

Criterios a considerar para desarrollar proyectos de restauración ecológica

Miguel Pequeño-Ledezma¹, Eduardo Alanís-Rodríguez¹, Javier Jiménez-Pérez¹, Oscar Aguirre-Calderón¹,
Marco González-Tagle¹ y Víctor Molina-Guerra²

Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León¹; RENAC S.A. de C.V.²
Linares, N. L.; México
mikepequeno@hotmail.com

Abstract— Degraded ecosystems suffer negative effects that affect their environmental characteristics by modifying its components, structure and natural dynamics, which is reflected in the reduction or loss of goods and services that they provide to society. The objective of this research was to know the alternatives and the criteria used to develop restoration projects. We find a general overview of ecological restoration, techniques or tools most commonly used, and the criteria that decision makers have considered important to carry out for priority projects based on recommendations of international organizations.

Keyword— *ecosystems, degradation, resilience, environmental services, natural resources.*

Resumen— Los ecosistemas impactados sufren efectos negativos que inciden directamente en sus características ambientales, modificando sus componentes, estructura y dinámica natural lo cual es reflejado en la disminución o pérdida de bienes y servicios que estos proveen a la sociedad. El objetivo de esta investigación fue conocer las alternativas y los criterios tomados para desarrollar proyectos de restauración. Se encontró una perspectiva global de restauración ecológica con las técnicas o herramientas más comúnmente utilizadas y los criterios que tomadores de decisiones han considerado importantes para llevar a cabo proyectos de priorización en base a recomendaciones de organizaciones internacionales.

Palabras claves— *ecosistemas, degradación, resiliencia, servicios ambientales, recursos naturales.*

I. INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas proporcionan diversos bienes aprovechados por el hombre, en donde destacan especies de interés comercial en sectores cinegético, pesquero, ganadero, agrícola o forestal entre otros [1,2]. Además de servicios ambientales, como el abastecimiento de agua, asimilación de residuos, fertilidad de suelo, captura de carbono, actividades recreativas y de turismo ecológico por mencionar algunas [3, 4].

Los ecosistemas por sí mismos poseen características que les permiten responder a las perturbaciones naturales que llegan a causar impactos, como incendios, huracanes, sequías, inundaciones, invasión de especies o inclusive actividades antropogénicas como agrícola, pecuaria, forestal o industrial, entre otros [5, 6]. Algunos autores se refieren a esto como resiliencia, y lo definen como: “la capacidad de un sistema a estar sometido a un disturbio y mantener sus funciones y controles”[7].

Los impactos originan procesos de dinámica sucesional de las comunidades vegetales y estas a su vez generan cambios en su estructura, composición y función. Los cuales son conocidos como perturbaciones y pueden ser medidas por los cambios en riqueza, diversidad y composición de especies presentes en una comunidad [8].

El porqué de la importancia de la restauración es sencillo de entender, ya que cuando los ecosistemas son degradados, numerosos servicios que brindan a la sociedad se pierden[9]. Algunos autores

mencionan que los sistemas degradados se caracterizan por la alteración en su estructura y composición, y por la reducción de biodiversidad, productividad y habitabilidad [10, 11, 12].

Una de las características principales de ecosistemas terrestres degradados es la pérdida del suelo, biodiversidad y la eliminación de variabilidad genética [13, 14, 15, 16, 17, 18]. Mientras que los ecosistemas acuáticos degradados se caracterizan a menudo por sus aguas contaminadas que pocas especies son capaces de tolerar [19, 20].

El presente escrito analiza los diversos criterios que son considerados por los gestores de los recursos naturales para la elaboración de una propuesta de priorización en áreas para la restauración, las posibles causas de deterioro de los ecosistemas, las herramientas mayormente utilizadas así como las posibles debilidades dentro de la planeación de este tipo de propuestas.

II. RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

La SER (Society for Ecological Restoration International / Sociedad Internacional de Restauración Ecológica) define la restauración ecológica como el proceso de ayudar con el restablecimiento de un ecosistema que se ha degradado, dañado o destruido [21]. Es una actividad deliberada que inicia o acelera un camino ecológico o trayectoria a través del tiempo hacia un estado de referencia [22].

La restauración se divide en dos grandes rubros, restauración activa y restauración pasiva. La restauración activa es un proceso que involucra acciones específicas que estimulen el desarrollo de la sucesión para lograr la restauración de un ecosistema. La restauración pasiva se define como un conjunto de acciones que eliminan o modifican los factores que limitan la recuperación natural de un ecosistema y en esta no se involucra el ser humano [23].

El objetivo final de la práctica de restauración ecológica es crear un ecosistema autosuficiente, proveedor de bienes y servicios, que sea resistente a la perturbación y no necesite mayor intervención en el futuro [23, 24].

La restauración ecológica se plantea como un proceso complejo de toma de decisiones y acciones de manejo de los ecosistemas alterados por parte de expertos en el área, con el objetivo de recuperar la biodiversidad (composición), integridad (estructura y función) y la salud ecológica (capacidad de recuperación / resiliencia), lo cual garantiza su continuidad [25].

