


<https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop.2022.52281>

Bases conceptuales para la compensación ambiental bajo el enfoque ecológico

Fabián Bonilla¹;  <https://orcid.org/0000-0002-5095-2750>

Juan S. Monrós³;  <https://orcid.org/0000-0002-0952-2089>

Mahmood Sasa^{1,2,4*};  <https://orcid.org/0000-0003-0118-5142>

1. Instituto Clodomiro Picado, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica; fbonillamurillo@gmail.com
2. Museo de Zoología, Centro de Investigaciones en Biodiversidad y Ecología Tropical, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica; msasamarin@gmail.com (Correspondencia*)
3. Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva, Universidad de Valencia, Valencia, España; monros@uv.es
4. Organización para Estudios Tropicales, San José, Costa Rica.

Recibido 15-IV-2022. Corregido 13-V-2021. Aceptado 27-VII-2022.

ABSTRACT

Conceptual bases for environmental compensation under the ecological approach

Introduction: Infrastructure projects or development activities often generate a loss of biodiversity and reduce the quality of the environment's services to human societies. Fortunately, many of these impacts can be reduced, controlled, or compensated through mitigation, rehabilitation, and compensation measures, which usually rely on the environmental legal framework of the countries or states where they are implemented. This review provides a theoretical vision of using environmental compensation as a legal/technical instrument integrated into natural environment management.

Methodology: We reviewed the global literature on the subject using the GoogleScholar and SciELO reference search engines using various indicators in English and Spanish.

Results: We found 244 references on environmental compensation, showing a clear increasing pattern in the last decade. Environmental compensation constitutes a legal/technical instrument that allows offsets for environmental losses and often is part of the Environmental Impact Studies regulated by the state. Several methodological strategies are used to establish compensatory actions, each of them based on one of four possible approaches: economic, ecological, political, and cultural. The ecological equivalence between the impacted environmental elements and compensation is sought within the ecological approach, ensuring no net loss. Thus, this approach allows the incorporation of multiple criteria for the evaluation of damage and compensation actions: it can be applied in different situations. Nevertheless, compensatory measures are not exempt from criticism. There are situations in which the singularity of the impacted elements makes an adequate compensation for losses impossible.

Conclusions: Compensation is highly relevant in environmental management and must favor the universal right to a healthy environment. However, its practical application requires clear procedures and close vigilance to prevent losses or even a net environmental gain.

Key words: environment; biodiversity; ecological equivalence; economic equivalence; environmental evaluation.



El desarrollo de zonas urbanas y de macroproyectos tendientes a la producción agrícola, explotación minera, infraestructura vial y generación energética son consideradas como algunas de las principales causas de pérdida de biodiversidad en el planeta (Balmford & Bond, 2005). Los grandes proyectos de infraestructura suelen impactar al ambiente en sus múltiples dimensiones de manera desigual, reduciendo o afectando la calidad de los servicios que este provee a sociedades humanas. Dado que esos servicios constituyen un requisito indispensable para garantizar la calidad de vida (Millennium Ecosystem Assessment Panel, 2005), las modificaciones al ambiente afectan directamente aspectos como salud, disponibilidad de materias básicas y seguridad.

Algunos de los impactos de proyectos son evitables o pueden ser reducidos a partir de medidas de mitigación, mientras que otros no pueden ser impedidos y constituyen una verdadera amenaza para los ecosistemas naturales y su biodiversidad. Para los impactos inevitables, la sociedad acepta la afección de recursos naturales siempre y cuando se entregue una retribución por las pérdidas que esto supone. Se recurre pues a la *compensación ambiental* como un mecanismo de gestión que pretende la proporcionalidad en el resarcimiento de beneficios ambientales en sustitución de aquellos afectados (Benabou 2014; Cuperus et al., 2001; Díaz-Reyes, 2014).

En esta revisión, detallamos qué se entiende por compensación ambiental y presentamos el marco teórico sobre el que se basa este concepto. Con el fin de consensuar el enfoque teórico de la compensación, revisamos la literatura global sobre el tema y hacemos una breve reseña de los mecanismos más comúnmente empleados para estimar compensación basada en equivalencia ecológica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para esta revisión, empleamos GoogleScholar y SciELO como motores de búsqueda de referencias. Los indicadores empleados fueron: “compensación ambiental”, “jerarquía

de mitigación”, “equivalencia ecológica”, “ecological equivalence”, “biodiversity offset”, “environmental offset”, “mitigation hierarchy”, “habitat equivalency analysis”. Se compilaron y evaluaron todas las referencias hasta con un 20 % de coincidencia en título o palabras clave.

RESULTADOS

Un total de 244 referencias que versan sobre el tema de compensación ambiental fueron recopiladas. Este número incluye artículos publicados en revistas arbitradas (62 % de las referencias) así como en literatura gris (reportes e informes de agencias estatales y ONGs, 29 %). También contempla 18 tesis y seis libros o capítulos de libro. Las referencias encontradas se extienden entre 1986 y el 2021, mostrando un claro incremento en el número de publicaciones en los últimos años (Fig. 1). Las temáticas tratadas incluyen: aspectos teóricos sobre compensación y críticas a la aplicación de medidas compensatorias (14 % de las referencias), estrategias de compensación en la dimensión económica y bancos de hábitat (15 %), normativa y legislación sobre compensación (12 %), métodos y manuales descriptivo de procedimientos para compensación (34 %) y estudios de casos (25 %) (Fig. 2).

Estas cifras, así como las siguientes observaciones derivadas de la revisión de esos documentos, evidencian que el campo de la compensación ambiental está consolidándose tanto en sus aplicaciones como en sus aspectos teóricos.

1. El concepto de compensación ambiental.

La compensación ambiental constituye un instrumento jurídico/técnico que busca resarcir por pérdidas ambientales irremediables producidas por los impactos de proyectos de infraestructura o por actividades productivas (Cowell, 1997; Díaz-Reyes, 2014). Compensar implica proveer un beneficio a alguien en restitución de un daño o perjuicio causado (La Real Academia Española [RAE], 2001). A nivel ambiental, establecer la forma como estos daños deben ser

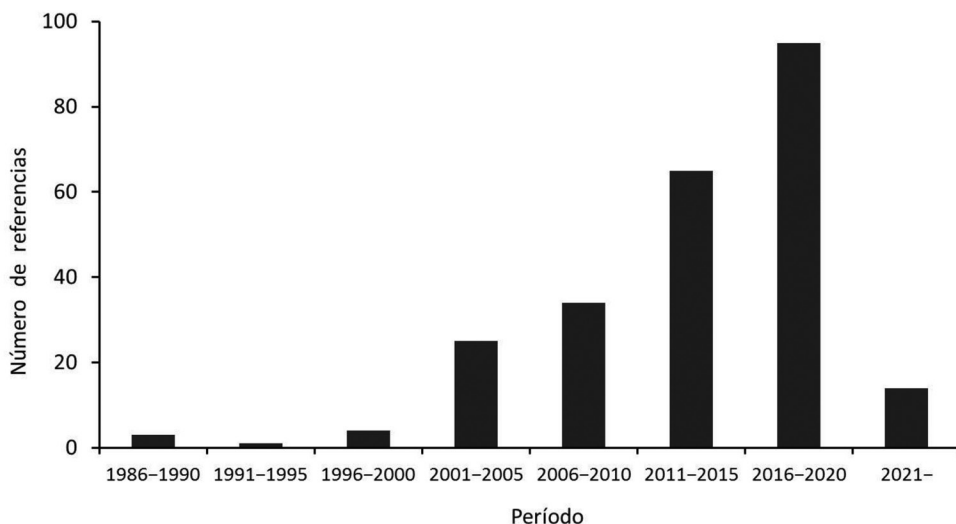


Fig. 1. Número de publicaciones por quinquenio en temas de compensación ambiental.

Fig. 1. Number of publications per five years on environmental compensation issues.

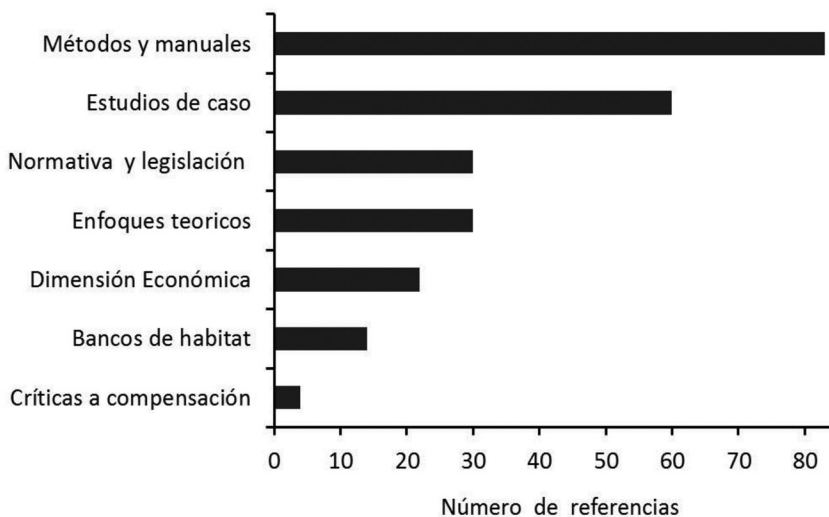


Fig. 2. Referencias bibliográficas sobre compensación ambiental por temática. Métodos y manuales así como los estudios de caso se refieren principalmente a compensaciones basadas en el enfoque ecológico.

Fig. 2. Bibliographic references on environmental compensation by theme. Methods and manuals as well as case studies mainly refer to offsets based on the ecological approach.

identificados y subsanados es materia del instrumento de compensación, que –aunque independiente– suele constituir un componente del proceso de Evaluación del Impacto Ambiental (EIA) del proyecto a desarrollar (Carrasco et al., 2013).

La compensación ambiental no busca la prevención o corrección del impacto negativo, sino que provee una medida que genere un valor equivalente al valor perdido o disminuido (Ariza-Pardo & Moreno-Hincapié, 2017; Díaz-Reyes, 2014). Al establecerse el derecho

universal a un ambiente sano (Durango, 2017; Handl, 2012;), la compensación procura satisfacer necesidades de las generaciones presentes sin comprometer a las generaciones futuras, por lo que la protección del medio ambiente es un aspecto fundamental abordado en el proceso. Además, una compensación ambiental satisfactoria se basa en una serie de principios y conceptos que deben estar claramente estipulados y legislados en la sociedad, por lo que se enmarca en normativas que velan por el bien común de los habitantes de un territorio y por la sostenibilidad de su desarrollo (Vergara & Leyton, 2002).

