

**Prácticas de manejo implementadas en líneas de alta tensión para  
contrarrestar los impactos negativos sobre la fauna y flora: análisis del caso  
colombiano y de algunos países en Latinoamérica.**



**Adriana Catalina Bonell Torres**

**Trabajo de grado para optar por el título de Magister  
en Conservación y Uso de la Biodiversidad  
Modalidad de profundización**

**Director: Juan Carlos Benavides Duque**

**Pontificia Universidad Javeriana**

**Facultad de Estudios Ambientales y Rurales**

**Maestría en Conservación y Uso de la Biodiversidad**

**2018.**

**Prácticas de manejo implementadas en líneas de alta tensión para  
contrarrestar los impactos negativos sobre la fauna y flora: análisis del caso  
colombiano y de algunos países en Latinoamérica.**

**Adriana Catalina Bonell Torres**

**Trabajo de grado para optar por el título de Magister  
en Conservación y Uso de la Biodiversidad  
Modalidad de profundización**

**Director: Juan Carlos Benavides Duque**

**Evaluador**

**Juan Ricardo Gómez**

**Evaluador**

**Alberto Ramírez**

**Pontificia Universidad Javeriana**

**Facultad de Estudios Ambientales y Rurales**

**Maestría en Conservación y Uso de la Biodiversidad**

**2018.**

Nota de Advertencia: **Artículo 23 de la Resolución N° 13 de Julio de 1946.**

*“La Universidad no se hace responsable por los conceptos emitidos por sus alumnos en sus trabajos de tesis. Solo velará por qué no se publique nada contrario al dogma y a la moral católica y por qué las tesis no contengan ataques personales contra persona alguna, antes bien se vea en ellas el anhelo de buscar la verdad y la justicia”*

## Contenido

|                                                                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Resumen.....                                                                                                                 | 3  |
| Abstract.....                                                                                                                | 5  |
| 1 Introducción.....                                                                                                          | 7  |
| 2 Objetivos.....                                                                                                             | 10 |
| 2.1 General.....                                                                                                             | 10 |
| 2.2 Específicos.....                                                                                                         | 10 |
| 3 Marco teórico y conceptual.....                                                                                            | 11 |
| 3.1 Procesos ecológicos relacionados a las líneas de transmisión eléctrica.....                                              | 12 |
| 3.1.1 Fragmentación.....                                                                                                     | 12 |
| 3.1.2 Efecto borde.....                                                                                                      | 12 |
| 3.1.3 Pérdida de hábitat.....                                                                                                | 12 |
| 3.2 Impactos de las líneas de transmisión eléctrica hacia la fauna y flora ...                                               | 13 |
| 3.3 Licenciamiento ambiental y Plan de Expansión de Referencia<br>Generación–Transmisión de energía eléctrica 2015–2029..... | 17 |
| 3.1 Prácticas de manejo.....                                                                                                 | 22 |
| 4 Materiales y métodos.....                                                                                                  | 23 |
| 4.1 Búsqueda y selección de la información.....                                                                              | 23 |
| 4.1.1 Objetivo 1.....                                                                                                        | 23 |
| 4.1.2 Objetivo 2.....                                                                                                        | 23 |
| 4.2 Síntesis de la información.....                                                                                          | 28 |
| 4.2.1 Definición categorías a nivel nacional.....                                                                            | 29 |
| 4.2.2 Definición categorías adicionales demás países latinoamericanos..                                                      | 31 |
| 4.3 Análisis de la información.....                                                                                          | 33 |
| 5 Resultados.....                                                                                                            | 33 |

|       |                                                 |    |
|-------|-------------------------------------------------|----|
| 5.1   | Objetivo 1.....                                 | 33 |
| 5.1.1 | Prácticas de manejo por grupo taxonómico.....   | 34 |
| 5.1.2 | Prácticas de manejo por etapa del proyecto..... | 38 |
| 5.2   | Objetivo 2.....                                 | 39 |
| 5.2.1 | Prácticas de manejo por grupo taxonómico.....   | 40 |
| 5.2.2 | Prácticas de manejo por etapa del proyecto..... | 45 |
| 6     | Discusión de resultados.....                    | 49 |
| 7     | Conclusiones y recomendaciones .....            | 53 |
| 8     | Literatura citada.....                          | 54 |
| 9     | Anexos .....                                    | 65 |

## Índice de Tablas

|                                                                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1 Planes de Expansión de Referencia Generación y Transmisión adoptados mediante resolución MME con obras por realizar .....                     | 19 |
| Tabla 2 Producto interno bruto (PIB) de los países de Latinoamérica y el Caribe basado en la valoración de la paridad de poder adquisitivo (PPA)..... | 24 |
| Tabla 3 Consulta países Latinoamérica.....                                                                                                            | 27 |
| Tabla 4 Datos consignados en la matriz de análisis para Colombia de literatura gris.....                                                              | 28 |
| Tabla 4 Prácticas de manejo por etapa del proyecto en Colombia .....                                                                                  | 38 |
| Tabla 9 Practicas de manejo en Latinoamérica no adoptadas a nivel nacional .                                                                          | 40 |
| Tabla 4 Prácticas de manejo por etapa del proyecto en 4 experiencias de Latinoamérica .....                                                           | 45 |
| Tabla 14 Listado de proyectos consultados con licencia aprobada en Colombia                                                                           | 65 |
| Tabla 15 Listado de proyectos consultados con licencia aprobada en los demás países de Latinoamérica en la última década .....                        | 67 |

## Índice de Figuras

|                                                                                                                                                                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 Impactos y efectos de líneas de alta tensión sobre la fauna y flora. Fuente: Tomado y adaptado de Biasotto & Kindel, (2018). .....                                                                                          | 14 |
| Figura 2 Sistema de Transmisión Nacional actual y proyección a largo plazo del sistema. a) Panorama actual; b) visión futura líneas de transmisión eléctrica de alto voltaje en Colombia hasta el año 2052. Fuente: UPME, 2017. .... | 21 |
| Figura 3 Distribución porcentual de prácticas de manejo por grupo taxonómico en la última década Colombia.....                                                                                                                       | 34 |
| Figura 4 Número de prácticas usadas en la última década Colombia por grupo                                                                                                                                                           | 35 |
| Figura 5 Proporción de uso de las prácticas para aves en Colombia.....                                                                                                                                                               | 36 |
| Figura 6 Proporción de uso de las prácticas para herpetofauna y mamíferos en Colombia .....                                                                                                                                          | 36 |
| Figura 7 Proporción de uso de las prácticas para peces en Colombia.....                                                                                                                                                              | 37 |

|                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 8 Proporción de uso de las prácticas para vegetación en Colombia .....                                                     | 38 |
| Figura 9 Distribución porcentual de prácticas de manejo por etapa en la última década en Colombia .....                           | 39 |
| Figura 10 Distribución porcentual de prácticas de manejo por grupo taxonómico en la última década 4 países de Latinoamérica ..... | 41 |
| Figura 11 Número de prácticas usadas en la última década para 4 países de Latinoamérica .....                                     | 42 |
| Figura 12 Proporción de uso de las prácticas para aves en 4 países de Latinoamérica .....                                         | 43 |
| Figura 13 Proporción de uso de las prácticas para herpetofauna en 4 países de Latinoamérica .....                                 | 43 |
| Figura 14 Proporción de uso de las prácticas para mamíferos en 4 países de Latinoamérica .....                                    | 44 |
| Figura 15 Proporción de uso de las prácticas para peces en 4 países de Latinoamérica .....                                        | 44 |
| Figura 16 Proporción de uso de las prácticas para vegetación en 4 países de Latinoamérica .....                                   | 45 |
| Figura 17 Distribución porcentual de prácticas de manejo por etapa en la última década en 4 países de Latinoamérica .....         | 47 |
| Figura 18 Gráfico de similitud de Jaccard (enlace simple) uso no uso de las prácticas en experiencias latinoamericanas.....       | 48 |

### **Índice de Fotografías**

|                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Fotografía 1 Franja adquirida por el operador desprovista de vegetación bosques de Torca, Bogotá Colombia ..... | 15 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## Resumen

La necesidad de llevar bienestar y desarrollo económico a todas las regiones del planeta han propiciado el crecimiento exponencial de proyectos de infraestructura, entre ellos se destaca el transporte y distribución la electricidad dado que se constituye como uno de los insumos más importantes para la humanidad. Sin embargo, las líneas de transmisión eléctrica modifican el ambiente, el paisaje y los hábitats naturales, convirtiéndose en una amenaza para la conservación de la biodiversidad, en especial de grupos como la vegetación por la intervención requerida y las aves debido a su exposición o riesgo de mortalidad directa por estas estructuras.

Con el fin de contrarrestar los efectos negativos sobre la biodiversidad se han empleado una serie de prácticas de manejo a nivel nacional e internacional sobre diversos grupos taxonómicos. Estas experiencias consisten en la aplicación de dispositivos especiales para evitar colisiones en aves, disuadir mamíferos, manejo de la vegetación en las áreas bajo la línea con el fin de proteger el suelo, aumentar la cantidad de polinizadores y evitar la introducción de especies invasoras entre otras.

En Colombia se están ejecutando algunos proyectos de infraestructura asociada con líneas de transmisión eléctrica de alto voltaje (tensiones iguales o superiores a 220 kV) que se encuentran sujetos a licenciamiento ambiental por parte de la Autoridad Nacional de Licencias ambientales (ANLA). El Ministerio de Minas y Energía (MME) ha venido adoptando distintos Planes de Expansión de Referencia Generación y Transmisión propuestos por la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) y en respuesta a la demanda energética Nacional. Esta expansión prevé la entrada en vigor de nuevas obras de transmisión eléctrica, lo que se traduce en potenciales afectaciones hacia la fauna y flora.

El propósito de este proyecto fue determinar la tendencia de las prácticas de manejo usadas para contrarrestar los efectos negativos de las líneas de transmisión eléctrica sobre la fauna y la flora en Colombia, en comparación a experiencias desarrolladas a nivel latinoamericano. Se determinó que en la última década el país ha aumentado en número de prácticas utilizadas, pero no ha tenido una variación



significativa de las mismas, las prácticas han estado dirigidas en su mayoría hacia las aves y la vegetación descuidando los demás grupos tanto a nivel nacional como en los países evaluados de Latinoamérica. Las actividades de manejo más usadas fueron ahuyentamiento (aves, herpetofauna y mamíferos), desviadores de vuelo y aisladores (aves) y sensibilización (aves, herpetofauna y mamíferos). Con respecto a las etapas de los proyectos, las prácticas están dirigidas en gran parte a las etapas construcción y operación y mantenimiento. Por otra parte, se halló una similitud del 47% en las prácticas de manejo usadas por Brasil, Chile, Colombia, México y Perú; en el mismo orden de ideas se establecieron dos conglomerados, el primero entre países como Brasil y Chile y el segundo entre México y Colombia, agrupaciones que responden a las prácticas de manejo en común más no al valor estimado para el año 2018 de Producto Interno Bruto (PIB-PPA) de cada país.

## **Abstract**

The need to bring wellbeing and economic development in all regions of the planet has led to the exponential growth of infrastructure projects, including transportation and distribution of electricity, which is one of the most important for humanity. However, the electric transmission lines modify the environment, the landscape and the natural habitats, becoming a threat to the conservation of biodiversity, especially of groups such as vegetation due to the required intervention and birds due to their exposure or risk of direct mortality by these structures.

In order to counteract the negative effects on biodiversity, a series of national and international management practices have been used on various taxonomic groups. These experiences consist of the application of special devices to avoid collisions in birds, to deter mammals, vegetation management in the areas under the line to protect the soil, increase the number of pollinators and avoid the introduction of invasive species among others.

In Colombia, some infrastructure projects are associated with high voltage electric transmission lines (220 kV) that are either under development or already functioning and are subject to environmental licensing by the National Environmental Licenses Authority (ANLA). The Ministry of Mines and Energy (MME) has adopted several Generation and Transmission Reference Expansion Plans proposed by the Mining and Energy Planning Unit (UPME) and in response to the National energy demand. This expansion allows the entry into force of new electrical transmission works, which translates into possible negative effects on fauna and flora.

The purpose of this project was to determine the trend of management practices to counteract the negative effects of electric transmission lines on fauna and flora in Colombia, compared to the experiences developed in Latin America. It was determined that in the last decade the country has a number of practices but has not had a significant variation of them, the practices have been directed mostly towards birds and vegetation neglecting the other groups nationwide as in the countries evaluated from Latin America. The most important management activities were: repelling (birds, herpetofauna and mammals), flight deviators (birds) and sensitization (birds, herpetofauna and mammals).

With regard to the stages of the projects, the practices are largely directed to the construction and operation and maintenance stages. On the other hand, a similarity of 47% was found in management practices by Brazil, Chile, Colombia, Mexico and Peru; In the same order of ideas, two conglomerates were found, the first between countries such as Brazil and Chile and the second between Mexico and Colombia, groups that responded to common management practices rather than the estimated value for 2018 of Gross Domestic Product (GDP-PPP) of each country.

## 1 Introducción

Las infraestructuras humanas, como las vías, edificios y líneas de transmisión eléctrica entre otros impactan directa o indirectamente en la cantidad y la calidad de servicios ecosistémicos que provee la biodiversidad (Dupras et al., 2016). El desarrollo de estos proyectos causa efectos negativos, los efectos aparecen durante su construcción y persisten hasta su operación (Biasotto & Kindel, 2018).

Distintos estudios a nivel mundial han reportado impactos como cambio en la composición del hábitat (Berger, 2010; Alonso & Castro-Díez, 2015), campos invisibles electromagnéticos (Doherty & Grubb, 1998; Fernie & Reynolds, 2005; Mahmood et al., 2013; Kler, Kumar & Vashishat 2018), efecto barrera (Rosselli & De La Zerda, 1996; Silva et al., 2010; Colman et al., 2012; Loss, Will & Marra, 2014; Loss, Will & Marra, 2015), efecto borde (Murcia, 1995; Pohlman, Turton & Goosem, 2009; Benítez et al., 2010; DeGregorio, Weatherhead, & Sperry, 2014), fragmentación (Rosselli & De La Zerda, 1996; Berger, 2010), pérdida de hábitat (Berger, 2010; Lóránt & Vadász, 2014), propiciar el acceso de comunidades humanas a áreas naturales (Berger, 2010), y el uso de la infraestructura eléctrica como recurso por parte de la fauna (Ferrer, 2012; Saavedra et al., 2013). A nivel nacional, De La Zerda & Rosselli (2003), determinaron que la afectación a las aves se da principalmente por colisiones contra el cable de guarda y los cables conductores en adición a la fragmentación de los hábitats que se genera tras la limpieza y mantenimiento de las franjas de servidumbre. Otra amenaza de preocupación para la conservación fue reportada en el Valle del Cauca, Saavedra, Lizcano y Corrales (2013) encontraron que las líneas de transmisión eléctrica propician la mortalidad mamíferos arborícolas debido a que se desplazan por las líneas y son propensos a sufrir electrocuciones.

La energía eléctrica es fundamental para el desarrollo de la economía, es difícil imaginar sociedades carentes de la misma o con deficiencia en el suministro (Vázquez, 2010). Colombia cuenta con 15.223 km de redes eléctricas de alta tensión (Parámetros técnicos del sistema de Transmisión Nacional, [PARATEC, 2018]). En adición a lo anterior, en el país se prevé la instalación de nuevas obras de transmisión eléctrica de alto voltaje (conjunto de líneas con sus correspondientes subestaciones que se

proyectan y operan a tensiones iguales o superiores 220 kV) propuestas en los Planes de Expansión Generación – Transmisión vigentes y que responden a la demanda nacional de electricidad en concordancia con el Plan Nacional de Desarrollo y el Plan Energético Nacional. No obstante, las nuevas obras podrían generar potenciales afectaciones hacia la biodiversidad con incidencia tanto local como global puesto que las causas del cambio en la biodiversidad no se ciñen a una escala local gracias a su complejidad (Bolom, 2007).