Mediante la restauración activa es posible inducir el retorno de un ecosistema dado hacia una trayectoria biótica y abiótica más o menos similar a la que tenía antes de un deterioro [26]. Para realizar este tipo de restauración es necesario cumplir con algunos requisitos, como por ejemplo:

- Tener una idea clara de porque se necesita la restauración en la zona.
- Disponibilidad de un inventario suficiente de la biodiversidad original del sitio de interés antes de la alteración.
- Disponibilidad de un conocimiento suficiente acerca de los ciclos y procesos mas importantes del ecosistema.
- Disponibilidad de un conocimiento suficiente sobre las presiones que originaron la alteración; su naturaleza y sus causas, severidad, escala espacial de los impactos, y sus posibilidades de recurrencia y frecuencia.
- Disponibilidad de información descriptiva e histórica suficiente acerca de las características sociales, económicas y políticas vinculadas al sitio que se desea restaurar.

- Tener claras las metas y los objetivos del proyecto de restauración.
- Protocolos y herramientas de monitoreo mediante los cuales se puede evaluar el proyecto durante su proceso y una vez finalizado [24, 25, 26].

Bajo ciertas circunstancias la sola suspensión de actividades humanas que son dañinas para un ecosistema puede generar las condiciones básicas para la restauración en forma autónoma, particularmente si la extensión del daño es pequeña, si no existe secuela alguna de contaminación presente en suelos, agua o aire y si existen áreas aledañas que cuenten con germoplasma nativo local, lo cual sentará las bases para el inicio de una restauración pasiva [25].

Sin embargo, lo que frecuentemente se encuentra en áreas degradadas es que los daños en extensión y magnitud causados por actividades humanas son considerables e incluso pueden tener efectos sinérgicos con otros factores ambientales, lo que implica una dificultad mayor para que se propicie algún proceso de restauración pasiva [27].

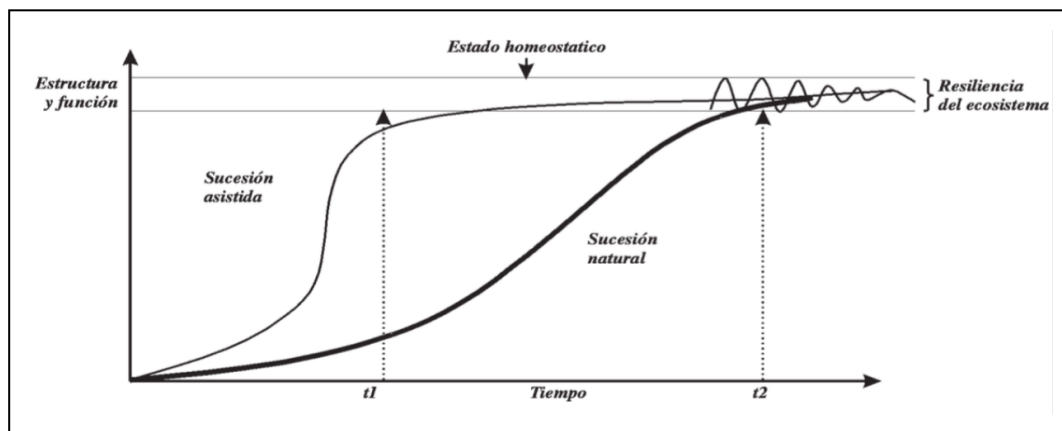


Fig. 1. Modelo de la sucesión natural y asistida en el proceso de desarrollo de un ecosistema [28].

Algunos autores mencionan que la importancia de identificar las causas de las alteraciones en los ecosistemas es un factor clave para tratar adecuadamente los procesos causantes de degradación y hacen especial énfasis en la necesidad de desarrollar una metodología clara para alcanzar los objetivos planteados incluyendo la realización de una serie de evaluaciones durante el proyecto de restauración [29, 30].

Es de suma importancia tener información sobre los procesos de sucesión locales durante el desarrollo de la restauración ecológica, ya que esto ayudará a no cometer errores de planeación al evitar la introducción de especies nativas sensibles antes o después del tiempo que sea necesario. Esto es importante de mencionar ya que hay especies que solamente se restablecerán si sus entornos y nichos característicos se encuentran disponibles en un ecosistema que esté sujeto a procesos de restauración [31].

Durante el proceso de restauración ecológica es necesario verificar si se obtienen los efectos deseados, y para esto se requiere conocer sobre la trayectoria esperada del ecosistema en restauración. Algunos autores han registrado una trayectoria de sucesión alejada de lo originalmente se tenía planteado [32], por eso es de suma importancia el monitoreo constante por parte de los ejecutores del proyecto de restauración, resaltando la necesidad de ir documentando los esfuerzos de restauración, para el seguimiento de los resultados obtenidos [33, 34].

Existe un marco conceptual generalizado que algunos autores utilizan al momento de elaborar proyectos de restauración ecológica [35] (figura 2) y coinciden con los conceptos expuestos por autores revisados en líneas anteriores [25,26].

