

Robustez en las redes de gobernanza colaborativa e implicaciones para la conservación del paisaje en el Mosaico do Espinhaço, Brasil

Andrés Burgos¹

Centro de Desarrollo Sostenible de la Universidad de Brasilia, Brasil

Frédéric Mertens

Centro de Desarrollo Sostenible de la Universidad de Brasilia, Brasil

RESUMEN

El artículo analiza las propiedades estructurales y la robustez de una red de gobernanza colaborativa ($n = 230$) que opera en una iniciativa de conservación del paisaje en Brasil para probar el mantenimiento de las funciones de la red a lo largo del tiempo. Examinamos la robustez de la red después de eliminaciones aleatorias y dirigidas que simulan cambios socioambientales en esa iniciativa de conservación. Nuestro análisis, apoyado también en datos empíricos longitudinales de rotación de actores, indica que la red de gobernanza es altamente robusta a las pruebas realizadas, pues parece poco probable que niveles razonables de salida de actores causen una fragmentación significativa de la misma. Sin embargo, la red es más vulnerable a la remoción de los actores más centrales y de aquellos especialmente importantes en la gestión de los recursos naturales que a la eliminación aleatoria de parte de sus miembros, lo que evidencia el protagonismo de estos actores en la articulación de la red y mantenimiento del proceso de gobernanza. Los procedimientos metodológicos utilizados permiten identificar vulnerabilidades potenciales de las redes de gobernanza a diferentes perturbaciones y respaldar planes de conservación del paisaje a largo plazo.

Palabras clave: *Colaboración – Áreas protegidas – Gestión integrada del paisaje – Robustez – Análisis de redes sociales.*

ABSTRACT

The article analyzes the structural properties and robustness of a collaborative governance network ($n = 230$) that operates in a landscape conservation initiative in Brazil to test the maintenance of network functions over time. We explore the network robustness after random eliminations and targeted removals, and which simulate socio-environmental changes in this conservation initiative. Our analysis, also supported by longitudinal empirical data on actor turnover, indicates that the governance network is highly robust to tests carried out, since it is unlikely that reasonable levels of exit of actors would cause a significant fragmentation of the network. However, the network is more vulnerable to removals of the most central actors and those especially important in natural resource management than to the random elimination of part of its members, indicating the prominence of these actors in the network articulation and governance process maintenance. The methodological procedures used in this study can help identify potential governance networks vulnerabilities to different disturbances and support long-term landscape conservation plans.

Key words: *Collaboration – Protected areas – Integrated landscape management – Robustness – Social networks analysis.*

¹ Contacto: Andrés Burgos (anburgosdelgado@gmail.com), Frédéric Mertens (mertens.br@gmail.com)

INTRODUCCIÓN

La conservación del paisaje refleja la necesidad de ir más allá de la creación de áreas protegidas (AP) aisladas y ampliar los esfuerzos de gestión para proteger sistemas naturales completos y mantener los procesos ecológicos a largo plazo (Lindenmayer & Burgman, 2005). Enfoques de conservación del paisaje buscan promover la integración armoniosa de personas y naturaleza para el desarrollo sostenible y dentro de una escala regional como escenario que responde adecuadamente a las necesidades espaciales de los organismos (González-Maya, Chassot, Espinel, & Cepeda, 2011; Meine, Soulé, & Noss, 2006; Pressey & Bottrill, 2009). Independientemente de la terminología que adopten (e. g., paisajes de conservación, conservación a gran escala, conservación de grandes paisajes, conservación biorregional; Fitzsimons, Pulsford, & Wescott, 2013; Miller, 1996; Poiani, Richter, Anderson, & Richter, 2000; Sayer et al., 2007), las iniciativas de conservación del paisaje comprenden, normalmente, combinaciones heterogéneas de uso y cobertura de la tierra y una amplia gama de actores que necesitan colaborar, a partir de una óptica de largo plazo, para planificar e implementar diferentes tipos de actividades de conservación (Guerrero, Mcallister, & Wilson, 2015; Worboys, Francis, & Lockwood, 2010).

Incorporar la dimensión temporal en la planificación y gestión asociada a la conservación del paisaje es importante porque el mantenimiento y mejora de los ecosistemas y servicios ecosistémicos requiere perspectivas duraderas que respeten los ciclos de la naturaleza y el tiempo ecológico, que pueden abarcar años, décadas o incluso siglos. La introducción de este tipo de perspectiva temporal en proyectos y acciones de conservación del paisaje permite a los actores beneficiarse del aprendizaje y desarrollar competencias y habilidades para hacer frente a las dinámicas interrelacionadas de recursos y ecosistemas, así como a la incertidumbre, imprevisibilidad y sorpresa (Folke, Hahn, Olsson, & Norberg, 2005; Worboys et al., 2015).

Lograr la efectividad de las acciones de conservación del paisaje pasa por garantizar que los sistemas de gobernanza tengan alta capacidad adaptativa para soportar las perturbaciones que se producen a lo largo del tiempo y asegurar el mantenimiento de las funciones que benefician la conservación (Borrini-Feyerabend & Hill, 2015; Lockwood, 2010). La capacidad adaptativa de los sistemas de gobernanza depende de diversos procesos clave. Entre ellos destacan la comunicación entre diversos actores, el intercambio de ideas y

experiencias, así como la capacidad de transferencia de conocimiento entre la mayoría de los individuos y/o grupos y que posibilitan el aprendizaje, la capitalización del conocimiento y la planificación a largo plazo.

Los sistemas de gobernanza pueden ser caracterizados por medio de sus formas de organización en red (Mertens et al., 2011). Las redes de gobernanza robustas, en el sentido de conseguir mantener sus funciones esenciales en presencia de perturbaciones internas y externas (Barabási, 2014), tienen, en principio, mayor capacidad para enfrentar complejos y diversos escenarios de cambio (Baggio et al., 2016; Lebel et al., 2006; Webb & Bodin, 2008).

El concepto de robustez es útil para evaluar la capacidad de las redes de gobernanza que operan en la conservación del paisaje para mantener una colaboración eficiente y adaptarse a cambios socioambientales. Los contextos socioambientales en evolución tienen la capacidad de afectar a actores clave en las redes de gobernanza para la conservación del paisaje, comprometiendo la robustez de las redes y, por lo tanto, los esfuerzos de conservación. Por un lado, pueden afectar a individuos centrales (i.e., con muchas conexiones o intermediarios) que generalmente representan posiciones de poder y fuente estratégica de acceso y transmisión de recursos en la red (Hanneman & Riddle, 2005; Mertens, Saint-Charles, Luccote, & Mergler, 2008), con gran posibilidad de influir sobre los resultados de la gestión. Por otro lado, las alteraciones en esos contextos tienen potencial de impactar en actores que desempeñan un papel importante en la gestión de los recursos naturales como, por ejemplo, gestores y consejeros. Los primeros, en cuanto responsables "formales" por la gestión de iniciativas de conservación del paisaje, realizan tareas importantes de manejo de los recursos naturales. Ya los segundos, como miembros de los consejos consultivos de estas iniciativas, tienen varias atribuciones esenciales de planificación y acción para integrar y optimizar las actividades de conservación.

En este estudio, usamos la perspectiva de redes para analizar la robustez de una red de gobernanza colaborativa que opera en una iniciativa de conservación del paisaje en Brasil frente a impactos derivados de cambios en contextos socioambientales. Por un lado, identificamos individuos que pueden ejercer un papel clave en el proceso colaborativo de esta iniciativa de conservación. Por otro lado, por medio de simulaciones y el uso de datos longitudinales de rotación de actores, examinamos la robustez de la red de gobernanza para sostener sus funciones, incluso si una fracción significativa de sus miembros y actores

importantes para la gestión de los recursos naturales ya no participan en las colaboraciones.

MARCO CONCEPTUAL

Gobernanza colaborativa para la conservación del paisaje

La gobernanza colaborativa en iniciativas de conservación del paisaje refleja el intento de alcanzar una planificación sostenible de la conservación basada en procesos de participación activa de diferentes actores (e. g., propietarios, comunidades locales y organizaciones gubernamentales y no gubernamentales) con el fin de integrar sus intereses y preocupaciones y abordar, de manera más efectiva, temas de conservación del paisaje (Bixler et al., 2016; Guerrero et al., 2015; Scarlett & McKinney, 2016). Los enfoques colaborativos para la gobernanza son frecuentemente propuestos como formas de resolver problemas de conservación del paisaje porque mejoran funciones de gestión importantes para la preservación de ecosistemas, especies y recursos naturales de uso común. Entre esas funciones destacan: aprendizaje compartido, movilización de conocimientos, mitigación de conflictos, construcción de relaciones a largo plazo, toma de decisiones consensuadas y mayor legitimidad de los procesos (Kark et al., 2015; McKinney, Scarlett, & Kemmis, 2010; Wyborn & Bixler, 2013).

Análisis de redes sociales para estudiar la gobernanza colaborativa en contextos de conservación del paisaje

El análisis de redes sociales (ARS) no solo se utiliza para evaluar configuraciones de redes sociales que respaldan la gobernanza de los recursos naturales (Bodin & Crona, 2009; Bodin, Crona, & Ernstson, 2017; Mertens et al., 2015), sino que también puede ayudar en el diseño de iniciativas de conservación (Groce, Farrelly, Jorgensen, & Cook, 2019; Guerrero et al., 2020). Las redes han surgido como un mecanismo de gobernanza predominante en los esfuerzos de conservación del paisaje (Guerrero et al., 2015; Scarlett & McKinney, 2016) y aplicadas en este contexto, principalmente a partir de estudios realizados en países anglosajones, llaman la atención sobre las relaciones (o la falta de ellas) entre individuos, organizaciones y objetivos de conservación (e. g., Alexander, Andrachuk, & Armitage, 2016; Alexander, Armitage, Carrington, & Bodin, 2017; Bixler et al., 2016). En América Latina y el Caribe, en general, pocos estudios se concentran explícitamente en las

redes colaborativas entre individuos involucrados en la gobernanza de iniciativas de conservación del paisaje. Sin embargo, existen avances y desarrollos importantes en el uso del ARS para entender los procesos e interacciones socioambientales en torno al manejo, la conservación y la gobernanza de las AP y sus zonas aledañas. Entre otros, podemos destacar estudios en diferentes regiones de alta biodiversidad en Brasil (Burgos & Mertens, 2022; Jacaúna, 2020), en el bosque templado del sur de Chile (Mardones, 2017) y en una región terrestre prioritaria para la conservación en México (Torres, Casa, & Mireles, 2020), que indagan sobre los patrones relacionales favorables a una buena gobernanza. También se pueden señalar estudios que describen y analizan la incidencia de las redes de participación social en la conservación ambiental y el desarrollo en áreas silvestres protegidas del Pacífico Central de Costa Rica (Marín-Cabrera, 2022) y en áreas marinas protegidas en la Patagonia norte de Chile (Araos, 2018), o aquellos que exploran las tensiones sociales asociadas a la gestión ambiental de los humedales de Bogotá (Palacio, Hurtado, & Garavito, 2003) y la acción ambiental y su vínculo con la sostenibilidad territorial, también en Colombia (Palacio, 2017). Investigaciones empíricas de ARS han sido igualmente desarrolladas en América Latina y el Caribe para estudiar aspectos estructurales de las redes de gobernanza que pueden promover acciones para el desarrollo regional sostenible (Mertens et al., 2011), la gobernanza territorial en el planeamiento y gestión de los recursos hídricos (Costa & Mertens, 2015; Murgida, Castro, Kazimierski, & Membribe, 2019) o la gestión regional de áreas naturales protegidas (Martínez, Brenner, & Espejel, 2015).