En el país, los posibles impactos generados por las obras de transmisión eléctrica de alta tensión son regulados por el Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) a través de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), institución que estudia, aprueba y expide licencias, permisos y trámites ambientales, para contribuir a mejorar la eficiencia, eficacia y efectividad de la gestión ambiental y al desarrollo sostenible (MADS, 2014). Las licencias se otorgan a partir de la presentación y aprobación de un instrumento denominado Estudio de Impacto Ambiental (EIA), basado en los términos de referencia para la elaboración del EIA de proyectos de sistemas de transmisión de energía eléctrica TdR-17. Dentro de los términos de referencia se contempla la identificación de los impactos ambientales que generará la obra y por ende la elaboración los programas de manejo ambiental.

Autores como Biassoto & kindel (2018), han identificado deficiencias relacionadas con el manejo de la biodiversidad en el desarrollo de los Estudios de Impacto ambiental para líneas de transmisión eléctrica, además las evaluaciones se han centrado en los impactos directos y sobre algunas especies o grupos, generando falencias en cuanto respecta a la representatividad de diferentes niveles biológicos (hábitat, especies y genes) y de los atributos de la biodiversidad (composición, estructura y función) (Söderman, 2010). Estos aspectos que terminan repercutiendo tanto en la definición del impacto como en el desarrollo de acciones de mitigación y monitoreo (Khera y Kumar, 2010).

Para contrarrestar los efectos de los proyectos de infraestructura sobre la biodiversidad, se han propuesto acciones de manejo que buscan evitar, minimizar, rehabilitar/restaurar (Ekstrom, Bennun & Mitchell, 2015). Dentro de los planes de manejo

a nivel nacional, las acciones más comunes son ahuyentamiento, instalación de desviadores de vuelo y aisladores, sensibilización y rescate de especies de plantas endémicas o en alguna categoría de amenaza; en el ámbito internacional se ha propuesto reducir el tamaño de áreas alteradas, ejercer control sobre especies invasoras, evitar la intervención de corredores biológicos o comunidades de preocupación para la conservación, recolección y propagación de semillas de plantas nativas, conservación de arbustos y árboles pequeños en la servidumbre con el fin de crear corredores para pequeños mamíferos (Richardson et al., 2017).

Esta revisión busca determinar la tendencia de las prácticas de manejo implementadas para contrarrestar los efectos negativos de las líneas de transmisión eléctrica sobre la fauna y la flora en Colombia y compararla con experiencias a nivel latinoamericano. La información recopilada será de importancia para las instituciones públicas como el Ministerio del Medio ambiente (MINAMBIENTE), el Ministerio de Minas y Energía (MME), la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) y para las empresas encargadas de la transmisión del servicio. Conocer la tendencia de las prácticas de manejo actual, permitirá que dichas entidades a futuro desarrollen, propongan y adopten acciones acordes a los avances científicos y tecnológicos que permitan contribuir a la conservación de la fauna y flora.

## **2 Objetivos**

### **2.1 General**

Determinar la tendencia de las prácticas de manejo usadas para contrarrestar los efectos negativos de las líneas de transmisión eléctrica sobre la fauna y la flora en Colombia y compararla con experiencias a nivel latinoamericano.

### **2.2 Específicos**

- Identificar las prácticas de manejo utilizadas y analizar su frecuencia de uso, de acuerdo con el grupo taxonómico, cobertura y etapa del proyecto durante la última década en Colombia.
- Comparar las prácticas de manejo durante la última década en Colombia y en 4 países latinoamericanos con diferente tamaño de producto interno bruto (PIB).

### 3 Marco teórico y conceptual

La diversidad biológica se constituye como la garantía del mantenimiento de todos aquellos elementos que contribuyen a la homeostasis de los sistemas naturales (Folch & Bru, 2017) y en consecuencia el sustento de los beneficios indispensables para la supervivencia de la vida humana en el planeta. Estos beneficios que se conocen como servicios ecosistémicos pueden ser garantizados si y sólo si, se asegura la estructura y funcionamiento de los ecosistemas (Millennium Ecosystem Assessment [MEA], 2005; The Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services [IPBES], 2018).

El detrimento de la biodiversidad es producto del crecimiento poblacional, la demanda de recursos, la revolución científico-tecnológica y de la creación de nuevos escenarios por parte del capital y mercado (Groom, Meffe & Carroll, 2006; Bolom, 2007; World Wildlife Fund [WWF], 2012). Como lo señala Ahmed Djoghlaif “En los últimos 50 años, los seres humanos han cambiado los ecosistemas más rápido y más extensamente que en cualquier período comparable de tiempo en la historia humana” (Hesselink et al., 2007, p.5).

La pérdida de biodiversidad se caracteriza por una disminución en la abundancia de la flora y la fauna, que conlleva a un aumento en el número de especies amenazadas, la extinción de otras (Benítez, Alkemade, & Verweij, 2010). Con la pérdida de biodiversidad no solo desaparecen las especies, se extinguen también los procesos evolutivos y ecológicos (Bolom, 2007).

Las condiciones que ponen en peligro la existencia de las especies y ecosistemas se reconocen como degradación y pérdida de hábitat, fragmentación de hábitat, sobreexplotación, introducción de especies invasoras, contaminación y el cambio climático de origen antropogénico (Groom et al., 2006). Se ha identificado que procesos como fragmentación de hábitat, pérdida de calidad y hábitat, el efecto borde en áreas naturales, el aislamiento de poblaciones y la mortalidad, pueden ser propiciadas por el desarrollo de infraestructuras lineales como las vías y las líneas de transmisión eléctrica (Benítez et al., 2010). Por esta razón la implementación de infraestructura eléctrica tiene impactos negativos en la vida silvestre y los ecosistemas.



### 3.1 Procesos ecológicos relacionados a las líneas de transmisión eléctrica

#### 3.1.1 Fragmentación

La fragmentación del hábitat se ha considerado durante mucho tiempo como la causa principal de la pérdida de biodiversidad y la degradación de los ecosistemas en todo el mundo (Wu., 2013). Es un proceso que consiste en la sustitución de grandes áreas de hábitat continuo por otro tipo de ecosistemas, dejando como resultado pequeños parches de hábitat aislados e inmersos en una matriz perturbada por los humanos (Murcia, 1995; Córdova, Del Valle & Ramos, 2018). Debido a que la fragmentación reduce el hábitat, afecta a diferentes grupos taxonómicos, aísla parches e impide la migración de especies entre los mismos y puede generar la extinción de algunas especies (Murcia, 1995; Fischer & Lindenmayer, 2005, Córdova et al., 2018). En consecuencia, la fragmentación genera tres procesos: *efecto borde*, *perdida de conectividad (fragmentación por sí misma)* y *pérdida de hábitat* (Córdova et al., 2018).

#### 3.1.2 Efecto borde

El efecto borde se produce como consecuencia a la fragmentación del hábitat, y se define como “la interacción entre dos ecosistemas adyacentes que poseen una separación abrupta (borde)” (Murcia, 1995, p. 58). El efecto borde tiene incidencia tanto en condiciones físicas como biológicas, se presentan variaciones físicas a nivel microclimático en factores como la humedad, la radiación, la temperatura, la velocidad del viento y en aspectos como los nutrientes del suelo (Murcia, 1995; Weathers, Cadenasso & Pickett, 2001); las implicaciones del efecto sobre el componente biológico consisten en cambios en la composición de especies de plantas y animales, variación de los patrones de competencia, depredación, dispersión y parasitismo (Malcolm, 1994; Lahiti, 2011).

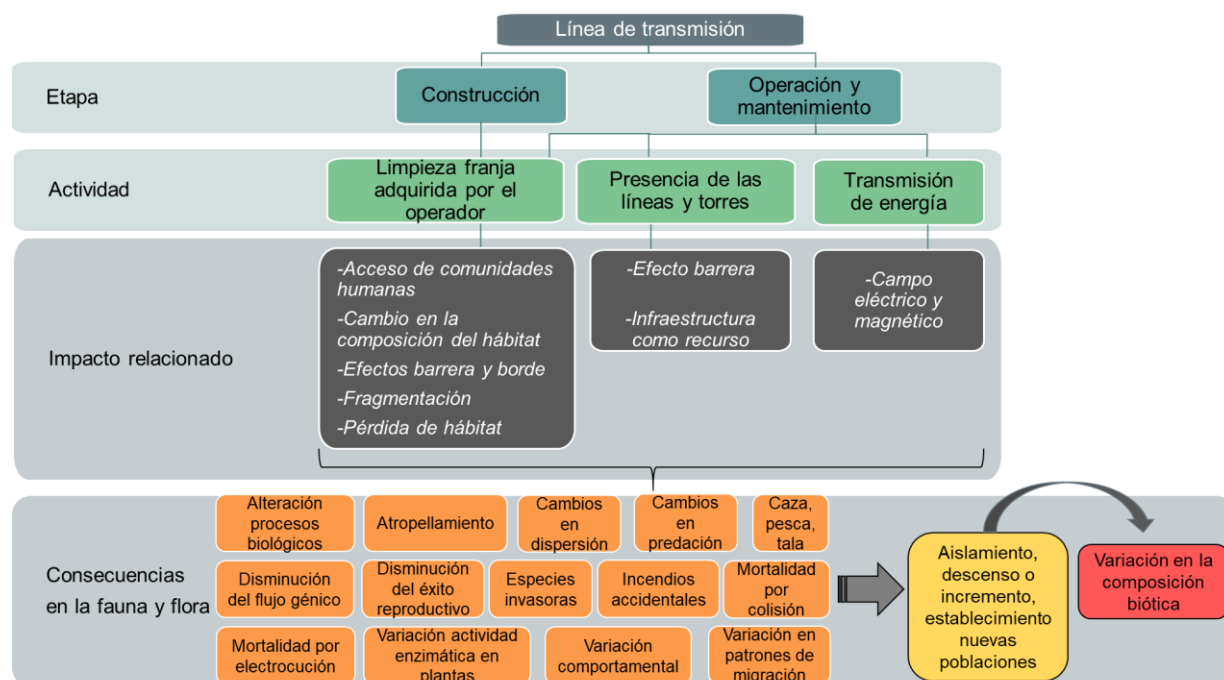
#### 3.1.3 Pérdida de hábitat

La pérdida de hábitat es la amenaza dominante para las especies alrededor del mundo (Sala et al., 2000). Se define como la reducción de la cantidad total del medio adecuado para las especies, la pérdida de hábitat limita la capacidad del paisaje para mantener a los individuos, disminuyendo así el tamaño de la población (Heinrich, Bender & Schumaker, 2016) y aumentando la tasa de extirpación (Fahrig, 2002).

### **3.2 Impactos de las líneas de transmisión eléctrica hacia la fauna y flora**

Mediante la Resolución N° 90708 el Ministerio de Minas y Energía (MME) de 30 de agosto de 2013, establece el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) y define una línea de transmisión eléctrica como un sistema de conductores y sus accesorios (torres y cables conductores), para el transporte de energía eléctrica, desde una planta de generación o una subestación a otra subestación (MME, 2013). Las actividades de una línea de transmisión se desarrollan en las etapas prediseño, diseño y preconstrucción, construcción, operación y mantenimiento, repotenciación y desmantelamiento. Las etapas que pueden ser más críticas son construcción, operación y mantenimiento, ya que existen actividades que pueden considerarse como una amenaza para la biodiversidad (Biasotto & Kindel, 2018) debido a que en estas etapas se requieren, en mayor medida, intervenciones de áreas naturales como talas, remoción de vegetación, apertura de caminos, excavaciones, presencia de trabajadores y maquinaria, instalación y mantenimiento de infraestructura entre otras (Berger, 2010).

Teniendo en cuenta lo anterior, las líneas de transmisión eléctrica se pueden considerar como alteraciones antropogénicas que generan impactos negativos sobre la biodiversidad al originar cambios en los organismos, la viabilidad de las poblaciones a largo plazo, la riqueza, la densidad o la distribución de las especies silvestres dentro de un paisaje (Chalfoun et al., 2002; Benítez et al., 2010; Biasotto & Kindel, 2018). A continuación, se describen los impactos y consecuencias que involucran de las líneas de alta tensión sobre la fauna y la flora (Figura 1).



**Figura 1** Impactos y efectos de líneas de alta tensión sobre la fauna y flora. **Fuente:** Tomado y adaptado de Biasotto & Kindel, (2018).

En algunas circunstancias, se realiza la limpieza de la franja adquirida por el operador (Fotografía 1), como margen de seguridad para la construcción, operación y mantenimiento de dicha línea (MME, 2013). La apertura de la franja en la etapa de construcción puede causar la **fragmentación** de hábitats boscosos al dividir grandes bloques de estos en partes más pequeñas (Rosselli & De La Zerda 1996; Berger, 2010) que dejan como resultado una disminución de especies en los espacios de bosque remanentes. La reducción de ecosistemas naturales, genera **pérdida de hábitat** (Berger, 2010), existen especies que demandan grandes áreas de ambientes inalterados y que son muy perceptibles hacia la disminución de espacios para la reproducción (Lóránt & Vadász, 2014), por ejemplo para aquellos grupos de aves endémicos altamente especializados o especies sensibles como los hormigueros (Formicariidae), trepatroncos (Dendrocolaptidae), horneros (Furnariidae) y rinocriptidos (Rhinocryptidae) que se encuentran restringidos a los niveles inferiores del bosque maduro (Rosselli & De La Zerda, 2002).



**Fotografía 1** Franja adquirida por el operador desprovista de vegetación bosques de Torca, Bogotá Colombia

Adicionalmente la alteración de áreas naturales por parte de las líneas de transmisión propicia diferentes condiciones físicas y biológicas entre ecosistemas adyacentes, a lo que se denomina **efecto borde** (Murcia, 1995). La eliminación de la vegetación para la instalación y el mantenimiento de una línea eléctrica puede generar variación entre los componentes bióticos a través de la intensificación del gradiente microclimático (Pohlman, Turton & Goosem, 2009) y al mismo tiempo atraer especies con altos requerimientos de luz o ahuyentar otras, modificando los procesos demográficos (diferencias en el comportamiento de los depredadores y disminución de flujos génicos) (Benítez et al., 2010; DeGregorio, Weatherhead, & Sperry, 2014).

Como se mencionó con anterioridad, con la creación de bordes las especies de plantas que se desarrollan exitosamente en condiciones de mucha luz crecen y se vuelven abundantes, al tiempo que las especies que no requieren una gran intensidad de luz disminuyen, este hecho hace que cambie la **composición del hábitat** tanto para plantas como animales de manera positiva, neutra o negativamente dependiendo de la especie (Berger, 2010). La apertura de franja adquirida por el operador hace que se

convierta en un área con mayor incidencia de luz, aumentando la propensión a la invasión de especies; las plantas invasoras se encuentran asociadas a ambientes con alta disponibilidad de luz e intervención antrópica (Alonso & Castro-Díez, 2015).

El efecto de las líneas de transmisión eléctrica no es el mismo para todos los organismos, la apertura de la franja adquirida por el operador de la línea, las estructuras como las torres, la misma línea son un obstáculo para las aves y pequeños mamíferos (Berger, 2010; Colman et al., 2012) lo que da como resultado un **efecto barrera**. Gracias a la presencia de estos elementos a nivel nacional se han reportado impactos sobre las aves como muerte por colisiones contra el cable guarda y los conductores y electrocución (Rosselli & De La Zerda, 1996). En Estados Unidos, la infraestructura eléctrica representa la tercera causa de mortalidad de aves, precedida por ataques felinos, colisiones con ventanas de edificios y choques con automóviles (Loss, Will & Marra, 2015). Las cifras de aves muertas en promedio por año se distribuyen de la siguiente manera: 22.800.000 por colisiones con las líneas, 6.581.945, debido a choques con las torres de comunicación eléctrica y finalmente 5.630.000 originadas por electrocución (Loss, Will & Marra, 2014). Adicionalmente, las líneas intervienen en la elección de los sitios de nidificación y descanso, influenciando la movilización de aves migratorias y actuando como una barrera para las poblaciones (Silva et al., 2010). Asimismo, este efecto se encuentra relacionado tanto con los cambios en el desplazamiento o la disminución de movilidad de pequeños mamíferos como con el atropellamiento de animales por el uso de vehículos y maquinaria para la construcción y el mantenimiento de la línea (Biasotto & Kindel, 2018).

