

8

El uso de mapas conceptuales en Gestión Ecológica: A Estudio de caso sobre pastizales Ecosistemas en Victoria, Australia

Andrea White

ÍNDICE

Introducción	151
Objetivos	152
Fondo: Pastizales	154
Antecedentes: Modelado Ecológico	155
Mapas causales	156
Redes bayesianas	157
Estado de Transición	157
Métodos y resultados	158
Mapa causal de pastizales	158
Valores e Indicadores	162
Evaluación del método de modelado de mapas casuales	163
Fortalezas	163
Debilidades	164
Conclusiones	165
Referencias	166

INTRODUCCIÓN

Este capítulo detalla un programa piloto que se llevó a cabo para el desarrollo de modelos conceptuales para los amplios grupos de ecosistemas que ocurren en Victoria, en el sureste de Australia. Este proyecto se llevó a cabo en conjunto con Parks Victoria (PV), la organización responsable de

administrar parques y reservas en Victoria. El objetivo de este programa es desarrollar modelos conceptuales para cada tipo de ecosistema que identifiquen los valores, las amenazas, los procesos y los impulsores de la salud del ecosistema, y brindar apoyo a la toma de decisiones para la gestión del parque. El estudio de caso presentado aquí (el programa piloto) se concentra en los ecosistemas de pastizales.

Los sistemas naturales son complejos, con muchos componentes que interactúan y muchas posibles respuestas a las acciones de gestión. Es difícil para los individuos conceptualizar estos sistemas y, por lo tanto, tomar decisiones sobre su manejo. Además, la información requerida para tomar decisiones informadas sobre el manejo de ecosistemas es comúnmente fragmentada y difusa. Actualmente, la información requerida para administrar los parques de Victoria reside en la sucursal y las oficinas regionales de PV: informes internos, literatura revisada por pares, datos no publicados y el conocimiento de expertos y otras partes interesadas externas. Los modelos de ecosistemas tienen el potencial de reunir esta información y conocimiento como un todo integrado, identificando amenazas a los valores biológicos de los parques, la estructura causal de los ecosistemas y los resultados probables de intervenciones de gestión específicas. También promoverán la comprensión y apoyarán la comunicación dentro de PV y con las partes interesadas externas, al proporcionar una forma transparente de comunicar la lógica detrás de las acciones de gestión. El objetivo es poder tomar decisiones de gestión claras, informables y explicables (McNay et al., 2006).

OBJETIVOS

Parks Victoria tiene dos programas que podrían beneficiarse del desarrollo de modelos conceptuales de ecosistemas: (1) Niveles de protección, que tiene como objetivo identificar prioridades para la gestión, y (2) el programa Signs of Healthy Parks, que tiene como objetivo evaluar el desempeño de esa gestión. Ambos programas necesitan formas de identificar cuáles son los principales valores, amenazas y problemas emergentes en estos sistemas y determinar la eficacia de las actividades de gestión, mientras aseguran que los diferentes programas sean consistentes entre sí. Los modelos conceptuales tienen el potencial para cumplir este papel y contribuir a la selección de variables para el seguimiento.

El abordaje de objetivos asociados con la gestión de los sistemas naturales no puede verse restringido por información empírica incompleta o sesgada (McNay et al., 2006). Las decisiones sobre la gestión deben ser tomadas por

gerentes incluso cuando se enfrentan a la incertidumbre. El objetivo de este trabajo es investigar métodos para usar la información disponible (de todas las fuentes) para tomar decisiones de manejo claras y explicables e identificar áreas para futuras investigaciones.

El programa piloto exploró tres métodos de modelado alternativos, utilizando Grasslands como estudio de caso. Un enfoque de modelado ideal sería uno que (1) capture efectivamente el conocimiento de las interacciones ecológicas, (2) sea lo suficientemente simple para uso operativo, (3) comunique la comprensión causal de manera efectiva a los administradores y partes interesadas, y (4) no sea prohibitivamente costoso en el tiempo y los recursos necesarios para la construcción del modelo.

El método de modelado también necesitaba entregar un producto que presentara la comprensión contemporánea a los gerentes y partes interesadas de manera transparente y explícita, como un medio de comunicación y apoyo a la toma de decisiones. La transparencia en las fuentes de información y supuestos permite cuestionar las ideas, la lógica y el razonamiento detrás de los modelos; la evaluación de las diferencias relativas entre perspectivas alternativas en la comprensión causal; y el mérito relativo de los diferentes enfoques de gestión (McNay et al., 2006).