2. Importancia de la compensación ambiental.

La incorporación de medidas compensatorias en la gestión ambiental y el estudio de sus bases teóricas y jurídicas es un tema que ha venido incrementándose a nivel global (Fig. 2). De hecho, The Biodiversity Consultant ha identificado 56 países en el mundo que cuentan con legislación o normativa en torno a las compensaciones, 18 de ellos en Latinoamérica (TBC, 2013). Muchos países, especialmente aquellos con altos niveles de calidad de vida y gran desarrollo socioeconómico, tratan el tema de manera explícita en su jurisprudencia ambiental (Runderantz & Skärbäck, 2003; Villarroya-Ballarín et al., 2014). En otros, el tema de compensación ambiental es actualmente debatido por sectores interesados (Poveda, 2016; Sarmiento et al., 2015).

No tomar medidas compensatorias a nivel ambiental supone el acúmulo de pérdidas de recursos naturales e impactos a sectores vulnerables de la población. Esta situación es inadmisibles y constituye un retroceso en materia de gestión ambiental al no poder garantizar el derecho a un ambiente sano que pregonan las leyes supremas de la inmensa mayoría de naciones del mundo (Handl, 2012). Por lo tanto, el consenso es que aplicar medidas compensatorias permite garantizar el mantenimiento de la biodiversidad y la funcionalidad

de los ecosistemas y que como instrumento de gestión debería incluso abogar por la ganancia neta ambiental (Sonter et al., 2020).

3. Enfoques teóricos de la compensación y sus métodos.

La compensación ambiental puede ser abordada desde su dimensión económica, ecológica, política-normativa y cultural/social. Aunque estas dimensiones se interrelacionan estrechamente (Fig. 3), en la práctica los mecanismos empleados para resarcir las pérdidas suelen enfocarse en una de ellas (Carrasco et



Fig. 3. Dimensiones de la compensación ambiental. Las acciones de compensación pueden estar enfocadas en uno o varias de esas dimensiones dependiendo del impacto a resarcir y la legislación vigente.

Fig. 3. Dimensions of environmental compensation. Compensation actions may be focused on one or several of these dimensions depending on the impact to be compensated and the current legislation.

al., 2013; Díaz-Reyes, 2014), generalmente dejando por fuera del plan de compensación a las otras.

Dimensión económica: Bajo este enfoque, se analiza qué tanto gana y pierde la sociedad a partir del desarrollo del proyecto, suponiendo que la alternativa más favorable será aquella que genere mayores ganancias. Existen varios modelos que sustentan los enfoques económicos, cada uno con sus propias suposiciones,

alcances y formas de estimar valores para la compensación (Dixon et al., 1994). Sin embargo, un denominador común en ellos es que se basan en la idea que el bienestar individual es maximizado con recursos y servicios que producen la mayor utilidad y que la suma del bienestar individual corresponde al bienestar social (Dixon et al., 1994; Hicks, 1939). La estimación de la compensación se fundamenta en el análisis de equivalencia económica, primariamente de valor-valor, donde los daños ambientales (débitos) deben ser compensados con mejoras equivalentes (créditos).

El cálculo de los débitos y los créditos requiere una unidad de medida común para poder establecer la correspondencia (Riera & Borrego, 2013). Esta unidad puede ser recursos (p.ej. el número de árboles de determinada especie) o valor social (p.ej. cantidad de personas beneficiadas por actividades turísticas de los recursos naturales), aunque usualmente se enmarca en términos de unidades monetarias equivalentes (Cole, 2021).

Los instrumentos económicos emplean precios como señales de mercado para incentivar o desincentivar conductas hacia el medio ambiente (García-López, 2018). Existe gran variedad de instrumentos económicos, entre los que se distinguen: los fiscales (gravámenes, impuestos), financieros (créditos, fianzas, seguros de responsabilidad civil) y los instrumentos base de mercado (por ejemplo los sistemas de depósito-reembolso, certificados de emisión negociables y los programas de pago por servicios ambientales) (García-López, 2018). Otras estrategias, como el Análisis de Equivalencia del Valor propuesto por la Directiva de Responsabilidad Ambiental de la Unión Europea (Council of the European Parliament, 2004) permiten el diseño e implementación de compensaciones ambientales basadas en la creación de proyectos públicos de conservación o restauración (Riera & Borrego, 2013).

Un inconveniente de los métodos de valoración económica es que no siempre es posible estimar costos cuando hay pérdidas irreversibles, por ejemplo si el bien es único (un ecosistema singular o cuando el impacto es sobre

un valor cultural irremplazable). Otra situación ocurre cuando la compensación genera a su vez nuevos impactos no contemplados, por ejemplo, la relocalización de una comunidad afectada por un impacto ambiental negativo, que puede derivar en dificultades de adaptación al nuevo entorno o en la destrucción del estilo de vida de esa comunidad (Díaz-Reyes, 2014). También puede haber desventaja si los métodos de valoración se basan en funciones de producción, pues en este caso solo pueden ser aplicados si los bienes impactados son efectivamente empleados como insumos en la producción de otros bienes (García-López, 2018). Por ejemplo, valorar el costo representado en anegar un bosque que es empleado como fuente de leña por una comunidad, en contraste a valorarlo si la comunidad no empleara leña.

Asimismo, basar la compensación ambiental solamente en valoraciones monetarias de utilidad puede oscurecer la verdadera valía de los recursos impactados, como lo ilustra Díaz-Reyes (2014) con este ejemplo: “*si la contaminación atmosférica generada durante el desarrollo de una actividad, obra o proyecto tiene un costo social valorado en \$1.000.000, un proyecto de compensación que consista en la construcción de una cancha de fútbol y que genere una ganancia de utilidad para la sociedad valorada en \$2.000.000, será apropiado desde la perspectiva de la equivalencia del valor*”. Aquí claramente, compensación basada en equivalencia del valor económico no garantiza que necesariamente se logre la conservación del capital natural. Esa idea, que siempre es posible resarcir la disminución en el consumo de un bien o servicio mediante el aumento del consumo de cualquier otra mercancía, es una muy peligrosa manera de visualizar la sostenibilidad (Díaz-Reyes, 2014).

Dimensión ecológica y física: En el ámbito ecológico, la compensación ambiental persigue restituir los ecosistemas afectados con ecosistemas equivalentes o –al menos– similares en algún grado, procurando la preservación de la integridad de esos ecosistemas y la conservación de la biodiversidad asociada



(Bull & Strange, 2018; Herzog et al., 2005; McKenney & Kiesecker, 2010; Silva, 2017). Dada la importancia de los elementos físicos y bióticos, este enfoque intenta que las futuras generaciones cuenten con las condiciones ecológicas necesarias para asegurar su bienestar y supervivencia (Dunforda et al., 2004). Aquí, la compensación se realiza a través de la provisión de bienes, servicios y recursos que tengan características, propiedades y funciones ecológicas equivalentes (Díaz-Reyes, 2014).

En este enfoque prevalece una actitud precautoria respecto a la afectación al capital natural, considerando la incertidumbre inherente a los procesos naturales (Díaz-Reyes, 2014). Además, reconoce que algunas afectaciones son irreversibles, por lo que el capital natural afectado podría no poder ser compensado únicamente con dinero o incluso podría no ser compensado del todo (Cowell, 1997; Ekins et al., 2003; Moreno-Mateos et al., 2015).

Defensores de este enfoque suelen ser más abiertos respecto a las otras dimensiones de la compensación, aceptando que el valor ecológico no es el único factor que puede ser tenido en cuenta al momento de diseñar mecanismos de compensación ambiental. Por ejemplo, De Groot et al. (2002) sugieren un procedimiento de valoración integral donde la cuantificación del valor ecosistémico es función de variables ecológicas, aspectos socioculturales (basados en la equidad y las percepciones culturales) y valores económicos (basados en la eficiencia y costo-efectividad). Otros autores, como Castiblanco et al. (2009) subrayan también la necesidad de integrar al análisis ecológico equivalencias en características socioculturales y económicas, especialmente en casos en los que los impactos afectan recursos y servicios ecosistémicos empleados por las comunidades.

Dimensiones social-cultural y política-normativa: Los derechos y deberes de ciudadanos en un estado parten de un acuerdo o pacto en el que basan la justicia para la mayoría a partir del reconocimiento de la autoridad, normas morales y leyes. Esto en esencia es lo que se conoce como contrato social

(Basombrío, 2009). Dentro de la óptica del contrato social, la compensación debe no solo representar ganancias para la mayoría, sino que además debe contemplar los impactos a sectores particulares de esa sociedad (Ariza-Pardo & Moreno-Hincapié, 2017). La dimensión social y política de la compensación está íntimamente ligada a la forma como los individuos conciben la justicia. Por ejemplo, si la producción de energía hidroeléctrica (que beneficia a toda una región) requiere la construcción de un embalse, las comunidades directamente afectadas por este deberán ser debidamente compensadas, independientemente de las ventajas económicas que el proyecto pueda suponer para la mayoría. En el plano cultural, la compensación intenta preservar valores intangibles enlazados con la identidad, formación de redes sociales, la religión, etc. (Díaz-Reyes, 2014), que toman en cuenta aspectos particulares de la población afectada y la forma como esta se relaciona con su entorno.

Para ser justa y equitativa, una apropiada compensación debe estar adecuadamente normada. En el contrato social, se parte de que el causante del impacto es quien debe hacerse responsable de compensarlo (Ariza-Pardo & Moreno-Hincapié, 2017).

4. Compensación ambiental enfocada en ecología: Principios y suposiciones.

La compensación fundamentada en el enfoque ecológico parte de una serie de suposiciones y principios propuestos con el fin de asegurar la ganancia neta en el intercambio (Dunforda et al., 2004; Murcia et al., 2017). La primera suposición es que todos los impactos inevitables son adecuadamente identificados y cuantificados en las etapas de planeamiento, usualmente a partir de los estudios de impacto ambiental o incluso durante el diseño del proyecto. Esta identificación permite que se consideren las verdaderas dimensiones de las pérdidas y que estas sean tomadas en cuenta a la hora de plantear la restitución, asegurándose así la proporcionalidad y la ganancia neta ambiental.