El objetivo principal de la valoración de las diferentes áreas definidas y caracterizadas en un proyecto de restauración ecológica es conocer el estado de la degradación de cada una de ellas [36].

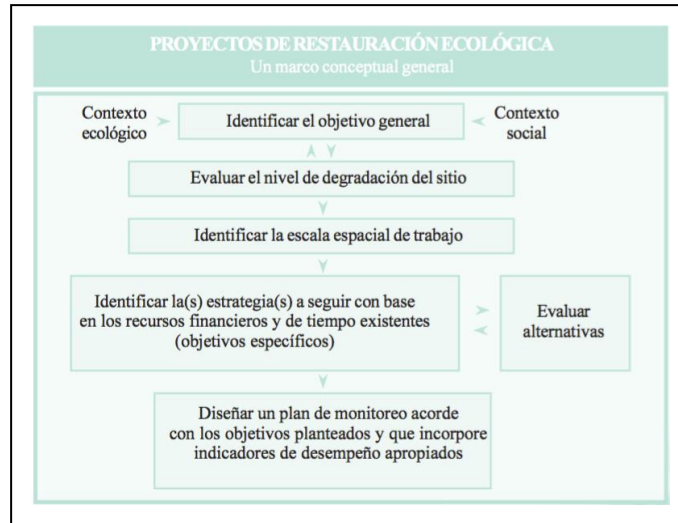


Fig. 2. Marco conceptual general en proyectos de restauración ecológica [35].

III. PRIORIZACIÓN DE ÁREAS Y CRITERIOS A CONSIDERAR.

La IUCN [38] (International Union for Conservation of Nature / Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) define la priorización como el trabajo de restauración que se enfoca en las intervenciones más urgentes e importantes para el logro de las metas a nivel de todo el sistema, del paisaje terrestre o marino o del área protegida.

Se restauran las áreas en que se pueda intervenir a partir del nivel de alteración, las limitaciones de tiempo y presupuesto además de su importancia en el sostenimiento de las comunidades locales, regionales y de la biota en general [35].

Es importante realizar una zonificación en el área de interés, la cual consiste en caracterizar con criterios climáticos, geomorfológicos, edáficos y de cobertura [39]. Se debe realizar la priorización con el fin de definir por donde iniciar la restauración del área alterada de tal forma que se neutralice la degradación, se optimicen los recursos y se acelere al máximo el restablecimiento del área [36].

Una de las preguntas clave sobre la restauración ecológica y conservación de la naturaleza es ¿Dónde es necesario actuar primero? Dado que los recursos financieros son limitados, la restauración ecológica debería centrarse en áreas donde se produzcan los mayores beneficios. Algunos autores hacen mención que el establecimiento de prioridades ha recibido poca atención en el contexto específico de la restauración ecológica, a pesar de la gran cantidad de publicaciones sobre la planificación sistemática de la conservación, solo un bajo porcentaje está enfocado sobre la priorización de la restauración ecológica [40, 41].

Dentro de los proyectos de restauración ecológica es importante llevar a cabo la identificación de aquellos sitios en los que la restauración podría mejorar y proveer mayores beneficios a la sociedad y/o donde se hace más necesaria [42]. Esta identificación puede ser vista como un problema de planificación en el cual interactúan aspectos sociales, económicos y ecológicos [43].

Dentro de los criterios que algunos autores [36, 44, 45] recomiendan tener en cuenta para la priorización de áreas a restaurar se encuentran:

- Dimensiones y tipos de áreas contiguas al áreas a restaurar.
- Identificación de los daños potenciales crisis o amenazas que los sistemas vecinos pueden ocasionar sobre el área a restaurar.
- En caso de concentrarse diferentes disturbios en una misma área, valorarlos y conocer las implicaciones, que tienen para el área a restaurar.
- Bienes y servicios que presta el área a restaurar.

Numerosos autores [35, 46, 47, 48] mencionan tres criterios expuestos en estrategias de conservación 1. *Significancia*: tiene en cuenta la contribución a la solución de otros problemas, área y personas beneficiadas e importancia para los más afectados, 2. *Urgencia*: velocidad de avance del problema si no se trata a tiempo o velocidad a la que avanza la solución si se implementa, 3. *Reversibilidad*: en qué medida son reversibles los efectos del problema.

El uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) es necesario para la selección de prioridades de restauración, debido a que es un problema complejo de planificación del uso de la tierra que incluye la recopilación y el procesamiento de la información relacionada con aspectos ambientales, socioeconómicos y operativos y con esta herramienta se simplifica el manejo de los datos georeferenciados [41].

IV. ELABORACIÓN DE UNA PROPUESTA DE PRIORIZACIÓN.

Una evaluación multicriterio espacial es la combinación de una evaluación multicriterio dentro de un ambiente de Sistemas de información geográfica, el cual es un proceso donde los datos geográficos se combinan y se transforman en una decisión, implica la entrada de datos, las preferencias del tomador de decisiones y la manipulación de la información usando reglas especificadas de la decisión [41].

Para ello, se requiere una articulación de los objetivos del tomador de decisiones y una identificación de los atributos útiles para indicar el grado con que estos objetivos se logran; además, éstos forman una estructura jerárquica de criterios de evaluación para un problema particular de toma de decisiones [51].