El desarrollo de estos modelos ayudará a PV con preguntas clave de gestión, es decir, qué gestionar (priorizar las amenazas), qué monitorear y qué investigación hacer. Los modelos conceptuales proporcionarán un medio transparente para comunicar los valores, las amenazas y los impulsores en los tipos de ecosistemas; hacer explícito qué es lo que pretendemos proteger; y lo que medimos ure para medir nuestra eficacia. Es un método que se puede usar para transmitir al personal y otras partes interesadas cómo el monitoreo se enfoca en varios procesos del ecosistema, amenazas e impactos de las acciones de manejo. Esperamos que estos modelos sean útiles para - planes corporativos y de negocios (casos de financiamiento) y también para informar políticas, especialmente en un sentido estratégico.

Así, los objetivos del programa piloto fueron:

- Recopilar la información necesaria para describir los ecosistemas de pastizales de Victoria, incluidos los valores que deben protegerse, los procesos amenazantes y las posibles intervenciones de gestión.
- Usar mapas causales, redes bayesianas y modelos de transición de estado para modelar estos sistemas
- Documentar las fortalezas y debilidades de cada método de modelado para su uso en la gestión de parques victorianos por PV

Las siguientes secciones brindan antecedentes en los dominios de los pastizales y el modelado ecológico. Siguiendo estos antecedentes, se presenta el método y los resultados del programa piloto.

ANTECEDENTES: PASTIZALES

Los pastizales de tierras bajas en el sureste de Australia se han reducido en gran medida en área y condición en toda su área de distribución original, incluso en Victoria; Los impulsores del cambio han sido el desmonte, el pastoreo de ganado y el cultivo. Los ecosistemas australianos evolucionaron con una baja presión de pastoreo por parte de los herbívoros nativos y, debido a esto, los grandes rebaños de ovejas y ganado que se introdujeron después del asentamiento tuvieron impactos inmediatos y severos en los suelos, los procesos del paisaje, la flora y la fauna (Mack y Thompson, 1982; Lunt et al., 2007).

El pastoreo influye en la condición de los pastizales a través de varias vías: cambios florísticos relacionados con diferencias en la palatabilidad y tolerancia a la defoliación, compactación y perturbación del suelo, invasión de malezas y modificaciones en el ciclo de nutrientes y pérdida de diversidad estructural (Dorrough et al., 2004; Lunt et al. al., 2007). El pastoreo también ha resultado en un aumento del suelo desnudo, especialmente al final del verano cuando la humedad del suelo es baja. La tala generalizada y la pérdida de pastos perennes de raíces profundas conducen a la interrupción de los procesos físicos, cambios que pueden conducir a la salinización y amenazar la flora y la fauna restantes (Prober y Thiele, 2005). El pastoreo también puede ser una herramienta de manejo útil si controla la biomasa de las plantas existentes potencialmente dominantes y sensibles al pastoreo (nativas o exóticas); mantiene la estructura del hábitat; y mejora la diversidad de especies y estructuras vegetales (Lunt et al., 2007).

Themática triandra es la especie dominante de los pastizales nativos en suelos volcánicos en el oeste de Victoria (Morgan y Lunt, 1999). *Themeda* es más productiva en los primeros tres o cuatro años después del incendio, después de lo cual la productividad disminuye. Antes de la colonización europea y la limpieza y el cultivo del hábitat de los pastizales, el fuego era una fuente regular de perturbación para estos pastizales. Morgan y Lunt (1999) estiman que son necesarios intervalos de menos de cinco años para mantener la salud de estos sistemas dominados por *Themeda*.

La quema también es importante para la flora nativa intertussock que puede eliminarse rápidamente de los pastizales debido a la fuerte competencia de *Themeda* . en ausencia de perturbación. Las especies de fauna, como el dragón sin orejas y el vagabundo de las llanuras, también dependen de la creación de espacios entre tussocks . Los conjuntos de fauna autóctona de los pastizales se han reducido y simplificado mucho desde que el asentamiento de los mamíferos terrestres de tamaño mediano que una vez habitaron estas áreas ahora está en su mayoría extinto (Prober y Thiele, 2005).

Los pastizales son sistemas dinámicos que requieren perturbaciones periódicas para mantener los procesos naturales y la diversidad de especies; esta perturbación ahora es proporcionada principalmente por los administradores de la tierra. Las posibles actividades de manejo en los pastizales incluyen manipulaciones de la presión de pastoreo (nativas e introducidas) y regímenes de incendios, siega o tala, uso selectivo de herbicidas y la reintroducción de especies nativas. Una intervención de manejo particular se enfocará en problemas específicos en un pastizal (o una sección de pastizal). Por ejemplo, puede centrarse en el control de malezas, el manejo de la biomasa, el mantenimiento de los requisitos del hábitat para especies específicas, la mejora de la estructura del suelo o el equilibrio de nutrientes. Cualquier acción de manejo puede tener múltiples beneficios.