Otro impacto identificado se define como el **uso de infraestructura eléctrica como recurso** por parte de los animales, con grandes implicaciones en las aves puesto que mueren electrocutadas al utilizar las estructuras de la línea eléctrica como posaderos, lugares para el reposo o la nidificación (Ferrer, 2012). Para el mismo efecto, pero en diferente grupo taxonómico, Saavedra et al. (2013) reportaron a las líneas de energía como un factor de mortalidad de vida silvestre, en especial en mamíferos arborícolas debido a que estos usan las líneas como recurso para sus desplazamientos dejando como resultado individuos muertos a causa de electrocuciones.

El flujo y uso de energía eléctrica de alta tensión da como resultado **campos invisibles eléctricos y magnéticos**, que si bien los resultados de investigaciones no han relacionado muertes directas en animales (Berger, 2010), Kler, Kumar & Vashishat (2018) encontraron una disminución en la abundancia y éxito reproductivo de las aves que se encuentran en zonas aledañas a las torres de alta tensión. Bajo condiciones de campos eléctricos y magnéticos se altera la melatonina, lo que puede generar cambios en procesos críticos para la supervivencia de las aves como lo son los tiempos reproductivos, múltiples aspectos de la migración, el metabolismo estacional, fisiología circadiana, patrones de alimentación y sueño, cambios de color del plumaje relacionados con la selección del compañero, crecimiento y desarrollo de los individuos (Ferne & Reynolds, 2005). Para la vegetación bajo los campos eléctricos y magnéticos de las líneas eléctricas de alto voltaje, se observaron cambios en la fisiología de la planta relacionados a modificaciones en la actividad enzimática (Mahmood et al., 2013).

Finalmente, la apertura de la servidumbre y las vías de para la construcción de las líneas potencian el **acceso de comunidades humanas** (locales o relacionadas a los proyectos) a los bosques cerrados, y por tanto se crea una amenaza a la vida silvestre, al incrementar el la probabilidad de ocurrencia incendios accidentales y las actividades de caza, captura, pesca, tala y comercio ilegal de especies (Berger, 2010).

### **3.3 Licenciamiento ambiental y Plan de Expansión de Referencia Generación– Transmisión de energía eléctrica 2015–2029**

En Colombia se ha presentado una dinámica similar a la mayoría de los países latinoamericanos, donde alrededor de la mitad de la deforestación se ha producido en los últimos 60 años, dejando como resultado una presión paulatina sobre los ecosistemas naturales dependiente de las condiciones sociales, los procesos políticos de planificación sobre el uso de la tierra y el desarrollo económico (Cueto, 2011). En adición a dicha presión y en respuesta a las proyecciones de la demanda actual de energía, se prevé la entrada en vigor de nuevas obras de transmisión eléctrica con tensiones iguales o superiores a 220 Kv (UPME, 2017), las nuevas obras podrían generar afectaciones hacia la biodiversidad con incidencia tanto local como global, sean directas o indirectas las

causas del cambio en la biodiversidad, son bastante complejas y no sólo se ciñen a una escala local (Bolom, 2007).

El país actualmente cuenta con 15.223 km de líneas de transmisión eléctrica de alto voltaje correspondientes a 2.655 km de 220kV, 10.033 km de 230 kV y 2.535 km de 500 kV (Parámetros técnicos del Sistema de Transmisión Nacional [PARATEC], 2018). Con el fin de que nuevos los proyectos eléctricos lleguen a ser ejecutados, deben aprobarse y licenciarse por parte de La ANLA una entidad creada por el MADS mediante el Decreto N° 3573 del 27 de septiembre de 2011 con el objeto de estudiar, aprobar y expedir licencias, permisos y trámites ambientales, para contribuir a mejorar la eficiencia, eficacia y efectividad de la gestión ambiental y al desarrollo sostenible. Según el Decreto N° 2041 el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) de 15 de octubre de 2014, en el artículo 8, numeral 4, La ANLA es la encargada de otorgar las licencias ambientales a proyectos, obras y actividades *del tendido de las líneas de transmisión del Sistema de Transmisión Nacional (STN), compuesto por el conjunto de líneas con sus correspondientes subestaciones que se proyecte operen a tensiones iguales o superiores a doscientos veinte (220) kV.*

Estas licencias son otorgadas únicamente bajo la presentación y aprobación de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) desarrollado a partir de los términos de referencia para la elaboración del EIA de proyectos de sistemas de transmisión de energía eléctrica TdR-17. Dentro de los términos de referencia se requiere la definición del alcance del proyecto, la identificación de los impactos ambientales que generará la obra y por ende la elaboración los programas de manejo ambiental definidos como *“el conjunto detallado de acciones y/o medidas y actividades que, producto de una evaluación ambiental, están orientadas a prevenir, mitigar, corregir y/o compensar los impactos ambientales debidamente identificados, que se causen por el desarrollo de un proyecto, obra o actividad”* (MADS & ANLA, 2018).

Ahora bien, con la adopción de los Planes de Expansión de Referencia Generación y Transmisión (UPME, 2017), se implementarán las obras de ampliación en el Sistema de Transmisión Nacional, en respuesta a la demanda de energía eléctrica en el mediano y largo plazo. A continuación, se muestran las obras que estarán sujetas a

licenciamiento ambiental por parte de la ANLA y que hacen parte de los Planes de expansión adoptados por resolución del MME que proyectan actividades a futuro (Tabla 1).

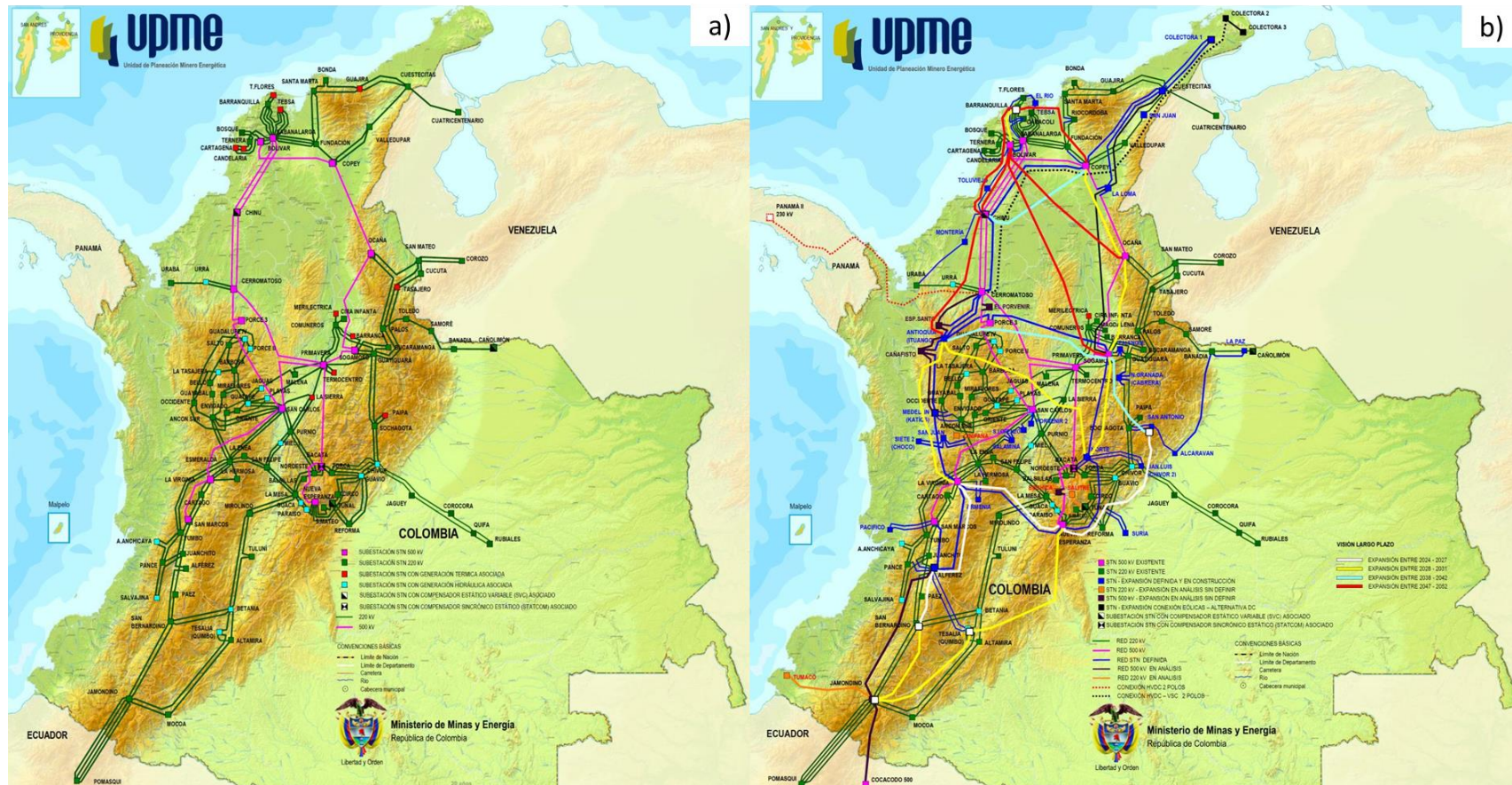
**Tabla 1** Planes de Expansión de Referencia Generación y Transmisión adoptados mediante resolución MME con obras por realizar

| Plan                                                             | Resolución que adopta el plan (MME) | Obra                                                                                                                                                                                | Fecha de entrada en operación |
|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Plan de Expansión de Referencia Transmisión 2013-2027.           | N° 90772 del 17 septiembre de 2013  | Dos líneas Ituango-Cerromatoso 500 kV, de 110 km de longitud, aproximadamente.                                                                                                      | Junio 2018                    |
|                                                                  |                                     | Línea Ituango-Porce III-Sogamoso 500 kV, de 265 km de longitud aproximadamente.                                                                                                     |                               |
|                                                                  |                                     | Línea Ituango-Medellín 500 kV, de 125 km de longitud, aproximadamente.                                                                                                              |                               |
|                                                                  |                                     | Reconfiguración del enlace Occidente-Ancón 230 kV en los enlaces Occidente-Medellín y Medellín-Ancón, por medio de un doble circuito de 10 km aproximadamente al punto de apertura. |                               |
|                                                                  |                                     | Línea Medellín-Ancón 230 kV, de 10 km de longitud, aproximadamente                                                                                                                  |                               |
|                                                                  |                                     | Línea Medellín-La Virginia 500 kV, de 158 km de longitud, aproximadamente.                                                                                                          | Septiembre de 2018            |
|                                                                  |                                     | Línea La Virginia-Alfárez 500 kV, de 183 km de longitud, aproximadamente.                                                                                                           |                               |
|                                                                  |                                     | Línea San Marcos-Alfárez 500 kV, de 35 km de longitud, aproximadamente.                                                                                                             |                               |
|                                                                  |                                     | Reconfiguración del enlace Juanchito-Pance 230 kV en los enlaces Juanchito-Alfárez y Alfárez-Pance, por medio de un doble circuito de 2 km aproximadamente al punto de apertura.    |                               |
|                                                                  |                                     | Línea Virginia-Nueva Esperanza 500 kV, de 190 km de longitud, aproximadamente.                                                                                                      | Noviembre 2021                |
| Plan de Expansión de Referencia Generación-Transmisión 2014-2028 | N° 40029 del 09 enero de 2015       | Nueva estación San Antonio 230 kV con dos transformadores 230/115 kV -15 MVA, dos líneas San Antonio-Sochagota 230 kV de aproximadamente 28 km                                      | Junio de 2018                 |
|                                                                  |                                     | Segundo circuito Fundación-Copey 230 kV de aproximadamente 50 km                                                                                                                    | Noviembre de 2019             |
| Plan de Expansión de Referencia Generación-Transmisión 2015-2029 | N° 40095 del 01 febrero de 2016     | Línea Sabanalarga-Bolívar 500 kilovoltios y segundo transformador 500/220 kilovoltios-450 MVA en la subestación Bolívar.                                                            | Noviembre de 2020             |
|                                                                  |                                     | Nuevo punto de conexión en Cesar denominado San Juan 220/110 kilovoltios-100 MVA y enlaces asociados.                                                                               | Agosto de 2020                |
|                                                                  |                                     | Nueva subestación El Río 220/110 kilovoltios-2x150 MVA en el                                                                                                                        | Noviembre de 2020             |



| Plan                                                                | Resolución que adopta el plan (MME) | Obra                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Fecha de entrada en operación |
|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
|                                                                     |                                     | departamento del Atlántico y corredor Tebsa-El Río-Flores 220 kilovoltios.                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                               |
|                                                                     |                                     | Nueva subestación Toluviejo 220/110 kilovoltios-2x150 MVA junto con el corredor Bolívar- Toluviejo - Chinú 220 kilovoltios                                                                                                                                                                                                                                       | Noviembre de 2020             |
| Plan de Expansión de Referencia Generación - Transmisión 2016-2030. | N° 40098 del 7 de febrero de 2017   | Nueva subestación del STN (Nueva Granada 230 kV), reconfigurando el doble enlace Guatiguará–Sochagota 230 kV en Guatiguará–Nueva Granada 230 kV y Nueva Granada–Sochagota230kV, dos transformadores 230/115 kV de 150 MVA y nueva subestación 115 kV (Nueva Granada 115 kV), reconfigurando el enlace San Gil–Oiba 115 kV, en San Gil– Nueva Granada–Oiba 115 kV | Diciembre de 2022             |
|                                                                     |                                     | Nueva Subestación Caño Limón II 230/115 kV–50 MVA. Reconfigura Banadía–Caño Limón 230 kV en Banadía–Caño Limón II (La Paz)–Caño Limón 220 kV–Se considera una extensión de la barrade Caño Limón.                                                                                                                                                                | Noviembre de 2021             |
|                                                                     |                                     | Nueva línea Alcaraván-San Antonio 230 kV.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Noviembre de 2021             |
|                                                                     |                                     | Nueva línea Alcaraván-Banadía 230 kV                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Noviembre de 2021             |

Adicional a los planes ya adoptados, se encontró el Plan de Expansión de Referencia Generación - Transmisión 2017- 2031 que, a pesar de estar en proceso de evaluación, proporciona una idea de las obras a implementar a futuro en Colombia (UPME, 2017). En la Figura 2 se observa escenario actual (a) en contraste con la previsión de las líneas de transmisión eléctrica que se espera entren en operación hacia el año 2052 (b).



**Figura 2** Sistema de Transmisión Nacional actual y proyección a largo plazo del sistema. a) Panorama actual; b) visión futura líneas de transmisión eléctrica de alto voltaje en Colombia hasta el año 2052. **Fuente:** UPME, 2017.

Todas estas obras estarán sujetas a la elaboración y presentación del Estudio de Impacto Ambiental que incluirá las medidas respectivas para intentar disminuir los efectos sobre los animales y la vegetación. A pesar de ello, se ha detectado que existen deficiencias relacionadas con el manejo de la biodiversidad en el proceso de elaboración de los Estudios de impacto ambiental para líneas de transmisión eléctrica (Biassoto & Kindel, 2018). Las evaluaciones se han centrado sobre los impactos directos y algunas especies, adicionalmente, poseen falencias en cuanto respecta a la representatividad de diferentes niveles biológicos como: hábitat, especies y genes y de los atributos de la biodiversidad: composición, estructura y función (Söderman, 2010), lo que incide tanto en la definición del impacto como en la elaboración de planes de mitigación y monitoreo (Khera & Kumar, 2010).