Otra suposición tácita es que la autoridad responsable de evaluar la compensación es oportuna y adecuadamente identificada y que esta tiene claro su responsabilidad para lograr compensaciones apropiadas (Villarroya-Ballarín, 2012). En general, la autoridad responsable suele ser una agencia estatal de corte técnico, que evalúa los estudios de impacto y que basa sus criterios en la legislación vigente en materia de compensación (Carrasco et al., 2013; Trindade et al., 2020). Sin embargo, no todos los países cuentan con estas oficinas o siquiera con un marco de jurisprudencia suficientemente comprensivo del tema de compensación (Ariza-Pardo & Moreno-Hincapié, 201; Murcia et al., 2017). Algunas de las agencias financieras (p.ej., Banco Mundial, 2001; Georgoulas et al., 2016) requieren que se indiquen medidas compensatorias de los impactos identificados antes de aprobar la financiación a proyectos de desarrollo, manteniendo estrictos controles para su evaluación.

Bajo el enfoque ecológico, los principios orientadores que rigen la compensación suelen incluir: (1) jerarquía de mitigación,

(2) equivalencia ecológica, (3) cero pérdidas ambientales netas, (4) participación y transparencia (Calle et al., 2014). A continuación, explicamos esos principios.

Jerarquía de la mitigación y sus limitaciones:

Ante los impactos ambientales generados por la producción de bienes y servicios, los gobiernos requieren que los entes desarrolladores adopten lo que se conoce como la jerarquía de la mitigación (Quetier & Lavorel, 2011). En términos generales, la jerarquía de la mitigación sostiene que en primer lugar se debe evitar los impactos a la biodiversidad y otros componentes del ambiente. Sin embargo, si eso no fuera posible, se debe optar por medidas que minimicen los impactos no evitables. Si aun así quedaran impactos que no pueden mitigarse, entonces como última medida se opta por la compensación de esos impactos (McKenney & Kiesecker, 2010) a partir de la generación de una ganancia en biodiversidad equivalente ya sea en la misma zona de impacto o en otros sitios con condiciones similares (Ten Kate et al., 2004) (Fig. 4). Dentro de la jerarquía de

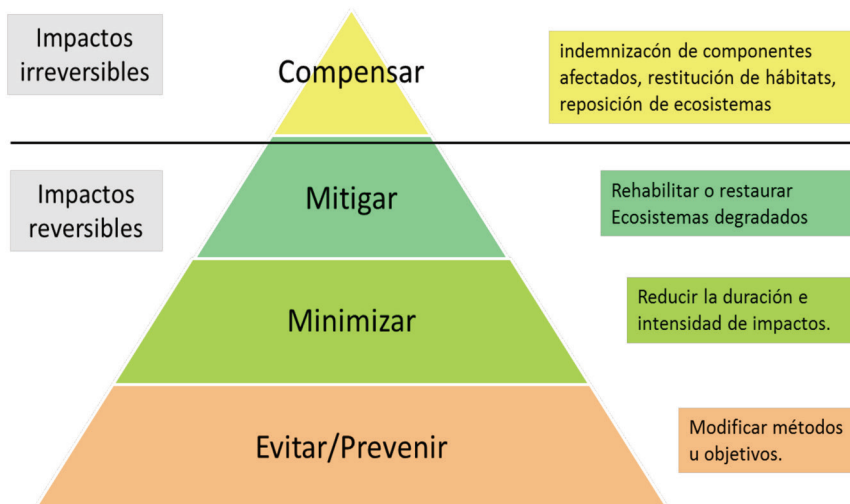


Fig. 4. Pirámide de la jerarquía de la mitigación. La mayoría de los impactos reversibles deberían ser evitados o minimizados. Algunos de ellos deben ser mitigados con acciones como rehabilitación de hábitats o medidas de restauración. Únicamente en caso de impactos irreversibles se recurre a medidas de compensación. Estas deben resarcir por las pérdidas inevitables procurando ganancia neta.

Fig. 4. The mitigation hierarchy pyramid. Most reversible impacts should be avoided or minimized, and some of them must be mitigated with actions such as habitat rehabilitation or restoration measures. Compensation measures are used only in the event of irreversible impacts, and these must compensate for the unavoidable losses seeking net profit.



mitigación, la compensación ambiental corresponde a un último nivel, al que debe recurrirse sólo en caso que los impactos del proyecto no puedan ser evitados o minimizados.

La jerarquía de la mitigación ha sido positivamente aceptada por los tomadores de decisión de muchos países como un mecanismo que permite la conservación de la naturaleza (McKenney & Kiesecker, 2010; Ten Kate et al., 2004). A pesar de ello, como indicamos más adelante, la jerarquía de la mitigación ha sido criticada por facilitar el desarrollo de proyectos incluyendo aquellos con impactos negativos sustantivos.

Principio de equivalencia ecológica:

Para establecer una adecuada indemnización en el plano ecológico se requiere estimar la equivalencia ecológica entre los elementos ambientales impactados y aquellos que se ofrecen como ganancias en la compensación. Esa equivalencia refiere a una evaluación de la biodiversidad o servicios ecosistémicos apropiados para resarcir por las pérdidas ocasionadas por el proyecto (Hubbell, 2006; Ten Kate et al., 2004). En general, equivalencia ecológica suele estimarse empleando indicadores de biodiversidad, de servicios ecosistémicos o del área superficial de ambientes naturales. Así, un hábitat impactado puede ser sustituido por un área determinada de un hábitat equivalente con similar biodiversidad y funcionalidad. Lograr demostrar esta equivalencia en términos cuantitativos se convierte en una acción necesaria para lograr que las compensaciones verdaderamente contribuyan de manera efectiva a reducir al mínimo las pérdidas ambientales generadas (Norton, 2008; Robertson, 2004; Wissel & Wätzold, 2010). De hecho, el delimitar medidas de equivalencia ecológica apropiadas es precisamente uno de los grandes retos de la compensación bajo el enfoque ecológico (McKenney & Kiesecker, 2010).

Cero pérdida neta de biodiversidad y funcionalidad de los ecosistemas: Como mínimo, la compensación debe ser proporcional a las pérdidas, aunque al constituirse un

instrumento de gestión ambiental, la aspiración última es que el resarcimiento genere más bien una ganancia neta medible (Sarmiento et al., 2015). Idealmente los resultados de una respuesta compensatoria deben alcanzar productos concretos y reconocibles de mejoramiento ambiental o conservación. El diseño y la implementación de la compensación deberían evitar actividades que causen daño a la biodiversidad o servicios ecosistémicos en otras localidades, buscando mejorar la funcionalidad y mantenimiento de ecosistemas (Quiroga-Prieto & Rodríguez-Zabala, 2017).

Participación de actores y transparencia:

Para asegurar la ganancia neta ambiental, y en particular en el caso en que las medidas compensatorias deriven en nuevas áreas naturales, se requiere contar con la participación eficaz de todos los posibles actores en la toma de decisiones sobre compensaciones por pérdida de biodiversidad, incluyendo su evaluación, selección, diseño, implementación y monitoreo. Integrar todos los posibles actores (agencia desarrolladora, agencia fiscalizadora, comunidades locales) en las etapas de diseño e implementación de acciones de compensación asegura la transparencia de las medidas, minimizando la oposición a dichas medidas (Ten Kate et al., 2004).

Olivares-Cortés (2016) indica que a la hora de implementar planes de compensación se debe garantizar la transparencia en todas las etapas del proceso, especialmente durante las de seguimiento y monitoreo. Para ello, se debe recurrir a evaluaciones o auditorías preferiblemente llevadas a cabo por terceros, en las que no participen ni el Estado, ni de los desarrolladores. Este peritaje especializado genera más confianza al no estar directamente vinculado con el desarrollador o el Estado, lo que garantiza cierta neutralidad en los resultados finales. Con este tipo de acciones se permite una adecuada fiscalización, tanto de los organismos públicos competentes, como de la sociedad (Olivares-Cortés, 2016).

5. ¿Cuándo aplicar las medidas de compensación?

A pesar que la jerarquía de la mitigación establece las medidas de compensación como alternativa para los impactos irreversibles, en la práctica no siempre es claro cuándo esos impactos requieren planes resarcitorios.

Por un lado, la aplicación de las medidas depende del ordenamiento jurídico vigente, por lo que la respuesta a impactos similares puede variar entre estados (López-Arbeláez & Quintero-Sagre, 2015; Villarroya-Ballarín et al., 2014). Además, la evaluación y fiscalización de las medidas depende de la agencia estatal asignada para ello, que además de velar por el oportuno cumplimiento de los compromisos estipulados en el plan de compensación debe aplicar las sanciones administrativas que correspondan en caso de incumplimiento (Calle et al., 2014). Las políticas internas de estas agencias adicionan heterogeneidad a la decisión de cuándo recurrir a acciones compensatorias (Bonilla, Sassa, et al., 2022).

Generalmente, la decisión sobre si un proyecto requiere compensación ambiental o no ocurre durante la certificación ambiental, conforme se desarrolla el Estudio de Impacto Ambiental y se identifican los impactos negativos de proyecto (Silva, 2017; Vergara y Leyton, 2002). En esa etapa, los proyectos son categorizados en referencia a sus dimensiones; en consecuencia, los planes de compensación suelen ser requeridos únicamente para proyectos catalogados de mayor relevancia ambiental, donde por sus características, envergadura y/o ubicación pueden producir impactos significativos (Calle et al., 2014).

En países como Australia, Brasil, México y Perú la normativa hace explícito cuándo son esperadas las medidas de compensación: proyectos en las áreas de hidrocarburos, minería, obras públicas y energía requerirán inevitablemente de ellas (Ariza-Pardo & Moreno-Hincapié, 2017; Villarroya-Ballarín et al., 2014). En otros países, como USA y miembros de la Unión Europea, la legislación consigna de manera más general las medidas compensatorias,

señalándolas necesarias en caso de cualquier proyecto que genere impactos irreversibles a las especies y sus hábitats (Sarmiento, 2014). Incluso hay países como Australia donde las medidas resarcitorias son consultadas a las comunidades en el área de impacto del proyecto, lo que relega a la autoridad correspondiente a vigilar que las medidas planteadas efectivamente sean realizadas por el titular del proyecto (Burton, Rogers & Richert, 2017).

6. ¿Cómo se realizan las medidas de compensación ambiental?

Nuestra revisión muestra una gran variedad de estrategias seguidas para procurar la compensación. Otra vez, esta diversidad es producto del marco legal y de la dimensión sobre la que se base el concepto de compensación seguido (Barbé & Francaria-Lacoste 2021; Clarke & Bradford 2014; Hernández 2015).

