.edu/projects/tnc/toolbox.html

- TNC Sites software, GIS (accedido April 2013)

The Nature Conservancy ArcGIS extension 9.1, Protected Área Gap Decision Support Tool:

http://maps.usm.edu/pat/ (accedido April 2013)

Descarga del software C-Plan

http://www.edg.org.au/free-tools/cplan.html

- C-Plan, también un software de selección de sitio, y ofrece un archivo de vínculo con Marxan (accedido April 2013)

Otra selección de sitios y herramientas relacionadas se pueden encontrar en la Red de Herramientas EBM

http://www.ebmtools.org/ (accedido April 2013)

Apéndice 3: Glosario

Agrupamiento: Cantidad mínima de un objeto de conservación requerida en unidades de planificación adyacentes antes de que se considere que ese 'agrupamiento' contribuye de manera efectiva con la meta de representación para ese objeto de conservación Asimismo, se puede asignar una cantidad de agrupamientos únicos para un objeto de conservación (*vea distancia de separación*)

Algoritmo: Un proceso matemático que soluciona un problema sistemáticamente con el empleo de reglas o procesos bien definidos. Marxan puede utilizar varios algoritmos de optimización (algoritmo exacto, algoritmo heurístico, templado simulado y mejoramiento iterativo) para identificar soluciones para el diseño de reservas con un costo mínimo, sujeto a la restricción de alcanzar los objetivos planteados.

Algoritmo heurístico: Una clase general de algoritmos sub-óptimos que emplean estrategias de ahorro de tiempo, o "reglas generales" para solucionar problemas. Si se utiliza en Marxan, las unidades de planificación se adicionan hasta que se cumplan las metas cuantitativas de biodiversidad .

Análisis de sensibilidad: El proceso de modificación de los parámetros de entrada, las limitaciones y la información, para evaluar de manera cuantitativa la influencia de diferentes variables en la solución final, es decir, cuán "sensibles" son los resultados ante las variaciones de esos parámetros.

Compacidad: Una medida del agrupamiento de unidades de planificación en una solución de reserva. Se calcula como una proporción de la longitud total de frontera con relación al área total de un sistema de reservas. Stewart y Possingham (2005) describen este concepto con más profundidad.

Costo: El costo de incluir una unidad de planificación en un sistema de reservas. Este costo debe reflejar las consecuencias socio-políticas de reservar la unidad de planificación para acciones de conservación. Puede ser: área total, costo de adquisición o cualquier otra medida relativa de costo social, económico o ecológico. A cada unidad de planificación se le asigna un costo, aunque se pueden combinar diferentes medidas para crear un costo métrico.

Costo de frontera: Conocido también como longitud de frontera, es el costo de frontera entre dos unidades de planificación. Cuando una de las dos unidades está incluida en el sistema el costo de frontera es una medida relativa sobre la importancia de incluir la otra unidad de planificación y viceversa. A pesar de que la relación entre las dos unidades de planificación es, por lo general, la longitud de la frontera compartida, los costos de frontera se pueden especificar también entre unidades de planificación que no son adyacentes pero reflejan factores ecológicos o económicos.

Diseño del Sistema de reservas: Método utilizado para diseñar una red de áreas que, de manera colectiva, se centran en el objetivo del problema de conservación.

Distancia de separación: Define la distancia mínima de separación a la que deben ubicarse los diferentes agrupamientos de un objeto de conservación, para que sean considerados como representaciones separadas. Puede verse como una forma de diseminación de riesgo.

Eficiencia: La capacidad de un sistema de reservas de cumplir todas las metas cuantitativas de conservación (ej. ecosistemas, hábitats, especies) a un costo y con una compacidad aceptables.

Estadística Kappa: Un índice que compara la coincidencia/similitud espacial de un sistema de reservas contra aquel que se espera que ocurra solo por casualidad.

Factor de penalidad de especie (SPF): Un multiplicador definido por el usuario para la penalidad aplicada a la función objetivo cuando una meta cuantitativa de objeto de conservación no se cumple en el escenario de reserva actual

Factor de penalidad de los objetos de conservación: Vea *factor de penalidad de las especies*

Frecuencia de selección: Frecuencia con la cual se selecciona una unidad de planificación determinada dentro de un sistema de reservas en una serie de soluciones de Marxan. Este valor se reporta en el archivo de salida "Soluciones Sumadas". También conocido comúnmente (erróneamente) como irremplazabilidad.