Robustez de las redes de gobernanza colaborativa

Una característica clave de las redes es su robustez topológica, que se refiere a su capacidad para realizar funciones regularmente incluso cuando algunos de sus nodos y lazos están ausentes (Albert, Jeong, & Barabási, 2000). El análisis de la robustez ayuda a entender cómo los sistemas de gobernanza pueden hacer frente a rupturas, perturbaciones y estrés (Anderies, Janssen, & Ostrom, 2004). Cambios en los contextos socioambientales pueden llevar a algunos individuos a dejar de participar en una red de gobernanza colaborativa que orienta la gestión de una determinada iniciativa de conservación del paisaje. Como consecuencia, algunos vínculos que contribuyen a la conexión del sistema desaparecen,

afectando la interacción entre los actores y su capacidad de establecer intercambios de recursos para resolver problemas de conservación. Algunas propiedades que a menudo se utilizan para caracterizar las redes son especialmente relevantes para examinar la robustez como un factor que determinará el compromiso a largo plazo de una red de gobernanza y el potencial colaborativo de los actores para implementar intervenciones de conservación del paisaje, incluso si ocurren perturbaciones. Estas propiedades estructurales, examinadas en el presente artículo, son: el nivel de fragmentación de la red asociado a la existencia de distintos componentes, la distancia media y la diversidad de actores (Mertens et al., 2008; Scott, 2000; Wasserman & Faust, 1999).

Fragmentación y componentes de la red

Para garantizar la gobernanza colaborativa en la conservación del paisaje, los actores involucrados en la red de gobernanza deben estar conectados entre sí, ya sea directa o indirectamente por medio de otros individuos. Cuando una red de gobernanza se polariza en dos o más subconjuntos distintos que carecen de vínculos entre ellos, significa que la red está fragmentada. Estos subconjuntos aislados se denominan componentes. La transferencia de recursos entre los miembros de la red por medio de la colaboración solo puede realizarse entre individuos pertenecientes al mismo componente, pero no entre individuos pertenecientes a diferentes componentes (Wasserman & Faust, 1999). La fragmentación inhibe el intercambio de ideas y el aprendizaje entre subgrupos e implica que el conocimiento y las innovaciones producidas en un determinado subgrupo probablemente permanecerán en él (Bodin & Crona, 2008). Cuando la red está fragmentada, las colaboraciones tienden a ser frágiles y eso impide buenos niveles de apoyo entre los actores, así como la movilización y optimización de los recursos internos (e. g., experiencia e información) necesarios para lograr objetivos de conservación a largo plazo. La falta de unión en la red también puede favorecer la ruptura de alianzas importantes para el mantenimiento de procesos colaborativos relacionados con la implementación de acciones estratégicas de conservación a lo largo del tiempo, tales como: establecimiento de convenios con socios locales, regionales y/o internacionales; promoción de iniciativas de comunicación, divulgación y sensibilización; captación de recursos financieros; y gestión de equipos técnicos.

Distancia media

La capacidad de los miembros de una red de gobernanza para desarrollar diferentes tipos de interacciones colaborativas significativas para alcanzar objetivos comunes de conservación del paisaje y resolver problemas que afectan a todos también estará sujeta a la distancia a la que un actor de la red se sitúa en relación con los demás. La distancia geodésica entre un par de actores en una red está determinada por el número de aristas en el camino más corto posible entre ellos (Wasserman & Faust, 1999). Conocer la distancia media – la media de las distancias geodésicas entre cada par de nodos en la red – proporciona una medida global de separación que permite entender las diferencias entre actores como limitaciones u oportunidades debido a sus posiciones en la red (Hanneman & Riddle, 2005). Cuanto menor sea la distancia entre los miembros de una red de gobernanza que opera en una iniciativa de conservación del paisaje, más eficiente y ágil será la colaboración para la concreción e implementación de tareas de gestión entre cualquier par de miembros (e. g., supervisión, mantenimiento de infraestructura, visitación, investigación), debido a la presencia de menos intermediarios. Si los individuos involucrados en la red de gobernanza tienen conexiones no redundantes y difieren en su proximidad al resto de los actores, entonces las conexiones se extienden u ofrecen oportunidades para que los mensajes lleguen más lejos y en menos tiempo por medio de la red. Asimismo, esta situación contribuye para la adquisición de nuevas informaciones y conocimientos en estas redes, generalmente caracterizadas por operar en regiones de gran extensión y, particularmente en América Latina y el Caribe, por hacerlo en áreas rurales de difícil acceso y donde la conectividad digital aún es un problema frecuente (Elbers, 2011; Ziegler, Segura, Bosio, & Camacho, 2020).

Diversidad de actores

Finalmente, para asegurar una gobernanza eficiente, se espera que diversos actores con múltiples intereses y perspectivas se involucren en la red de gobernanza colaborativa y permanezcan conectados en el componente mayor (Burgos & Mertens, 2017). La diversidad de actores representa el número de individuos en la red definidos por un atributo común. Esta propiedad puede influir en la efectividad del sistema de gobernanza, funcionando como un factor que interfiere en el desempeño de la acción colectiva (Olson, 2001) y en la gobernanza de los bienes comunes (Carlsson & Sandstrom, 2008), así como una fortaleza o debilidad para resolver problemas de

conservación (Beilin et al., 2013; Cumming, 2017). Por ejemplo, los actores involucrados en la gobernanza de una iniciativa de conservación del paisaje normalmente tienen ocupaciones diferentes (gestor, investigador, productor rural) y actúan o priorizan sus acciones en diferentes partes del paisaje (parche de hábitat, AP, zona de amortiguamiento, cuenca fluvial). La eficacia de los arreglos colaborativos para la conservación del paisaje depende, entonces, de la interacción en la red de gobernanza entre esta diversidad de actores que permite compartir conocimientos, experiencias y capacidades adquiridas y desarrolladas a lo largo del tiempo, según diferentes percepciones y formas de uso de los recursos naturales (Berkes, 2009; Mathevet, Thompson, Folke, & Chapin, 2016; Worboys et al., 2010). La integración de estas capacidades en la red ayudará a adquirir y utilizar informaciones importantes para ampliar la base de conocimientos y la capacidad de trabajo colectivo en las múltiples tareas de gestión requeridas. También facilitará el apoyo en la toma de decisiones para alcanzar los objetivos de conservación deseados con foco en el largo plazo.

MÉTODO

Área de estudio y recogida de datos

Nuestra área de estudio de caso corresponde a la porción central del Mosaico do Espinhaço, localizado en el estado de Minas Gerais, sureste de Brasil y que forma parte de la Reserva de la Biosfera Serra do Espinhaço (Figura 1). El Mosaico do Espinhaço es una iniciativa de conservación del paisaje establecida en 2010. El área de estudio cubre alrededor de 7.870 km² y está formada por diez AP y sus zonas de amortiguamiento. La mayor parte de esta área se encuentra bajo el dominio Cerrado, mientras que el dominio de Mata Atlántica cubre su porción más oriental. Ambos dominios se consideran centros de biodiversidad mundial (Mittermeier et al., 2005; Myers, Mittermeier, Mittermeier, Fonseca, & Kent, 2000).

El Mosaico do Espinhaço cuenta con un Consejo Consultivo compuesto por representantes de instituciones públicas, organizaciones de la sociedad civil y población residente, y su papel

es actuar como una instancia de participación social, debate e integración de los intereses involucrados en la conservación (MMA, 2010). Esta iniciativa de conservación del paisaje busca desarrollar un modelo de gestión integrado, a ser alcanzado por medio de un proceso colaborativo duradero entre varios actores, compatibilizando la conservación de la biodiversidad y el desarrollo sostenible en el contexto regional (MMA, 2000). Como tal, el Mosaico do Espinhaço constituye un caso de gobernanza colaborativa, donde múltiples actores deben coproducir objetivos y estrategias y compartir responsabilidades y recursos para la preservación a largo plazo de los ecosistemas y sus procesos.

La recogida de datos sobre las características y la colaboración de los actores involucrados en la red de gobernanza colaborativa en el área de estudio ($n = 230$) se realizó por medio de entrevistas personales (211) y respuestas individuales a cuestionarios en línea (19) durante la investigación de campo realizada entre septiembre y diciembre de 2016. Los actores incluyeron representantes de colectivos como agencias gubernamentales, organizaciones no gubernamentales (ONG), organizaciones privadas, grupos comunitarios, grupos de investigación, equipos de gestión y el Consejo Consultivo. Para definir los límites de la red, se consideró el conjunto de actores que autoreconocieron su responsabilidad en el uso y gestión de los recursos naturales del Mosaico do Espinhaço. El muestreo de los miembros de la red o población de estudio se apoyó en la técnica de bola de nieve. El punto de partida del muestreo fueron informantes clave ($n = 43$), incluyendo los miembros del Consejo Consultivo del Mosaico do Espinhaço, investigadores y representantes de ONG. La estrategia de recogida de datos totalizó 282 personas citadas por los entrevistados. Sin embargo, no logró contactar con 52 personas citadas (18,4 %). Esas personas no contactadas no fueron incluidas en la muestra ni consideradas en los análisis. Datos longitudinales sobre variaciones en los actores de la red vinculados a los equipos de gestión y del Consejo Consultivo se recogieron en enero de 2018 por medio de entrevistas (5) y documentos públicos.

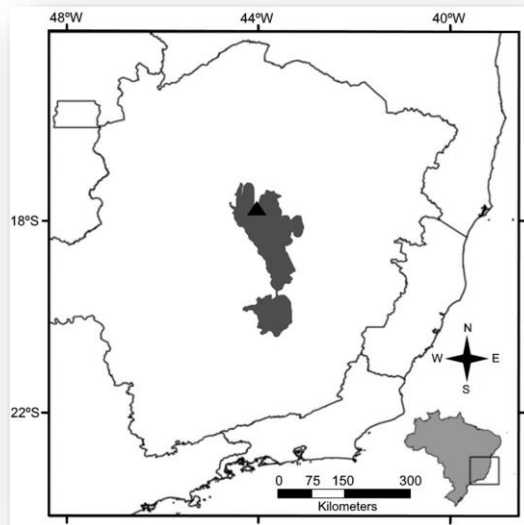


Figura 1. Localización del área de estudio (triángulo negro) en el estado de Minas Gerais, Brasil.

Nota: La extensión aproximada de la Reserva de la Biosfera Serra do Espinhaço se muestra en color gris oscuro. Las líneas continuas delimitan los límites de los estados brasileños.

Caracterización y análisis de la red de gobernanza colaborativa

Los actores se caracterizaron según atributos definidos en nivel individual como género, educación, ocupación, área manejada y participación en el Consejo Consultivo del Mosaico do Espinhaço. Sin embargo, solamente ocupación y área manejada fueron atributos utilizados en los análisis. Los datos relacionales se recogieron preguntando a los entrevistados "¿con quién usted colabora o trabaja en conjunto en las actividades relacionadas con el uso y gestión de los recursos naturales en el Mosaico do Espinhaço?".