Acciones resarcitorias no necesariamente basadas en una equivalencia ecológica son consideradas en muchos países, principalmente en aquellos con índice de desarrollo humano alto (Ariza-Pardo & Moreno-Hincapié, 2017; Dixon et al., 1994). Así, en USA la pérdida de biodiversidad y hábitats es indemnizada con medidas encaminadas a la restauración a partir de créditos comprados por el desarrollador (Sarmiento, 2014), aunque también se recurre a otros instrumentos basados en mercado (De Groot et al., 2002; Manga, 2008; Poveda, 2016). En Latinoamérica, algunos países como Brasil recurren al pago de un monto del valor total del proyecto a un sistema de conservación estatal (REDLAC, 2016). La idea en estos casos es que se obtengan recursos económicos para posteriormente establecer hábitats con atributos y funciones ecológicas equivalentes a los hábitats afectados, aunque estos no siempre logran corresponder ecológicamente con las afecciones (Villarroya-Ballarín et al., 2014).

Además, en varios de esos países existe la posibilidad de los bancos de hábitat (también llamados ‘bancos de biodiversidad’, Enríquez-Salamanca, 2016), un modelo de compensación de daños ambientales donde a través de una



agencia privada se financian proyectos de recuperación y restauración de hábitats en terrenos particulares como resarcimiento por los impactos residuales de proyectos (Blanco-Herbosa, 2012; García-Ureta, 2015; Sarmiento et al., 2014). Los bancos de hábitat permiten reducir la incertidumbre y los retrasos porque brindan la oportunidad de implementar compensaciones anticipadas: las actividades de compensación pueden empezar a implementarse antes de que el crédito sea comprado (Latimer & Hill, 2007).

Mecanismos más directos de indemnización en especie, como son medidas activas de manejo y rehabilitación de hábitats son realizados en países como Australia, Alemania y Reino Unido (Sarmiento et al., 2014); mientras que sustitución de los recursos naturales o elementos del medio ambiente afectados por otros de similares características y naturaleza ocurre en México y Chile (Ariza-Pardo & Moreno-Hincapié, 2017). Acciones encaminadas al manejo de paisaje son observadas en Colombia donde se dispone de algunas estrategias para estimar las compensaciones por los ecosistemas impactados (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS], 2012; Murcia et al., 2017; Saenz et al., 2013;). En Perú la legislación no es explícita en cómo calcular la compensación, pero sí define una lista de variables (p. ej., tipo de hábitat afectado, áreas prioritarias para la conservación y servicios ecosistémicos) que deben contemplarse al trazar el área que se utilizará para indemnizar (Alarcón et al., 2018; Villarroja-Ballarín et al., 2014). Finalmente hay países, como España o Costa Rica, donde no hay una definición explícita de cómo deben realizarse las medidas de compensación, lo que deja un tanto abierta las posibilidades de acciones resarcitorias (Ariza-Pardo & Moreno-Hincapié, 2017; Bonilla, Oviedo-Brenes, et al., 2022).

En algunos casos de estudio (Baca-Soto, 2017; Becerrera-Gonales, 2020), acciones de mitigación fueron consideradas como alternativas a impactos irreversibles, sustituyendo con ellas a medidas de compensación adecuadas (Olivares-Cortes, 2016). Esta práctica evidencia

confusión en los tipos de abordajes que deben darse a impactos irreversibles, lo que puede llevar a reducir la calidad del resarcimiento y comprometer el principio de cero pérdidas netas ambientales (Orozco-Gómez, 2020).

7. Medidas de compensación basadas en economía ecológica.

Tanto la dimensión ecológica-física como la social y político-normativa de la compensación ambiental aceptan distintos marcos metodológicos. En algunos casos se emplean herramientas de valoración económica y de análisis de equivalencia monetaria (Díaz-Reyes, 2014), aunque esto último podría derivar en las dificultades de análisis las mencionadas en el enfoque de dimensión económica (ver sección enfoques teóricos de la compensación y sus métodos). Maneras más frecuentes de abordar compensación con esas herramientas es a través de principios de *economía ecológica*, una disciplina que trata de describir la relación entre crecimiento económico y la explotación de recursos naturales y energéticos (Venkatchalam, 2007). Aunque este enfoque aplica herramientas de economía al análisis de la oferta y demanda de recursos, integra también aspectos analíticos de ecología enfocados en la identificación de cambios irreversibles en el entorno (irreversibilidades), que requieren compensación. Bajo este precepto, la compensación partirá del hecho que el capital natural es vital para el bienestar humano cuya afectación puede ser irreversible y no siempre sustituible con dinero o mercancías (Martínez-Alier et al., 1998). La actitud precautoria es imprescindible en caso de intentar compensar pérdidas en el capital natural o social.

Díaz-Reyes (2014) señala algunas características de la economía ecológica que son relevantes para la compensación ambiental: 1) inconmensurabilidad (los valores pueden ser evaluados con base en múltiples criterios); 2) comparabilidad débil (las preferencias no se pueden ordenar con base a una escala cardinal de medición, sino más bien con base a una escala ordinal); 3) sostenibilidad fuerte (no se

puede sustituir perfectamente el capital natural con el capital artificial) y; 4) no compensabilidad o compensabilidad parcial (no es posible compensar las desventajas adquiridas en un criterio o una dimensión del valor mediante ventajas en otro criterio). El hecho que las valoraciones del impacto y su compensación puedan hacerse con base a múltiples criterios hace que sea posible evaluar situaciones diversas, por ejemplo, aquellas donde no existe compensabilidad, aplicando para ello metodologías de la economía ecológica (Bouyssou, 1986; o & Vansnick, 1986).

Ahora bien, nuestra revisión muestra que a pesar de existir una base sólida a partir de la cual desarrollar políticas para las compensaciones de biodiversidad, pero varios temas requieren más orientación, incluida la mejor manera de: (1) garantizar la conformidad con la jerarquía de mitigación; (2) identificar las compensaciones ambientalmente más preferibles dentro de un contexto de paisaje; (3) determinar las proporciones de reemplazo de mitigación apropiadas para asegurar que las pérdidas y ganancias de biodiversidad sean equivalentes; y (4) garantizar que se dedique el tiempo y el esfuerzo adecuados para monitorear el desempeño de las compensaciones.

8. Estimación de equivalencia ecológica.

La compensación basada en equivalencia ecológica es sugerida cuando los impactos afectan biodiversidad, funciones o hábitats naturales (Bezombes et al, 2017; Quétier & Lavorel, 2011), favoreciendo el principio de cero pérdida neta. Aunque existe toda una gama medidas de compensación posibles bajo ese esquema, se habitúan acciones como: identificación del tipo de especies o hábitats impactados, ecosistemas, poblaciones o comunidades afectados, así como la localización de los impactos y si la compensación ocurre en el área de influencia de la actividad o proyecto, o por fuera de ella. Así, se suelen favorecerse compensaciones que son del mismo tipo y que ocurren en el área de influencia del proyecto (Castiblanco et al., 2009).

En caso de que la equivalencia se base en sustitución de hábitats, la superficie a emplear en la compensación suele estimarse utilizando un factor multiplicador que depende de la incertidumbre y del riesgo asociado al proyecto de sustitución o restauración (Vargas et al., 2020). Por ejemplo, si se considera que el impacto ambiental afecta X unidades de recursos (o hábitat), la compensación deberá ser equivalente a kX , donde k es un factor multiplicador > 1 .

El valor de k es sopesado dependiendo de la importancia con que se considere el hábitat impactado: multiplicadores más altos corresponderán a impactos ambientales que generan afectación de recursos ecológicos estratégicos (especies endémicas, ecosistemas protegidos o de importancia, etc) (MADS, 2012). De esta manera, se garantiza que al resarcir por hábitats equivalente no se reduce el ambiente (o biodiversidad) impactado y que más bien se logre una ganancia neta, cumpliéndose así también el objetivo de no pérdida neta de bienestar.

Existen varios procedimientos para la evaluación de equivalencia ecológica, sin embargo, aquellos que involucran *métodos estandarizados de puntuación* (Quétier & Lavorel, 2011) son los más ampliamente utilizados. Estos métodos tienen la ventaja de permitir la racionalización del proceso de evaluación y ofrecer valoraciones más predecibles y repetibles (aspecto importante desde el punto de vista legal). Los procedimientos de puntuación requieren que se desarrollen indicadores y sistemas de calificación de los mismos, que son validados por las autoridades ambientales antes de ser generalizados. Esto significa que las diferentes partes interesadas sobre los impactos de la biodiversidad (por ejemplo, las organizaciones de conservación de la naturaleza, los desarrolladores, autoridades gubernamentales, etc.) colaboran en el desarrollo de los métodos a ser empleados en su caso particular.

Los métodos estandarizados generalmente combinan puntuaciones de indicadores de manera aditiva, como es el caso del método UMAM (Florida Uniform Mitigation Assessment Method; Reiss & Hernandez, 2018); o del



método de hábitat/hectárea (Parkes et al., 2003). Por ejemplo, UMAM provee un procedimiento estandarizado para evaluar las funciones ecológicas de humedales y otros cuerpos de agua superficial, la cantidad de esas funciones que son reducidas por el impacto propuesto y la mitigación necesaria para compensar esas pérdidas. Además, permite determinar el grado de mejora en el valor ecológico de las actividades propuestas en los bancos de mitigación (Reiss & Hernández, 2018). El método Hábitat/Hectárea asigna puntajes a cada indicador de calidad del hábitat a evaluar en relación a un hábitat de referencia. La sumatoria de esos puntajes es el índice de calidad del hábitat a evaluar (Bonilla, Oviedo-Brenes, et al., 2022). Ahora bien, se podría diseñar un análisis en el que las puntuaciones se combinen de manera multiplicativa o incluso jerárquica (Apfelbeck & Farris, 2005). Sin embargo, índices complejos son más difíciles de explicar a no-expertos y requieren de evaluaciones antes de poder ser generalizados (Gibbons & Freudenberger, 2006).

Entre los aspectos medulares a considerar a la hora de diseñar una estrategia para evaluar una compensación se citan el *alcance*, la *puntuación* y el *procedimiento cuantitativo* sobre el cuál basar conclusiones (McKenney & Kiesecker 2010). El alcance de la compensación implica especificar cuáles componentes de la biodiversidad o del ecosistema son los de interés para ser compensados. La puntuación implica asignar valores numéricos a cómo y cuándo la protección de la biodiversidad existente puede ser considerada una ganancia, así como los posibles requisitos sobre ubicación, el tiempo (antes o después del impacto) y la duración de las compensaciones. El procedimiento cuantitativo se refiere al algoritmo seguido para contrastar las ganancias y pérdidas y poder derivar el efecto total de la compensación.