En términos generales este proceso involucra los siguientes componentes:

- Meta o conjunto de metas de la toma de decisiones (intereses de grupos) y esfuerzo para lograrla
- El tomador de decisiones o grupo involucrado en el proceso de la toma de decisiones.
- Conjunto de criterios de evaluación en base a los cuales los tomadores de decisiones evalúan alternativas
- El conjunto de alternativas de decisión, que son las decisiones o las variables de acción
- Conjunto de variables no controlables o estados naturales
- Conjunto de resultados o consecuencias asociados con cada alternativa o par de atributos [46].

La modelación multicriterio se ha utilizado en numerosos estudios de resolución de conflictos ambientales [42, 51] debido a que estas técnicas permiten integrar de manera sistemática y rigurosa información de cualquier tipo tangible e intangible, dado que los algoritmos en los que se basa hacen posible considerar en forma participativa y fundamentada cada uno de los factores, procesos y alternativas que son relevantes para alcanzar una meta previamente definida [52].

Dentro de la modelación multicriterio, se recomienda realizar un Proceso Analítico Jerarquizado (PAJ) [46] el cual consiste en descomponer una situación compleja y no estructurada en sus componentes, ordenarlos en una jerarquía, realizar comparaciones binarias y atribuir valores numéricos a juicios subjetivos, agregando las soluciones parciales en una solución [49].

El método PAJ conduce a los tomadores de decisiones a analizar una decisión en partes, iniciando por definir el objetivo principal, los criterios, los subcriterios y finalizando por las alternativas [51].

Las fases que comprenden este proceso se describen de manera general en los siguientes dos puntos:

- Identificación de los criterios de decisión.
- Estructuración de los factores de una forma jerárquica, descendiendo desde los más generales a los más concretos y conectados nivel a nivel [49].

La estructuración de una jerarquía depende de la cantidad de información con que se cuente, de la visión que se tenga del sistema, y de las respuestas que se deseen obtener. Esto permite tener una visión global de las relaciones complejas existentes en el sistema y ayuda al tomador de decisiones a determinar si los aspectos obtenidos en cada nivel son comparables.

Los datos de biodiversidad y ambientales más utilizados en la priorización de la restauración ecológica dependen de la existencia de la información sobre la zona que se pretende restaurar e incluyen por lo general: especies (presencia, distribución, abundancia), hábitats (presencia, distribución, estado de conservación), geología y suelos, geomorfología, topografía, clima e hidrología [42].

Además de los datos e información sobre los sistemas bióticos y abióticos, un exitoso proyecto de priorización de áreas de restauración requerirá datos socioeconómicos. Estos incluyen una amplia visión de uso social y económico de la tierra, información fiscal y cultural de la zona a restaurar [53].

Cada elemento de la jerarquía se convierte en valores cuantitativos usando la escala diseñada por Saaty [54]. (Tabla1.)

El tomador de decisiones tiene que interpretar la información disponible para hacer juicios con base en sus conocimientos y experiencia en el proceso de comparación por pares. El conjunto de todos esos juicios forma una matriz llamada “matriz de comparación por pares”, en el cual el conjunto de elementos se compara consigo mismo [55]. Después de construir la matriz de comparaciones pareadas se calcula lo que se denomina prioridad de cada uno de los elementos que se comparan.

Las preferencias hechas por el grupo de expertos deben ser lo más consistentes posibles para asegurar que la toma de decisión sea lo más objetiva posible [46]. La consistencia se interpreta como el grado de coherencia lógica entre las comparaciones pareadas y se define como la transitividad cardinal entre comparaciones [52]. Una vez teniendo los mapas de criterios estandarizados, éstos son multiplicados por los pesos de criterios en cada nivel de la jerarquía para obtener los diferentes niveles de prioridad.

Tabla I. Escala fundamental del Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ).

Intensidad de importancia	Definición	Explicación
1	Igual importancia	Las dos actividades contribuyen de igual manera al objetivo
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio moderadamente a favor de una actividad sobre la otra
5	Importancia fuerte	La experiencia y el juicio fuertemente a favor de una actividad sobre la otra
7	Importancia muy fuerte o importancia demostrada	Una actividad es fuertemente favorecida sobre la otra
9	Extrema importancia	La evidencia favorece una actividad sobre la otra del orden de afirmación mas alto posible
2,4,6,8	Valores intermedios entre los valores de escala	Cuando es necesario un termino medio
Recíproco distinto a cero	Si se asigna a_{ij} al comparar la actividad i con la actividad j , entonces se asigna $a_{ij} = 1/a_{ji}$ al comparar la j con la i .	Supuesto razonable

V. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Existe escasas investigaciones referentes a la priorización de áreas de restauración [40, 41]. Si bien se ha avanzado en la práctica de la restauración y en la ecológica de la restauración, se necesita realizar más investigaciones que profundicen en los criterios a considerar para la elaboración de una propuesta de priorización.