Para fines analíticos y de modo a obtener una imagen de la red de gobernanza lo más completa posible, se adoptó una simetría máxima de relaciones de colaboración. Es decir, no fue necesaria la citación recíproca en las entrevistas para considerar la existencia de relación de colaboración entre un par de miembros de la red, bastando que un individuo citase a otro para reconocer que ambos colaboraban. Los datos de la red se almacenaron como una matriz actor-actor utilizando el software UCINET (Borgatti, Everett, & Freeman, 2002) y luego se exportaron al software *Netdraw* (Borgatti, 2002) para elaborar el diagrama de red colaborativa.

La robustez de la red para sostener una colaboración eficiente entre todos los nodos para la conservación del paisaje se evaluó mediante tres estrategias de remoción: aleatoria, dirigida y basada en datos longitudinales. Después se

analizaron los impactos causados por la sucesiva remoción de los nodos seleccionados y de todos los lazos vinculados a ellos. Los impactos analizados fueron: fragmentación de la red, distancia media y diversidad de actores. Esos impactos sobre la robustez se midieron por medio de cuatro indicadores: (1) número de componentes de la red; (2) porcentaje de individuos que permanecen conectados en el componente mayor; (3) distancia media de la red; y (4) número de categorías de diferentes individuos que permanecen conectados en el componente mayor. Los dos primeros indicadores están relacionados directamente con la fragmentación de la red. El tercer indicador representa exactamente la distancia. El último indicador se utiliza para cuantificar la diversidad de actores en la red y, para estimarlo, el estudio consideró las categorías correspondientes a los atributos de ocupación y área manejada. El atributo ocupación representa diferentes tareas y atribuciones de los miembros de la red en relación con la gestión de los recursos naturales y está compuesto por 5 categorías (i.e., líderes socioambientales, gestores, técnicos, investigadores, pequeños productores rurales). El área manejada se refiere al espacio geográfico donde los miembros de la red realizan sus actividades relacionadas con la gestión y se dividió en 16 categorías (Cuadro 1). Las 10 primeras corresponden a las AP individuales del área de estudio y representan un nivel espacial local. Las otras 6 categorías corresponden a niveles espaciales más amplios, como cuenca fluvial y el territorio de la reserva de la biosfera.

Cuadro 1

Categorías correspondientes al atributo área manejada organizadas de acuerdo con el área aproximada y el nivel espacial de actuación de los miembros de la red

Número	Categoría	Área aproximada (km ²)	Nivel espacial
1	Monumento Natural Estatal Várzea do Lejeado	22	Local
2	Parque Estatal Pico do Itambé	65	Local
3	Área de Protección Ambiental Municipal Rio Manso	88	Local
4	Parque Estatal Rio Preto	122	Local
5	Área de Protección Ambiental Municipal Felício	117	Local
6	Parque Estatal Biribiri	170	Local
7	Área de Protección Ambiental Municipal da Serra do Gavião	282	Local
8	Área de Protección Ambiental Municipal Serra de Minas	552	Local
9	Área de Protección Ambiental Estatal Águas Vertentes	763	Local
10	Parque Nacional Sempre-Vivas	1241	Local
11	Zonas de amortiguamiento	4514	Subregional
12	Microrregión de Diamantina	7348	Subregional
13	Mosaico do Espinhaço	19100	Subregional
14	Cuenca del Río Jequitinhonha	29774	Subregional
15	Sierra do Espinhaço Meridional	40000	Subregional
16	Reserva de la Biosfera Serra do Espinhaço	102189	Regional

Fuente: Elaboración propia basada en las estimaciones de IBGE (2022), ICMBio (2022), IEF (2022), RBRB (2022) y SEGRH (2022).

Las remociones aleatorias para modelar la salida de actores de la red debido a procesos personales y/o fenómenos impredecibles consistieron en eliminar el 2 %, 5 %, 10 %, 20 % y 30 % de los nodos de la red mediante simulaciones por ordenador.

Las remociones dirigidas para examinar la robustez de la red de gobernanza consistieron en "ataques" selectivos utilizando un criterio de perturbación estructural. Este criterio se basa en los riesgos para la robustez de la red derivados de la eliminación de los actores más centrales (i.e., 20 individuos más conectados), identificados por medio de dos medidas de centralidad: grado e intermediación (Wasserman & Faust, 1999). Los valores de centralidad fueron recalculados en cada remoción del actor más central.

Las remociones asentadas o informadas en datos longitudinales se basan en los riesgos de retirar de la red de gobernanza algunas categorías o grupos de actores que cumplen un papel diferenciado en las tareas de gestión, pero que ya no ejercen más esa función. Específicamente, gestor y consejero fueron las dos categorías usadas para examinar la robustez a partir de esta perspectiva longitudinal. La categoría "gestor" comprende actores que ocupan cargos gerenciales y administrativos en organismos profesionales ambientales y que tienen responsabilidad directa en la gestión de los recursos naturales, tales como directores de AP, analistas ambientales, guardaparques y monitores ambientales. La categoría "consejero" incluye individuos que ocupan un puesto en el Consejo Consultivo del Mosaico do Espinhaço y, por lo tanto, que tienen voz en el principal instrumento de gestión de esta iniciativa de

conservación del paisaje. El estudio longitudinal se apoya en la disponibilidad de datos obtenidos en las entrevistas y en documentos públicos (e.g., actas de reuniones, comunicados de procesos electivos, listas de asistencia e informes de cursos y asambleas) que nos permitieron conocer las variaciones en el cargo de gestor y en la composición del Consejo Consultivo. Estudios longitudinales en el ARS se extienden más allá de un solo marco en el tiempo y permiten tanto establecer una secuencia adecuada de eventos ocurridos en las redes, como representar grafos para cada secuencia de tiempo escogida y, de ese modo, compararlos para mostrar la evolución morfológica de las redes (Wasserman & Faust, 1999). Los datos longitudinales cualitativos en este estudio consisten en dos observaciones de la red en dos puntos de tiempo diferentes, antes ($n = 230$; septiembre-diciembre de 2016) y después ($n = 208$; enero de 2018) de las variaciones en el cargo de gestor y en la composición del Consejo Consultivo. Esta aproximación, complementaria a las otras dos estrategias de remoción, permite un análisis longitudinal no hipotético de la robustez de la red al incorporar en el estudio evidencias de actores que "sufrieron perturbación" (i.e., actores que, de hecho, ya no actúan más como gestores y/o consejeros). De esta manera, posibilita examinar los efectos de las salidas reales en la robustez de la red.

Las redes obtenidas en las pruebas para cada nodo y/o grupo de nodos eliminados intencionalmente se analizaron utilizando el software UCINET para recalcular los cuatro indicadores de robustez.

RESULTADOS
Caracterización inicial

La mayoría de los entrevistados pertenece a un solo *componente* ubicado dentro de una red compuesta por 226 actores conectados entre sí por 1784 relaciones de colaboración (Figura 2). Cuatro individuos están aislados. Los individuos conectados en el componente representan el 98,3 % del total de miembros de la red (i.e., 226/230). La *distancia media* entre los socios de colaboración en la red es de 3,0. Esto significa que, en media, cualquier par de miembros está

separado por solo 2 intermediarios. Finalmente, la *diversidad de actores* en el único componente de la red es de 100 % cuando se considera el atributo ocupación (i.e., las 5 categorías de este atributo están conectadas en el componente) y de 93,7 % al considerar el área manejada (i.e., 15 de las 16 categorías de este atributo mantienen relaciones en el componente). Las medidas de la red social que describen la red de gobernanza colaborativa en el área de estudio y sirven como base para evaluar su robustez se resumen en la Tabla 1.

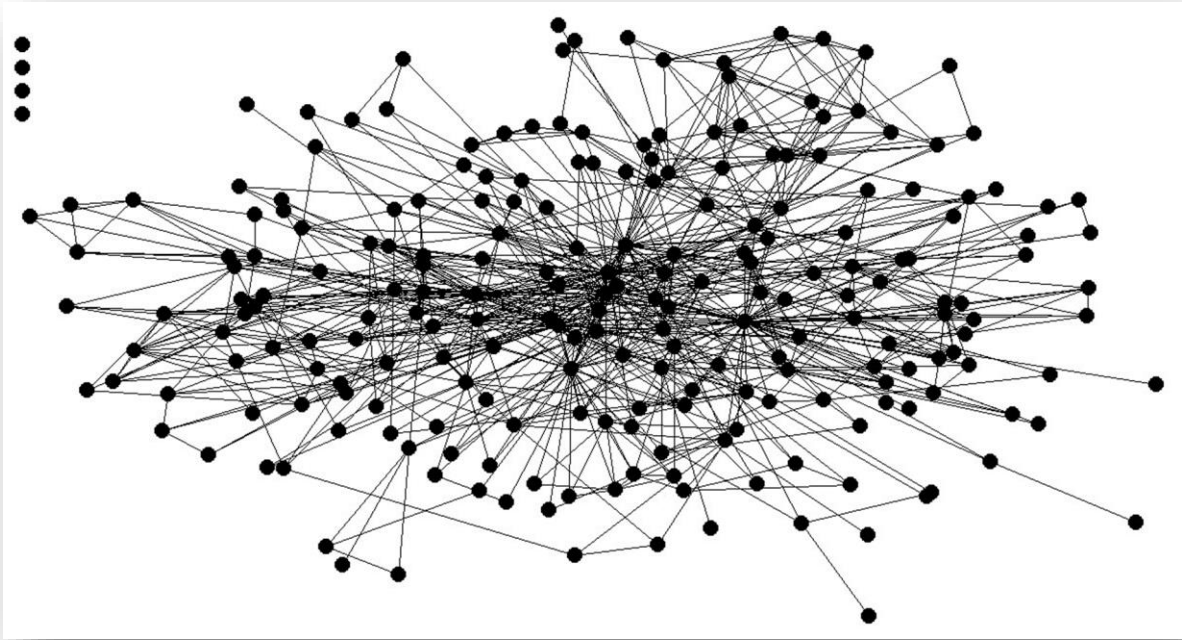


Figura 2. Red de gobernanza colaborativa en el área de estudio (n = 230).

Nota: Los nodos mostrados como círculos representan individuos que forman la red. Una línea entre dos individuos indica una relación de colaboración.

Tabla 1
Medidas de la red social del estudio de caso

Tamaño (Nº)	Componentes (Nº)	Relaciones de colaboración (Nº)	Distancia media	Fracción de nodos conectados (%) ⁽¹⁾	Diversidad de actores (%) ⁽¹⁾
230	1	1784	3,0	98,3	O: 100 A: 93,7

Notas: ⁽¹⁾ estas medidas se refieren al componente de la red original. O = ocupación; A = área manejada.