En esa misma dirección, Quetier & Lavoirel (2011) sugieren cinco pasos medulares a la hora de diseñar y evaluar una compensación ambiental basada en equivalencia ecológica:

(1) Definir detalladamente los *componentes* de la biodiversidad y del ecosistema que se desean compensar (poblaciones de

animales o plantas, ensamblajes particulares de especies, tipos de comunidades, propiedades de ecosistemas, servicios de ecosistemas, etc.).

- (2) Seleccionar apropiados *indicadores* (incluyendo procesos a nivel de ecología de paisaje) y los *procedimientos de puntuación* de esos indicadores.
- (3) Identificar la metodología apropiada para el cálculo de pérdidas y ganancias y de otras necesidades a abordar.
- (4) Cuantificar e incorporar en el análisis aspectos relacionados con tiempo, ejemplo retrasos entre las pérdidas y las ganancias.
- (5) Cuantificar e incorporar incertidumbres asociadas tanto en la evaluación como en los resultados de la compensación.

Componentes meta y alcances: Los diferentes componentes meta de biodiversidad o ecosistemas pueden ser identificados dependiendo de los objetivos del esquema de compensación correspondiente. Entre los componentes más frecuentemente empleados se citan: (a) riqueza de especies en general o de grupos taxonómicos o gremios particulares (usualmente se enfoca en vertebrados, algunos grupos carismáticos de insectos y plantas vasculares); (b) listado de especies amenazadas o sus hábitats y nivel de amenaza; (c) composición de vegetación y tipo de coberturas; (d) servicios ecosistémicos (Villacrez-Guerra, 2021; Villarroya-Ballarín, 2012).

Enfoques a nivel de ecosistema son también utilizados en el control y gestión de los ecosistemas y la biodiversidad, basado en conceptos como “*la salud de los ecosistemas*” (Rapport et al., 1998), “*la integridad ecológica*” (LaPaix et al., 2009), o “*buen estado ecológico*” (Hobbs et al., 2010). Estos enfoques en general requieren una referencia de “*buen estado*” o de “*buen estado*”, lo que debe establecerse ya sea mediante comparaciones ambientes similares en esas condiciones, o sobre la comunidad existente en el sitio antes de la intervención (lo que se conoce como *línea base ecológica*).

Indicadores apropiados: Las pérdidas debido al impacto y las ganancias generadas por la compensación deben ser medidas empleando las mismas métricas. Si la evaluación de pérdidas, ganancias y su equivalencia se enfocan en componentes de la biodiversidad y los ecosistemas, entonces estos deben estar claramente definidos desde la fase inicial del proyecto.

Tradicionalmente se ha empleado la *riqueza de especies* y la *uniformidad* (medida de qué tan homogénea es la frecuencia relativa de las especies que forman una comunidad) para cuantificar biodiversidad y usarla como métricas para los tomadores de decisión (Duelli & Obrist, 2003; Fleishman et al., 2006). Sin embargo, varios investigadores argumentan que éstas no son medidas suficientes en el diseño y dimensionamiento de las compensaciones ya que no captan adecuadamente la complejidad de la diversidad biológica, y difieren en sus prioridades de conservación (Noss, 1990; Quetier & Lavorel, 2011). Siguiendo estas consideraciones, una cuantificación del grado de amenaza o del estatus de conservación de especies suelen también incorporarse como medidas de interés (Martín-López et al., 2009). Otros indicadores empleados pueden ser atributos del hábitat que cuantifican su complejidad, usos o estructura; entre ellos se encuentran la distribución diamétrica de árboles, área basal, alturas dominantes en coberturas boscosas, estratos verticales y biomasa (Baca-Soto, 2017; Mosqueda Lagunes, 2014).

Es importante apuntar que no existe un indicador (o indicadores) de la biodiversidad o del estado del ecosistema que puedan ser utilizados de forma universal (Failing & Gregory, 2003); por lo tanto, la equivalencia ecológica debe ser evaluada por separado para cada objetivo de la compensación. Así, algunos investigadores recomiendan el uso de indicadores que sean definidos *de novo* en cada caso particular, mientras otros por el contrario prefieren indicadores predefinidos para determinar las pérdidas y ganancias (Quetier & Lavorel, 2011).

Procedimientos de puntuación de los indicadores: Las compensaciones a menudo han sido dimensionadas exclusivamente a partir de la superficie afectada por los impactos, es decir: una determinada extensión de área de un tipo de hábitat bien conservado reemplaza un área similar de un mismo tipo de hábitat que ha sido impactado. Hasta hace poco, esto era generalmente el caso en la mitigación de humedales en el EE.UU. (Hough & Robertson, 2009; Wilkinson, 2008). Sin embargo, esta forma de calcular la compensación es actualmente considerada como un enfoque demasiado crudo de la evaluación de las pérdidas y ganancias, ya que hace caso omiso de las variaciones en la “*calidad*” o “*el estado*” del ambiente, del hábitat de una especie particular, o de los tipos de ecosistemas que se ven afectados por el impacto.

Si la evaluación de la equivalencia ecológica se basa en las pérdidas y las ganancias, entonces es imprescindible seleccionar o desarrollar indicadores apropiados (o combinaciones de los mismos) y definir sus criterios de puntuación (Butler, 2009).

Tiempo y equivalencia ecológica: Un paso adicional en el análisis de compensación a partir de la equivalencia ecológica es incorporar la dinámica temporal en su evaluación. Esto plantea dos cuestiones metodológicas importantes:

- (1) seleccionar la línea base apropiada para el cálculo de las pérdidas y ganancias
- (2) el tener en cuenta los posibles retrasos entre el momento en que ocurren las pérdidas y cuando las ganancias son eficaces (Bendor, 2009; Gibbons & Lindenmayer, 2007).

Demostrar que una compensación ha generado una ganancia en la biodiversidad requiere una referencia contra la cual se pueda calcular esa ganancia. La evaluación debe detallar cuál sería el nivel de biodiversidad que se vería en el sitio si la compensación no se produce, así como especificar la base de referencia contra la cual se evalúan las pérdidas.

Un aspecto crítico a considerar es que los retrasos en implementar medidas



compensatorias podrían incrementar el riesgo de pérdidas netas. La solución más sencilla a este problema es exigir que las compensaciones sean implementadas antes de que ocurran las pérdidas (Hough & Robertson, 2009). Cuando las compensaciones se implementan sólo después de haberse producido los impactos, los retrasos se pueden tomar en cuenta mediante el sobre-dimensionamiento de las compensaciones en proporción a las pérdidas temporales (Quetier & Lavorel, 2011).

Incertidumbre: Considerable incertidumbre rodea la identificación y cuantificación de las pérdidas derivadas del impacto, así como posiblemente de las ganancias derivadas de la compensación. Por ejemplo, Castiblanco et al. (2009) distinguen varias posibles fuentes de incertidumbre o de riesgo, entre ellas: (1) La incertidumbre inherente a las valoraciones ecológicas o económicas de los daños y de los ecosistemas o hábitats a compensar. (2) La probabilidad de fracaso de la compensación en cuanto a alcanzar sus objetivos de conservación. (3) Incertidumbre asociada al seguimiento futuro de las medidas compensatorias. (4) La posibilidad de que la compensación genere impactos adversos. (5) Riesgos asociados a fenómenos climáticos naturales que afecten la compensación. (6) Empleo de técnicas de restauración, inciertas o no comprobadas. Además, la evaluación de la equivalencia ecológica tiene su propia incertidumbre también.

Es precisamente debido a la existencia de estas incertidumbres que se justifica el que la compensación “*deba ser mayor que el impacto*”, tanto cuando la cuantificación se trata de especies como cuando se trata de tipos de hábitats. Cuando la restauración es viable, la incertidumbre puede tenerse en cuenta al dimensionar los requisitos de compensación a través de enfoques probabilísticos (Moilanen et al., 2009). Estos requieren datos sobre la fiabilidad de las medidas de compensación, lo cual raramente está disponible. De forma alternativa, algunos métodos utilizan un multiplicador para aumentar el tamaño de los requisitos de compensación con base en el éxito esperado,

utilizando datos parciales o cualitativos sobre confiabilidad (Hruby et al., 2012). Por ejemplo, en el método UMAM de la Florida, la probabilidad de fracaso de las acciones de compensación se toma en cuenta usando un factor de riesgo basado en las experiencias previas en la creación, restauración y rehabilitación de humedales (Reiss & Hernandez, 2018).

Por otro lado, enfoques basados en diferentes escenarios ofrecen una vía alterna para considerar la incertidumbre. Usando el “peor escenario posible” se pueden calcular las ganancias esperadas y así dimensionar la compensación. Los diferentes escenarios también se pueden emplear para considerar los impactos acumulados de los muchos proyectos de desarrollo (planificados, probables y posibles) en un área determinada.

Cualquiera que sea el método utilizado para incorporar la incertidumbre en el diseño y el dimensionamiento de los requisitos de compensación, es esencial que el manejo de las compensaciones sea adaptativo (Keith et al., 2011), de manera que se garantice su contribución a largo plazo para los objetivos de conservación de la naturaleza.

9. Críticas a la compensación ambiental ¿Es siempre factible compensar?

En la jerarquía de la mitigación, la compensación surge como una alternativa para resarcir por impactos negativos inevitables. Sin embargo, esta idea no está exenta de inconvenientes. Algunos autores critican la compensación al considerar que podría proveer incentivos para minimizar o ignorar el requisito de evitar o reducir impactos de proyectos en el ambiente (Quetier & Lavorel, 2011). Moreno-Mateos et al. (2015) incluso sostienen que la compensación se convierte en un slogan que legitima el desarrollo de un proyecto al representar una “solución” al problema que este plantea, generando la falsa impresión entre los desarrolladores de que cualquier impacto puede ser indemnizado (Cuperus, 2005). Además, se corre el peligro de convertir la compensación en un mero trámite más en la consecución de

proyectos con efectos en el ambiente (Bonilla, Sassa, et al., 2022).

Varios autores (Kiesecker et al., 2010; Villarroya-Ballarín et al., 2014) sugieren que en gran medida este problema parte de la débil observancia de la jerarquía de la mitigación: el uso ampliado de compensaciones resulta de posiciones laxas a medidas que eviten o minimicen los impactos de manera más efectiva. De hecho, existe un amplio acuerdo entre académicos, científicos, formuladores de políticas y reguladores de que, en la mayoría de los marcos de mitigación, el primer y más importante paso en la jerarquía de mitigación, evitar los impactos, se ignora con más frecuencia de lo que se implementa (Villarroya-Ballarín et al., 2014).