El éxito de un proyecto de restauración ecológica depende en gran medida de la inversión económica, los tiempos de actuación así como de voluntad por parte de instituciones, [59] además de la participación, colaboración, y el sentido de pertenencia que tengan las comunidades locales sobre el mismo [60].

La selección e identificación de los sitios donde la restauración es más necesaria y donde se podría mejorar o proveer mayores beneficios a la sociedad está totalmente ligada a las limitaciones presentes principalmente en aspecto económico [42, 61]. Las acciones de restauración deben priorizarse y dirigirse hacia metas claras interactuando con aspectos sociales, económicos y ecológicos locales [46]. De no ser así, las acciones de restauración podrían no cubrir las metas trazadas en un principio por los tomadores de decisiones.

Dentro de los criterios que algunos tomadores de decisiones recomiendan tener en cuenta en procesos de priorización se encuentra contar con conocimiento e información de los tipos de áreas adyacentes al área a restaurar, las amenazas o daños potenciales que los sistemas vecinos pueden generar sobre el área, así como los bienes y servicios que presta el ecosistema en cuestión [31]. Además de la significancia, la urgencia o velocidad de avance del problema y la reversibilidad de los efectos que causa el problema de degradación [34, 46].

Actualmente se están llevando a cabo esfuerzos a nivel global en el área de restauración ecológica, algunos de ellos enfocándose en encontrar las áreas prioritarias a restaurar. En la comunidad europea, la Dirección General de Medio Ambiente (Grupo Biodiversidad y Naturaleza) en el año 2013 inició el desarrollo del Marco para la Priorización de la Restauración (Restoration Prioritisation Framework, RPF),[56] como parte del desarrollo de las metas de Aichi las cuales con un conjunto de metas que se

pretenden alcanzar para el año 2020 y forman parte del Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020, aprobado en 2010 por la 10^a reunión de la Conferencia de las Partes en el Convenio sobre la Diversidad Biológica cuyo objetivo es “*detener la pérdida de diversidad biológica a fin de asegurar que, para 2020, los ecosistemas sean resilientes y sigan suministrando servicios esenciales, asegurando de este modo la variedad de la vida del planeta y contribuyendo al bienestar humano y a la erradicación de la pobreza*” y, específicamente, de la Meta 15, que especifica que en 2020, “la resiliencia de los ecosistemas y la contribución de la biodiversidad al almacenaje de carbono se verán aumentados, a través de la conservación y la restauración, incluyendo la restauración de al menos el 15 % de los ecosistemas degradados, contribuyendo con ello a la mitigación y adaptación al cambio climático y a la lucha contra la desertificación”.

A nivel Latinoamérica existen trabajos de priorización de áreas para restaurar en países como Ecuador, Colombia, y México por mencionar algunos, en donde se han aplicado técnicas de evaluación multicriterio basadas en sistemas de información geográfica [25, 43, 46, 57, 58], debido a que estas técnicas permiten descomponer una situación compleja y no estructurada, ordenarlos en una jerarquía, realizar comparaciones binarias y atribuir valores numéricos a juicios subjetivos lo cual es relevante para lograr la meta definida y generar un mapa de áreas de restauración prioritarias el cual servirá para la toma de decisiones [49].

De acuerdo a la información recopilada y a la literatura consultada, un factor determinante para la restauración ecológica es el factor económico [37]. Las limitantes de este factor en muchos de los proyectos de restauración ecológica son el detonante principal para tomar la decisión de priorizar áreas en un ejercicio de restauración.

La mayoría de la literatura consultada reportó utilizar criterios bióticos similares para la toma de decisiones en proyectos de priorización, [42] sin darle la importancia debida a los criterios socioeconómicos, siendo este criterio clave para la toma de decisiones sobre el camino que se debe seguir y con esto cumplir con la objetividad y seguramente facilitar que se cumpla la trayectoria ecológica deseada por el tomador de decisiones.

Las comunidades locales aplicadas como un criterio, juegan un papel importantísimo que la mayoría de los tomadores de decisiones no utilizan al momento de priorizar, lo cual es un error evidente ya que en muchos de los casos de esta depende en su mayoría el éxito o fracaso de los proyectos de restauración ecológica [60].

Otro de los factores poco utilizado por los autores dentro de la literatura consultada sobre restauración ecológica es el cambio climático, actualmente existen un conjunto de tendencias que son de particular interés en procesos de restauración como lo son los incrementos en frecuencia de días mas cálidos, el incremento de eventos de lluvias intensas, incremento de áreas afectadas por sequias y la frecuencia de los ciclones tropicales intensos [62]. Es importante realizar experimentos y modelos que permitan explorar la trayectoria de los ecosistemas ante los cambios climáticos esperados y poder generar proyecciones que ayuden en los procesos de priorización de esfuerzos en proyectos de restauración ecológica.

De acuerdo con la información recopilada, los criterios utilizados por diferentes autores para procesos de priorización de áreas para restauración ecológica, son similares en la mayoría de los proyectos de priorización que van enfocados a recuperar el capital natural, y evitar una mayor degradación de los ecosistemas, sin embargo, en muchos de los casos no se toma en cuenta criterios socioeconómicos siendo estos información de suma importancia al momento de la toma de decisiones lo que podría

repercutir en que la priorización de estas áreas no estén enfocadas en las necesidades que las comunidades locales consideran prioritarias.