ANTECEDENTES: MODELIZACIÓN ECOLÓGICA

Los modelos ecológicos se utilizan para examinar, comparar y contrastar hipótesis que pueden explicar los patrones observados en los sistemas naturales. Un modelo individual que sea coherente y consistente con las observaciones puede considerarse como una hipótesis formal de la dinámica del sistema (Neuhauser , 2001). Las herramientas de modelado estadístico en ecología se han basado tradicionalmente en métodos frecuentistas (Polino , White y Hart, 2007). Estos se han utilizado para explicar patrones en sistemas ecológicos donde las causas son únicas y separables, y la discriminación se puede proporcionar utilizando hipótesis por pares y una respuesta simple de sí o no (Holling y Allen, 2002). Sin embargo, es probable que las causas en los sistemas ecológicos sean múltiples y se superpongan (Holling y Allen, 2002), y los datos suelen ser escasos.

La predicción del comportamiento de los ecosistemas es intrínsecamente incierta y el conocimiento de estos sistemas siempre será incompleto. Además, el propio sistema es

dinámico y en evolución debido a las intervenciones de manejo y otros - impactos antropogénicos (Walters y Holling , 1990). Levins (1966) propuso un enfoque mediante el cual los modelos se utilizan para simplificar de una manera que "preserva las características esenciales del problema". Señaló que todos los modelos dejan afuera mucha información y que son falsos, incompletos e inadecuados. Levins sugirió que la precisión podría sacrificarse por el realismo y la generalidad utilizando modelos flexibles (a menudo gráficos).

La descripción de la dinámica de los pastizales de la sección anterior (un resumen de un documento más completo que apareció en el informe del programa piloto) representa una síntesis escrita de la literatura de investigación, junto con comentarios sobre valores ecológicos, amenazas y posibles opciones de manejo. Las revisiones de la literatura son, con mucho, el enfoque más común utilizado en la toma de decisiones basada en evidencia en los sistemas ecológicos. Sin embargo, es poco probable que sea el mejor enfoque. La complejidad de las interacciones, la escala variable involucrada en los estudios individuales y las narrativas especulativas de causa y efecto que vinculan las acciones de gestión con los resultados conspiran contra la capacidad del lector para formar una comprensión coherente.

Los modelos gráficos proporcionan un enfoque más eficaz. Axelrod (1976) sostuvo que “cuando un mapa cognitivo se representa en forma de gráfico, entonces es relativamente fácil ver cómo cada uno de los conceptos y las relaciones causales se relacionan entre sí y ver la estructura general de todo el conjunto de afirmaciones representadas.” de Bruin et al. (2009) probaron la comprensión de los riesgos médicos entre los participantes del estudio a quienes se les proporcionaron materiales de comunicación basados en escenarios escritos o modelos gráficos. Las representaciones gráficas superaron sustancialmente a los escenarios en cuanto a mejorar la comprensión de los riesgos por parte de las personas.

El estudio actual exploró tres enfoques alternativos para la captura gráfica de nuestra comprensión de la dinámica de los pastizales: mapas causales, es decir, una forma adoptada de mapas conceptuales utilizando CmapTools (IHMC, 2008); redes bayesianas usando Netica (Norsys , 2005); y modelos de transición de estado.

Mapas causales

Los mapas casuales (también conocidos como diagramas de influencia) son un tipo de red.

basado en el modelo que se utiliza para representar el conocimiento del dominio de los expertos

(Nadkarni y Shenoy, 2001). Expresan el juicio de que ciertos

eventos o acciones conducirán a resultados particulares . Los individuos razonan acumulando piezas de información posiblemente significativas y organizándolas en relación unas con otras y combinándolas para sacar conclusiones. Usamos dichos procesos para juntar eventos de causa y efecto en series para predecir el curso futuro de los eventos (Nadkarni y Shenoy, 2001). Se crean marcos más grandes cuando se juntan conjuntos más pequeños de relaciones causales (cf., Klein, Moon y Hoffman, 2006). Los componentes de un mapa causal son los factores que influyen en el sistema que se está modelando (nodos) y las relaciones causales entre los nodos (arcos o flechas). La dirección de las flechas implica causalidad. Estas mismas características son características distintivas de los mapas conceptuales, que requieren que se incluya un texto explicativo como parte de la flecha y ayudan a describir la naturaleza de la relación.

Redes bayesianas

Las redes bayesianas (BN) son un tipo de modelo probabilístico gráfico, cuya base es un diagrama de influencia (como se describió anteriormente) que conceptualiza el sistema a gestionar (Cain, 2001). Los BN se pueden usar para muchos propósitos, desde ilustrar una comprensión conceptual de un sistema hasta calcular probabilidades conjuntas para hacer predicciones, sacar inferencias y explorar opciones de decisión (Nyberg, Marcot y Sulyma , 2006). Las flechas entre los nodos representan dependencias causales basadas en la comprensión del proceso, estadística u otros tipos de asociación (Polino , White y Hart, 2007). Los BN se incluyeron en el estudio por su capacidad para representar la fuerza de la relación causal entre variables, como una comparación con la metodología de mapas casuales, particularmente para comparar el tiempo requerido para el desarrollo y la utilidad esperada para fines de gestión.