Remoción aleatoria

Como era previsible, el número de *componentes* de la red de gobernanza aumenta a medida que más individuos son eliminados aleatoriamente, ya que generalmente la selección aleatoria de sucesivos “puntos de corte” en una red genera “bloques”. No obstante, en media, ese aumento en la red de estudio es tan solo de 1 para 2 componentes. Los datos de la Figura 3 muestran que la mayoría de los individuos (95 %) permanecen conectados en el componente mayor, incluso si se eliminan aleatoriamente hasta el 30 % de los nodos. La *distancia media* entre los individuos que permanecen conectados

en la red de gobernanza apenas se ve afectada por la eliminación aleatoria de hasta el 30 % de los nodos de la red, aumentando, en media, de 3,0 para 4,2. Finalmente, la remoción aleatoria de porcentajes crecientes de nodos no conduce a una disminución significativa de la *diversidad de actores* en el componente mayor. Así, todas las categorías de ocupación (100 %; 5/5) y la mayoría de las categorías correspondientes al área manejada (87,5 %; 14/16) permanecen conectadas en este componente, aunque se elimine el 30 % de los individuos.

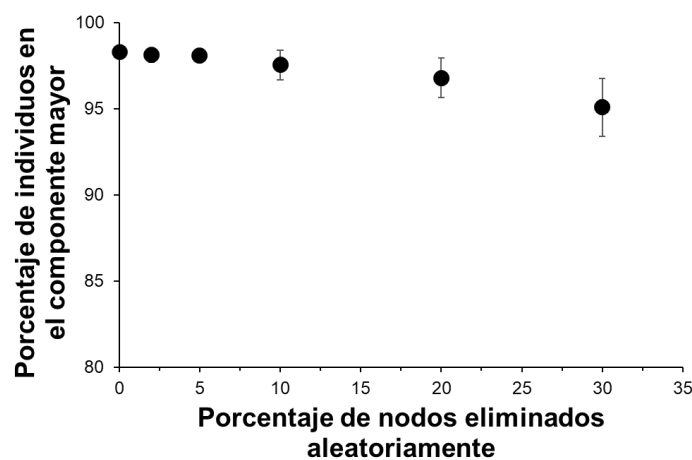


Figura 3. Porcentaje de individuos que permanecen conectados en el componente mayor de la red de gobernanza colaborativa en el área de estudio en función del porcentaje de nodos eliminados aleatoriamente.

Nota: Las barras de error representan una desviación estándar por encima o por debajo del valor medio de 10 simulaciones.

Remoción dirigida

La Tabla 2a muestra los actores utilizados en las pruebas de eliminación dirigida de acuerdo con la perturbación estructural.

La mayoría de los actores más centrales de la red son funcionarios vinculados a organismos públicos con competencias directas en la gestión. La remoción dirigida de estos actores (en orden de su medida de centralidad, de mayor a menor) aumenta el número de *componentes* de 1 para 3 en el caso de remoción de los 20 actores con mayor centralidad de grado y de 1 para 2 en el caso de la eliminación de los 20 actores con mayor centralidad de intermediación. Esta eliminación no conduce a una fragmentación significativa de la red, y más del 94 % de los individuos permanecen conectados en el componente mayor (Figura 4). Sin embargo, la *distancia media* aumenta, de 3,0 para 7,7 y de 3,0 para 6,7 debido a la eliminación de los individuos con mayor centralidad de grado y

centralidad de intermediación, respectivamente. En cuanto a la *diversidad de actores*, de acuerdo con el número de categorías de diferentes individuos que permanecen conectados en el componente mayor, esta no se ve alterada por las remociones.

Remoción asentada en datos longitudinales

La Tabla 2b muestra los actores removidos considerando los datos longitudinales.

La mayoría de los actores que dejaron el cargo de gestor (i.e., exgestores) actuaba como guardaparques en el área de estudio, mientras que la mayoría de los actores que dejaron el cargo de consejeros del Consejo Consultivo del Mosaico do Espinhaço (i.e., exconsejeros) son directores de AP. La eliminación de estos actores tampoco conduce a una fragmentación significativa de la red. Más del 97 % de los individuos permanecen conectados, tanto

después de la remoción de los actores que ya no ejercen cargos de gestión ($n = 14$) como después de la remoción de individuos que dejaron el consejo ($n = 11$). El número de *componentes* en la red también permanece inalterado en 1, tanto cuando se eliminan los exgestores, como cuando se eliminan los exconsejeros. La *distancia media* aumenta de 3,0 para 4,1 y de 3,0 para 4,3 debido a la respectiva eliminación de dichos actores. Además, la *diversidad de actores* no sufre cambios y el número de categorías de diferentes individuos que permanecen conectados en el componente mayor se mantiene estable con respecto a la red original. Incluso considerando

un escenario más extremo, mediante la remoción conjunta de exgestores y exconsejeros ($n = 22$), la red no muestra signos significativos de fragmentación. En este escenario, el número de componentes no varía, manteniéndose en 1, y más del 96 % de los individuos de la red resultante de la remoción ($n = 208$) permanecen conectados en el componente mayor (Figura 5). La distancia media aumenta solo de 3,0 para 4,4, y la diversidad de actores continúa sin cambios con respecto a la red original.

Los resultados detallados de las diferentes pruebas de remoción realizadas en el estudio están disponibles en el anexo.

Tabla 2

Actores eliminados en la red de gobernanza de estudio conforme las estrategias de remoción dirigida y longitudinal. a) Remoción dirigida: actores con mayor centralidad de grado (degree) y mayor centralidad de intermediación (betweenness). b) Remoción longitudinal: actores de las categorías gestor y consejero que salieron del cargo.

a) Remoción dirigida		Individuos	
	Nº	Centralidad	Ocupación
Grado	1	61	Gestor
	2	48	Líder
	3	43	Gestor
	4	38	Gestora
	5	37	Gestor
	6	35	Gestor
	7	28	Técnica
	8	27	Gestor
	9	27	Técnico
	10	24	Gestor
	11	21	Gestor
	12	19	Gestor
	13	19	Técnico
	14	19	Gestor
	15	18	Gestora
	16	18	Técnico
	17	18	Investigador
	18	17	Investigador
	19	17	Investigadora
	20	17	Gestor
Media de centralidad de grado de todos los nodos de la red			7.75
Intermediación	1	23.67	Gestor
	2	17.48	Gestor
	3	13.62	Gestora
	4	10.50	Líder
	5	9.27	Técnica
	6	8.94	Gestor
	7	8.57	Gestor
	8	7.10	Técnico
	9	6.56	Gestor
	10	5.47	Líder
	11	4.43	Técnico
	12	3.93	Gestor
	13	3.91	Gestora
	14	3.85	Investigador
	15	3.72	Gestor
	16	3.18	Gestor
	17	3.04	Investigadora
	18	2.88	Gestor
	19	2.78	Gestor
	20	2.75	Líder
Media de centralidad de intermediación de todos los nodos de la red			1.12

b) Remoción longitudinal		Individuos
	Nº	Actividad
Gestor	1	Directora de AP
	2	Monitor ambiental
	3	Técnica municipal
	4	Director de AP
	5	Guardaparque
	6	Analista ambiental
	7	Analista ambiental
	8	Monitor ambiental
	9	Guardaparque
	10	Guardaparque
	11	Directora de AP
	12	Guardaparque
	13	Analista ambiental
	14	Director de agencial ambiental
Consejero	1	Profesor e investigador
	2	Directora de AP
	3	Profesora e investigadora
	4	Técnica de ONG
	5	Director de AP
	6	Consultor turístico
	7	Directora de AP
	8	Directora de AP
	9	Director de AP
	10	Agente de Policía Federal
	11	Técnica municipal

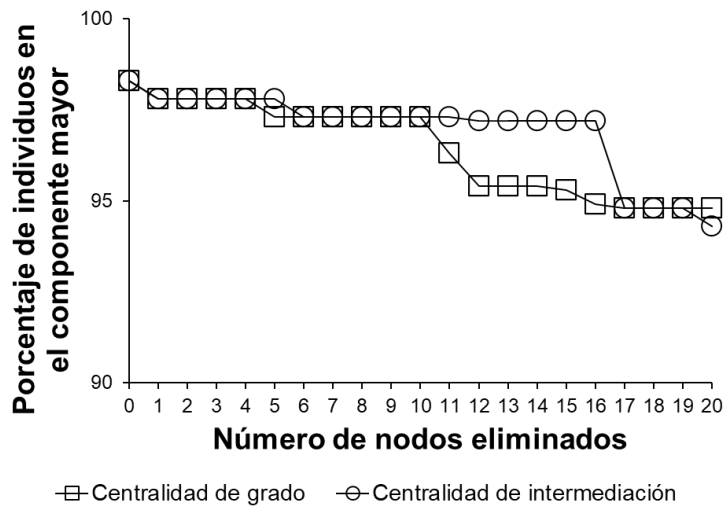


Figura 4. Porcentaje de individuos que permanecen conectados en el componente mayor de la red de gobernanza colaborativa en el área de estudio en función del número de nodos más centrales (mayor centralidad de grado y mayor centralidad de intermediación) eliminados.

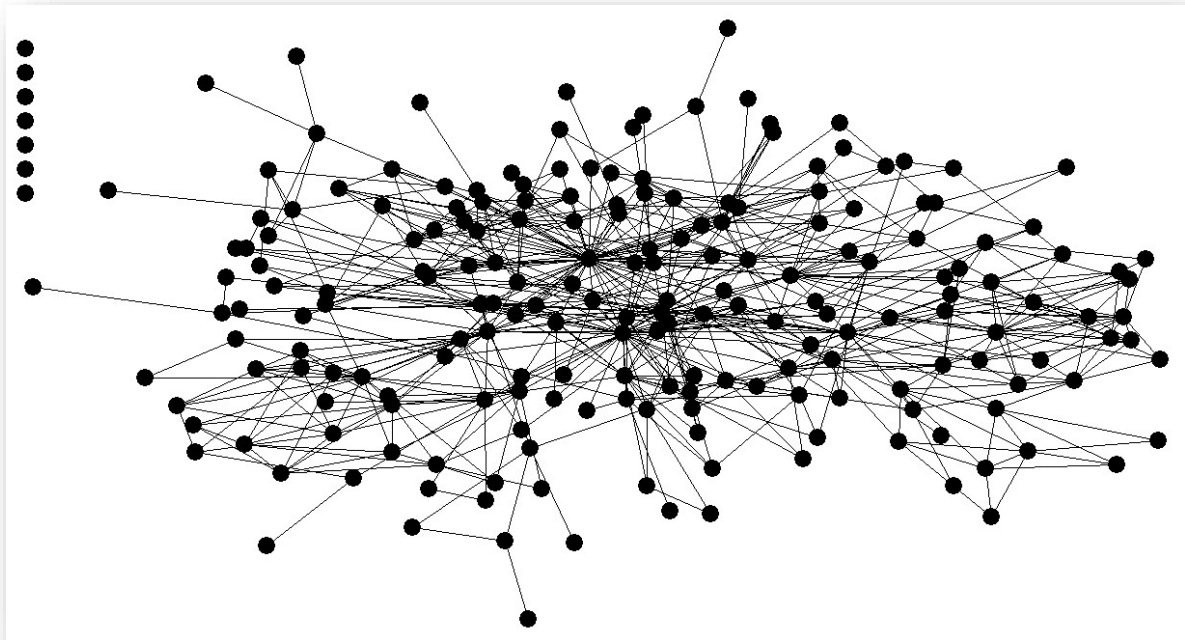


Figura 5. Red de gobernanza colaborativa en el área de estudio resultante de la remoción conjunta de exgestores y exconsejeros ($n = 208$).