La compensación puede además ser un pobre o incompleto reemplazo de las pérdidas sobre hábitats o sobre biodiversidad (Burgin, 2008; Robertson, 2004), especialmente si consideramos ambientes únicos. Esa singularidad es explicada por características específicas del sitio, su historia y la complejidad de sus procesos ecológicos, lo que hace difícil poder reemplazarlos adecuadamente. El resarcimiento debe procurar además ser proporcional y equivalente. Por ejemplo, no se intentaría mitigar la pérdida de turberas del páramo por otro tipo de humedales en zonas bajas; o sería contraproducente el reemplazo de bosques maduros por coberturas boscosas en otro estadio de sucesión.

Moreno-Mateos et al. (2015) también sugieren que políticas de compensación podrían erosionar la idea que subyace en la protección de especies y hábitats, especialmente cuando se enfatizan valores instrumentales sobre valores ecológicos. Como ejemplo, estos autores aluden al énfasis sobre compensar servicios ecosistémicos que tiene la estrategia de biodiversidad de la Unión Europea (Millennium Ecosystem Assessment Panel, 2005). Recordemos que servicios ecosistémicos son definidos como “beneficios que la gente obtiene de los ecosistemas”, por lo que enfatizarlos podría hacerlos más deseables que los ecosistemas en sí mismos (p. ej. almacenar carbono podría

ser compensado o incluso mejorado mediante la sustitución de bosques maduros por plantaciones forestales). Otro problema es que, dada la complejidad de evaluar la totalidad de los servicios ecosistémicos, solo unos pocos son evaluados para sustituir (p. ej. servicios de recreación). Restringir la compensación a ciertos servicios trae implícita la idea de que la naturaleza es solo un proveedor de beneficios para los seres humanos, desvalorizando su propio valor y fin (Cole, 2021).

Las políticas de mitigación también han sido criticadas por su pobre historial de ejecución y los pocos registros sobre la supervisión efectiva de las compensaciones (Burgin, 2008; Strange et al., 2002; Robertson, 2004). En este sentido, en los planes de compensación se suele definir un área determinada que eventualmente es dejada como el aporte compensatorio ante el impacto realizado, pero no suele haber ningún seguimiento que permita efectivamente evaluar el valor que esta área de compensación tenga en la mitigación del impacto. Es decir, no se implementan programas *a posteriori* que permitan evaluar constantemente las capacidades de resarcimiento ecológico del área ofrecida como indemnización (Murcia et al., 2017).

Las objeciones anotadas en los párrafos anteriores no deben ser tomadas a la ligera. Consideramos que hay situaciones en las que la compensación ambiental no debería ser contemplada, como cuando el ambiente a impactar tenga un nivel de singularidad biótica, física o cultural muy alto, lo que imposibilitaría una compensación efectiva de las pérdidas. Otra situación donde medidas compensatorias podrían no ser pertinentes es en el caso de recursos o áreas silvestres protegidas previamente declarados en un nivel alto de protección. En esas circunstancias, la singularidad y nivel de amenaza del recurso o del área silvestre limitarían su sustitución, lo que contravendría la noción de una compensación adecuada. En esos casos, las alternativas deberían enfocarse al proyecto: mejorando las medidas de mitigación de sus impactos, o modificando el proyecto para no afectar el ambiente sensible. Una solución extrema sería simplemente no



realizar el proyecto y sustituir sus objetivos por otros desarrollos. A la luz del enfoque ecológico, donde el ambiente natural es prioritario, semejantes acciones deberían ser plausibles.

DISCUSIÓN

La presión por los recursos naturales y el incremento de proyectos de desarrollo y producción hace necesario el establecimiento de evaluaciones ambientales y medidas compensatorias para resarcir por los posibles efectos negativos sobre el ambiente, procurándose un equilibrio entre desarrollo económico y naturaleza. La compensación ambiental corresponde a medidas utilizadas como último recurso en la jerarquía de la mitigación, cuando no es posible subsanar los impactos negativos con medidas preventivas o de mitigación (Díaz-Reyes, 2014). Las medidas compensatorias deben procurar no solo una proporcionalidad para resarcir los impactos, sino además intentar una ganancia neta ambiental o al menos procurar no incurrir en pérdida neta.

Como un instrumento técnico de indemnización, la compensación puede realizarse bajo diferentes enfoques teóricos: económico, social, político o ecológico. Pese a ser frecuentemente empleado, el enfoque económico es quizás el más arriesgado, ya que traslada la proporcionalidad al campo financiero, lo que no necesariamente garantiza una sustitución en elementos de biodiversidad u otros componentes ambientales afectados (Martínez-Alier et al., 1998). Un caso extremo sucede a la hora de tasar impactos sobre recursos únicos o insustituibles, que bajo este enfoque pueden ser cambiados por capital monetario.

En el enfoque ecológico, la proporcionalidad se establece sobre los componentes ambientales afectados, sean estos biodiversidad, funciones ecológicas o servicios ecosistémicos. Además es más integral al basar las medidas compensatorias en equivalencias ecológicas y en tasaciones económicas que parten del principio de economía ecológica, donde los impactos pueden ser irreversibles y no siempre sustituibles con dinero. La actitud

precautoria en favor del ambiente y la búsqueda de ganancia ambiental neta constituyen el eje central en este enfoque.

Diversas metodologías han sido postuladas para evaluar la proporcionalidad y equivalencia de las medidas compensatorias bajo el enfoque ecológico. En general, se trata de procedimientos estandarizados y simples que facilitan la interpretación del personal técnico de las agencias evaluadoras a partir de la identificación de componentes a compensar, sus indicadores y el peso que estos tienen en la valoración. Estas evaluaciones proveen una base para estimar sustituciones proporcionales de los componentes ambientales afectados (Bruggeman et al., 2005).

La compensación ambiental debe favorecer el derecho universal a un ambiente sano, un precepto fundamental en la legislación de la mayoría de países en el mundo, que además está amparado por tratados internacionales y por las regulaciones ambientales de las agencias que financian proyectos para el desarrollo. Sin embargo, como instrumento de gestión, la compensación corre el peligro de constituirse en un mero trámite burocrático, o de licenciar cualquier proyecto incluso aquellos que comprometen el ambiente. La apreciación de componentes ambientales primariamente por su carácter utilitario, como puede suceder al enfatizar servicios ecosistémicos o componentes económicamente relevantes de la biodiversidad, puede llevar a medidas compensatorias inadecuadas para asegurar una ganancia neta y de calidad en términos ambientales.

Declaración de ética: los autores declaran que todos están de acuerdo con esta publicación y que han hecho aportes que justifican su autoría; que no hay conflicto de interés de ningún tipo; y que han cumplido con todos los requisitos y procedimientos éticos y legales pertinentes. Todas las fuentes de financiamiento se detallan plena y claramente en la sección de agradecimientos. El respectivo documento legal firmado se encuentra en los archivos de la revista.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se enmarca en los proyectos B6A02 de la Vicerrectoría de Investigación y el ED-3585 de la Vicerrectoría de Acción Social de la Universidad Costa Rica. Los autores agradecen a la Organización para Estudios Tropicales (OET) por su apoyo en labores de logística.

RESUMEN

Introducción: La generación de impactos negativos producto de proyectos de infraestructura o actividades de desarrollo generan pérdida de biodiversidad y reducción de la calidad de los servicios que el ambiente provee a sociedades humanas. Afortunadamente, muchos de esos impactos pueden ser reducidos, controlados o resarcidos por medio de medidas de mitigación, rehabilitación y compensación, que suelen sustentarse en el marco jurídico ambiental de los países o estados donde son implementados. Esta revisión provee una visión teórica del uso de compensación ambiental como instrumento jurídico/técnico integrado al manejo del entorno natural.

Metodología: Realizamos una revisión de la literatura global sobre el tema mediante los buscadores de referencias GoogleScholar y SciELO empleando varios indicadores en inglés y español.

Resultados: Un total de 244 referencias sobre compensación ambiental fueron encontradas, catalogadas y evaluadas, mostrándose un claro patrón de incremento del número de ellas en la última década. La compensación ambiental constituye un instrumento jurídico/técnico que permite resarcir por pérdidas ambientales y suele ser un componente de los Estudios de Impacto Ambiental regulado por el estado. Varias estrategias metodológicas son empleadas para establecer acciones compensatorias, cada una de ellas sustentada en alguno de cuatro enfoques posibles: económico, ecológico, político y cultural/social. Dentro del enfoque ecológico, se busca la equivalencia ecológica entre los elementos ambientales impactados y la compensación, procurando que no exista pérdida neta. Así, este enfoque tiene la ventaja de posibilitar la incorporación de múltiples criterios para la evaluación del daño y de las acciones de indemnización, por lo que es posible de aplicar en situaciones diversas. A pesar de su uso, la aplicación de medidas compensatorias no está exenta de crítica y hay situaciones en que la singularidad de los elementos impactados imposibilita un resarcimiento efectivo de las pérdidas.

Conclusiones: La compensación tiene gran relevancia actualmente en la gestión ambiental y debe favorecer el derecho universal a un ambiente sano. Sin embargo, su aplicación efectiva requiere claridad en los procedimientos

seguidos y una muy estrecha vigilancia prevenir pérdidas o incluso una ganancia neta ambiental.

Palabras clave: medio ambiente; biodiversidad; equivalencia ecológica; equivalencia económica; evaluación ambiental.