Transición de estado

Los modelos de transición de estado (ST) son diagramas que representan estados observados o teóricos. Las flechas representan las transacciones teóricas o observadas entre estos estados (Jackson, Bartolomé y Allen-Diaz, 2002). Los modelos ST se utilizan para conceptualizar el comportamiento complejo de los sistemas dinámicos. Tienen la capacidad y flexibilidad para acomodar varios tipos de conocimiento e información (Westoby, Walker y Noy-Meir, 1989). El

Los componentes primarios de los modelos ST son estados, transiciones y umbrales (Stringham, Krueger y Shaver, 2003) que están determinados por la resiliencia de un sistema y su respuesta a los procesos primarios. Se pretende que funcionen sobre la base de criterios gerenciales más que ecológicos (Westoby, Walker y Noy-Meir, 1989).

MÉTODOS Y RESULTADOS

Los componentes básicos de los tipos de ecosistemas que ocurren en Victoria se identificaron en un taller realizado por la rama de investigación de PV. Este trabajo se ha utilizado como base para futuras investigaciones sobre los sistemas de pastizales, incluida una revisión de la literatura, un proceso de elicitación con expertos y otras partes interesadas, y una participación y consulta continuas con el personal de campo, investigación y conservación de PV.

El primer paso en el proceso de modelado involucró el mapeo de un mapa causal (conceptual) para pastizales. Esto se llevó a cabo utilizando CmapTools, que capturó información causal y la representó en un Mapa Conceptual. El objetivo era producir un modelo estructurado para representar, de la manera más clara y concisa posible, las relaciones entre las amenazas y los valores y procesos que PV pretende proteger.

El siguiente paso en el proceso involucró una parametrización formal del modelo de red bayesiano, donde las relaciones entre amenazas, valores y procesos fueron informados por diferentes tipos de datos (es decir, datos cuantitativos) . y datos cualitativos, evidencia anecdótica, opinión de expertos y el resultado de otros procesos de modelado). Los vínculos e interacciones entre valores , amenazas y procesos se describieron numéricamente para indicar su fuerza. Se usaron modelos ST para explorar las diferentes intervenciones de manejo posibles y sus resultados probables. Los resultados de esta parte del estudio no se presentan aquí, excepto para ilustrar las fortalezas y debilidades comparativas de cada método.

Mapa causal de pastizales

Se realizó una extensa revisión de la literatura para los pastizales de Victoria y se elaboró un mapa causal, que se muestra en la Figura 8.1. Los cuadros con el contorno sólido en la Figura 8.1 representan los factores y procesos que amenazan

Climate Change

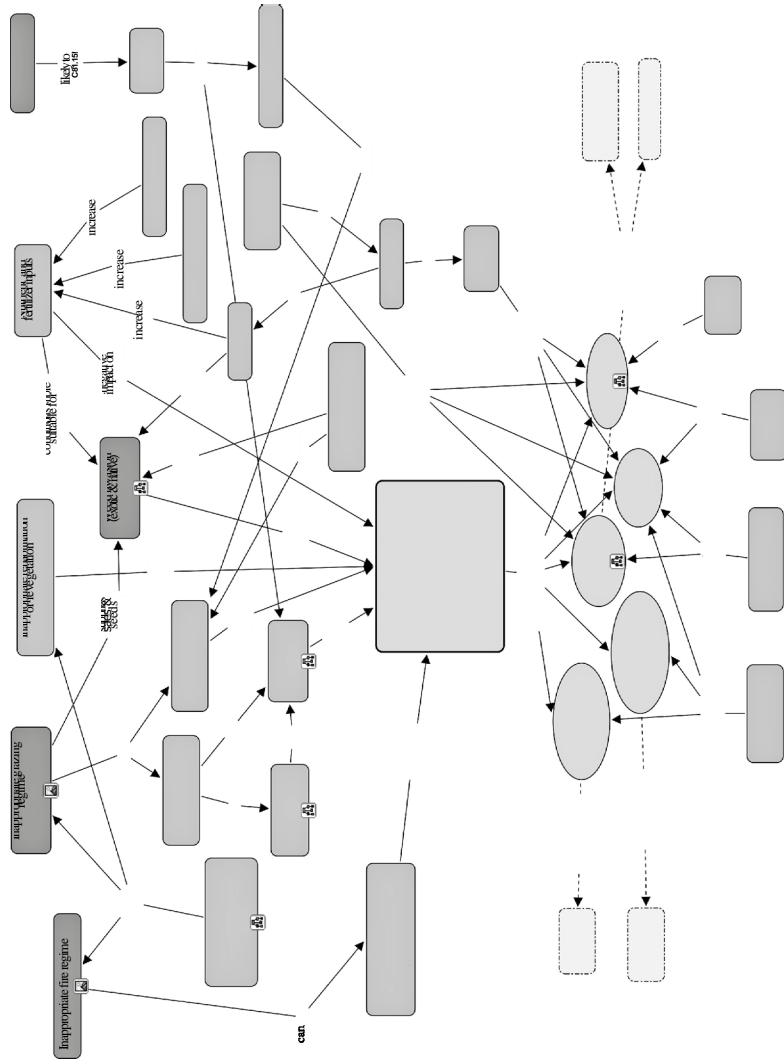


FIGURE 8.1
Causal map for Themeda-dominated grasslands.