Por este motivo es importante determinar la tendencia de las prácticas de manejo dirigidas hacia la biodiversidad en los proyectos de transmisión eléctrica ya licenciados en el país, de esta manera será posible orientar alternativas futuras de mayor contribución a la conservación de la fauna y flora.

### **3.1 Prácticas de manejo**

Si bien las líneas de alta tensión propician una relación bastante destructiva entre la humanidad y los entornos biológicos, las comunidades humanas deben ser parte activa de la solución y no exclusivamente del problema, existen actividades humanas que no solo han tenido efectos negativos sobre la biodiversidad sino también efectos positivos (Bolom, 2007).

El manejo desenvuelve una serie de acciones priorizadas y secuenciales que se aplican para reducir los posibles impactos sobre los ecosistemas naturales por la implementación de un proyecto (Ekstrom, Bennun & Mitchell, 2015). Estas acciones se encuentran dentro del marco de la jerarquía de mitigación a la conservación de la biodiversidad, siendo esta una herramienta creada para ayudar a limitar los impactos negativos en tanto se posible (Ekstrom, Bennun & Mitchell, 2015). En este sentido se busca evitar, minimizar y rehabilitar/restaurar los impactos residuales que un proyecto tiene sobre la naturaleza (Inter-American Development Bank [IDB], 2015). El último elemento de la jerarquía lo conforma la compensación, cuyo propósito es lograr un

impacto negativo total nulo o una ganancia neta para la biodiversidad (Ekstrom, Bennun & Mitchell, 2015).

## 4 Materiales y métodos

El trabajo se desarrolló en dos etapas. La primera fue orientada hacia la búsqueda de la información mientras que la segunda consistió en el análisis de los datos colectados.

### 4.1 Búsqueda y selección de la información

#### 4.1.1 Objetivo 1

Con el propósito de dar respuesta al primer objetivo ***Identificar las prácticas de manejo utilizadas y analizar su frecuencia de uso, de acuerdo con el grupo taxonómico, cobertura y etapa del proyecto durante la última década en Colombia*** y debido a que esta información no se encuentra en bases de datos indexadas, se complementó la búsqueda con literatura gris por medio de un derecho de petición se solicitó la lista de los proyectos eléctricos con tensiones iguales o superior a 220kV cuya licencia fue aprobada por parte de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA). A partir de esta lista se aplicó un filtro y se seleccionaron todos aquellos proyectos con aprobación posterior a enero de 2008, cada uno de estos expedientes fue consultado de manera individual en el archivo de la ANLA, se extrajo información correspondiente a la caracterización del medio biótico y aprovechamiento forestal (coberturas intervenidas) y el plan de manejo del componente biótico (prácticas de manejo por grupo taxonómico y etapa del proyecto). La lista de archivos consultados se pueden apreciar en su totalidad en el Anexo 1 (Listado de proyectos consultados con licencia aprobada en Colombia).

#### 4.1.2 Objetivo 2

En respuesta al segundo objetivo específico ***Comparar las prácticas de manejo durante la última década en Colombia y en 4 países latinoamericanos con diferente tamaño de producto interno bruto (PIB)*** se siguieron los pasos descritos a continuación:

1. Se seleccionaron los cuatro países a comparar a partir de la disponibilidad de la información y de la consulta de la base de datos del International Monetary Fund (IMF) donde se reportan las estimaciones del producto interno bruto (PIB) de los países de Latinoamérica y el Caribe basado en la valoración de la paridad de poder adquisitivo (PPA), cuyos valores se muestran en la Tabla 2 en billones de dólares estadounidenses actuales. Los países resaltados en gris son los que se usaron para la comparación en el presente estudio.

**Tabla 2** Producto interno bruto (PIB) de los países de Latinoamérica y el Caribe basado en la valoración de la paridad de poder adquisitivo (PPA).

| País                 | Años      |           |           |           |           |           | Estimaciones del PIB desde el año |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------------------------|
|                      | 2015      | 2016      | 2017      | 2018      | 2019      | 2020      |                                   |
| Brasil               | 3,216.167 | 3,141.335 | 3,216.031 | 3,345.500 | 3,485.682 | 3,627.101 | 2016                              |
| México               | 2,234.153 | 2,315.654 | 2,406.199 | 2,508.193 | 2,632.681 | 2,757.805 | 2016                              |
| Argentina            | 883.018   | 874.072   | 912.816   | 954.836   | 999.765   | 1,050.449 | 2016                              |
| Colombia             | 666.806   | 688.818   | 720.151   | 758.593   | 802.754   | 848.017   | 2016                              |
| Chile                | 426.424   | 438.752   | 455.941   | 476.945   | 500.568   | 525.473   | 2016                              |
| Perú                 | 385.895   | 406.206   | 429.711   | 455.663   | 483.528   | 511.577   | 2015                              |
| Venezuela            | 513.937   | 426.971   | 404.109   | 396.215   | 399.643   | 401.995   | 2015                              |
| Ecuador              | 185.243   | 183.610   | 184.629   | 188.274   | 193.753   | 200.054   | 2015                              |
| República Dominicana | 149.893   | 161.838   | 174.180   | 186.983   | 200.639   | 214.919   | 2016                              |
| Guatemala            | 126.207   | 131.703   | 138.987   | 147.071   | 156.009   | 165.362   | 2015                              |
| Panamá               | 87.373    | 92.948    | 100.512   | 109.030   | 118.441   | 128.201   | 2015                              |
| Costa Rica           | 76.347    | 80.699    | 85.781    | 91.174    | 96.827    | 102.612   | 2015                              |
| Bolivia              | 74.576    | 78.655    | 83.608    | 88.642    | 93.757    | 98.996    | 2015                              |
| Uruguay              | 72.899    | 74.920    | 77.800    | 81.609    | 86.068    | 90.526    | 2016                              |
| Paraguay             | 61.070    | 64.405    | 68.005    | 72.111    | 76.389    | 80.843    | 2015                              |
| El Salvador          | 52.809    | 54.787    | 57.285    | 59.915    | 62.515    | 65.051    | 2016                              |
| Honduras             | 41.132    | 43.174    | 45.628    | 48.328    | 51.265    | 54.287    | 2015                              |
| Trinidad y Tobago    | 45.303    | 43.553    | 44.654    | 47.223    | 49.843    | 52.372    | 2016                              |
| Nicaragua            | 31.628    | 33.550    | 35.835    | 38.212    | 40.808    | 43.504    | 2015                              |
| Jamaica              | 24.684    | 25.394    | 26.474    | 27.717    | 29.075    | 30.485    | 2015                              |
| Haití                | 18.831    | 19.354    | 19.979    | 21.039    | 22.145    | 23.270    | 2016                              |
| Bahamas              | 8.925     | 9.043     | 9.374     | 9.792     | 10.218    | 10.610    | 2015                              |
| Surinam              | 8.698     | 7.887     | 7.961     | 8.204     | 8.553     | 8.956     | 2015                              |
| Guyana               | 5.777     | 6.046     | 6.398     | 6.776     | 7.180     | 10.145    | 2016                              |
| Barbados             | 4.657     | 4.794     | 4.983     | 5.187     | 5.380     | 5.554     | 2015                              |
| Belice               | 3.081     | 3.090     | 3.252     | 3.401     | 3.549     | 3.693     | 2015                              |

| País                         | Años  |       |       |       |       |       | Estimaciones del PIB desde el año |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------------------------|
|                              | 2015  | 2016  | 2017  | 2018  | 2019  | 2020  |                                   |
| Antigua and Barbuda          | 2.161 | 2.271 | 2.372 | 2.466 | 2.563 | 2.659 | 2016                              |
| Santa Lucía                  | 2.013 | 2.055 | 2.110 | 2.190 | 2.271 | 2.352 | 2016                              |
| Granada                      | 1.448 | 1.512 | 1.588 | 1.667 | 1.750 | 1.833 | 2015                              |
| San Cristóbal y Nieves       | 1.400 | 1.459 | 1.544 | 1.633 | 1.718 | 1.805 | 2014                              |
| San Vicente y las Granadinas | 1.203 | 1.241 | 1.299 | 1.366 | 1.437 | 1.510 | 2016                              |
| Dominica                     | 0.79  | 0.805 | 0.847 | 0.885 | 0.923 | 0.961 | 2015                              |

**Fuente:** International Monetary Fund (IMF), World Economic Outlook Database, April 2017

La selección de los países de Latinoamérica se realizó a partir de la proyección del PIB para el año 2018. Se eligieron dos países con PIB superior: Brasil y México y dos países con PIB inferior: Chile y Perú.

Adicional a lo anterior, vale la pena mencionar que se eligieron los países Brasil, Chile, México y Perú debido a que junto con Colombia son los países de América Latina y el Caribe con un entorno más favorable para las asociaciones público-privadas (APP) cuyo objetivo es desarrollar la infraestructura y aumentar el acceso a los servicios básicos (The Economist, 2013).

2. Posterior a la selección de países a comprar y gracias a que esta información no se encuentra en bases de datos indexadas, para los 4 países se realizó una consulta en Google sobre las entidades encargadas del licenciamiento ambiental y de la evaluación de los estudios de impacto ambiental en cada país. En la Tabla 3, se muestran las instituciones consultadas por país, su función y el enlace de consulta en la web.

De cada entidad, se escogieron y revisaron documentos equivalentes a los Estudios de Impacto Ambiental requeridos en Colombia por la ANLA. Se seleccionaron de 3 a 4 archivos por país dependiendo su disponibilidad, los documentos que hicieron parte del estudio contaron con una fecha de presentación del año 2008 en adelante. A continuación, se describen las consultas por país:

- **Brasil**, se estudiaron expedientes denominados Informe de Impacto Ambiental - RIMA, ya que se encuentran de manera pública y se consideran un resumen del Estudio de Impacto Ambiental.
- **Chile y Perú**, se examinaron documentos que en ambos países se denominan Estudios de Impacto Ambiental, se extrajeron los capítulos de línea base del componente biótico y plan de medidas, en estructura y contenido son muy similares a la información que exige la ANLA.
- **México**, se evaluaron expedientes denominados Manifestación de Impacto Ambiental cuya estructura es homologable a los Estudios de Impacto Ambiental presentados en Colombia.



**Tabla 3** Consulta países Latinoamérica

| País   | Entidad                                                                                   | Función                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Página web de consulta                                                                                                                                                    |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Brasil | Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis- Ibama           | Representante del gobierno brasileño responsable del licenciamiento ambiental a nivel federal, vinculada al Ministerio del Medio Ambiente de Brasil (Ibama, 2018).                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <a href="https://servicos.ibama.gov.br/licenciamento/consulta_rel_licencia_por_ano.php">https://servicos.ibama.gov.br/licenciamento/consulta_rel_licencia_por_ano.php</a> |
| Chile  | Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental-SEIA                                          | Herramienta usada para prevenir el deterioro ambiental que incluye la dimensión ambiental en el diseño y la ejecución de los proyectos y actividades que se realizan en el país. Por medio de este instrumento se evalúa y certifica que las iniciativas, tanto del sector público como del sector privado, se encuentren en condiciones de cumplir con los requisitos ambientales que les son aplicables (Servicio de Evaluación Ambiental, 2018).         | <a href="http://seia.sea.gob.cl/busqueda/buscarProyecto.php">http://seia.sea.gob.cl/busqueda/buscarProyecto.php</a>                                                       |
| México | Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-SEMARNAT                                | Entidad encargada de la evaluación de la Manifestación de Impacto Ambiental.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <a href="http://consultaspublicas.semarnat.gob.mx/proyectopublico/historicconsultas">http://consultaspublicas.semarnat.gob.mx/proyectopublico/historicconsultas</a>       |
| Perú   | El Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles – SENACE | Organismo público especializado, adscrito al Ministerio del Ambiente, que estará a cargo de la revisión y aprobación de los Estudios de Impacto Ambiental detallados (EIA-d) de los proyectos de inversión pública, privada o de capital mixto, de alcance nacional que contemplen actividades, construcciones, obras y otras actividades comerciales y de servicios que puedan causar impactos ambientales significativos (Ministerio del Ambiente, 2018). | <a href="http://www.senace.gob.pe">www.senace.gob.pe</a>                                                                                                                  |



## 4.2 Síntesis de la información

La información fue consolidada en dos matrices de análisis, una para las experiencias nacionales y otra para las experiencias a nivel Latinoamérica. En una hoja de cálculo Excel (ver Anexo 3 hoja Matriz revisión\_ANLA) se crearon los campos consignados en la Tabla 4.

**Tabla 4** Datos consignados en la matriz de análisis para Colombia de literatura gris

| <b>Campo</b>                         | <b>Explicación</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Número de práctica</b>            | Número consecutivo práctica reportada                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Código expediente ANLA</b>        | Código que le asigna la ANLA a cada proyecto evaluado                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Nombre del proyecto</b>           | Nombre del proyecto en la base de datos de la ANLA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Empresa responsable</b>           | Empresa responsable del proyecto                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Localización</b>                  | Ubicación de donde se ejecuta el proyecto                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Resolución Licencia ambiental</b> | Resolución que aprueba la licencia ambiental                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Documentos consultados</b>        | Documentos consultados por proyecto, en algunos casos se revisó la Resolución que asigna la licencia ambiental o el auto de seguimiento y control con el fin de complementar la información respectiva al plan de manejo si en la Resolución se encontraba insuficiente                                                                                                                |
| <b>Documentos en carpeta</b>         | Ubicación de los archivos consultados en la carpeta de Anexo 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Año</b>                           | Año de ejecución del proyecto                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Programa</b>                      | Programa al que pertenece la medida de manejo de acuerdo con la estructura del Plan de Manejo Ambiental propuesto                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Cobertura</b>                     | Coberturas intervenidas en cada proyecto                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Categoría Vegetación</b>          | Actividad de manejo principal dirigida a la vegetación: conservación ecosistemas estratégicos, propagación y revegetalización, rescate y reubicación, de epífitas, rescate y reubicación de especies endémicas, veda o alguna categoría de amenaza, restauración de áreas, sensibilización, tala y poda selectiva, infraestructura, especializada y conservación vegetación bajo porte |
| <b>Subcategoría vegetación</b>       | Variación o complementación a las actividades principales de manejo para la vegetación                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Categoría aves</b>                | Actividad de manejo principal dirigida a las aves: ahuyentamiento, desviadores de vuelo y aisladores, reintroducción y repoblamiento y sensibilización                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Subcategoría aves</b>             | Variación o complementación a las actividades principales de manejo para las aves                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Categoría herpetofauna</b>        | Actividad de manejo principal dirigida a la herpetofauna: ahuyentamiento, reintroducción y repoblamiento y sensibilización                                                                                                                                                                                                                                                             |

| Campo                     | Explicación                                                                                                              |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Subcategoría herpetofauna | Variación o complementación a las actividades principales de manejo para la herpetofauna                                 |
| Categoría peces           | Actividad de manejo principal dirigida a los peces: Sensibilización                                                      |
| Subcategoría peces        | Variación o complementación a las actividades principales de manejo para peces                                           |
| Categoría mamíferos       | Actividad de manejo principal dirigida a los mamíferos: ahuyentamiento, reintroducción y repoblamiento y sensibilización |
| Subcategoría mamíferos    | Variación o complementación a las actividades principales de manejo para los mamíferos                                   |
| Etapas                    | Etapas o etapas en las que se aplica la práctica o actividad de manejo                                                   |

A partir de la revisión de los expedientes relacionados en el Anexo 1, se estableció como categoría a la actividad de manejo principal. A continuación, se presenta la definición tanto a nivel nacional como para las demás experiencias consultadas.