REFERENCIAS

- Alarcón Aguirre, G., Díaz Revoredo, J. L., Vela Da-Fonseca, M., Quiñonez Almiron, J. J., Zevallos Pollito, P. A., & Gutiérrez Alberoni, J. D. (2018). Valor de conservación en bosques de comunidades indígenas: Un estudio de caso en la Amazonia Peruana, San Jacinto y Puerto Arturo. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 20(3), 301–314.
- Apfelbeck, R., & Farris, E. (2005). *Montana Wetland Rapid Assessment Method Guidebook* (Version 2.0). Montana Department of Environmental Quality. <https://citeserx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.548.7196&rep=rep1&type=pdf>
- Ariza-Pardo, D. M., & Moreno-Hincapié, J. C. (2017). *Análisis comparativo sobre compensaciones ambientales por pérdida de biodiversidad en el contexto nacional e internacional*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Universidad Distrital Francisco José de Caldas <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/5408>
- Baca-Soto, J. E. (2017). *Captura de dióxido de carbono (CO₂) de especies forestales como mecanismo de compensación ambiental en una vía de alta presión vehicular (Avenida Separadora Industrial)-Lima*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio institucional de la Universidad Cesar Vallejo <https://hdl.handle.net/20.500.12692/3492>
- Balmford, A., & Bond, W. (2005). Trends in the state of nature and their implications for human well-being. *Ecology Letters*, 8, 1218–1234.
- Banco Mundial. (2001). *Política del Banco Mundial sobre Hábitats Naturales. O.P. 4.04*. <http://site-resources.worldbank.org/OPSMANUAL/Resources/2103841170795590012/op404Spanish.pdf>
- Barbé, H., & Frascaria-Lacoste, N. (2021). Integrating Ecology into Land Planning and Development: Between Disillusionment and Hope, Questioning the Relevance and Implementation of the Mitigation Hierarchy. *Sustainability*, 2021, 13, 12726.
- Basombrio, M. (2009). *Estado e igualdad: del contrato social al pacto fiscal*. CEPAL /AECID. Naciones Unidas. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5462/S0900605_es.pdf



- Becerra-Gonzales, E. (2020). *Compensación ambiental de los impactos previstos por la expansión de la Unidad Minera Animón* [Tesis de maestría, Universidad de Alcalá]. Biblioteca Digital Universidad de Alcalá <https://ebuah.uah.es/dspace/handle/10017/46027?show=full>
- Benabou, S. (2014). Making up for lost nature?: A critical review of the international development of voluntary biodiversity offsets. *Environment and Society*, 5(1), 103–123.
- Bendor, T. (2009). A dynamic analysis of the wetland mitigation process and its effects on no net loss policy. *Landscape and Urban Planning*, 89, 17–27.
- Bezombes, L., Gaucherand, S., Kerbiriou, C., Reinert, M. E., & Spiegelberger, T. (2017). Ecological equivalence assessment methods: what trade-offs between operationality, scientific basis and comprehensiveness?. *Environmental management*, 60(2), 216–230.
- Blanco-Herbosa, A. M. D. S. (2012). *Bancos de Hábitat como instrumentos de apoyo en la reparación del daño medioambiental*. [Master Profesional en Ingeniería y Gestión Medioambiental, Escuela de Organización Industrial, España]. http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:80068/EOI_Bancos-Habitat_PFM_Abr_il2012.pdf
- Bonilla, F., Oviedo-Brenes, F., Beneyto-Garrigos, D., Arevalo, E., Morales-Gutiérrez, L., Serrano-Sandí, J., & Sasa, M. (2022). Aplicación del método de Hábitat-Hectárea en compensación ambiental: El caso del Embalse Río Piedras, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, en prensa.
- Bonilla, F., Sasa, M., & Monrós, J.S. (2022). Environmental compensation actions in Costa Rica: Disparity between commitments and actions. *Open Journal of Ecology*, 12, 287–305.
- Bouyssou, D. (1986). Some remarks on the notion of compensation in MCDM. *European Journal of Operational Research*, 26, 150–160.
- Bouyssou, D., & Vansnick, J. C. (1986). Noncompensatory and generalized noncompensatory preference structures. *Theory and decision*, 21(3), 251.
- Bruggeman, D. J., Jones, M. L., Lupi, F., & Scribner, K. T. (2005). Landscape equivalency analysis: methodology for estimating spatially explicit biodiversity credits. *Environmental Management*, 36(4), 518–534.
- Bull, J. W., & Strange, N. (2018). The global extent of biodiversity offset implementation under no net loss policies. *Nature Sustainability*, 1, 790–798.
- Butler, D. W. (2009). Planning iterative investment for landscape restoration: choice of biodiversity indicator makes a difference. *Biological Conservation*, 142, 2202–2216.
- Burgin, S. (2008). BioBanking: an environmental scientist's view of the role of biodiversity banking offsets in conservation. *Biodiversity and Conservation*, 17, 807–816.
- Burton, M., Rogers, A., & Richert, C. (2017). Community acceptance of biodiversity offsets: evidence from a choice experiment. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 61(1), 95–114.
- Calle, I., Zabarburu, S., & Mora, C. (2014). *Compensación Ambiental: Una oportunidad para la adecuada gestión de los impactos ambientales en el Perú*. Sociedad Peruana de Derecho Ambiental. https://repositorio.spda.org.pe/bitstream/20.500.12823/142/1/Compensacion_Ambiental_2014.pdf
- Carrasco, M. J., Sánchez-Cámara, A. E. S., García-Sánchez-Colomer, M. R., & Ruiz-Arraiga, S., (2013). Evolución de las medidas compensatorias en los procedimientos de evaluación de impacto ambiental. *Ingeniería Civil, Revista Digital del Cedex*, 172, 73–82.
- Castiblanco, C., Valbuena, M. S., & Palacios, M. T. (2009). *Descripción y análisis de las metodologías existentes de valoración de compensaciones ambientales y sociales que sean aplicables al contexto colombiano*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Convenio de Asociación No. 09 de 2008. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Colombia, The Nature Conservancy. World Wildlife Fund, Conservación Internacional.
- Clarke, K. D., & Bradford, M. J. (2014). *A review of equivalency in offsetting policies*. Canadian Science Advisory Secretariat.
- Cole, S. G. (2021). *Environmental Compensation is not for the Birds: Assessing social welfare impacts of resource-based environmental compensation*. [Tesis Doctoral, Swedish University of Agricultural Sciences]. Swedish University of Agricultural Sciences
- Council of the European Parliament (2004). “*Environmental Liability Directive. 2004/35/EC on environmental liability with regard to the prevention and remedying of environmental damage*”. <https://ec.europa.eu/environment/legal/liability/>
- Cowell, R. (1997). Stretching the limits: environmental compensation, habitat creation and sustainable development. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 22, 292–306.
- Cuperus, R. (2005). *Ecological compensation of highway impacts; negotiated trade-off or no-net-loss?* Leiden University.
- Cuperus, R., Bakermans, M. M. G. J., Udo de Haes, H. A., & Canters, K. J. (2001). Ecological compensation in Dutch highway planning. *Environmental management*, 27(2), 75–89.

- De Groot, R. S., Wilson, M. A., & Boumans, R. M. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, 41(3), 393–408.
- Díaz-Reyes, C.E. (2014). *Enfoques teóricos y metodológicos de las compensaciones ambientales en el contexto de la Evaluación de Impacto Ambiental en Colombia*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional de Colombia <http://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/52252>
- Dixon, J., Fallón-Scura, L., Carpenter, R., & Sherman, P. (1994). *Economic analysis of environmental impacts*. Earthscan.
- Duelli, P., & Obrist, M. K. (2003). Biodiversity indicators: the choice of values and measures. *Agriculture, ecosystems & environment*, 98(1–3), 87–98.
- Dunforda, R. W., Ginnb, T. C., & Desvousges, W. H. (2004). The use of habitat equivalency analysis in natural resource damage assessments. *Ecological Economics*, 48, 49–70
- Durango, E.A.K. (2017). Derechos humanos y el derecho a un ambiente sano. *Derecho & Sociedad*, 1(2), 27–40.
- Ekins, P., Simon, S., Deutsch, L., Folke, C., & De Groot, R. (2003). A Framework for the practical application of the concepts of critical natural capital and strong sustainability. *Ecological Economics*, 44(2–3), 165–185.
- Enríquez-de-Salamanca, Á., & Medioambiental, S. L. (2016). *Hacia un esquema integrado de compensación ambiental: la unificación de los bancos de conservación y los mercados de carbono*. Conama.
- Failing, L., & Gregory, R. (2003). Ten common mistakes in designing biodiversity indicators for forest policy. *Journal of Environmental Management*, 68, 121–132.
- Fleishman, E., Noss, R. F., & Noon, B. R. (2006). Utility and limitations of species richness metrics for conservation planning. *Ecological indicators*, 6(3), 543–553.
- García-López, T. (2018). Instrumentos económicos para la protección ambiental en el derecho ambiental mexicano. *Sociedad y Ambiente*, 6(17), 247–266.
- García-Ureta, A. M. G. (2015). Protección de la biodiversidad, mercados, compensación por daños y bancos de conservación. *Revista de administración pública*, 198, 297–330.
- Georgoulas, A., Arrasate, M. I., & Georgoulas, N. (2016). *El rol de las políticas de salvaguardias del BID en la promoción de infraestructura sostenible: análisis comparativo entre las salvaguardias del BID y el sistema de calificación en visión*. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Gibbons, P., & Freudenberger, D. (2006). An overview of methods used to assess vegetation condition at the scale of the site. *Ecological Management & Restoration*, 7, S10–S17.
- Gibbons, P., & Lindenmayer, D. B. (2007). Offsets for land clearing: no net loss or the tail wagging the dog? *Environmental Management and Restoration*, 8, 26–31.
- Handl, G. (2012). *Declaration of the United Nations conference on the human environment (Stockholm Declaration), 1972 and the Rio Declaration on Environment and Development, 1992*. United Nations Audiovisual Library of International Law.
- Hernández, M. A. (2015). Acciones colectivas en materia de protección ambiental, fallas de origen. *Boletín Mexicano de Derecho Comparado*, 48(144), 899–929.
- Herzog, F., Dreier, S., Hofer, G., Marfurt, C., Schüpbach, B., Spiess, M., & Walter, T. (2005). Effect of ecological compensation areas on floristic and breeding bird diversity in Swiss agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 108, 189–204.
- Hicks, J. R. (1939). The foundations of welfare economics. *The economic journal*, 49(196), 696–712.
- Hobbs, R. J., Cole, D. N., Yung, L., Zavaleta, E. S., Aplet, G. H., Chapin, F. S., Landres, P. B., Parsons, D. J., Stephenson, N. L., White, P. S., Graber, D. M., Higgs, E. S., Millar, C. I., Randall, J. M., Tonnessen, K. A., & Woodley, S. (2010). Guiding concepts for park and wilderness stewardship in an era of global environmental change. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 8, 483–490.
- Hough, P., & Robertson, M. (2009). Mitigation under Section 404 of the Clean Water Act: where it comes from, what it means. *Wetland Ecology and Management*, 17, 15–33.
- Hruby, T., Richter, K., Fuerstenberg, B., & Murphy, M. (2012). *Calculating credits and debits for compensatory mitigation in wetlands of western Washington*. Washington State Department of Ecology.
- Hubbell, S. P. (2006). Neutral theory and the evolution of ecological equivalence. *Ecology*, 87(6), 1387–1398.
- Keith, D. A., Martin, T. G., McDonald-Madden, E., & Walters, C. (2011). Uncertainty and adaptive management for biodiversity conservation. *Biological Conservation*, 144, 1175–1178.
- Kiesecker, J. M., Copeland, H., Pocewicz, A., & McKenney, B. (2010). Development by design: blending landscape-level planning with the mitigation hierarchy. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 8, 261–266