pastizales, y el impacto en los indicadores del estado de los pastizales que se describen en el cuadro central grande, "Indicadores de pastizales", que a su vez afectan las cosas que valoramos sobre estos sistemas de pastizales (representados por óvalos). Estos valores incluyen especies y comunidades amenazadas y especies nativas de plantas, invertebrados, reptiles y aves. Los valores de los pastizales se obtuvieron del personal de Parks Victoria, la literatura, los administradores de tierras y los expertos en pastizales. Los recuadros con el contorno discontinuo representan lo que podría medirse potencialmente para monitorear la efectividad de las estrategias de gestión que apuntan a proteger estos valores.

Las principales amenazas subyacentes a la persistencia de los pastizales están representadas por nodos de color gris más oscuro. Estos incluyen: régimen de fuego inapropiado, régimen de pastoreo inapropiado, invasión de malezas y cambio climático. Los nodos de color gris más claro se utilizan para describir los procesos a través de los cuales las amenazas clave actúan para influir en el estado de los sistemas de pastizales. Por ejemplo, un régimen de pastoreo inapropiado provocará la compactación del suelo, lo que dañará la corteza del suelo e impactará en la hidrología al reducir la infiltración (Bowker et al., 2006). El pastoreo también puede cambiar la composición de especies de los pastizales, ya que algunas especies son más apetecibles que otras y las especies varían en su tolerancia a la defoliación repetida. El cultivo de especies fijadoras de nitrógeno introducidas y el uso de fertilizantes fosfatados han conferido una ventaja competitiva a las especies de malezas sobre muchas de las plantas autóctonas de los pastizales. Un cambio en el régimen de incendios previo al asentamiento también ha tenido un impacto en los pastizales, que requieren quemas periódicas para reducir la biomasa y crear entretussock, lagunas para especies autóctonas de plantas y animales.

Los recursos asociados con varios de los nodos en la Figura 8.1 indican dónde se ha proporcionado información adicional (p. ej., modelos ST, subredes, fotos, mapas). Se proporcionaron más detalles sobre tres de las principales amenazas. El nodo de malezas tiene adjunto un Cmap, que describe en detalle los factores que se deben considerar al planificar las actividades de manejo de malezas y los resultados probables de las acciones de manejo. Cada uno de los nodos de incendios y pastoreo tiene asociado un modelo ST, que describe los estados potenciales en los que puede encontrarse un pastizal (o una sección de pastizal) y las posibles intervenciones de gestión que se pueden utilizar para causar una transición entre un estado y otro. La Figura 8.2 presenta el modelo ST para el manejo del fuego en un pastizal dominado *por Themeda*; los recuadros representan los diferentes estados, los óvalos las posibles acciones de manejo y los rombos el efecto moderador de la temporada de la quema.

Los estados en el modelo son un estado histórico previo al asentamiento teorizado , un estado degradado que ha resultado del pastoreo intenso, la perturbación del suelo y los aportes de nutrientes (baja biodiversidad floral, estructura del suelo degradada y dominado por especies de malezas); un estado degradado que ha resultado de la falta de perturbación (alta biomasa *de Themeda* , baja biodiversidad floral); un estado que ha sido quemado (pero difiere en sus características según la temporada de la quema); y un pastizal saludable que ha resultado de la quema regular y la reintroducción de especies que han desaparecido debido a un banco de semillas no persistente (el estado “deseado”). El estado saludable requiere quemas periódicas (período entre fuegos inferior a cinco años) o volverá a un estado degradado.

Los recursos adicionales discutidos anteriormente brindan detalles adicionales que no se pueden incluir en el modelo principal. Ciertos nodos también se anotan y, por lo tanto, pueden mostrar detalles de referencias clave cuando el cursor se coloca sobre el nodo (cuando se ve en CmapTools). Estas características permiten que el modelo se utilice como un depósito de información a la que se accede muy fácilmente.