#### 4.2.1 Definición categorías a nivel nacional

1. Ahuyentamiento: medida que aplica para los grupos aves, herpetofauna y mamíferos en las etapas de construcción y operación y mantenimiento. Incluye actividades como generación de ruido con silbatos, golpeo de madera, agitación de la vegetación, levantamiento de troncos y piedras, espantapájaros, inspección de madrigueras y uso de humo para espantar a los animales. Esta actividad principal se acompaña del rescate y reubicación de individuos con baja movilidad como por ejemplo huevos o pichones, renacuajos y demás animales en estado juvenil que por sus propios medios no se pueden desplazar. El rescate y/o traslado de fauna contempla la reubicación de nidos y/o madrigueras, en áreas aledañas y de características similares en donde no haga ningún tipo de intervención por parte del proyecto.

2. Conservación ecosistemas estratégicos: práctica basada en la señalización de los accesos, recate de cespedones, corredores y adecuación de las áreas con pódicos con el propósito de minimizar la perturbación de áreas prioritarias.

3. Conservación vegetación bajo porte: actividad dirigida a la vegetación que consiste en conservar plantas de bajo porte como arbustos y árboles pequeños con el objeto de propiciar una cobertura vegetal que no intervenga con el funcionamiento de la línea de transmisión.

4. desviadores de vuelo y aisladores: medida dirigida a las aves que consiste en aumentar la visibilidad de los cables de las líneas de transmisión con el objeto de aumentar la probabilidad de que las aves esquiven los cables y eviten la colisión. Generalmente los desviadores de vuelo y aisladores son dispositivos en forma de espiral, bandas cruzadas o tiras de colores alternados con una distancia mínima de instalación de 10m. Pueden ser instalados a lo largo de la línea o como en algunas experiencias en lugares de especial atención como áreas protegidas y corredores de vuelo para aves. Por su parte los aisladores son estructuras hechas de materiales no conductores con el fin de evitar las electrocuciones.

5. Infraestructura especializada: practica dirigida a la vegetación, con el fin de reducir el impacto sobre las coberturas naturales, se diseñan e implementan en algunos tramos de la línea de transmisión torres de mayor altura para con ello obtener una distancia mínima entre el cable de transmisión y el suelo de 40 metros y minimizar la poda de árboles y arbustos.

6. Propagación y revegetalización: acciones para la vegetación que contemplan el rescate de semillas, esquejes, plántulas o compra de material de especies nativas para su propagación y con el cual se realizará el proceso de revegetalización que consiste en el establecimiento o enriquecimiento de las coberturas vegetales cuyo propósito es el favorecer los estados sucesionales.

7. Reintroducción y repoblamiento: manejo destinado a especies de aves, herpetofauna o mamíferos endémicas o amenazadas que busca mejorar el estado de conservación de estas especies a través de su liberación en medios naturales que correspondan con sitios de interés para la conservación de las Corporaciones Autónomas Regionales.

8. Rescate y reubicación de epífitas: medida orientada al rescate y reubicación de una proporción de representativa o en algunos casos de la totalidad de epífitas, propiciando su establecimiento en los nuevos forófitos.

9. Rescate y reubicación de especies en veda, endémicas o categoría de amenaza: práctica dirigida a la vegetación, en la cual se prevé la obtención de semillas,

traslado, rescate y reubicación de plántulas de especies endémicas, vedadas o en alguna categoría de amenaza en áreas dispuestas para la revegetalización.

10. Restauración de áreas: actividad dirigida a bosques que han sufrido procesos de intervención con el objetivo de aumentar la diversidad y riqueza de un bosque por medio del restablecimiento de especies de flora en lugares donde se tiene referencia de su previa existencia.

11. Sensibilización: consiste en sensibilizar a todo el personal vinculado al proyecto acerca de la importancia de conservación de la fauna y flora, informando a las personas sobre prohibiciones relacionadas con el atropellamiento de animales en las vías, caza, captura, manipulación y extracción de fauna silvestre y extracción de especies de flora con especial énfasis en aquellas endémicas, amenazadas o en veda.

12. Tala y poda selectiva: intervención selectiva a árboles y arbustos que busca evitar restringir al máximo posible la remoción de cobertura vegetal, únicamente actuando sobre aquellos individuos estrictamente necesarios, asimismo, evitando la tala rasa.

#### 4.2.2 Definición categorías adicionales demás países latinoamericanos

En el ámbito latinoamericano se usaron las mismas categorías anteriormente establecidas a nivel nacional, se agregaron nuevas definiciones ya que los demás países latinoamericanos incluyen prácticas de manejo adicionales.

1. Aporte monetario a la investigación: contribución económica realizada a instituciones cuyo principal propósito es la investigación, conservación y restauración de ecosistemas forestales.

2. Banco de germoplasma: práctica dirigida a la vegetación que busca la conservación ex situ de las especies endémicas o amenazadas, a través de colecta de germoplasma y su preservación en bancos como garantía de la perpetuidad de la especie, incluyendo a su vez estudios de viabilidad y germinación como una forma de contribuir al conocimiento de la reproducción de las especies endémicas.

3. Conectividad: actividad que busca reforestar con especies nativas áreas aledañas al trazado de la línea con el fin de conectar remanentes de bosque significativos que se encuentren aislados.

4. Estudios poblacionales: práctica que se basa en el monitoreo únicamente de las poblaciones de especies raras, endémicas o amenazadas de avifauna con el fin de determinar el grado de tolerancia ante los cambios ambientales.

5. Generación conocimiento sitios prioritarios: construcción de una línea base sobre la flora de sitios poco estudiados y prioritarios para la biodiversidad que su conservación.

6. Investigación: esta medida comprende actividades de investigación que den respuesta específica sobre el comportamiento de las aves, herpetofauna y mamíferos bajo los efectos de la línea de transmisión y a la biología reproductiva de especies de plantas amenazadas.

7. Mejoramiento hábitat: acción que busca el establecimiento de áreas de preservación que sean similares lo máximo posible a las zonas donde la herpetofauna se reproduce, se incluyen a su vez la creación de estructuras que favorezcan la colonización como pircas para reptiles y micromamíferos y pozones pequeños de baja profundidad para la reproducción de anfibios.

8. Prevención especies invasoras: actividad encaminada a impedir la dispersión y propagación de especies invasoras que puedan alterar la distribución y abundancia de las especies nativas, por medio de la limpieza de la maquinaria y palas.

9. Rescate y rehabilitación animales heridos por colisión: actividad que se centra en la identificación, rescate y rehabilitación de todas aquellas aves y murciélagos que se encuentren heridos por la colisión con el cable. Asimismo, esta medida busca financiar los centros de rehabilitación para la fauna de las universidades en aspectos como mejoras, ampliaciones y cubrimiento de costos operacionales como el agua, electricidad, insumos veterinarios y los honorarios de un auxiliar por media jornada por 5 años a partir del inicio de la fase de operación del Proyecto.

10. Variación de diseños: esta medida consiste en evitar la cimentación y establecimiento de torres en áreas que requieran una atención especial con el fin de reducir el impacto en la vegetación de ese tipo de áreas.

Se generó una segunda matriz correspondiente a los expedientes consultados en Latinoamérica, se usaron los mismos campos descritos en la Tabla 4, adicionando el país al que corresponde la información (ver Anexo 3 hoja Matriz revisión\_Paises).

### **4.3 Análisis de la información**

A partir de las dos matrices de análisis ( Anexo 3 hojas Matriz revisión\_ANLA y Matriz revisión\_Paises) se realizó un análisis descriptivo, una distribución porcentual de las prácticas por grupo taxonómico, un análisis del número de prácticas por grupo taxonómico y año, una regresión lineal entre el número de prácticas y los años, un análisis de proporción de uso de las prácticas para cada uno de los grupos taxonómicos y la distribución porcentual de las prácticas de manejo por etapa del proyecto en el software Excel. Finalmente se construyó una matriz de uso no uso con la totalidad de las prácticas identificadas y los países evaluados, a partir de lo cual se realizó un dendrograma de similitud mediante la función Jaccard Cluster Analysis enlace simple del software Biodiversity-Pro (McAlecce, Gage, Lambshead & Paterson, 1997).

## **5 Resultados**

### **5.1 Objetivo 1**

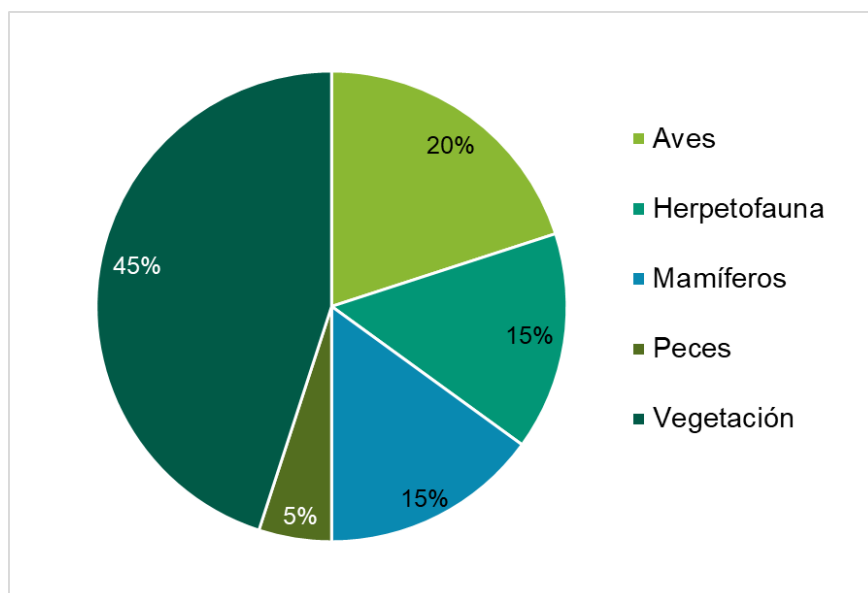
*Identificar las prácticas de manejo utilizadas y analizar su frecuencia de uso, de acuerdo con el grupo taxonómico, cobertura y etapa del proyecto durante la última década en Colombia.*

Se revisaron 16 documentos de literatura gris correspondientes a proyectos de líneas de transmisión eléctrica de alta tensión con licencia ambiental aprobada por la ANLA entre los años 2008 y 2018, la lista de los proyectos consultados se presenta en el Anexo 1, los documentos completos se adjuntan en formato pdf en el Anexo 2. La recopilación de estas experiencias se realizó gracias a una matriz de análisis que se

encuentra disponible en el Anexo 3\_matrices\_de\_análisis hoja Matriz revisión\_ANLA. Cabe destacar que se obtuvo la información correspondiente a las coberturas a intervenir, sin embargo, se excluyó de los resultados debido a que las prácticas en su gran mayoría (94% de los archivos consultados) no diferencian a qué cobertura va dirigido el manejo, únicamente se hace referencia a la aplicación en zonas boscosas y áreas con porte arbóreo y arbustivo. Para los expedientes consultados, se reportaron coberturas como arbustal, bosque abierto, bosque de galería y/o ripario, bosque denso, bosque fragmentado, bosque secundario, herbazal denso, morichal, pastos arbolados, ríos y vegetación secundaria, cuya única diferenciación en el manejo se presentó para el herbazal denso en referencia a las áreas ocupadas por páramo. Las coberturas de la tierra son definidas por cada proyecto según exigencias de la ANLA, con base en la Leyenda Nacional Coberturas de la tierra, Metodología CORINE Land Cover Adaptada para Colombia escala 1:100.000 (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], 2010).

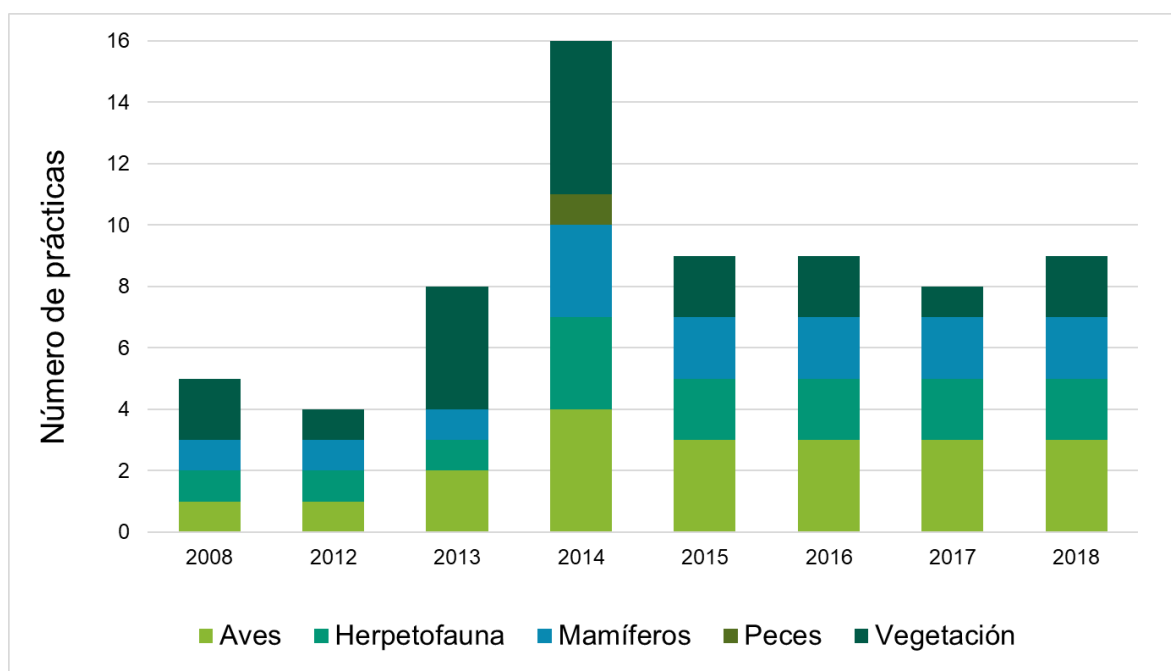
#### 5.1.1 Prácticas de manejo por grupo taxonómico

En la Figura 3 se observa que la vegetación es el grupo al que se dirigen la mayor parte de las prácticas de manejo con un 45% de las prácticas totales, seguido de las aves con un 20%. La herpetofauna y los mamíferos cuentan con un 15%. La herpetofauna y los mamíferos cuentan con un 15%.



**Figura 3** Distribución porcentual de prácticas de manejo por grupo taxonómico en la última década Colombia

En la Figura 4, se muestra el número de prácticas de manejo por año y grupo taxonómico para Colombia. A pesar de haber aumentado el número de prácticas de manejo usadas (el año 2008 con 5 prácticas y el año 2018 con 9 prácticas) la variación no ha sido significativa. Con un porcentaje de confiabilidad del 95%, se determinó que aunque la pendiente de la recta es diferente de cero ( $y = 0,4586x - 915,08$ ,  $m=0.4586$ ) no existe una relación estadística significativa entre el número de prácticas y los años ( $n=8$ ,  $R^2=0.165$ ,  $p= 0.317$ ).