DISCUSIÓN

Caracterización inicial

El análisis de la red de gobernanza colaborativa en el área de estudio reveló que la mayoría de los actores con responsabilidad en la gestión de los recursos naturales están conectados en un solo componente y, generalmente, separados de cualquier otro actor por pocos intermediarios. Esto evidencia la persistencia de la red de gobernanza para mantener sus funciones definitorias, como la circulación de información y conocimiento, y también sugiere que la red tiene una alta capacidad de control social, más aún cuando incluye relaciones entre varios grupos de actores. La diversidad de actores en el componente de la red señala un mecanismo capaz de ampliar la base de conocimientos y la capacidad de trabajo colectivo, útil para el desempeño de la red como estructura de gobernanza. Así, la socialización entre actores con diferentes saberes (e.g. técnico-especializado y práctico-tradicional) fomenta la diversidad en las fuentes de conocimiento en la iniciativa de conservación del paisaje, contribuyendo con diferentes puntos de vista y enriqueciendo los procesos de toma de decisión. Finalmente, es probable que la corta distancia media en la red de gobernanza favorezca la eficiencia en la recogida y el intercambio de información, conocimiento y otros recursos críticos para la gobernanza, además de crear un contexto

propicio para comprender los problemas comunes asociados con la conservación. La rápida circulación de la información y la agilidad de la comunicación facilitada por esta corta distancia entre los actores proporciona una mayor velocidad en la red para el tratamiento de problemas en la iniciativa de conservación del paisaje que requieren una rápida respuesta para mitigar las consecuencias (e.g., incendios forestales y contaminación de los recursos hídricos). No hay que olvidar, sin embargo, que la red de estudio fue simetrizada. Eso obliga a interpretar con cautela la eficiencia y eficacia de la red en el proceso de circulación de información y movilización de recursos dado que la direccionalidad de las relaciones en la red puede estar generando dinámicas no contempladas en nuestro análisis, como por ejemplo, mayor o menor estabilidad en la red en función de la predominancia, respectivamente, de lazos recíprocos o de relaciones asimétricas (no recíprocas). Además, el intercambio de información entre los actores de la red no debe ser entendido como un intercambio de forma igualitaria, sino apenas como un intercambio de interacciones e informaciones.

Estrategias de remoción

En general, las estrategias de remoción probadas revelaron que la red de gobernanza colaborativa en el área de estudio presenta flexibilidad y capacidad para resistir al cambio frente a la eliminación de actores. Incluso con casi la mitad de los nodos eliminados aleatoriamente y con un alto número de actores centrales excluidos (escenarios poco probables en la realidad), la red permanece relativamente robusta. Escenarios más realistas - utilizando datos longitudinales y mapeando la rotación de la red -, testados mediante la remoción de actores que realmente dejaron la red, refuerzan el mensaje de robustez de la red. Esto sugiere que la red podrá sostener el proceso de gobernanza incluso si una fracción relativamente alta de los individuos ya no está involucrada en las colaboraciones.

Ni las remociones aleatorias ni las dirigidas conducen a un aumento significativo de la vulnerabilidad del proceso de gobernanza y la red mantiene un gran componente que engloba a la mayoría de los individuos conectados. Aun así, la perturbación es algo mayor cuando se realizan remociones dirigidas por medio de la eliminación de los actores más centrales. Una mayor vulnerabilidad de las redes debido a "ataques" selectivos sobre los nodos centrales en comparación con fallos accidentales es típica de redes heterogéneas complejas o de redes sin escala. Estos tipos de redes son muy comunes entre las redes sociales y se caracterizan por relaciones altamente jerárquicas y por la existencia de actores que concentran relaciones, con pocos individuos altamente conectados y muchos miembros de la red con pocas conexiones (Albert et al., 2000; Dezsó & Barabási, 2002). La vulnerabilidad ante las simulaciones dirigidas es previsible en la red de estudio, una vez que esta exhibe una distribución heterogénea de las relaciones de colaboración (datos no mostrados). Sin embargo, como estrategia de remoción aplicada en el estudio de caso, posibilita cualificar mejor la red, por medio de factores que eventualmente pueden determinar la trayectoria futura del proceso de gobernanza en la conservación del paisaje. En este sentido, el comportamiento de la red ante las remociones dirigidas contribuye a mostrar el papel clave que los actores centrales desempeñan en la comunicación global entre los miembros de la red y el impacto potencial en dicha comunicación si estos actores abandonan la red. La centralidad de estos individuos en la red de gobernanza puede haber surgido progresivamente como resultado de sus papeles distintivos de ocupación formal en la gestión de los recursos naturales o bien

porque el resto de los miembros reconocen cada vez más a estos individuos como actores clave, por ejemplo, para buscar información confiable, pedir ayuda o resolver dudas y problemas. La presencia de individuos altamente conectados introduce una situación de vulnerabilidad en la red de gobernanza, porque, en principio, si estos nodos "desaparecen" (e.g., son dimitidos, abandonan la región o pierden interés en implicarse intensamente en temas relacionados con la gobernanza en esta iniciativa de conservación del paisaje), aumentan los riesgos para la funcionalidad de la red. Esta circunstancia pone de relieve la amenaza que generalmente supone para la gobernanza ambiental la baja institucionalización de la toma de decisiones. Es decir, resalta los riesgos existentes para las redes de gobernanza cuando la gestión tiene una alta dependencia de algunas personas centrales, en vez de recaer sobre instituciones fuertes. Por lo tanto, la salida de esas personas centrales de la red podría desencadenar la fragmentación de las relaciones, una interrupción en la implementación y continuidad de las acciones de conservación o el colapso de las actividades desarrolladas.

Los resultados de la estrategia longitudinal, basada en la remoción informada, a partir de los actores que ya no actúan como gestores y/o consejeros, aportan un conocimiento más situado y preciso de los cambios que realmente ocurrieron en la red. Estos resultados revelan que los impactos en la conectividad de la red son débiles, pero algo mayores cuando se eliminan los consejeros que cuando se eliminan los gestores. Esto indica la especial relevancia que tienen los individuos involucrados en el Consejo Consultivo del Mosaico do Espinhaço para la articulación de la red de gobernanza y el mantenimiento de los procesos participativos y llama la atención sobre la importancia de capacitar la acción de este instrumento para que pueda alcanzar su buen funcionamiento. Altas tasas de rotación de actores que ocupan cargos gerenciales y administrativos en las iniciativas de conservación del paisaje en Brasil constituyen un fenómeno habitual y una fragilidad destacada en los diagnósticos de esos modelos de conservación, siendo asociadas principalmente a la precariedad laboral y sobrecarga de funciones (Delelis, Rehder, & Cardoso, 2010; Ganem, 2011; Melo & Irving, 2014; WWF/IPÊ, 2012). Esos y otros aspectos como el debilitamiento institucional, de inversiones, del estado de derecho, de marcos jurídicos adecuados y de la aplicación de la ley, así como el grado de desarrollo socioeconómico, son condiciones estructurales comunes a la dinámica social y política de América Latina y el Caribe (Bovarnick, Alpizar, & Schnell, 2010). Dichos aspectos, afectan el

contexto relacional de las redes de gobernanza involucradas en la conservación y, por lo tanto, pueden influir en su capacidad para sostener la gestión de los recursos naturales.

El número de categorías de diferentes actores que permanecen conectados en el componente mayor de la red de gobernanza después de examinar las diversas estrategias de remoción sugiere un alto potencial para la acción y transmisión de conocimiento en el sistema de gobernanza. Esta propiedad estructural favorece una visión integrada por medio de colaboraciones entre actores con diferentes ocupaciones y vinculados a diferentes áreas manejadas. Esto proporciona un "mosaico social" para el desarrollo de tareas de gestión en la iniciativa de conservación del paisaje que incluye una multiplicidad de habilidades, ideas, papeles y competencias para la innovación y adaptación en un entorno cambiante a lo largo del tiempo. Además, la diversidad de actores sugiere la posibilidad de una descentralización de funciones de trabajo y un menor riesgo de que la red sufra una homogeneización de experiencias.

Finalmente, la robustez de la red de gobernanza colaborativa en el área de estudio estaría proporcionando una configuración flexible, potencialmente adecuada para abordar los desajustes que, a largo plazo, podrían perjudicar la viabilidad y el impacto de esta iniciativa de conservación. Esta adecuación del sistema de gobernanza significa, por ejemplo, que pérdidas inevitables o la salida ocasional de algún miembro de la red pueden ser compensadas por otro actor, del mismo o de otro nivel de acción, llenando el vacío dejado, limitando la propagación de perturbaciones y estrés, y minimizando el riesgo del sistema. Esto también sugiere que la red tiene potencial para crear sistemas apropiados de control, confianza y regulación para la dinámica temporal y ecológica de medio a largo plazo que la red debe gestionar. Tales sistemas incluyen evaluar, planificar e implementar proyectos de conservación adaptables en el tiempo; captar recursos permanentemente y de manera eficiente y; minimizar los riesgos de gestión por medio del monitoreo y la evaluación continuos.

Limitaciones e implicaciones para futuras investigaciones

Este estudio exploratorio está sujeto a limitaciones y desafíos metodológicos, sugiriendo nuevas vías posibles de ser abordadas en futuras investigaciones:

- Nuestros resultados son producto de un estudio en una sola ubicación geográfica y,

por lo tanto, identifican solo una tendencia entre nuestros datos. Son necesarias más investigaciones para replicar nuestros resultados en otras iniciativas de conservación del paisaje y para calibrar nuestros hallazgos.

- El foco del análisis fue el componente mayor de la red de gobernanza y su capacidad para resistir la fragmentación frente a diferentes estrategias de remoción. Sin embargo, cualquier intervención para promover la gobernanza colaborativa en el área de estudio también debería considerar los pocos actores aislados en la red y, sobre todo, los individuos que eventualmente quedaron fuera de ella (i.e., grupos de actores ausentes o subrepresentados en la muestra como comunidades extractivistas, terratenientes, trabajadores agropecuarios, empresarios mineros y del ramo forestal). El primer grupo debe ser considerado, ya que son actores desconectados de la red de gobernanza que presumiblemente no pueden ser alcanzados por el flujo principal de información y recursos que circulan en ella. El segundo grupo es importante por tratarse de individuos especialmente dependientes de los recursos naturales y con potencial de interrupción y/o fomento del flujo ecológico. Por lo tanto, aunque los resultados de este estudio muestran que la red de gobernanza colaborativa en el área de estudio es robusta, es posible que la red no pueda implementar algunas acciones de conservación deseables precisamente por la exclusión y/o poca relevancia de estos grupos de individuos en la red. Además, no se debe menospreciar en el estudio el sesgo inherente a la técnica bola de nieve, pues el hecho del muestreo haberse iniciado a partir de actores con características similares (i.e., personas supuestamente vinculadas a la conservación) puede haber exagerado la conectividad de la red y condicionar la interpretación de esta como representativa de los actores del área de estudio.
- Nuestro estudio no exploró los impactos del tamaño de la iniciativa de conservación del paisaje, ni el efecto de la proximidad espacial (tanto de las AP de la iniciativa como de los responsables de su gestión), sobre la robustez de la red de gobernanza. Tampoco examinó los impactos en la robustez de la red que podría causar la complejidad administrativa de la iniciativa. El análisis se centró en la capacidad de la red para mantener sus funciones a lo largo del tiempo frente a impactos derivados de cambios en contextos socioambientales

que, a su vez, pueden provocar la salida de actores. Sin embargo, consideramos que incorporar la espacialidad (efecto de tamaño y proximidad) y la complejidad de la iniciativa de conservación para analizar la robustez de la red, así como explorar la relación entre diferentes escalas (temporal, espacial y administrativa) podría rendir buenos frutos en investigaciones futuras interesadas en analizar redes de gobernanza colaborativa adoptadas en la conservación del paisaje.