REFERENCIAS

- [1] Lomas, P., Martín, B., Louit, C., Montoya, D., Montes C., & Alvarez, S. 2005. Guía práctica para la valoración económica de los bienes y servicios ambientales de los ecosistemas. Ulzama digital. 76 p.
- [2] Beer, J., Harvey, C., Ibrahim, M., Harmand, J. M., Somarriba, E., & Jiménez, F. 2003. Servicios ambientales de los sistemas agroforestales. *Agroforestería en las Américas*, 10(37-38), 80-87.
- [3] Ezcurra, A. J. V., & Castillo, A. R. 2013. Valoración económica de bienes y servicios ambientales de la Laguna Conache, Laredo (La Libertad, Perú). *Revista REBIOLEST*, 1(1), 54-70.
- [4] Marañón, T., Ibáñez-Moreno, B., Anaya-Romero, M., & Muñoz-Rojas, M. 2012. Estado y tendencia de los servicios de los ecosistemas forestales de Andalucía. 51 p.
- [5] Restauración Ecológica 2015. Instituto nacional de ecología y cambio climático, SEMARNAT. Consultado el 07 de Noviembre 2015 en <http://www.inecc.gob.mx/con-eco-ch/386-hc-restauracion>
- [6] OIMT. 2002. Directrices de la OIMT para la restauración, ordenación y rehabilitación de bosques tropicales degradado y secundario. 88 p.
- [7] Carpenter S.; B. Walker; J.Marty A; N. Abel 2001 From metaphor to measurement: resilience of what to what? *Ecosystems* 4:765-781.
- [8] Dorado, O., & Arias, D. M. 2006. Reforestar o restaurar para la recuperación ambiental. *Inventio, la génesis de la cultura universitaria en Morelos*, (3), 39-44.
- [9] Baron, J. S., N. L. Poff, P. L. Angermeier, C. N. Dahm, P. H. Gleick, N. G. Hairston, R. B. Jackson, C. A. Johnston, B. G. Richter, and A. D. Steinman. 2002. Meeting ecological and societal needs for freshwater. *Ecological Applications* 12:1247–1260.
- [10] Woods, S. W., Birkas, A., R. Ahl. 2007. Spatial variability of soil hydrophobicity after wildfires in Montana and Colorado. *Geomorphology* 86:465-479.
- [11] Martínez, R. y D. A. Rodríguez. 2003. Los incendios forestales en México y América Central. *Memorias del Segundo Simposio Internacional sobre Políticas, Planificación y Economía de los Programas de Protección Contra Incendios Forestales: Una visión global*. 767-779.
- [12] Stohlgren TJ, Barnett DT, Jarnevich CS, Flather C, y J. Kartesz. 2008. The myth of plant species saturation. *Ecological Letters* 11: 313–326.
- [13] Clark, D. B. 2002. Los factores edáficos y la distribución de las plantas.. En: Guariguata MR, Kattan GH (eds.) *Ecología y Conservación de Bosques* .193-221.
- [14] Brooks TM, Mittermeier RA, Mittermeier CG, Da Fonseca GA, Rylands AB, Konstant WR., Flick P, Pilgrim J, Oldfield S, Magin G, C. Hilton-Taylor. 2003. Habitat Loss and Extinction in the Hotspots of Biodiversity *Cons. Biol.* 28(10): 909-923.
- [15] Alanís E., J. Jiménez, D. Espinoza, E. Jurado, O. A. Aguirre, M. A. González, 2008. Evaluación del estrato arbóreo en un área restaurada post-incendio en el Parque Ecológico Chipinque. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 14(2):113-118.
- [16] González, M. A.; schwendenmann, L.; Jiménez, J. Y r. Schulz. 2008. Forest structure and woody plant species composition along a fire chronosequence in mixed pine- oak forest in the Sierra Madre Oriental, Northeast Mexico. *Forest Ecology and Management* 256: 161-167.
- [17] Foley, J. A., R. DeFries, G. P. Asner, C. Barford, G. Bonan, S. R. Carpenter, F. S. Chapin, M. T. Coe, G. C. Daily, H. K. Gibbs, J. H. Helkowski, T. Holloway, E. A. Howard, C. J. Kucharik, C. Monfreda, J. A. Patz, I. C. Prentice, N. Ramankutty, y P. K. Snyder. 2005. Global consequences of land use. *Science* 309:570-574.