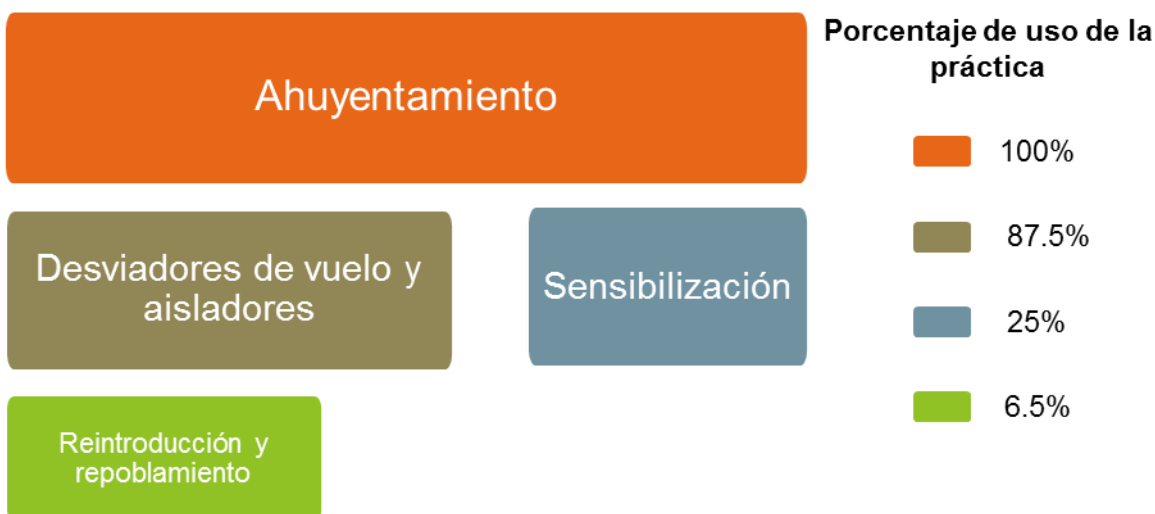
**Figura 4** Número de prácticas usadas en la última década Colombia por grupo

### **Aves**

Para el grupo taxonómico se reportaron 4 prácticas de manejo: ahuyentamiento, desviadores de vuelo y aisladores, sensibilización y reintroducción y repoblamiento. La práctica más usada para las aves es el ahuyentamiento (disuasión, rescate y reubicación, captura y reubicación de individuos, traslado de nidos con huevos o pichones) seguida de desviadores de vuelo y aisladores con porcentajes de uso de 100 y 87.5% respectivamente. La sensibilización se usó en el 25% de los documentos y reintroducción y repoblamiento en el 6.5% de las experiencias consultadas (Figura 5). De las 16 experiencias consultadas, únicamente dos contemplan la localización de los desviadores



de vuelo y aisladores con criterios diferentes al largo de la línea de transmisión como su ubicación en áreas protegidas o aledaños a corredores biológicos de aves.



**Figura 5** Proporción de uso de las prácticas para aves en Colombia

### ***Herpetofauna y mamíferos***

De acuerdo con las experiencias consultadas se encontró que en el manejo de la herpetofauna y los mamíferos, no existe especificidad, es decir se proponen las mismas prácticas para ambos grupos (Ahuyentamiento, reintroducción y repoblamiento y sensibilización). La práctica más usada es el ahuyentamiento seguida de sensibilización y por último la reintroducción y repoblamiento con porcentajes de uso de 100%, 43.7 y 6.3% respectivamente (Figura 6).



**Figura 6** Proporción de uso de las prácticas para herpetofauna y mamíferos en Colombia

### **Peces**

Para el grupo de peces se encontró una sola práctica de manejo. Sensibilización cuyo porcentaje de uso fue de 6.3% (ver Figura 7), lo que quiere decir que se contempló únicamente en uno de los 16 expedientes consultados.



**Figura 7** Proporción de uso de las prácticas para peces en Colombia

### **Vegetación**

Con respecto a la vegetación, se halló un total de 9 prácticas de manejo. Las más usadas en orden descendente fueron rescate y reubicación de especies en veda, endémicas o en alguna categoría de amenaza, rescate y reubicación de epífitas y tala y poda selectiva con porcentajes de uso de 62.5%, 31.3% y 25% respectivamente (Figura 8). La propagación y revegetalización fue reportada en 2 de las 16 experiencias. Adicionalmente prácticas como sensibilización, infraestructura especializada, restauración de áreas, conservación de vegetación de bajo porte y conservación de ecosistemas estratégicos son las menos usadas al reportarse en un solo expediente. Es importante destacar que el bajo porcentaje de uso de la práctica conservación de vegetación de bajo porte evidencia que el 94% de proyectos despeja la vegetación presente en la franja adquirida por el operador.



**Figura 8** Proporción de uso de las prácticas para vegetación en Colombia

### 5.1.2 Prácticas de manejo por etapa del proyecto

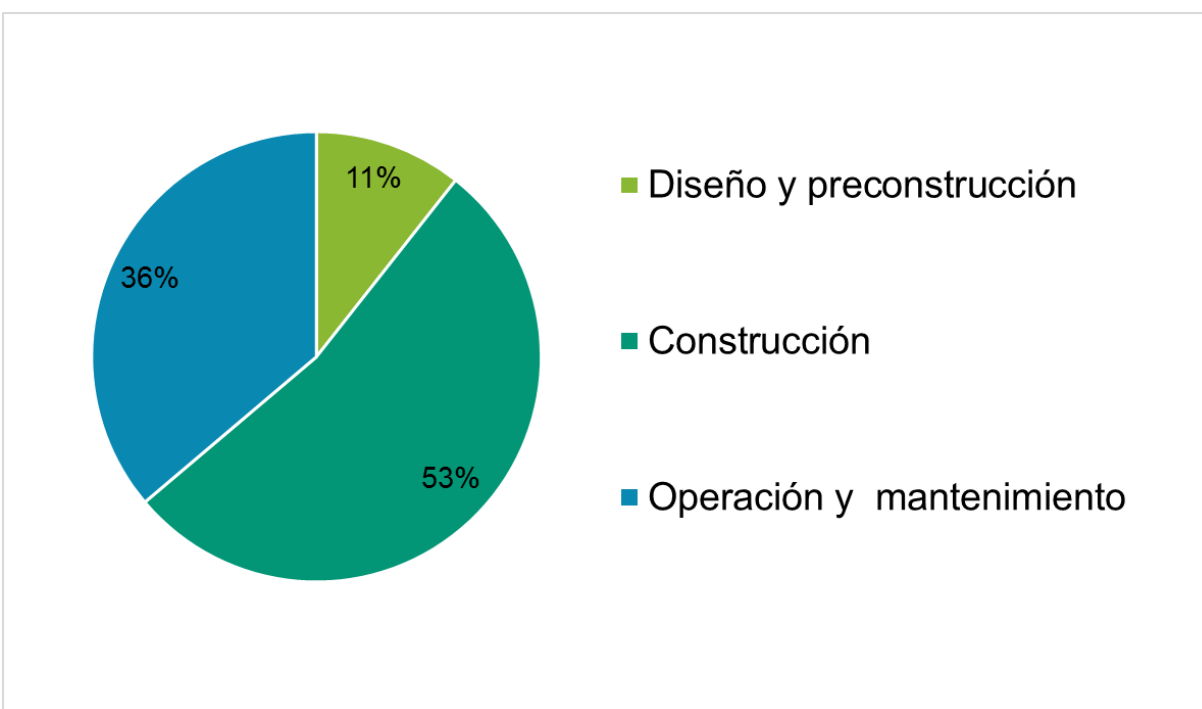
En la Tabla 4 se relacionan las etapas en las que se implementan cada una de las prácticas de manejo encontradas a nivel nacional.

**Tabla 4** Prácticas de manejo por etapa del proyecto en Colombia

| Práctica de manejo                                                                    | Grupo taxonómico                                 | Etapas en las que se implementa                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Ahuyentamiento                                                                        | Aves, herpetofauna, mamíferos                    | Construcción, operación y mantenimiento                           |
| Conservación ecosistemas estratégicos                                                 | Vegetación                                       | Diseño y preconstrucción, construcción                            |
| Conservación vegetación bajo porte                                                    | Vegetación                                       | Construcción, operación y mantenimiento                           |
| desviadores de vuelo y aisladores                                                     | Aves                                             | Construcción, operación y mantenimiento                           |
| Infraestructura especializada                                                         | Vegetación                                       | Construcción                                                      |
| Propagación y revegetalización                                                        | Vegetación                                       | Construcción, operación y mantenimiento                           |
| Reintroducción y repoblamiento                                                        | Aves, herpetofauna, mamíferos                    | Construcción, operación y mantenimiento                           |
| Rescate y reubicación de epífitas                                                     | Vegetación                                       | Diseño y preconstrucción, construcción, operación y mantenimiento |
| Rescate y reubicación de especies en veda, endémicas o en alguna categoría de amenaza | Vegetación                                       | Construcción, operación y mantenimiento                           |
| Restauración de áreas                                                                 | Vegetación                                       | Construcción                                                      |
| Sensibilización                                                                       | Aves, herpetofauna, mamíferos, peces, vegetación | Diseño y preconstrucción, construcción, operación y mantenimiento |
| Tala y poda selectiva                                                                 | Vegetación                                       | Construcción, operación y mantenimiento                           |

Con respecto a la distribución porcentual de las prácticas por cada una de las etapas se halló que en su mayoría se aplican en las etapas construcción y operación y mantenimiento; en un pequeño porcentaje se enfocan hacia la etapa diseño y

preconstrucción (Figura 9). No se encontraron prácticas de manejo que sean aplicadas en las etapas prediseño, repotenciación y desmantelamiento en el ámbito nacional.



**Figura 9** Distribución porcentual de prácticas de manejo por etapa en la última década en Colombia

## 5.2 Objetivo 2

*Comparar las prácticas de manejo durante la última década en Colombia y en 4 países latinoamericanos con diferente tamaño de producto interno bruto (PIB).*

Se revisaron 13 documentos de literatura gris correspondientes a proyectos de líneas de transmisión eléctrica de alta tensión con licencia ambiental aprobada por las autoridades ambientales competentes en cada país descritas con anterioridad en la Tabla 3, entre los años 2008 y 2018. La lista de los proyectos consultados se presenta en el Anexo 1 (Tabla 15 Listado de proyectos consultados con licencia aprobada en los demás países de Latinoamérica en la última década), los documentos completos se adjuntan en formato pdf en el Anexo 2 Expedientes consultados. Es importante mencionar que se obtuvo la información correspondiente a las coberturas a intervenir, pero al igual que lo sucedido a nivel nacional, se excluyó de los resultados debido a que las prácticas no diferencian a qué cobertura va dirigido el manejo. Para los expedientes

consultados, se reportaron coberturas como arbustal, bosque, bosque abierto, bosque de galería, bosque denso, bosque fragmentado, herbazal, manglar, mosaico de pastos con espacios naturales, pastos y vegetación secundaria.

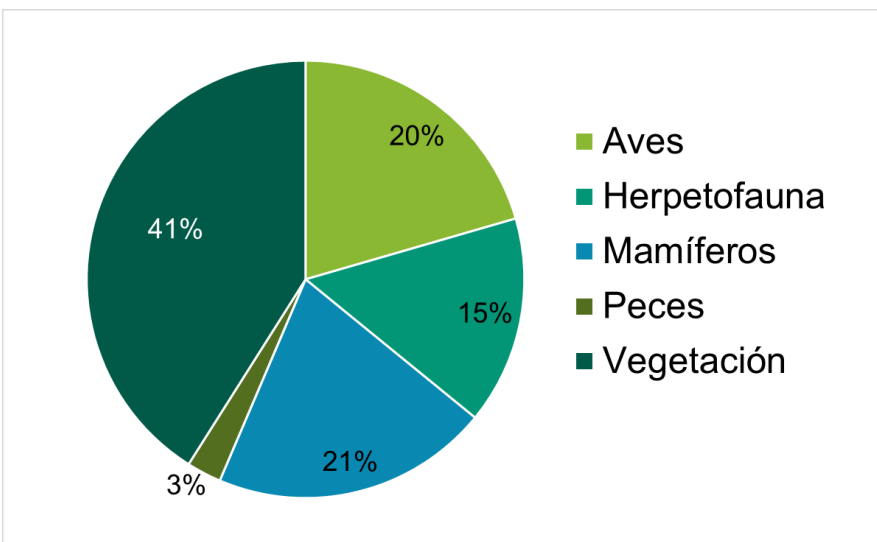
Se encontró que el conjunto de las experiencias en Latinoamérica adopta las prácticas de manejo implementadas en Colombia a excepción de la reintroducción y repoblamiento. Se reportaron 10 prácticas de manejo que no se contemplan a nivel nacional (ver Tabla 9).

**Tabla 9** *Prácticas de manejo en Latinoamérica no adoptadas a nivel nacional*

| Categoría                                              | Países que las contemplan |
|--------------------------------------------------------|---------------------------|
| Aporte monetario a la investigación                    | Chile, México             |
| Banco de germoplasma                                   | Brasil, Chile             |
| Conectividad                                           | Chile, Brasil             |
| Estudios poblacionales                                 | Brasil                    |
| Generación conocimiento sitios prioritarios            | Chile                     |
| Investigación                                          | Brasil, Chile             |
| Mejoramiento hábitat                                   | Brasil, Chile             |
| Prevención especies invasoras                          | México                    |
| Rescate y rehabilitación animales heridos por colisión | Chile, México             |
| Variación de diseños                                   | México                    |

### 5.2.1 Prácticas de manejo por grupo taxonómico

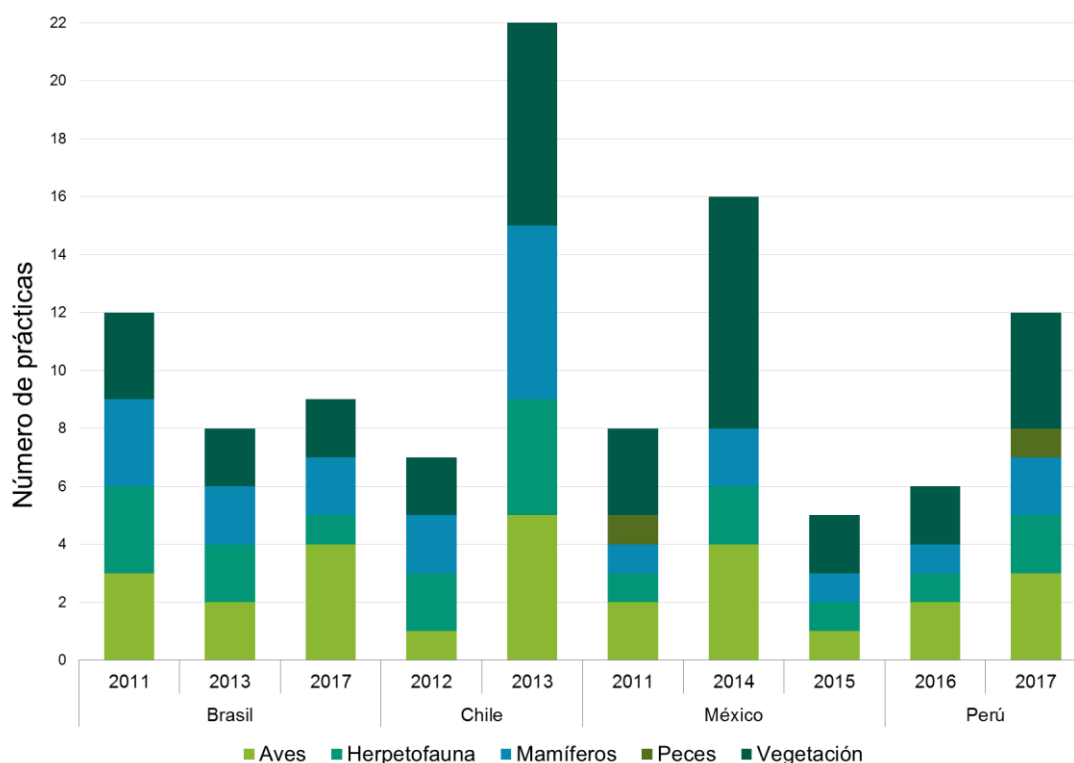
La distribución de las prácticas de manejo por grupo taxonómico. Se identificó que la vegetación es el grupo al que se dirigen la mayor parte de las prácticas de manejo con un 41% de las prácticas totales, seguido de las aves con un 20%. Por otra parte, hacia la herpetofauna se direccionaron el 15% de las actividades, en cuanto al manejo de mamíferos correspondió a un 21% (Figura 10).