- Nuestros análisis se basan en tres estrategias de remoción: (1) aleatoria; (2) dirigida, centrándose en una perturbación estructural y; (3) longitudinal, apoyada en personas que efectivamente salieron de la red. Esta secuencia de pruebas, así como la combinación de escenarios basados simultáneamente en datos hipotéticos y reales puede servir como modelo para otros estudios que pretendan explorar la robustez de una red en una variedad de contextos de gobernanza ambiental.
- El uso de datos longitudinales sobre algunos actores de la red de gobernanza (i.e., gestores y consejeros) posibilitó examinar el mantenimiento de las funciones de la red en respuesta a contextos en evolución. Sin embargo, no se debe olvidar que los resultados de este estudio se refieren únicamente al periodo comprendido entre finales de 2016 y comienzos de 2018. Desde entonces, principalmente a partir del inicio del gobierno de Jair Bolsonaro en 2019, innumerables cambios socioambientales amenazan las estructuras de gobernanza ambiental en Brasil, especialmente aquellas vinculadas a la conservación de la biodiversidad. Consultas de documentos públicos, así como conversaciones recientes con algunos actores clave de la red indican, por ejemplo, que durante el mandato de Bolsonaro una buena parte de los actores responsables por la gestión "formal" del Mosaico do Espinhaço han abandonado esa función. La recogida y análisis riguroso de datos longitudinales de ese periodo y el acompañamiento de la red a lo largo del tiempo, indagando además sobre los factores que estarían motivando la salida de los actores de la red, contribuiría no solo a refinar las pruebas de robustez en este estudio, sino también a una comprensión más amplia de las implicaciones que contextos cambiantes pueden tener sobre la capacidad de las redes de gobernanza ambiental para cumplir sus funciones. Asimismo, el estudio longitudinal podría enriquecerse por medio de la aplicación de la equivalencia

estructural, evaluando la relevancia que la salida y entrada de actores, a partir de sus funciones y posiciones en la red, tiene para la conectividad de la red.

- Globalmente, este estudio ofrece informaciones relevantes para la conservación del paisaje en el Mosaico do Espinhaço asociadas a la capacidad de la red de gobernanza para sostener y adaptar la gestión de los recursos naturales frente a impactos derivados de cambios socioambientales y a partir de una óptica temporal de largo plazo. Aun así, futuras evaluaciones de esta red, así como de otras redes de gobernanza que operan en iniciativas de conservación del paisaje en América Latina y el Caribe, podrían incorporar diversos aspectos que fueron omitidos en nuestro análisis con el fin de valorar de manera más precisa los alcances de la colaboración y los efectos de la robustez de las redes en los procesos y metas de conservación. Entre ellos, destacamos los siguientes aspectos contextuales que permean las relaciones, subyacen en las redes colaborativas y pueden afectar al proceso colaborativo: asimetrías de poder, diferencias ideológicas, tensiones, corrupción, conflicto, nivel de credibilidad y legitimidad percibida de los actores, representaciones sociales (valores, percepciones, cosmovisiones), demandas heterogéneas y contradictorias, metas perseguidas y recursos disponibles (financieros, tiempo, materiales, humanos) para cumplirlas. Otros aspectos que fueron omitidos en nuestro análisis, pero que también podrían influir en el contexto relacional, ayudando a entender cómo se crea y mantiene la red, se refieren a las reglas que sostienen la interacción entre los actores, la calidad de las relaciones y del proceso colaborativo, así como a los costes (transacción, información, decisión) involucrados en el establecimiento y mantenimiento de los acuerdos colaborativos.

CONCLUSIONES

La robustez es una característica clave de las redes de gobernanza ambiental y un elemento crítico en la gestión de los recursos naturales. La dimensión de la robustez gana fuerza y complejidad cuando pensamos en redes de gobernanza para la conservación del paisaje que promueven la integración de propósitos ambientales, económicos y socioculturales mediados por procesos de largo plazo. Sin embargo, incluso con el crecimiento de las iniciativas de conservación del paisaje durante

las últimas dos décadas, la literatura presta poca atención a la evaluación y el seguimiento de sus sistemas de gobernanza y, más específicamente, a los aspectos que contribuyen a la robustez de tales sistemas. Esto dificulta entender la efectividad o capacidad de las redes de gobernanza colaborativa en estas iniciativas para proporcionar funciones importantes de conservación a lo largo del tiempo ante posibles perturbaciones y cambios.

Las iniciativas de conservación del paisaje son compromisos de largo plazo. Caracterizar el comportamiento de las redes de gobernanza que operan en estas iniciativas frente a ciertos tipos de perturbaciones y explorar las vulnerabilidades que puedan surgir a causa de estos impactos ayuda a implementar proyectos de conservación de manera más efectiva en el tiempo, mediante arreglos colaborativos duraderos. La robustez de estas redes facilita a sus miembros actuar durante un largo período de tiempo y adaptar sus acciones a las funciones ecológicas que desempeñan las iniciativas de conservación, con procesos y tendencias de largo plazo. La adopción de un marco de robustez en la conservación del paisaje puede llevar a planificadores y tomadores de decisiones a considerar los impactos en la gobernanza derivados de contextos socioambientales cambiantes. Además, contribuye a que estos y otros profesionales de la conservación, junto a la sociedad civil, medios de comunicación y la administración de justicia, estén vigilantes, se movilicen y desarrollen contramedidas efectivas y oportunas (i. e., controles retroalimentados) para minimizar el impacto de las perturbaciones y el estrés, especialmente ante eventuales omisiones deliberadas en la gobernanza ambiental. En resumen, un abordaje de robustez permite la planificación de instituciones más sólidas para alcanzar mejor sus objetivos en futuras decisiones de conservación del paisaje.

Financiamiento: El presente trabajo fue realizado con apoyo de la Coordinación de Perfeccionamiento de Personal de Nivel Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamiento 001. FM recibió apoyo del Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico - CNPq (apoyo 311222/2018-8).

Contribución de los autores: AB y FM contribuyeron en la concepción y diseño del estudio. AB realizó la recolección de datos, el análisis e interpretación de los resultados y la preparación del borrador del manuscrito. FM realizó la revisión crítica del manuscrito.

Agradecimientos: Agradecemos a las comunidades y cuerpo de funcionarios del Mosaico do Espinhaço por su hospitalidad, participación y colaboración en esta investigación.

REFERENCIAS

- Albert, R., Jeong, H., & Barabási, A.-L. (2000).** Error & attack tolerance of complex networks. *Nature*, 406, 378-382. <https://doi.org/10.1038/35019019>
- Alexander, S. M., Andrachuk, M., & Armitage, D. (2016).** Navigating governance networks for community-based Conservation. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 14(3), 155-164. <https://doi.org/10.1002/fee.1251>
- Alexander, S. M., Armitage, D., Carrington, P. J., & Bodin, Ö. (2017).** Examining horizontal and vertical social ties to achieve social-ecological fit in an emerging marine reserve network. *Aquatic Conservation*, 27(6), 1209-23. <https://doi.org/10.1002/aqc.2775>
- Anderies, J. M., Janssen, M. A., & Ostrom, E. (2004).** A framework to analyze the robustness of social-ecological systems from an institutional perspective. *Ecology and Society*, 9(1), 18. <https://doi.org/10.5751/ES-00610-090118>
- Araos, F. (2018).** Navegando en aguas abiertas: tensiones y agentes en la conservación marina en la Patagonia chilena. *Revista de Estudios Sociales*, 64, 27-41. <https://doi.org/10.7440/res64.2018.03>
- Baggio, J. A., BurnSilver, S. B., Arenas, A., Magdanz, J. S., Kofinas, G. P., & Domenico, M. D. (2016).** Multiplex social ecological network analysis reveals how social changes affect community robustness more than resource depletion. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(48), 13708-13713. <https://doi.org/10.1073/pnas.160440111>
- Barabási, A.-L. (2014).** *Network Science*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Beilin, R., Reichelt, N. T., King, B. J., Long, A., & Cam, S. (2013).** Transition landscapes and social networks: examining on-ground community resilience and its implications for policy settings in multiscale systems. *Ecology and Society*, 18(2), 30. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-05360-180230>
- Berkes, F. (2009).** Evolution of co-management: role of knowledge generation, bridging organizations and social learning. *Journal of Environmental Management*, 90, 1692-1702. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.12.001>
- Bixler, R. P., Johnson, S., Emerson, K., Nabatchi, T., Reuling, M., Curtin, C. et al. (2016).** Networks and landscapes: a framework for setting goals and evaluating

performance at the large landscape scale. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 14, 145–153. <https://doi.org/10.1002/fee.1250>

Bodin, Ö., & Crona, B. (2008). Management of Natural Resources at the Community Level: Exploring the Role of Social Capital and Leadership in a Rural Fishing Community. *World Development*, 36(12), 2763–2779. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2007.12.002>

Bodin, Ö., & Crona, B. (2009). The role of social networks in natural resource governance. What relational patterns make a difference? *Global Environmental Change*, 19, 366–374. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2009.05.002>

Bodin, Ö., Crona, B., & Ernstson, H. (2017). Las redes sociales en la gestión de los recursos naturales: ¿Qué hay que aprender de una perspectiva estructural? *Redes. Revista Hispana para el Análisis de Redes Sociales*, 28(1), 1–8. <https://doi.org/10.5565/rev/redes.684>

Borgatti, S. P. (2002). *NetDraw: Graph Visualization Software*. Needham, MA: Analytic Technologies.

Borgatti, S. P., Everett, M. G., & Freeman, L. C. (2002). *UCINET 6 for Windows: software for social network analysis*. Harvard, MA: Analytic Technologies.

Borrini-Feyerabend, G., & Hill, R. (2015). Governance for the conservation of nature. In G. L. Worboys, M. Lockwood, A. Kothari, S. Feary & I. Pulsford (Eds.), *Protected area governance and management* (pp. 169–206). Canberra: ANU Press.

Bovarnick, A., Alpizar, F., & Schnell, C. (Eds.). (2010). *The Importance of Biodiversity and Ecosystems in Economic Growth and Equity in Latin America and the Caribbean: An economic valuation of ecosystems*. New York: United Nations Development Programme. Consulta [04/04/2023] <https://www.undp.org/publications/latin-america-and-caribbean-biodiversity-super-power>

Burgos, A., & Mertens, F. (2017). Participatory management of community-based tourism: A network perspective. *Community Development*, 48(4), 546–565. <https://doi.org/10.1080/15575330.2017.1344996>

Burgos, A., & Mertens, F. (2022). Redes de governança colaborativa: explorando o sucesso da governança na conservação em larga escala. *Ambiente & Sociedade*, 25.