Valores e Indicadores

Para que los modelos ecológicos sean útiles en el apoyo a la toma de decisiones, deben proporcionar un vínculo entre las acciones de gestión y la respuesta del ecosistema. Además, la herramienta de apoyo a la toma de decisiones será más efectiva si la respuesta del ecosistema está representada por un atributo que preocupa a las partes interesadas (Reckhow , 1999; Borsuk, 2004). Para ello, se deben explicitar valores e indicadores que puedan servir para medir el estado de estos valores. Los atributos utilizados para medir la condición de los pastizales se han incluido en el Mapa conceptual que se muestra en la Figura 8.1 e incluyen:

- Estructura heterogénea (mosaico espacial y temporal), que proporciona los nichos para una diversidad de especies de flora y fauna en una variedad de escalas (Eddy, 2002; Lunt et al., 2007).
- Una baja proporción de especies de malezas, cuyo corolario es que hay una alta proporción de especies de plantas nativas.
- La estabilidad del suelo, que es fundamental para resistir la erosión; una buena estructura del suelo también es importante para la infiltración de agua y la provisión de hábitat (McIntyre y Tongway , 2005; Pellant , Shaver y Pyke, 2005).
- Un ecosistema autosuficiente tiene ciclos naturales y servicios ecosistémicos intactos (p. ej., ciclo de nutrientes, hidrología, suministro de semillas).

EVALUACIÓN DEL MÉTODO DE MODELADO DE MAPAS CASUAL

Se encontró que los Mapas conceptuales son útiles para la comunicación y para estimular la discusión en las múltiples rondas de retroalimentación realizadas como parte del desarrollo del modelo. Se consultó a expertos en gestión de pastizales de las oficinas regionales de Parks Victoria (en entrevistas), así como al personal de investigación y conservación de la oficina de la ciudad (en un taller y varias reuniones). Hubo un amplio consenso con respecto a la estructura general del modelo y la representación de las relaciones causales. Surgieron diferencias en torno a cuáles de las muchas amenazas potenciales e intervenciones de manejo deberían incluirse. En cada caso, se llegó a un acuerdo y se modificó el componente o relación del modelo para reflejar la opinión de consenso . También se aclararon los valores prioritarios y varias personas defendieron con éxito la inclusión de valores adicionales.

Una parte importante del programa de retroalimentación fue tener una idea de si las amenazas, los procesos, las acciones de manejo y los valores específicos podrían aplicarse a los pastizales en todo el estado, y dónde era probable que hubiera diferencias. Se acordó que no todos los componentes representados en el Mapa conceptual principal (Figura 8.1) serían importantes en todas las regiones y parques donde se encuentran los pastizales. Se espera que, en la práctica, los administradores revisen el mapa casual y lo modifiquen para las condiciones específicas de su parque. En este sentido, el mapa causal podría servir como un repositorio de conocimiento accesible y un medio para la comunicación (Minger y Rosenhead , 2004), así como una lista de verificación de las amenazas, procesos y acciones de gestión que deben considerarse y cómo se relacionan con los valores identificados. Los mapas conceptuales también incluyeron investigaciones recientes sobre pastizales , que tienen el potencial de incorporarse en el manejo de estos sistemas (p. ej., enfoques novedosos para manejar amenazas específicas en pastizales , como el desequilibrio de nutrientes del suelo).

Fortalezas

La capacidad de representar sistemas ecológicos complejos y la opción de vincular a submodelos (que contienen detalles adicionales) se percibieron como características útiles .
turas de este método. Los enlaces en los mapas causales indican causalidad. Como la mayoría

las personas pueden expresar su comprensión de un sistema de esta manera,
este método era accesible para aquellos sin capacitación formal en modelado.

En la introducción de este capítulo se identificó que un enfoque de modelado ideal sería uno que (1) capture efectivamente las interacciones ecológicas, (2) sea lo suficientemente simple para uso operativo, (3) comunique la comprensión causal de manera efectiva a los administradores y partes interesadas, y (4) no es prohibitivamente caro en el tiempo y los recursos necesarios para la construcción del modelo. Los Mapas Conceptuales desarrollados aquí usando CmapTools fueron capaces de lograr estos objetivos. Fueron efectivos para capturar las importantes - interacciones ecológicas que ocurren en los pastizales de Victoria, usando relaciones de causa-efecto, que son directas y generalmente fáciles de entender. El modelo principal (Figura 8.1) incluye suficiente información para ser considerado como una herramienta independiente, aunque se puede acceder a más detalles (como recursos adjuntos a componentes específicos dentro del modelo principal). Los mapas conceptuales también pudieron desarrollarse con relativa rapidez en comparación con el desarrollo del BN para los pastizales de Victoria.

El modelo BN desarrollado requería considerablemente más recursos en comparación con los mapas conceptuales y, debido a esto, los gerentes de PV decidieron que estos modelos no se buscarían como parte del programa de modelo conceptual actual. Sin embargo, en el futuro pueden ser considerados para problemas de manejo complejos, donde su habilidad para hacer inferencias (particularmente con diferentes combinaciones de acciones de manejo) y representar incertidumbre sería ventajosa.