- La Real Academia Española (2001). *Diccionario de la lengua española*. Vigésima segunda Edición. <http://www.rae.es/rae.html>
- LaPaix, R., Freedman, B., & Patriquin, D. (2009). Ground vegetation as an indicator of ecological integrity. *Environmental Reviews*, 17, 249–265.
- Latimer, W., & Hill, D. (2007). Mitigation banking: Securing no net loss to biodiversity? A UK perspective. *Planning, Practice & Research*, 22, 155–175.
- López-Arbeláez, D., M., L., & Quintero-Sagre, J., D., Q. (2015). Compensaciones de biodiversidad: experiencias en Latinoamérica y aplicación en el contexto colombiano. *Gestión y Ambiente*, 18 (1), 159–177.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012). *Manual para la asignación de compensaciones por pérdida de biodiversidad*. Ministerio de Ambiente, Colombia y The Nature Conservancy.
- Manga, J., G. (2008). El pago por servicios ambientales en Colombia: perspectivas desde el control fiscal. En S. C. Ortega (Ed.), *Reconocimiento de los Servicios Ambientales: Una Oportunidad para la Gestión de los Recursos Naturales en Colombia* (pp. 175–181). Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Unidad Administrativa del Sistema de Parques Nacionales Naturales, Colombia, WWF, Conservación Internacional y The Nature Conservancy.
- Martín-López, B., Montes, C., Ramírez, L., & Benayas, J. (2009). What drives policy decision-making related to species conservation? *Biological Conservation*, 142(7), 1370–1380.
- Martínez-Alier, J., Munda, G., & O'Neill, J. (1998). Weak comparability of values as a foundation for ecological economics. *Ecological Economics*, 26, 277–286.
- McKenney, B., & Kiesecker, J. (2010). Policy development for biodiversity offsets: a review of offset frameworks. *Environmental Management*, 45, 165–176.
- Millennium Ecosystem Assessment Panel. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press.
- Moilanen, A., van Teeffelen, A. J. A., Ben-Haim, Y., & Ferrier, S. (2009). How much compensation is enough? A framework for incorporating uncertainty and time discounting when calculating offset ratios for impacted habitat. *Restoration Ecology*, 17, 470–478.
- Moreno-Mateos, D., Maris, V., Béchet, A., & Curran, M. (2015). *La verdadera pérdida causada por las políticas de compensación de la biodiversidad*. BC3 Policy Briefing Series 08-15” Basque Centre for Climate Change (BC3).
- Mosqueda Lagunes, M. Á. (2014). Propuesta de metodología para establecer medidas de compensación ambiental atmosférica mediante el análisis de la captura de carbono [Tesis de Maestría, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla]. Repositorio institucional de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla <https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/5263>
- Murcia, C., Guariguata, M.R., Quintero-Vallejo, E. & Ramírez, W. (2017). *La restauración ecológica en el marco de las compensaciones por pérdida de biodiversidad en Colombia: Un análisis crítico* [Documentos Ocasionales 176]. Centro para la Investigación Forestal Regional.
- Norton, D. A. (2008). Biodiversity offsets: two New Zealand case studies and an assessment framework. *Environmental Management*, 43, 698–706.
- Noss, R. F. (1990). Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology*, 4(4), 355–364.
- Olivares-Cortés, C. M. (2016). *Los bancos de compensación de biodiversidad como medida de compensación de biodiversidad en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental*. [Tesis de Maestría, Universidad de Chile]. Repositorio Académico de la Universidad de Chile <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/143125>
- Orozco Gómez, M. (2020). *Estudio comparativo de los criterios y atributos jurídico-normativos de los sistemas de compensaciones ambientales para proyectos hidroeléctricos frente a la salvaguarda de los ecosistemas en Colombia, Perú y Ecuador*. [Tesis de Maestría, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano] Repositorio institucional de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano <https://expeditorepositorio.uta-deo.edu.co/handle/20.500.12010/9426>
- Parkes, D., Newell, G., & Cheal, D. (2003). Assessing the quality of native vegetation: The ‘habitat hectares’ approach. *Ecological Management and Restoration*, 4, S29–S38
- Poveda, L. M. (2016). *Licenciamiento ambiental en Colombia y su debate frente a la compensación ambiental*. [Universidad Católica de Colombia]. Repositorio institucional de la Universidad Católica de Colombia <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/13974>
- Quetier, F., & Lavorel, S. (2011). Assessing ecological equivalence in biodiversity offset schemes: Key issues and solutions. *Biological Conservation*, 144, 2991–2999.
- Quiroga-Prieto, N., & Rodríguez-Zabala, N. (2017). *Análisis crítico del manual de compensación por pérdida de biodiversidad de Colombia*. <http://hdl.handle.net/11349/6704>
- Rapport, D. J., Costanza, R., & McMichael, A. J. (1998). Assessing ecosystem health. *Trends in Ecology & Evolution*, 13, 397–402.

- Red de Fondos Ambientales de Latinoamérica y el Caribe - REDLAC. (2016). *Oportunidades para los Fondos Ambientales en esquemas de compensación y offset*. <http://toolkit.conservationfinance.org/sites/default/files/documents/redlac-capacity-building/5-oportunidades-para-los-fondos-ambientales-en-esquemas-de-compensacion-y-offset.pdf>.
- Reiss, K. C., & Hernandez, E. (2018). Florida Uniform Mitigation Assessment Method. *Wetland and Stream Rapid Assessments*, 371–379. Academic Press.
- Riera, P., & Borrego, A. (2013). El análisis de equivalencia valor-valor en la evaluación de daños ambientales: Una aplicación a fuegos forestales en España. *Natura@ economía*, 1, 33–45.
- Robertson, M. M. (2004). The neoliberalization of ecosystem services: wetland mitigation banking and problems in environmental governance. *Geoforum*, 35, 361–373.
- Rundcrantz, K., & Skärback, E. (2003). Environmental compensation in planning: a review of five different countries with major emphasis on the German system. *European Environment*, 13(4), 204–226.
- Saenz S, Walschburger T, González JC, León J, McKenney B, & Kiesecker, J. (2013). Development by Design in Colombia: Making Mitigation Decisions Consistent with Conservation Outcomes. *PLoS One* 8: e81831
- Sarmiento, M., López, A., & Mejía, A. (2014). *Hacia un sistema de bancos de hábitat como herramienta de compensación ambiental en Colombia*. Fundación para la defensa del interés público [Fundepúblico].
- Sarmiento, M., Buitrago, L., Cardona, W., Sarmiento, A.M., Forero, G., Rios, C., & Victorine, R. (2015). *Orientaciones para el diseño e implementación efectiva de planes de compensación ambiental en la Amazonia Andina de Colombia, Ecuador y Perú*. Wildlife Conservation Society. https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00KZ2F.pdf
- Silva, J.S.D. (2017). *Compensação de reserva legal no Estado de São Paulo: uma análise da equivalência ecológica*. [Tesis Doctoral, Universidade de São Paulo]. Repositorio Institucional de la Universidade de São Paulo <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-31102013-091614/pt-br.php>
- Sonter, L.J., Simmonds, J.S., Watson, J.E., Jones, J.P., Kiesecker, J.M., Costa, H.M., Bennun, L., Edwards, S., Grantham, H.S., Griffiths, V.F., Jones, K., Sochi, K., Puydarrieux, P., Quétier, F., Rainer, H., Rainey, H., Roe, D., Satar, M., Soares-Filho, B., Starkey, M., ten Kate, K., Victorin, R., von Hase, A., Wells, J.A., & Maron, M. (2020). Local conditions and policy design determine whether ecological compensation can achieve No Net Loss goals. *Nature communications*, 11(1), 1–11.
- Strange, E., Galbraith, H., Bickel, S., Mills, D., Beltman, D., & Lipton, J. (2002). Determining ecological equivalence in service-to-service scaling of salt marsh restoration. *Environmental Management*, 29, 290–300.
- Ten Kate, K., Bishop, J., & Bayon, R. (2004). *Biodiversity offsets: Views, experience, and the business case*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK and Insight Investment.
- The Biodiversity Consultancy. (2013). *Government policies on biodiversity offsets*. <http://www.thebiodiversityconsultancy.com/wp-content/uploads/2013/07/Government-policies-on-biodiversity-offsets1.pdf>.
- Trindade, D., Sartori, R., Botelho-Silva, M., Bicalho, L., & Bovini, M.G. (2020). Environmental compensation used as a legal mechanism for the recovery of an urban forest in the state of Rio de Janeiro. *Biodiversidade Brasileira-BioBrasil*, (2), 4–16.
- Vargas, S., Corral Gómez, N., & Corzo, G. (2020). *Fichas de interacciones Una guía para el soporte de la evaluación de planes de compensación ambiental y planes de inversión forzosa de no menos del 1 %*. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Colombia.
- Venkatachalam, L. (2007). Environmental economics and ecological economics: Where they can converge? *Ecological economics*, 61(2–3), 550–558.
- Vergara, J., & Leyton, P. (2002). Compensación de recursos naturales en el ordenamiento jurídico chileno. *Revista Derecho Ambiental*, 1, 97–117.
- Villacrez-Guerra, W. A. (2021). *Determinación de áreas equivalentes desde el punto de vista ecológico con fines de compensación ambiental. Caso de Estudio Proyecto Toromocho-Minera Chinalco. Yauli-Junin*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Mayor de San Marcos]. Repositorio de Tesis Digitales <http://cyber-tesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/16937>
- Villarroya-Ballarín, A. (2012). Compensación ecológica en la evaluación de impacto ambiental en España: Situación y propuestas de acción. [Doctoral, Universidad de Navarra]. Repositorio académico de la Universidad de Navarra <https://dadun.unav.edu/handle/10171/23501>
- Villarroya-Ballarín, A, Barros AC, Kiesecker J. (2014). Policy Development for Environmental Licensing and Biodiversity Offsets in Latin America. *PLoS ONE* 9(9): e107144. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0107144>
- Wilkinson, J. (2008). In-lieu fee mitigation: coming into compliance with the new Compensatory Mitigation Rule. *Wetlands Ecology and Management*, 17, 53–70.
- Wissel, S., & Wätzold, F. (2010). A conceptual analysis of the application of tradable permits to biodiversity conservation. *Conservation Biology*, 24, 404–411.