- [18] Rands, M. R. W., W. M. Adams, L. Bennun, S. H. M. Butchart, A. Clements, D. Coomes, A. Entwistle, I. Hodge, V. Kapos, J. P. W. Scharlemann, W. J. Sutherland, y B. Vira. 2010. Biodiversity Conservation: Challenges Beyond. *Science*. 329:1298-1303.
- [19] UICN; PNUMA; WWF. 1991. Cuidar la tierra: Estrategia para el futuro de la vida. Gland, Suiza. 258 p.
- [20] Gálvez J. La restauración ecológica: Conceptos y aplicaciones 2002. Universidad Rafael Landívar Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. Guatemala. 22 p.
- [21] Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group. 2004. The SER International Primer on Ecological Restoration. www.ser.org & Tucson: Society for Ecological Restoration International.
- [22] Society for Ecological Restoration International and IUCN Commission on Ecosystem Management. 2004. Ecological Restoration, a means of conserving biodiversity and sustaining livelihoods. Society for Ecological Restoration International, Tucson, Arizona, USA and IUCN, Gland, Switzerland.
- [23] Van Andel, J., & Aronson, J. 2006. Restoration ecology: the new frontier. Blackwell Publishing 299 p.
- [24] Urbanska, K. M., N. R. Webb, and P. J. Edwards. 1997. Why restoration? in K. M. Urbanska, N. R. Webb, and P. J. Edwards, editors. Restoration ecology and sustainable development. University Press, Cambridge, United Kingdom. 3-7.
- [25] Bajaan, F., Castillo, M., Mosquera, G., y Segarra, P. 2013 Elaboración de planes de restauración pasiva para el programa socio bosque región amazónica “propuesta para definición de áreas prioritarias para restauración, programa socio bosque”, documento técnico USAID, ECUADOR. 37 p.
- [26] Sánchez, O. 2005. Temas sobre restauración ecológica. Instituto Nacional de Ecología. 255 p.
- [27] Wiens, J. 1997. The emerging role of patchiness in conservation biology. In *The ecological basis of conservation. Heterogeneity, ecosystems and Biodiversity* (pp. 93-107). Chapman and Hall, EE.UU.
- [28] Barrera, J & H, Ríos. 2002. Acercamiento a la ecología de la restauración. *Perez- Arbelaezia* (13) : 33- 46.
- [29] HOBS, R. J. y D. A. NORTON 1996. Towards a conceptual framework for restoration ecology. *Restoration Ecology* 4(2): 93-110.
- [30] Oosterhoorn M. y M. Kappelle. 2000. Vegetation structure and composition along an interior-edge-exterior gradient in a Costa Rican montane cloud forest. *Forest Ecology and Management* 126: 291-307.
- [31] Clewell, A. F. 1999. Restoration of riverine forest at Hall Branch on phosphateminad land, Florida. *Restoration Ecology* 7(1):1-14.
- [32] Zedler, J. B. y J. C. Callaway. 1999. Tracking wetland restoration: do mitigation sites follow desired trajectories? *Restoration Ecology* 7(1): 69-73.
- [33] Westman, W. E. 1991. Ecological restoration projects: measuring their performance. *The Environmental Professional* 13(3):207-215.
- [34] Sánchez, Ó. 2000. Programas de conservación de vida silvestre: diseño, ejecución y seguimiento.. En: Sánchez, O., M. C. Donovarro-Aguilar y J. E. Sosa-Escalante (eds.). *Conservación y manejo de vertebrados en el trópico de México*. INE-Semarnap, U.S. Fish & Wildlife Service, UPC, A.C., Universidad Autónoma de Yucatán y Conabio. México, 19-34.
- [35] Garibello, C. 2003. Restauración de ecosistemas a partir del manejo de la vegetación. Guía metodológica. Bogotá (Colombia): Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal CONIF, 95 p.
- [36] Barrera, J. I., Contreras, S. M., Garzón, N., Moreno, A. C., & Montoya, S. P. 2010. Manual para la restauración ecológica de los ecosistemas disturbados del distrito capital. Secretaría Distrital de Ambiente, Bogotá, Colombia. 401 p.
- [37] Hobbs, Richard J. 2008. ‘Goals, Targets and Priorities for Landscape Scale Restoration’. In *Managing and Designing Landscapes for Conservation*, edited by David B. Lindenmayer and Richard J. Hobbs, 511-526. Blackwell Publishing Ltd.