El uso de estos modelos como depósito de conocimiento y comprensión del ecosistema se consideró de gran valor, especialmente al tener todos los hechos e información relevantes en el mismo lugar. Se consideró que eran particularmente útiles para capturar la especie, la comunidad y el conocimiento ecológico de los individuos, que puede haberse acumulado durante varias décadas, pero que puede no ser capturado por ningún otro sistema de registro. También serían útiles para comunicarse con partes interesadas externas y para la transferencia de conocimientos al capacitar al nuevo personal (reduciendo el impacto de la rotación de personal).

debilidades

Se pensaba que los mapas causales no se adaptaban bien a la inferencia. La influencia neta -

La existencia de múltiples vías causales suele ser indeterminada. Mapas causales

no puede modelar fácilmente la incertidumbre (todas las variables en el Mapa conceptual presentado aquí tienen el mismo nivel de certeza) y la representación de las variables de decisión es estática (Huff, 1990; Laukkanen, 1996). Identificar el nivel de incertidumbre puede ser muy importante al hacer inferencias porque las observaciones de las variables pueden ser inciertas, la información puede estar incompleta o las variables involucradas pueden ser vagas.

La dificultad de representar los efectos de umbral en los mapas conceptuales se consideró un inconveniente, aunque se decidió que estos efectos podrían incorporarse en los modelos ST más detallados en la jerarquía del modelo.

CONCLUSIONES

Las interacciones ecológicas son complejas y los problemas de gestión de la conservación suelen estar mal definidos y mal estructurados. La complejidad de los sistemas naturales no se presta a la estructuración y formulación mediante modelos cuantitativos elaborados o la simple resolución intuitiva de problemas. Más bien, dar sentido a estas situaciones requiere considerar, y muchas veces negociación, modelos alternativos de la situación mal estructurada. La captura gráfica de narrativas individuales y colectivas de causa y efecto ayuda a la formulación de problemas al facilitar el intercambio de perspectivas alternativas y trabajar hacia una perspectiva colectiva (Massey y Wallace, 1996).

Los modelos conceptuales pueden representar formalmente un resumen de la comprensión de los expertos sobre los ecosistemas y pueden utilizarse para identificar y priorizar las necesidades de información específicas asociadas con la gestión de los ecosistemas. De esta manera, los modelos conceptuales forman la base de un enfoque integrado y holístico de la gestión y la investigación. La gestión de los valores naturales en los parques de Victoria se beneficiaría de un modelo causal integral para cada tipo de ecosistema, que incluiría todas las amenazas, valores, procesos importantes y posibles componentes medibles para propósitos de monitoreo.

Se enfatizó que las hipótesis, afirmaciones, literatura y observaciones que justifican la estructura de cada modelo podrían documentarse completamente mediante el uso de mapas conceptuales, lo que permite cuestionar y evolucionar las estructuras del modelo. Esto se consideró particularmente importante en el contexto del programa de manejo adaptativo (un proceso iterativo estructurado que

166 • Mapeo conceptual aplicado

emplea el uso de “experimentos de gestión” con el objetivo de mejorar la toma de decisiones y reducir la incertidumbre a través del tiempo a través del monitoreo) perseguido por PV (p. ej., Robley y Wright, 2003).

REFERENCIAS

- Axelrod, R. 1976. *Estructura de decisión: Los mapas cognitivos de las élites políticas*. Princeton, Nueva Jersey: Princeton University Press.
- Borsuk, ME 2004. Evaluación predictiva de la salud y muerte de peces en el estuario del río Neuse utilizando el juicio de expertos obtenidos. *Evaluación de riesgos humanos y ecológicos* 10, 415–434.
- Bowker, MA, J. Belnap, DW Davidson y Goldstein, H. 2006. Correlatos de biología abundancia de la corteza del suelo a lo largo de un continuo de escalas espaciales: soporte para un modelo jerárquico modelo conceptual. *Revista de Ecología Aplicada* 43, 152–163.
- Cain, J. 2001. *Planificación de mejoras en la gestión de recursos naturales: Directrices para el uso* *Redes bayesianas para apoyar la planificación y gestión de programas de desarrollo en el sector del agua y más allá*. Oxon, Reino Unido: Centro de Ecología e Hidrología.
- de Bruin, WB, U. Guvenc y B. Fischhoff, et al. 2009. Comunicando sobre xenotrans - plantación: Modelos y escenarios. *Análisis de riesgos* 29, 1105–1115.
- Dorrough, J., A. Yen y V. Turner, et al. 2004. Manejo del pastoreo de ganado y conservación de la biodiversidad en paisajes de pastos templados de Australia. *Revista australiana de investigación agrícola* 55, 279–295.
- Eddy, D. 2002. *Manejo de pastizales nativos: una guía para el manejo para la conservación, producción y protección del paisaje*. Sídney: WWF Australia.
- Holling, CS y CR Allen. 2002. Inferencia adaptativa para distinguir patrones creíbles de increíbles en la naturaleza. *Ecosistemas* 5, 319–328.
- Huff, AS 1990. *Mapeo del pensamiento estratégico*. Nueva York: John Wiley & Sons.
- IHMC. 2008. Cmaptools 4.16. Pensacola, FL: Instituto para la cognición humana y mecánica: <http://cmap.ihmc.us/conceptmap.html>.
- Jackson, RD, JW Bartolome y B. Allen-Diaz. 2002. Modelos de estado y transición: Respuesta a un simposio de la ESA. *Boletín de la Sociedad Ecológica de América* 83, 194–196.
- Klein, G., B. Moon y RR Hoffman. 2006. Dar sentido a la creación de sentido 2: un modelo macrocognitivo. *Sistemas inteligentes IEEE* 21, 88–92.
- Laukkanen, M. 1996. Mapeo comparativo de causas de la cognición organizacional. En *Cognición dentro y entre organizaciones*, eds. JR Meindl, C. Stubbart y JF Porac. Beverley Hills, CA: Sabio.
- Levins, R. 1966. La estrategia de construcción de modelos en biología de poblaciones. *científico americano* 54, 421–431.
- Lunt, ID, DJ Eldridge y JW Morgan, et al. 2007. Un marco para predecir los efectos del pastoreo de ganado y la exclusión del pastoreo en los valores de conservación de los ecosistemas naturales de Australia. *Revista australiana de botánica* 55, 401–415.
- Mack, R. N. y JN Thompson. 1982. Evolution in steppe with few large, unguled mam mals. *Naturalista estadounidense* 119: 757–773.