**Figura 10** Distribución porcentual de prácticas de manejo por grupo taxonómico en la última década 4 países de Latinoamérica

En la Figura 11, se muestra el número de prácticas de manejo por año y grupo taxonómico para los países evaluados. Brasil y Chile son los países que han implementado un mayor número de prácticas por año con un total de 29, seguido de México con un total de 24 prácticas de manejo propuestas entre los años 2011 y 2015. Para el periodo comprendido entre el año 2016 y 2017, en Perú se implementaron un total de 18 prácticas de manejo.

No se pudo establecer una tendencia de las prácticas de manejo en el tiempo a nivel latinoamericano, debido a que la información consultada no corresponde a la totalidad de documentos propuestos por país en la última década (se revisaron únicamente de 3 a 4 documentos por país).



**Figura 11** Número de prácticas usadas en la última década para 4 países de Latinoamérica

## Aves

Para las aves se reportaron 8 prácticas de manejo: Ahuyentamiento, aporte monetario a la investigación, conectividad, desviadores de vuelo y aisladores, estudios poblacionales, investigación, rescate y rehabilitación animales heridos por colisión y Sensibilización. La práctica más usada para el grupo es el uso de desviadores de vuelo y aisladores seguida de sensibilización y ahuyentamiento con porcentajes de uso de 69.2%, 61.5% y 46.1% respectivamente. El rescate y rehabilitación de animales heridos por colisión se usó en el 13.3% de las experiencias; las demás prácticas como aporte monetario a la investigación, conectividad, estudios poblacionales e investigación se reportaron en uno de los 13 expedientes consultados (Figura 12). Para la práctica de manejo más usada, una experiencia en Brasil contempló la instalación de desviadores de vuelo y aisladores en puntos críticos con movimiento luces para facilitar la visualización en las aves que vuelan de noche. Países como Chile y Perú sugieren el

uso de instrumentos de persuasión de aves en torres. Se reportó una experiencia dónde la instalación de estos dispositivos tiene en cuenta los ríos de mayor cauce.



**Figura 12** Proporción de uso de las prácticas para aves en 4 países de Latinoamérica

### **Herpetofauna**

Para el grupo herpetofauna se reportaron a nivel latinoamericano 6 prácticas de manejo, cuyo mayor porcentaje de uso lo presentaron prácticas como el ahuyentamiento y la sensibilización con proporciones de 61.5% (Figura 13). Las prácticas como aporte monetario a la investigación, conectividad, mejoramiento de hábitat e investigación se encontraron solo en una de las 13 experiencias consultas.



**Figura 13** Proporción de uso de las prácticas para herpetofauna en 4 países de Latinoamérica

### **Mamíferos**

En particular para los mamíferos se obtuvo un total de 8 prácticas de manejo, el mayor porcentaje de uso lo presentaron en orden descendente las prácticas sensibilización y ahuyentamiento con 84.6% y 61.5% respectivamente. Las demás prácticas (conectividad, aporte monetario a la investigación, desviadores de vuelo y



aisladores, investigación, mejoramiento de hábitat y rescate y rehabilitación de animales heridos por colisión) fueron muy poco frecuentes al encontrarse en 1 de las 13 experiencias consultadas en el ámbito latinoamericano (Figura 14). A pesar de su poco porcentaje de uso en las experiencias latinoamericanas, en Brasil se propuso instalar desviadores de vuelo y aisladores en puntos críticos con movimiento y luces para facilitar la visualización de los murciélagos debido a que la mayoría de estas especies se encuentran activas en la noche.



**Figura 14** Proporción de uso de las prácticas para mamíferos en 4 países de Latinoamérica

### **Peces**

Para el grupo de peces se encontró una sola práctica de manejo. Sensibilización cuyo porcentaje de uso fue de 15.3% (Figura 15), lo que quiere decir que se contempló en dos de los 13 expedientes consultados.



**Figura 15** Proporción de uso de las prácticas para peces en 4 países de Latinoamérica

### **Vegetación**

Se halló un total de 14 prácticas de manejo que se encuentran dirigidas hacia la vegetación. Las más usadas en orden descendente fueron rescate y reubicación de

especies en veda, endémicas o en alguna categoría de amenaza, sensibilización y restauración de áreas con porcentajes de uso de 53.8%, 38.4% y 30.7% respectivamente (Figura 16). Banco de germoplasma, propagación y revegetalización y tala y poda selectiva fueron reportadas en 3 de las 13 experiencias. Adicionalmente, la conservación de vegetación de bajo porte obtuvo un porcentaje de uso muy bajo correspondiente al 15.4%. Las prácticas como aporte monetario a la investigación, conectividad, conservación de ecosistemas estratégicos, generación de conocimiento de sitios priorizados, infraestructura especializada, investigación y variación de diseños son las menos implementadas debido a que se reportan en un solo expediente. Al igual que en el caso colombiano, el bajo porcentaje de uso de la práctica conservación de vegetación de bajo porte evidencia que el 85% de proyectos despeja la vegetación presente en la franja adquirida por el operador.



**Figura 16** Proporción de uso de las prácticas para vegetación en 4 países de Latinoamérica

### 5.2.2 Prácticas de manejo por etapa del proyecto

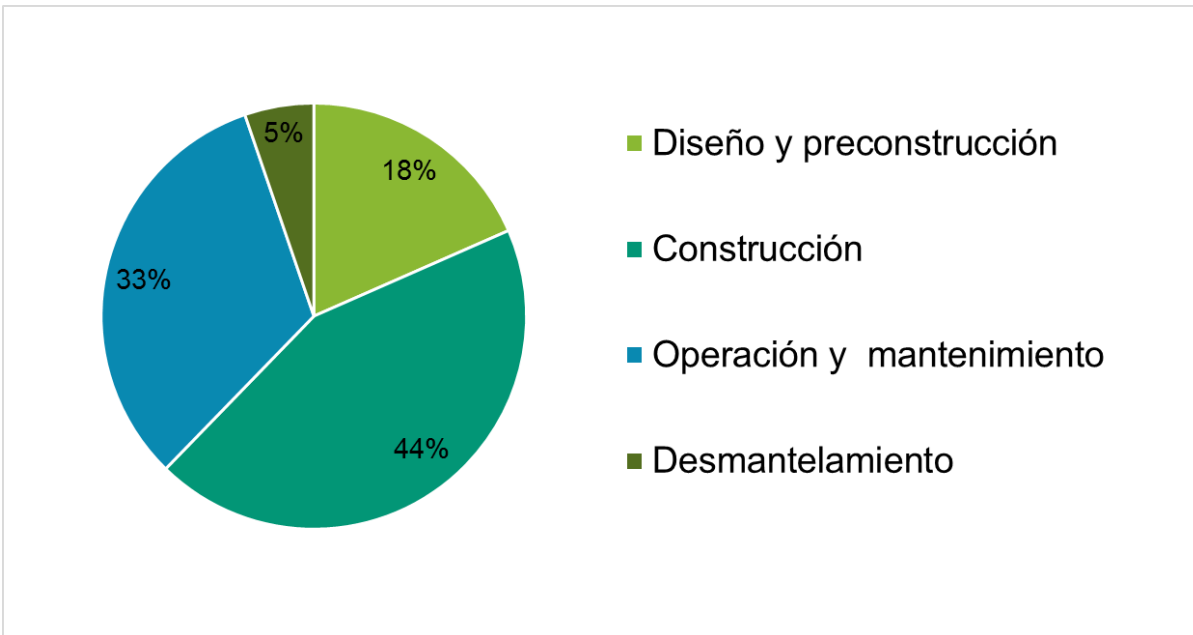
A continuación se muestran las etapas en las que se aplican cada una de las prácticas de manejo encontradas en las experiencias en el ámbito latinoamericano (ver Tabla 4).

**Tabla 4** Prácticas de manejo por etapa del proyecto en 4 experiencias de Latinoamérica

| Práctica de manejo | Grupo taxonómico              | Etapas en las que se implementa                          |
|--------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Ahuyentamiento     | Aves, herpetofauna, mamíferos | Diseño y preconstrucción, construcción, desmantelamiento |

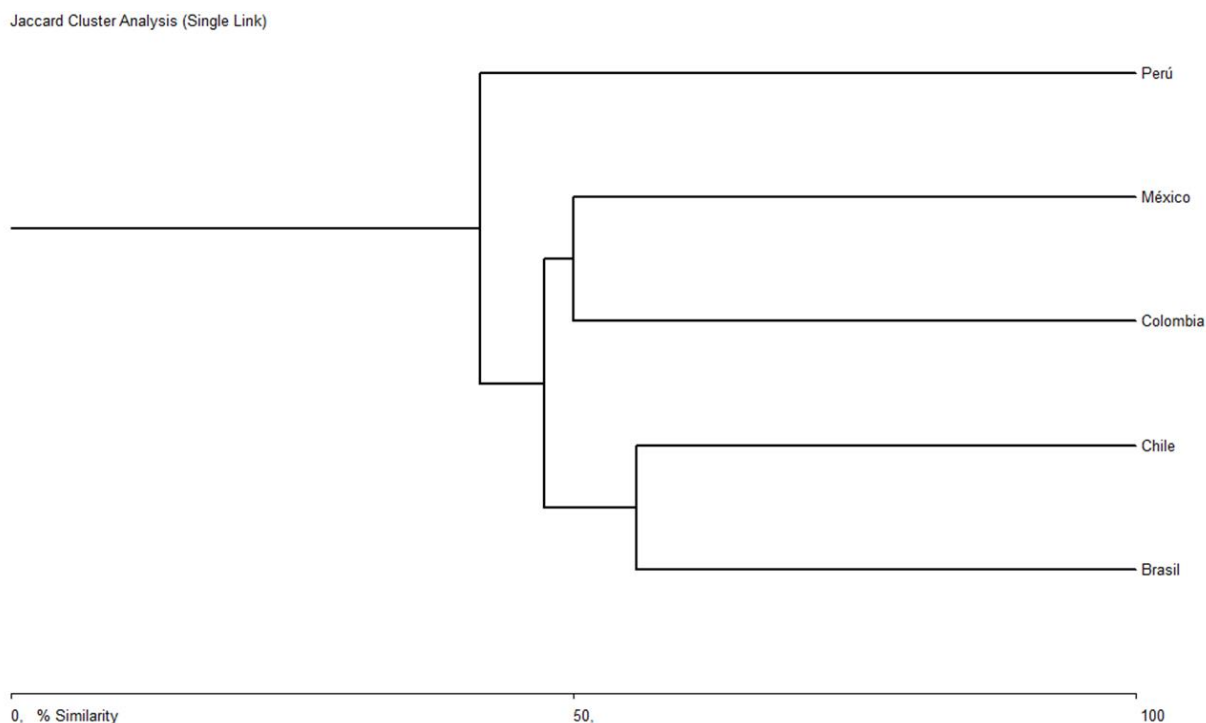
| Práctica de manejo                                                                    | Grupo taxonómico                                 | Etapas en las que se implementa                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Aporte monetario a la investigación                                                   | Aves, herpetofauna, mamíferos, vegetación        | Operación y mantenimiento                                                           |
| Banco de germoplasma                                                                  | Vegetación                                       | Construcción, operación y mantenimiento                                             |
| Conectividad                                                                          | Aves, herpetofauna, mamíferos, vegetación        | Operación y mantenimiento                                                           |
| Conservación ecosistemas estratégicos                                                 | Vegetación                                       | Preconstrucción y construcción                                                      |
| Conservación vegetación bajo porte                                                    | Vegetación                                       | Construcción, operación y mantenimiento                                             |
| desviadores de vuelo y aisladores                                                     | Aves, mamíferos                                  | Diseño y preconstrucción, construcción, operación y mantenimiento                   |
| Estudios poblacionales                                                                | Aves                                             | Operación y mantenimiento                                                           |
| Generación conocimiento sitios prioritarios                                           | Vegetación                                       | Construcción y desmantelamiento                                                     |
| Infraestructura especializada                                                         | Vegetación                                       | Diseño y preconstrucción, construcción                                              |
| Investigación                                                                         | Aves, herpetofauna, mamíferos, vegetación        | Operación y mantenimiento                                                           |
| Mejoramiento hábitat                                                                  | Herpetofauna, mamíferos                          | Operación y mantenimiento                                                           |
| Prevención especies invasoras                                                         | Vegetación                                       | Diseño y preconstrucción y construcción                                             |
| Propagación y revegetalización                                                        | Vegetación                                       | Diseño y preconstrucción, construcción, operación y mantenimiento, desmantelamiento |
| Rescate y rehabilitación animales heridos por colisión                                | Aves, mamíferos                                  | Operación y mantenimiento                                                           |
| Rescate y reubicación de epífitas                                                     | Vegetación                                       | Construcción                                                                        |
| Rescate y reubicación de especies en veda, endémicas o en alguna categoría de amenaza | Vegetación                                       | Diseño y preconstrucción, construcción, operación y mantenimiento, desmantelamiento |
| Restauración de áreas                                                                 | Vegetación                                       | Operación y mantenimiento, desmantelamiento                                         |
| Sensibilización                                                                       | Aves, herpetofauna, mamíferos, peces, vegetación | Diseño y preconstrucción, construcción, operación y mantenimiento, desmantelamiento |
| Tala y poda selectiva                                                                 | Vegetación                                       | Diseño y preconstrucción, construcción, operación y mantenimiento                   |
| Variación de diseños                                                                  | Vegetación                                       | Diseño y preconstrucción, construcción                                              |

Para las experiencias a nivel latinoamericano se evidenció que en su mayoría, las prácticas de manejo son ejecutadas en las etapas construcción y operación y mantenimiento, con algunas aplicadas en las etapas diseño y preconstrucción y desmantelamiento (Figura 17). No se encontraron prácticas de manejo que sean aplicadas en las etapas prediseño y repotenciación.



**Figura 17** Distribución porcentual de prácticas de manejo por etapa en la última década en 4 países de Latinoamérica

Con la matriz de uso no uso (Anexo 3) se calculó el coeficiente de similitud de Jaccard enlace simple, a partir de lo cual se determinó todos los países comparten al menos el 40% de las prácticas de manejo y que las prácticas que son comunes a todos los países son ahuyentamiento, desviadores de vuelo y aisladores y sensibilización. Brasil, Chile, Colombia y México presentaron un valor de similaridad de 47% debido a las prácticas compartidas como ahuyentamiento, desviadores de vuelo y aisladores, sensibilización, propagación y revegetalización, rescate y reubicación de especies en veda, endémicas o en alguna categoría de amenaza y restauración de áreas. Así mismo se identificó que existen dos conglomerados (Figura 18), el primero entre Brasil y Chile que son los países con más prácticas compartidas con un total de 11 en común y un valor de similaridad de Jaccard de 55% y el segundo entre Colombia y México cuya similaridad es del 50% con un total de 8 prácticas de manejo compartidas.



**Figura 18** Gráfico de similitud de Jaccard (enlace simple) uso no uso de las prácticas en experiencias latinoamericanas.

El resultado anterior evidencia que las prácticas de manejo implementadas en los países no se relacionan con los valores estimados de PIB (PPA) para el año 2018 por el IMF (2017). A pesar de la cercanía en PIB (PPA) de países como Brasil (3,345.5 billones USD) y México (2,508.2 billones USD) no se formó un conglomerado entre estos. Brasil y Chile tienen más prácticas en común que los demás países evaluados. Sin embargo, las estimaciones del PIB (PPA) para el año 2108 de Brasil es siete veces mayor que el de Chile (476.9). En el mismo orden de ideas, se identificó un conglomerado entre México y Colombia que no es explicado por los valores de PIB (PPA), mientras que México presenta un valor de PIB (PPA) estimado para el año 2018 de 2,508.2 billones USD, Colombia cuenta con su tercera parte (758.6 billones USD).