- [38] Keenelyside, K., Dudley, N., Cairns, S., Hall, C., & Stolton, S. 2012. Ecological restoration for protected areas: principles, guidelines and best practices (Vol. 18). IUCN. 119 p.
- [39] Barrera Cataño, J. I., & Valdés López, C. 2007. Herramientas para abordar la restauración ecológica de áreas disturbadas en Colombia. *Universitas Scientiarum*, 12, 11-24.
- [40] Wilson, Kerrie A., Megan Lulow, Jutta Burger, Yi-Chin Fang, Caitlin Andersen, David Olson, Michael O'Connell, and Marissa F. McBride. 2011. 'Optimal Restoration: Accounting for Space, Time and Uncertainty'. *Journal of Applied Ecology* 48 (3): 715–725.
- [41] Geneletti D., F. Orsi, E. Lanni y A.C. Newton. 2011. Identificación de Áreas Prioritarias para la Restauración de bosques secos. In: Newton, A.C. y N. Tejedor, eds. *Principios y práctica de la restauración del paisaje forestal: Estudios de caso en las zonas secas de América Latina*. Gland, Suiza: UICN y Madrid, España. 290-327.
- [42] Lammerant, J., Peters, R., Snethlage, M., Delbaere, B., Dickie, I., Whiteley, G. 2013 Implementation of 2020 EU Biodiversity Strategy: Priorities for the restoration of ecosystems and their services in the EU. Report to the European Commission. ARCADIS (in cooperation with ECNC and Eftec). 210 p.
- [43] Echeverría, C., I. Schiappacasse, R. Urrutia, M. Cárcamo, P. Becerra, C. Smith y M. Holmgren. 2010. Restauración de ecosistemas degradados para la conservación de la biodiversidad y el desarrollo rural en la zona semiárida de Chile central. *Proyectos Reforlan-RUE 33*. Valdivia. Chile. 24 p.
- [44] Brooks TM, Mittermeier RA, Da Fonseca Gab, Gerlach J, Hoffmann M, Lamoreux JF, Mittermeier cg, Pilgrim JD, Rodrigues ASL. 2006. Global Biodiversity Conservation Priorities. *Science* 313; 58-61.
- [45] Briones, E. E., Arce, S., Tapia, A. 2009. Propuesta técnica de criterios para la selección de sitios de reforestación (restauración), de manglares en la costa ecuatoriana. *EcoCiencia*. 57 p.
- [46] González Ovando, M. L. 2014. Identificación de áreas prioritarias para restauración ecológica, en la región Chignahuapan-Zacatlán, Puebla. Tesis de maestría. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 115 p.
- [47] De Matauco, A. I. G., Naverac, V. A., García, D. G., Ferrer, D. B., de Olazagoitia Blanco, A. S., Ojeda, A. O., & Capellín, K. R. 2015 Determinación de condiciones de referencia para la restauración de la morfología fluvial en ríos de gipuzkoa. II Congreso Ibérico de Restauración Fluvial - RESTAURARIOS 2015.
- [48] Camargo Ponce de León, G. 2007 Guía Técnica para proyectos piloto de restauración ecológica participativa. Bogotá, Colombia. 90 p.
- [49] Barredo, C. J. I. 2005. Sistemas de Información geográfica y evaluación multicriterio, en la ordenación del territorio. 2º edición. RAMA. Madrid, España. 279 p.
- [50] Olivas, G., U. E., J. R. Valdez L., A. Aldrete, M. J. González G. y G. Vera C. 2007. Áreas con aptitud para establecer plantaciones de maguey cenizo: definición mediante análisis multicriterio y SIG. *Revista Fitotecnia Mexicana* 30:411– 419.
- [51] Malczewski, J. 1999. GIS and multicriteria decision analysis. John Wiley. Inc. Ontario, Canadá. 392 p.
- [52] Fondo Mexicano para Conservación de la Naturaleza (FMCN). 2009. Análisis, priorización de alternativas y plan estratégico para mejorar la competitividad del manejo del agua, conservación de la biodiversidad y los recursos forestales de los bosques templados en México. Informe final. United States Agency for International Development. México. 165 p.
- [53] Poiani, Karen, Jeffrey Baumgartner, Jeffrey Buttrick, Shelley Green, Edward Hopkins, George Ivey, Katherine Seaton, and Robert Sutter. 1998. 'A Scale independent, Site Conservation Planning Framework in The Nature Conservancy'. *Landscape and Urban Planning* 43: 143–156.
- [54] Saaty, T.L. 1980 *The Analytic Hierarchy Process*, New York: McGraw Hill. International, Translated to Russian, Portuguese, and Chinese, Revised editions, Paperback (1996, 2000), Pittsburgh: RWS Publications.
- [55] Elineema, R. R. 2002. Análisis del método AHP para la toma de decisiones multicriterio. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 96 p.

- [56] Cortina, J., Klimkoswska, A. 2013. Priorización de la restauración bajo la Estrategia Biodiversidad 2020. Desarrollo del objetivo del 15 %. *Ecosistemas* 22(3):139-140.
- [57] Córdova Athanasiadis, M. 2010 Priorización de áreas para recuperar la función hidrológica de la subcuenca Támula Picachos, Guanajuato. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Querétaro. Santiago de Querétaro, Qro. Mexico. 215 p.
- [58] Bojórquez-Tapia, L.A., H. de la Cueva, S. Díaz, D. Malgarejo, G. Alcantar, M.J. Solares, G. Grobet y G. Cruz-Bello. 2004. Environmental conflicts and nature reserves: redesigning Sierra San Pedro Mártir National Park, Mexico. *Biological Conservation* 117:111–126.
- [59] Vargas, J. O. 2011. Restauración ecológica: biodiversidad y conservación. *Acta Biológica Colombiana*, 16(2), 221-246.
- [60] Vargas, O. 2007. Guía Metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- [61] Murcia, C., & Guariguata, M. R. 2014. La restauración ecológica en Colombia: tendencias, necesidades y oportunidades (Vol. 107). CIFOR.
- [62] Congreso Colombiano de Restauración Ecológica, Sandra Paola Reyes B., & Ríos, O. V. 2011. La restauración ecológica en la práctica: memorias del I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica y II Simposio Nacional de Experiencias en Restauración Ecológica. Universidad Nacional de Colombia.