- Massey, A. P. y WA Wallace. 1996. Comprender y facilitar la estructuración y formulación de problemas grupales : representaciones mentales, interacción y ayudas para la representación. *Decision Support Systems* 17, 253–274.
- McIntyre, S. y D. Tongway . 2005. Estructura de pastizales en pastos nativos: Vínculos con la condición de la superficie del suelo. *Gestión y Restauración Ecológica* 6, 43–50.
- McNay , RS, BG Marcot y V. Brumovsky et al. 2006. Un enfoque bayesiano para evaluar el hábitat del caribú de los bosques en el centro-norte de la Columbia Británica. *Revista canadiense de investigación forestal* 36, 3117–3133.
- Mingers , J. y J. Rosenhead . 2004. Métodos de estructuración de problemas en acción. *Revista europea de investigación operativa* 152, 530–554.
- Morgan, J.W. e ID Lunt. 1999. Efectos del tiempo transcurrido desde el incendio en la dinámica de las matas de una hierba dominante (*Themeda triandra*) en una pradera australiana templada. *Conservación biológica* 88, 379–386.
- Nadkarni, S. y PP Shenoy. 2001. Un enfoque de red bayesiana para hacer inferencias en mapas causales. *Revista europea de investigación operativa* 128, 479–498.
- Neuhauser , C. 2001. Desafíos matemáticos en ecología espacial. *Avisos de la AMS* 48, 1304–1314.
- Norsys . 2005. Netica , www.norsys.com.
- Nyberg, JB, BG Marcot y R. Sulyma . 2006. Uso de redes de creencias bayesianas en la gestión adaptativa. *Revista canadiense de investigación forestal* 36, 3101–3116.
- Pellant , M., PL Shaver y DA Pyke, et al.. 2005. Interpretación de los indicadores de la salud de los pastizales, Versión 4. Referencia técnica 1734-6. Denver, CO: Departamento del Interior de EE. UU., Oficina de Administración de Tierras, Centro Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Pollino , CA, AK White y BT Hart. 2007. Examen de conflictos y estrategias mejoradas para la gestión de una especie de eucalipto en peligro de extinción utilizando redes bayesianas . *Modelado ecológico* 201, 37–59.
- Prober, S. M. y KR Thiele. 2005. Restauración de los pastizales templados y los bosques cubiertos de hierba de Australia : Integración de la función y la diversidad. *Gestión y restauración ecológica* 6, 16–27.
- Reckhow , KH 1999. Predicción de la calidad del agua y modelos de redes de probabilidad. *Revista canadiense de pesca y ciencias acuáticas* 56, 1150–1158.
- Robley , A. y J. Wright. 2002-2003. Manejo Experimental Adaptativo de Zorros. Informe anual del año 2, julio de 2002–junio de 2003. Serie técnica de Parks Victoria No. 2. Parks Victoria, Melbourne.
- Stringham, TK, WC Krueger y PL Shaver. 2003. Modelado de estado y transición: un enfoque de proceso ecológico. *Revista de gestión de pastizales* 56, 106–113.
- Westoby, M., B. Walker e I. Noy-Meir. 1989. Manejo oportunista de pastizales no en equilibrio. *Revista de gestión de pastizales* 42, 266–274.
- Walters, C. J. y CS Holling . 1990. Experimentos de gestión a gran escala y aprendizaje práctico . *Ecología* 71, 2060–2068.