<https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20220110L5AO>

Carlsson, L. G., & Sandström, A. C. (2008). Network governance of the commons. *International Journal of the Commons*, 2(1), 33–54. <http://doi.org/10.18352/ijc.20>

Costa, A., & Mertens, F. (2015). Governança, redes e capital social no Plenário do Conselho Nacional de Recursos Hídricos do Brasil. *Ambiente & Sociedade*, 18(3), 153–170. <http://doi.org/10.1590/1809-4422ASOC865V1832015>

Cumming, G. S. (2017). A Review of Social Dilemmas and Social-Ecological Traps in Conservation and Natural Resource Management. *Conservation Letters*, 00(0), 1–15. <http://doi.org/10.1111/conl.12376>

Delelis, C. J., T. Rehder, & T. M. Cardoso. (2010). *Mosaicos de áreas protegidas: reflexões e propostas da cooperação franco-brasileira*. Ministério do Meio Ambiente, MMA; Embaixada da França no Brasil – CDS UnB, Brasília. Consulta [04/04/2023] <https://www.terrabrasil.org.br/ecotecadigital/pdf/mosaicos-de-areas-protegidas-reflexoes-e-propostas-da-cooperacao-francobrasileira.pdf>

Dezső, Z., & Barabási, A.-L. (2002). Halting viruses in scale-free networks. *Physical Review Journals*, 65(5), 055103(R). <http://doi.org/10.1103/PhysRevE.65.055103>

Elbers, J. (Ed.) (2011). *Las áreas protegidas de América Latina: Situación actual y perspectivas para el futuro*. Quito, Ecuador: UICN. Consulta [04/04/2023] <https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/2011-019.pdf>

Fitzsimons, J., Pulsford, I., & Wescott, G. (2013). *Linking Australia's Landscapes: Lessons and Opportunities from Large-scale Conservation Networks*. Clayton, Australia: CSIRO Publishing.

Folke, C., Hahn, T., Olsson, P., & Norberg, J. (2005). Adaptive governance of social-ecological systems. *Annual Review of Environment and Resources*, 30, 441–473. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.30.050504.144511>

Ganem, R. S. (2011). Gestão integrada da biodiversidade: Corredores, Mosaicos e Reservas da Biosfera. In Ganem, R. S. (Org.). *Conservação da Biodiversidade: Legislação e Políticas Públicas* (pp. 377–414). Brasília: Câmara dos Deputados. Consulta [04/04/2023] <https://www.terrabrasil.org.br/ecotecadigital/images/conservacao.pdf>

González-Maya, J. F., Chassot, O., Espinel, A., & Cepeda A. A. (2011). Sobre la necesidad y pertinencia de la gestión integral de paisajes en Latinoamérica. *Revista Latinoamericana de Conservación*, 2(1), 1-6.

Groce, J. E., Farrelly, M. A., Jorgensen, B. S., & Cook, C. N. (2019). Using social-network research to improve outcomes in natural resource management. *Conservation Biology*, 33(1), 53-65. <https://doi.org/10.1111/cobi.13127>

Guerrero, A. M., Barnes, M., Bodin, Ö., Chadès, I., Davis, K. J., Iftekhhar, M. S. et al. (2020). Key considerations and challenges in the application of social-network research for environmental decision making. *Conservation Biology*, 34(3), 733-742. <https://doi.org/10.1111/cobi.13461>

Guerrero, A. M., McAllister, R. R. J., & Wilson, K. A. (2015). Achieving Cross-Scale Collaboration for Large Scale Conservation Initiatives. *Conservation Letters*, 8(2), 107-117. <https://doi.org/10.1111/conl.12112>

Hanneman, R. A., Riddle, M. (2005). *Introduction to social network methods*. Riverside, CA: University of California.

IBGE. (2022). *Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA*. Consulta [23/11/2022] <http://www.sidra.ibge.gov.br/>

ICMBio. (2022). *Unidades nos Biomas*. Consulta [23/11/2022] <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas>

IEF. (2022). *Unidades de Conservação*. Consulta [23/11/2022] <http://www.ief.mg.gov.br/unidades-de-conservacao>

Jacuína, T. S. (2020). Como se governa a Amazônia? Redes sociais e governança ambiental em Unidades de Conservação. *Revista Brasileira de Ciências Sociais*, 35(103), e3510302. <https://doi.org/10.1590/3510302/2020>

Kark, S., Tulloch, A., Gordon, A., Mazar, T., Bunnefeld, N., & Levin, N. (2015). Cross-boundary collaboration: key to the conservation puzzle. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 12, 12-24. <https://doi.org/10.1016/J.COSUST.2014.08.005>

Lebel, L., Anderies, J. M., Campbell, B., Folke, C., Hatfield-Dodds, S., Hughes, T. P., & Wilson, J. (2006). Governance and the capacity to manage resilience in regional social-ecological systems. *Ecology and Society*,

11(1):19. <https://doi.org/10.5751/ES-01606-110119>

Lindenmayer, D., & Burgman, M. (2005). *Practical Conservation Biology*. Clayton, Australia: CSIRO Publishing.

Lockwood, M. (2010). Good governance for terrestrial protected areas: A framework, principles and performance outcomes. *Journal of Environmental Management*, 91(3), 754-66. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.10.005>

Mardones, G. (2017). Análisis de redes sociales para la gobernanza de un área protegida y su zona de amortiguación en el bosque templado del sur de Chile. *Redes. Revista Hispana para el Análisis de Redes Sociales*, 28(1), 61-72. <http://dx.doi.org/10.5565/rev/redes.690>

Marín-Cabrera, M. (2022). Redes sociales en áreas silvestres protegidas de Costa Rica. *Uniciencia*, 36(1), 1-17. <https://doi.org/10.15359/ru.36-1.6>

Martínez, N., Brenner, L., & Espejel, I. (2015). Red de participación institucional en las áreas naturales protegidas de la península de Baja California. *Región y Sociedad*, 27(62), 27-62. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10232778002>

Mathevet, R., Thompson, J. D., Folke, C., & Chapin, F. S. (2016). Protected areas and their surrounding territory: social-ecological systems in the context of ecological solidarity. *Ecological Applications*, 26, 5-16. <https://doi.org/10.1890/14-0421>

McKinney, M., Scarlett, L., & Kemmis, D. (2010). *Large landscape conservation: a strategic framework for policy and action*. Cambridge, MA: Lincoln Institute for Land Policy.

Meine, C., Soulé, M., & Noss R. F. (2006). A mission-driven discipline: the growth of conservation biology. *Conservation Biology*, 20(3), 631-651. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2006.00449.x>

Melo, G. M., & Irving, M. A. (2014). Mosaicos de unidades de conservação: desafios para a gestão integrada e participativa para a conservação da natureza. *Geografias*, 10(2), 46-58. <https://doi.org/10.35699/2237-549X..13383>

Mertens, F., Fillion, M., Saint-Charles, J., Mongeau, P., Távora, R., Passos, C. J., & Mergler, D. (2015). The role of strong-tie social networks in mediating food security of fish resources by a traditional riverine

community in the Brazilian Amazon. *Ecology and Society*, 20(3), 18.
<http://dx.doi.org/10.5751/ES-07483-200318>

Mertens, F., Saint-Charles, J., Luccote, M., & Mergler, D. (2008). Emergence and robustness of a community discussion network on mercury contamination and health in the Brazilian Amazon. *Health Education & Behavior*, 35(4), 509-521.
<https://doi.org/10.1177/1090198108320357>

Mertens, F., Távora, R., da Fonseca, I. F., Grando, R., Castro, M., & Demeda, K. (2011). Redes sociais, capital social e governança ambiental no Território Portal da Amazônia. *Acta Amazonica*, 41(4), 481-492.
<https://doi.org/10.1590/S0044-59672011000400006>

Miller, K. R. (1996). *Balancing the scales: guidelines for increasing biodiversity's chances thought bioregional management*. Washington, USA: Word Resource Institute.

Mittermeier, R. A., Gil, P. R., Hoffman, M., Pilgrim, J., Brooks, T., Mittermeier, C. G. et al. (2005). *Hotspots revisited: earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions*. Chicago, USA: University of Chicago Press.

MMA. (2000). *Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225 parágrafo 1º, incisos I, II, III, e IV da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC*. Brasília: MMA. Consulta [23/11/2022]
https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm

MMA. (2010). *Portaria 444 de 26 de novembro de 2010. Reconhece o Mosaico de unidades de conservação do Espinhaço: Alto Jequitinhonha – Serra do Cabral*. Brasília: MMA. Consulta [23/11/2022]
<http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/PT0444-261110.PDF>

Murgida, A., Castro, M., Kazimierski, M., & Membribe, A. (2019). Modelos de trabajo en la interdisciplina: un análisis relacional de colaboración para el planeamiento hídrico en la Patagonia Norte (Argentina). *Redes. Revista Hispana para el Análisis de Redes Sociales*, 30(1), 25-43.
<https://dx.doi.org/10.5565/rev/redes.827>

Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Fonseca, G. A. B., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403, 853-858.
<https://doi.org/10.1038/35002501>

Olson, M. (2001). *The logic of collective action: public goods and the theory of groups*. Boston: Harvard University Press.

Palacio, D. C. (2017). El lugar-red y la acción ambiental: pistas para una gobernanza reflexiva y situada. *Redes. Revista hispana para el análisis de redes sociales*, 28(1), 73-91.
<http://dx.doi.org/10.5565/rev/redes.648>

Palacio, D. C., Hurtado, R., & Garavito, L. L. (2003). Redes Socio-ambientales en tensión: El caso de la gestión ambiental de los humedales de Bogotá. *Redes. Revista Hispana para el Análisis de Redes Sociales*, 4(6).
<https://doi.org/10.5565/rev/redes.45>

Poiani, K. A., Richter, B. D., Anderson, M. G., & Richter, H. E. (2000). Biodiversity conservation at multiple scales: functional sites, landscapes, and networks. *BioScience*, 50(2), 133-146.
[https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2000\)050\[0133:BCAMSF\]2.3.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2000)050[0133:BCAMSF]2.3.CO;2)

Pressey, R. L., & Bottrill, M. C. (2009). Approaches to landscape and seascape-scale conservation planning: convergence, contrasts and challenges. *Oryx*, 43(4), 464-475.
<https://doi.org/10.1017/S0030605309990500>

RBRB. (2022). *Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço*. Consulta [23/11/2022]
<https://reservasdabiosfera.org.br/a-rbrb/>

Sayer, J., Campbell, B., Petheram, L., Aldrich, M., Perez, M. R., et al. (2007). Assessing environment and development outcomes in conservation landscapes. *Biodiversity and Conservation*, 16, 2677-2694.
<https://doi.org/10.1007/s10531-006-9079-9>

Scarlett, L., & McKinney, M. (2016). Connecting people and places: the emerging role of network governance in large landscape conservation. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 14(3), 116-125.
<https://doi.org/10.1002/fee.1247>

Scott, J. (2000). *Social Network Analysis. A Handbook*. London, UK: Sage Publications.
<https://dx.doi.org/10.4135/9781529716597>

SEGRH. (2022). *Bacia hidrográfica do Rio Jequitinhonha*. Consulta [23/11/2022]
<http://www.igam.mg.gov.br/component/content/160?task=view>

Torres, M. E. E., Casa, K. A. A., & Mireles, E. M. (2020). Gobernanza Ambiental y Redes Sociales en Sierra del Abra Tanchipa, San Luis Potosí. *Enfoque Rural*, 1(1), 42-56.