Función objetivo: Una ecuación asociada con un problema de optimización que determina la eficacia de una solución ante un problema. En Marxan, el valor de la ecuación es una función de costos de unidad de planificación, costos de frontera y penalidades. A cada solución del diseño de reserva se le asigna un valor de función objetivo; una solución con un valor bajo es más óptima que una con un valor alto.

Interfase de usuario: Los medios mediante los cuales las personas interactúan con una aplicación de software específica. Una Interfase Gráfica de Usuario (GIU, por sus siglas en inglés) presenta la información, de manera asequible, utilizando gráficos, menús e íconos.

Irremplazabilidad: Vea Frecuencia de Selección

Mejoramiento iterativo: Método heurístico simple donde el algoritmo va a considerar un cambio aleatorio para determinar si el valor de la función objetivo mejora al realizar dicho cambio. En Marxan, el mejoramiento iterativo se puede utilizar para desechar de las soluciones aquellas unidades de planificación redundantes.

Meta cuantitativa/ meta cuantitativa de representación: Las metas cuantitativas son los valores cuantitativos (cantidad) de cada objeto de conservación que debe ser incluida en la solución final de reserva.

Mínimo local/Óptimo local: Un mínimo local ocurre en el punto donde la mera adición de una unidad de plani*ficación* favorable o la eliminación de una unidad de planificación desfavorable del sistema de reservas, no bastará para mejorar el valor de la función objetivo. Esto significa, en esencia, que el sistema de reservas no puede ser mejorado sin cambiar su estructura de manera considerable.

Modificador de longitud de frontera (BLM): Una variable que indica el énfasis que debe hacerse para minimizar la longitud de frontera total del sistema de reservas con relación a su costo. Los mayores valores de BLM generarán sistemas de reserva más compactos.

Planificación sistemática de la conservación: Método formal para identificar las zonas potenciales para el manejo de la conservación que van a cumplir con mayor efectividad un conjunto de objetivos específicos, por lo general, una representación mínima de la biodiversidad. El proceso incluye un método claro y estructurado para el establecimiento de prioridades, y es el estándar tanto para la conservación marina como la terrestre. La efectividad de la planificación sistemática proviene de su capacidad para hacer un mejor uso de los recursos fiscales limitados en aras de lograr los objetivos de conservación de una manera defendible, contable y que reconozca con transparencia los requerimientos de los usuarios de los diferentes recursos.

Problema de cobertura máxima: El objetivo del problema de cobertura máxima es maximizar la protección de objetos de conservación, sujetos a la limitante de que los recursos empleados no sobrepasen un costo fijo. Marxan puede aproximarse a este

problema de cobertura máxima con el uso de la función de Umbral de Costo, sin embargo, el resultado podrá ser sub-óptimo.

Problema de conjunto mínimo: El objetivo del problema de conjunto mínimo es minimizar los recursos consumidos, sujeto a la restricción de que todos los objetos cumplan sus objetivos de conservación. Marxan fue diseñado para solucionar este tipo de problema de conservación.

Objeto de conservación: Un elemento de la biodiversidad seleccionado como el centro para la acción o planificación de la conservación. Puede incluir clasificaciones ecológicas, tipos de hábitat, especies, características físicas, procesos o cualquier elemento que pueda medirse en una unidad de planificación.

Sistema de Información Geográfica (SIG): Un sistema computarizado consistente de un harware y un software necesarios para la obtención, el almacenaje, el manejo, el análisis y la presentación de información geográfica (espacial).

Software de apoyo en la toma de decisiones: Una aplicación computarizada que utiliza información sobre posibles acciones y consecuencias de esas acciones, para ayudar en el proceso de la toma de decisiones en aras de alcanzar un objetivo fijado.

Templado simulado: Un método de optimización (algoritmo) con base en el mejoramiento iterativo, pero con aceptación aleatoria de movimientos errados a inicios del proceso para evitar quedar atascados en un valor mínimo local de la función objetiva.

Unidades de planificación: Las unidades de planificación son los componentes básicos de un sistema de reservas. Un área de estudio se divide en unidades de planificación que son parcelas geográficas más pequeñas de formas regulares o irregulares. Los ejemplos incluyen cuadrados, hexágonos, parcelas catastrales y unidades hidrológicas.

Valores relativos de metas: El enfoque de posicionar las metas de un objeto con relación al otro como un conjunto, antes de aplicar valores numéricos individuales. Por ejemplo, los objetos A & B recibirán la misma posición, requiriendo una protección "moderada", pero el objeto C está posicionado como que necesita mayor protección que A &B, que tiene una posición "alto". Los valores numéricos de "moderado" y "alto" pueden variar en dependencia del escenario, aunque moderado siempre será menor que alto.