Wasserman, S., & Faust, K. (1999). *Social network analysis: methods and applications*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
<https://doi.org/10.1017/CBO9780511815478>

Webb, C., & Bodin, Ö. (2008). A network perspective on modularity and control of flow in robust systems. In J. Norberg, & G. S. Cumming. (Eds.), *Complexity theory for a*

sustainable future (pp. 85-118). New York: Columbia Press.

Worboys, G. L., Francis, W. L., & Lockwood, M. (2010). *Connectivity Conservation Management: A global guide*. London: Earthscan.

Worboys, G. L., Lockwood, M., Kothari, A., Feary, S., & Pulsford, I. (Eds.). (2015). *Protected Area Governance and Management*. Canberra: ANU Press.

WWF/IPÊ. (2012). *Gestão de Unidades de Conservação: compartilhando uma experiência de capacitação*. Brasília: WWF-Brasil. Consulta [04/04/2023]
<https://www.wwf.org.br/?32545/Gesto-de-unidades-de-conservao-compartilhando-uma-experincia-de-capacitao>

Wyborn, R., & Bixler, P. (2013). Collaboration and nested environmental governance: Scale dependency, scale framing, and cross-scale interactions in collaborative conservation. *Journal of Environmental Management*, 123, 58-67.

<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.03.014>

Ziegler, S., Segura, J. A., Bosio, M., & Camacho, K. (2020). *Conectividad rural en América Latina y el Caribe. Un puente al desarrollo sostenible en tiempos de pandemia*. IICA; BID; Microsoft. Consulta [04/04/2023]
https://repositorio.iica.int/handle/11324/12896?locale-attribute=pt_BR

Remitido: 20-12-2022

Corregido: 29-04-2023

Aceptado: 02-05-2023



© Los autores

ANEXO

Tabla 3
Resultados de los indicadores de robustez de la red original

Componentes (Nº)	Fracción de nodos conectados (%)	Distancia media (Nº)	Diversidad de actores (%)
1	98,3	3,0	O: 100 A: 93,7

Notas: los datos de la red original fueron simetrizados por el máximo. O = ocupación; A = área manejada.

Tabla 4
Resultados de las pruebas basadas en remociones aleatorias

Número de simulación (Remoción 2 %)	Componentes (Nº)	Fracción de nodos conectados (%)	Distancia media (Nº)	Diversidad de actores (%)
1	1	97,8	3,9	O: 100 A: 93,7
2	1	98,2	3,8	O: 100 A: 93,7
3	1	97,8	3,9	O: 100 A: 87,5
4	1	98,7	3,9	O: 100 A: 93,7
5	1	98,7	3,8	O: 100 A: 93,7
6	1	97,8	3,9	O: 100 A: 93,7
7	1	98,2	3,8	O: 100 A: 93,7
8	1	98,7	3,8	O: 100 A: 93,7
9	1	97,3	3,9	O: 100 A: 93,7
10	1	97,8	3,8	O: 100 A: 93,7
Media	1	98,10	3,85	O: 100 A: 93,06
Desviación estándar	0	0,4	0,05	O: 0 A: 1,12

Número de simulación (Remoción 5 %)	Componentes (Nº)	Fracción de nodos conectados (%)	Distancia media (Nº)	Diversidad de actores (%)
1	1	97,7	3,9	O: 100 A: 93,7
2	1	97,7	3,8	O: 100 A: 87,5
3	1	98,2	4,2	O: 100 A: 87,5
4	1	98,6	3,8	O: 100 A: 93,7
5	1	98,6	4,1	O: 100 A: 93,7
6	1	97,7	3,8	O: 100 A: 93,7

7	1	98,2	3,8	O: 100 A: 93,7
8	1	98,6	3,9	O: 100 A: 93,7
9	1	97,7	3,9	O: 100 A: 93,7
10	1	97,7	3,8	O: 100 A: 93,7
<i>Media</i>	1	98,07	3,90	O: 100 A: 92,43
<i>Desviación estándar</i>	0	0,37	0,1	O: 0 A: 1,98

Número de simulación (Remoción 10 %)	Componentes (Nº)	Fracción de nodos conectados (%)	Distancia media (Nº)	Diversidad de actores (%)
1	1	98,1	3,9	O: 100 A: 93,7
2	2	94,6	4,0	O: 100 A: 87,5
3	1	98,1	4,1	O: 100 A: 93,7
4	1	99,0	3,8	O: 100 A: 87,5
5	1	98,6	4,1	O: 100 A: 93,7
6	1	97,6	3,9	O: 100 A: 93,7
7	1	98,1	3,8	O: 100 A: 93,7
8	2	97,1	4,3	O: 100 A: 93,7
9	1	96,6	3,9	O: 100 A: 87,5
10	1	97,6	3,8	O: 100 A: 93,7
<i>Media</i>	1,14	97,53	3,96	O: 100 A: 91,8
<i>Desviación estándar</i>	0,32	0,86	0,13	O: 0 A: 2,60

Número de simulación (Remoción 20 %)	Componentes (Nº)	Fracción de nodos conectados (%)	Distancia media (Nº)	Diversidad de actores (%)
1	1	97,3	4,1	O: 100 A: 93,7
2	2	94,6	4,0	O: 100 A: 87,5
3	2	96,7	4,2	O: 100 A: 87,5
4	1	98,4	3,8	O: 100 A: 87,5
5	1	98,4	4,5	O: 100 A: 93,7
6	1	97,8	4,2	O: 100 A: 93,7
7	1	97,8	3,9	O: 100 A: 93,7
8	2	94,0	4,5	O: 100 A: 87,5
9	2	96,2	4,0	O: 100 A: 87,5
10	2	96,7	3,7	O: 100 A: 93,7
<i>Media</i>	1,41	96,78	4,08	O: 100 A: 90,5
<i>Desviación estándar</i>	0,5	1,15	0,21	O: 0 A: 3,1

Número de simulación (Remoción 30 %)	Componentes (Nº)	Fracción de nodos conectados (%)	Distancia media (Nº)	Diversidad de actores (%)
1	2	95,0	3,9	O: 100 A: 93,7
2	2	93,2	4,1	O: 100 A: 87,5
3	2	93,2	4,3	O: 100 A: 87,5
4	1	97,5	3,9	O: 100 A: 87,5
5	2	94,4	5,4	O: 100 A: 93,7
6	1	97,5	4,3	O: 100 A: 93,7
7	1	97,5	4,0	O: 100 A: 93,7
8	2	92,5	4,7	O: 100 A: 87,5
9	2	93,8	4,1	O: 100 A: 87,5
10	2	96,3	4,1	O: 100 A: 93,7
<i>Media</i>	1,62	95,07	4,26	O: 100 A: 90,5
<i>Desviación estándar</i>	0,42	1,69	0,32	O: 0 A: 3,1

Notas: se muestran los resultados de los indicadores de robustez de 10 simulaciones para cada porcentaje de nodos eliminados (2 %, 5 %, 10 %, 20 % y 30 %). O = ocupación; A = área manejada.

Tabla 5

Resultados de las pruebas basadas en remociones dirigidas de acuerdo con la perturbación estructural

Secuencia de remoción (Centralidad de grado)	Componentes (Nº)	Fracción de nodos conectados (%)	Distancia media (Nº)	Diversidad de actores (%)
1º	1	97,8	4,1	O: 100 A: 93,7
2º	1	97,8	4,2	O: 100 A: 93,7
3º	1	97,8	4,4	O: 100 A: 93,7
4º	1	97,8	4,6	O: 100 A: 93,7
5º	1	97,3	4,8	O: 100 A: 93,7
6º	1	97,3	5,1	O: 100 A: 93,7
7º	1	97,3	5,3	O: 100 A: 93,7
8º	1	97,3	5,5	O: 100 A: 93,7
9º	1	97,3	6,0	O: 100 A: 93,7
10º	1	97,3	6,2	O: 100 A: 93,7
11º	1	96,3	6,2	O: 100 A: 93,7
12º	1	95,4	6,1	O: 100 A: 93,7
13º	1	95,4	6,4	O: 100 A: 93,7

14º	1	95,4	6,4	O: 100 A: 93,7
15º	1	95,3	6,6	O: 100 A: 93,7
16º	3	94,9	6,6	O: 100 A: 93,7
17º	3	94,8	6,7	O: 100 A: 93,7
18º	3	94,8	7,1	O: 100 A: 93,7
19º	3	94,8	7,5	O: 100 A: 93,7
20º	3	94,8	7,7	O: 100 A: 93,7

Secuencia de remoción (Centralidad de intermediación)	Componentes (Nº)	Fracción de nodos conectados (%)	Distancia media (Nº)	Diversidad de actores (%)
1º	1	97,8	4,1	O: 100 A: 93,7
2º	1	97,8	4,2	O: 100 A: 93,7
3º	1	97,8	4,4	O: 100 A: 93,7
4º	1	97,8	4,6	O: 100 A: 93,7
5º	1	97,8	4,9	O: 100 A: 93,7
6º	1	97,3	5,0	O: 100 A: 93,7
7º	1	97,3	5,3	O: 100 A: 93,7
8º	1	97,3	5,7	O: 100 A: 93,7
9º	1	97,3	6,0	O: 100 A: 93,7
10º	1	97,3	6,1	O: 100 A: 93,7
11º	1	97,3	6,1	O: 100 A: 93,7
12º	1	97,2	6,2	O: 100 A: 93,7
13º	1	97,2	6,2	O: 100 A: 93,7
14º	1	97,2	6,4	O: 100 A: 93,7
15º	1	97,2	6,8	O: 100 A: 93,7
16º	1	97,2	6,6	O: 100 A: 93,7
17º	2	94,8	7,0	O: 100 A: 93,7
18º	2	94,8	7,3	O: 100 A: 93,7
19º	2	94,8	6,5	O: 100 A: 93,7
20º	2	94,3	6,7	O: 100 A: 93,7

Notas: se muestran los resultados de los indicadores de robustez después de la eliminación secuencial de los 20 actores más conectados (i.e., mayor centralidad de grado) y de los 20 actores más intermediarios (i.e., mayor centralidad de intermediación). O = ocupación; A = área manejada.

Tabla 6

Resultados de las pruebas basadas en remociones de acuerdo con datos longitudinales

Número de individuos eliminados (Exgestores)	Componentes (Nº)	Fracción de nodos conectados (%)	Distancia media (Nº)	Diversidad de actores (%)
14	1	97,7	4,1	O: 100 A: 93,7
Número de individuos eliminados (Exconsejeros)	Componentes (Nº)	Fracción de nodos conectados (%)	Distancia media (Nº)	Diversidad de actores (%)
11	1	97,3	4,3	O: 100 A: 93,7
Número de individuos eliminados (Exgestores y exconsejeros) ⁽¹⁾	Componentes (Nº)	Fracción de nodos conectados (%)	Distancia media (Nº)	Diversidad de actores (%)
22*	1	96,6	4,4	O: 100 A: 93,7

Notas: se muestran los resultados de los indicadores de robustez después de la eliminación secuencial del grupo de gestores, del grupo de consejeros y del conjunto de gestores y consejeros que dejaron esas funciones. ⁽¹⁾ Tres exgestores son también exconsejeros. O = ocupación; A = área manejada.