Finalmente, con un porcentaje de confiabilidad del 95%, se determinó que no existe una relación estadística significativa entre el número de prácticas y el PIB de los países evaluados ( $n=5$ ,  $R^2=0.023$ ,  $p=0.805$ ).

## 6 Discusión de resultados

### Prácticas de manejo por grupo taxonómico

Las prácticas de manejo en la actualidad tanto en Colombia como en los demás países evaluados son enfocadas en su mayoría hacia las aves y la vegetación. Esto concuerda con lo mencionado por algunos autores como Richardson et al. (2017) que indican que los estudios sobre líneas de transmisión se han enfocado notoriamente hacia las plantas y las aves. Con respecto a la vegetación, su alteración es directa gracias a la remoción y modificación de las coberturas boscosas requeridas por la construcción y el mantenimiento de las líneas. Por otra parte, es probable que la tendencia de orientar las prácticas hacia las aves se deba a que son los organismos sobre los que se ha centrado la investigación de los impactos generados por las líneas (Biasotto & Kindel, 2018), sumado a que este grupo está expuesto a la mortalidad directa por colisiones y electrocuciones originadas de las estructuras de las líneas de transmisión (Loss et al., 2015).

#### Aves

Una de las prácticas más usada en este grupo fue desviadores de vuelo y aisladores tanto a nivel nacional como en el ámbito latinoamericano con porcentajes de uso de 87.5% y 69.2% respectivamente. Si bien muchas de las experiencias incluyen dentro de sus alternativas para el manejo de las aves estos dispositivos, son pocas aquellas que localizan estratégicamente, solo dos de las 29 experiencias consultadas así lo reportaron. La localización de dispositivos de persuasión es fundamental en áreas aledañas a los cuerpos de agua (Sporer et al., 2013), autores como Pérez, Botella & Sánchez (2015) y De La Zerda & Roselli (2003) sugieren el uso de modelos predictivos espaciales que permitan identificar las áreas de alto riesgo de electrocución a través de registros de mortalidad, factores ambientales, rutas de vuelo, identificación de cuerpos de agua, humedales, zonas de alimentación y generación de mapas de sensibilidad para especies de aves raras o en categoría de amenaza. La aplicación de este tipo de herramientas permite identificar las áreas sobre las cuales se deben concentrar los estudios y las estrategias de conservación. Es necesario implementar mejoras con respecto a los desviadores de vuelo y aisladores, algunos dispositivos se caen y las

colisiones persisten (Sporer et al., 2013). En Brasil por ejemplo se contempla que estos dispositivos tengan luces con el fin de evitar las colisiones de las aves que migran en las noches. Adicional a los desviadores de vuelo y aisladores, algunas experiencias en los demás países proponen el uso de instrumentos de persuasión en las torres de transmisión eléctrica.

### *Herpetofauna y mamíferos*

Las prácticas de manejo son casi las mismas en cuanto respecta a los mamíferos y reptiles tanto para Colombia como los demás países. Las más usadas para estos dos grupos fueron el ahuyentamiento y la sensibilización. Con respecto a la primera práctica el ahuyentamiento, es una de las prácticas transversales y más frecuentes para los grupos faunísticos, que ha sido acompañada de actividades de rescate y reubicación de los especímenes en áreas naturales, ha sido muy implementada en muchos planes de gestión de la vida silvestre (Craven, Barnes & Kania, 1998). No obstante, estas actividades generan estrés y desorientación en los individuos (desconocimiento de lugares de alimentación y refugio), sumado a los comportamientos territoriales que pueden surgir, esto contribuye a una elevada mortalidad de la fauna reubicada, además es posible que se llegue a impactar el área de liberación y las poblaciones locales o residentes, al modificando las abundancias, distribuciones, proporciones de sexos y convirtiéndose en un potencial riesgo de transmisión de enfermedades (Craven et al., 1998; Letty et al., 2007; Massei et al., 2010). Para esta práctica se requieren monitoreos a largo plazo, con el fin de verificar el establecimiento exitoso de los animales movilizados (Zeisset & Beebee, 2013).

### *Vegetación*

Las experiencias nacionales y latinoamericanas evidenciaron que la práctica más común para el grupo fue el rescate y reubicación de especies en veda o en alguna categoría de amenaza. Sin embargo, el manejo está enfocado a aquellas áreas con vegetación boscosa o arbustiva, las zonas cubiertas por pastos o mosaicos de pastos con algunos espacios naturales son descartadas en la mayoría de los casos.

Con respecto a las áreas boscosas que se encuentran bajo la influencia de las líneas de transmisión eléctrica, se identificó que el 85% proyectos en las experiencias latinoamericanas y 94% de los expedientes consultados a nivel nacional, implementaron la limpieza de la franja adquirida por el operador, lo que implica conservar lugares desprovistos de vegetación de porte arbóreo o arbustivo a lo largo de la línea de transmisión. Por el contrario, autores como Clarke & White, 2008 y Dupras et al. (2016) recomiendan que estas áreas sean cubiertas con arbustos y matorrales de especies nativas ya que pueden proporcionar hábitat a los insectos que polinizan los campos agrícolas, mejorar la colonización de pequeños mamíferos, disminuir la erosión del suelo gracias a los sistemas radiculares de las plantas y almacenar carbono en el material leñoso, a la vez que evitan el establecimiento de plantas invasoras y la interferencia de árboles de gran porte con la línea de transmisión (de Blois, Brisson, & Bouchard, 2004).

Por otra parte, de ser requerida la intervención de áreas boscosas conservadas los autores Eldegard, Totland & Moe (2015) recomiendan minimizar el efecto borde por medio de:

b) identificación de lugares con bajo grado de fragmentación y alta productividad forestal.

a) Reducción del contraste en altura y densidad de la vegetación de estos lugares, reteniendo la mayor cantidad de árboles en un área de amortiguación a lo largo de los bordes, aplicando tala manual selectiva cada 5 a 10 años.

c) Mantenimiento de hábitats de dosel abierto en el área de servidumbre a través de talas frecuentes para retener la riqueza y diversidad en todo el ancho del corredor, puesto que las áreas de dosel abierto pueden mejorar las condiciones para grupos como insectos polinizadores.

d) Evitar la creación de bordes paralelos al ecuador debido a que la incidencia de luz es diferente en los hemisferios norte y sur.

Las herramientas de manejo del paisaje (HMP) son un instrumento que no ha sido abordado en Colombia ni los demás países. Por ejemplo, las ampliaciones de parches de bosque o áreas naturales además de aumentar el tamaño del fragmento de



vegetación aportan a la disminución de los efectos de borde, las cercas vivas con especies mixtas que pueden facilitar el movimiento de los animales en paisajes rurales aumentando en cantidad el número de sitios de descanso, alimentación y percha, al mismo tiempo reducen la energía gastada por los animales en vuelo y movimiento al disminuir la distancia entre los lugares de posa o escala (Harvey et al., 2004). Este tipo de herramientas podrían aplicarse en áreas de aledañas a la línea de transmisión eléctrica con el fin de evitar la interferencia de la línea con la vegetación, las HMP no solamente ayudan a tener una mejor calidad paisajística, también contribuyen a optimizar el hábitat e incrementan la conectividad funcional en la biodiversidad nativa en paisajes transformados (Lozano, 2009).

#### *Prácticas de manejo por etapa del proyecto*

Por lo que se refiere a las etapas en las que se proponen sean ejecutadas las actividades de manejo en su mayoría son construcción, operación y mantenimiento, esto corresponde con lo identificado por Biasotto & Kindel, (2018), pues señalan que la mayoría de los impactos aparecen en las primeras etapas de un proyecto, durante la construcción y persisten hasta la operación de la línea de transmisión eléctrica. No obstante es fundamental que la atención sea enfocada hacia la etapa de diseño y preconstrucción puesto que gran parte de los impactos puede evitarse desde el diseño de la ruta de la línea y con el tipo de torres a usar (IDB, 2015). Por ejemplo, elementos de la ecología del paisaje como las métricas hacen posible conocer los lugares en los que las líneas de transmisión presentarían mayor probabilidad de obstaculización para la fauna (James, Hellgren & Masters, 2002). Autores como Eldegard, Totland & Moe (2015) indican que al planificar nuevas líneas de transmisión eléctrica se deben evitar las áreas boscosas de altos valores de conservación, es preferible seleccionar áreas que ya posean bordes extensos para la localización de la infraestructura.

## 7 Conclusiones y recomendaciones

Se deben generar mayores contribuciones al conocimiento como el desarrollo de actividades y acciones de conservación que estén dirigidas hacia grupos menos estudiados como anfibios y reptiles, invertebrados, mamíferos y peces. Adicionalmente se recomienda incluir información relacionada con las cobertura vegetal los ecosistemas, ya que las prácticas de manejo no contemplan o contemplan en lo mínimo, componentes que son indispensables para la funcionalidad ecosistémica. Este hecho puede deberse a que actualmente las medidas propuestas responden a un proceso de elaboración sistemático, basado en una lista de impactos tradicionalmente definidos y que obvian el dinamismo e incertidumbre de la naturaleza.

En la actualidad proyecta la entrada al país de un gran número de obras de transmisión eléctrica de interés nacional. Es importante que, desde las primeras instancias del desarrollo de estos proyectos, es decir en la etapa de diseño y preconstrucción, se planteen rutas que eviten al máximo el paso por paisajes no transformados con el fin de reducir los impactos hacia la flora y fauna por las líneas de alta tensión.

Se encontró que Colombia está en un nivel similar en comparación con los demás países de Latinoamérica en cuanto respecta al tipo y número de prácticas usadas a pesar de que Brasil y México tienen entre tres y cuatro veces el tamaño económico (PIB-PPA) de la nación. Por tanto, Colombia debe centrar sus esfuerzos en determinar si las prácticas que se implementan en la actualidad son útiles o no.

En el mismo orden de ideas, se identificó que existen dificultades sobre la cuantificación de la efectividad de las prácticas de manejo. Por esta razón se hace una recomendación a la comunidad académica para desarrollar estudios, indicadores y/o estrategias que puedan medir dicha efectividad y que involucren a la fauna y flora en los proyectos de transmisión eléctrica. La cuantificación de esta información puede contribuir al mejoramiento de los requerimientos de manejo para la biota que se encuentra presente en las áreas destinadas a las obras de transmisión eléctrica, por parte de las autoridades ambientales.

## 8 Literatura citada

- Alonso, Á., & Castro-Díez, P. (2015). Las invasiones biológicas y su impacto en los ecosistemas. *Revista Ecosistemas*, 24(1), 1-3. doi.: 10.7818/ECOS.2015.24-1.01
- Biasotto, L. & Kindel, A. (2018). Power lines and impacts on biodiversity: A systematic review. *Environmental Impact Assessment Review*, 71, 110-119. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2018.04.010>
- Benítez, A., Alkemade, R. & Verweij, P. (2010). The impacts of roads and other infrastructure on mammal and bird populations: a meta-analysis. *Biological conservation*, 143(6), 1307-1316. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.02.009>
- Berger, R. (2010). Fur, Feathers, Fins and Transmission Lines: How Rights of Way Affect Wildlife. Recuperado de [https://www.hydro.mb.ca/environment/pdf/fur\\_feathers\\_fins\\_and\\_transmission\\_lines.pdf](https://www.hydro.mb.ca/environment/pdf/fur_feathers_fins_and_transmission_lines.pdf)
- Bolom, F. (2007). Los indígenas y la pérdida de la biodiversidad. Estereotipos, papeles y responsabilidades ante la crisis ambiental. En Anuario 2006 del Centro de Estudios Superiores de México y Centroamérica. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas: Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Centro de Estudios Superiores de México y Centroamérica, pp. 391-414. ISBN 978-968-5149-66-2. Recuperado de: [www.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/41882.pdf](http://www.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/41882.pdf)
- Craven, S., Barnes, T. & Kania, G. (1998). Toward a Professional Position on the Translocation of Problem Wildlife. *Wildlife Society Bulletin (1973-2006)*, 26(1), 171-177. Recuperado de <http://www.jstor.org.ezproxy.javeriana.edu.co:2048/stable/3783819>
- Chalfoun, A., Thompson, F. & Ratnaswamy, M. (2002). Nest predators and fragmentation: a review and meta-analysis. *Conservation biology*, 16(2), 306-318. doi: <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2002.00308.x>
- Clarke, D. & White, J. (2008). Recolonisation of powerline corridor vegetation by small mammals: Timing and the influence of vegetation management. *Landscape and*

- Urban Planning*, 87(2), 108-116.  
doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2008.04.009>
- Colman, J. E., Eftestøl, S., Tsegaye, D., Flydal, K. & Mysterud, A. (2012). Is a wind-power plant acting as a barrier for reindeer *Rangifer tarandus tarandus* movements?. *Wildlife biology*, 18(4), 439-445.
- Córdova, F., Del Valle, R., & Ramos, R. (2018). The process of connectivity loss during habitat fragmentation and their consequences on population dynamics. *Ecological Modelling*, 376, 68-75.
- Cueto, I. (2011). Colonización y frontera agropecuaria en Colombia. De la gesta heroica de modernización, hasta el desarraigo forzado y la disminución de nuestra biodiversidad como producto de nuestra búsqueda del desarrollo. *Punto de Vista*, 2(3), 11. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4776914.pdf>
- de Blois, S., Brisson, J. & Bouchard, A. (2004). Herbaceous covers to control tree invasion in rights-of-way: Ecological concepts and applications. *Environmental Management*, 33(5), 606-619. doi:10.1007/s00267-004-0039-4
- Decreto N° 3573 (2011). Por el cual se crea la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales –ANLA– y se dictan otras disposiciones. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). Colombia. Recuperado de [http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/decreto\\_3573\\_2011.html](http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/decreto_3573_2011.html)
- Decreto N° 2041 (2014). Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). Colombia. Recuperado de <http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/decretos/34-DECRETO%202041%20DEL%2015%20DE%20OCTUBRE%20DE%202014.pdf>
- DeGregorio, B., Weatherhead, P. & Sperry, J. (2014). Power lines, roads, and avian nest survival: effects on predator identity and predation intensity. *Ecology and evolution*, 4(9), 1589-1600. doi: doi: 10.1002/ece3.1049

- De la Zerda, S., & Rosselli, L. (2003). Mitigación de colisión de aves contra líneas de transmisión eléctrica con marcaje del cable de guarda. *Ornitología colombiana*, 1(2003), 42-62. Recuperado de [asociacioncolombianadeornitologia.org/wp-content/uploads/revista/oc1/Roselli.pdf](http://asociacioncolombianadeornitologia.org/wp-content/uploads/revista/oc1/Roselli.pdf)
- Doherty, P. & Grubb, T. (1998). Reproductive success of cavity-nesting birds breeding under high-voltage powerlines. *The American midland naturalist*, 140(1), 122-128.
- Dupras, J., Patry, C., Tittler, R., Gonzalez, A., Alam, M. & Messier, C. (2016). Management of vegetation under electric distribution lines will affect the supply of multiple ecosystem services. *Land use Policy*, 51, 66-75. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.11.005>.
- Ekstrom, J., Bennun, L. & Mitchell, R. (2015). A cross-sector guide for implementing the Mitigation Hierarchy. *Cross Sector Biodiversity Initiative, Cambridge*. Recuperado de <http://www.csbi.org.uk/our-work/mitigation-hierarchy-guide/>
- Eldegard, K., Totland, Ø. & Moe, S. (2015). Edge effects on plant communities along power line clearings. *Journal of Applied Ecology*, 52(4), 871-880. doi: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12460>
- Fahrig, L. (2002). Effect of habitat fragmentation on the extinction threshold: a synthesis. *Ecological applications*, 12(2), 346-353. doi: 10.2307/3060946
- Fernie, K., & Reynolds, S. (2005). The effects of electromagnetic fields from power lines on avian reproductive biology and physiology: a review. *Journal of toxicology and environmental health, part b*, 8(2), 127-140. doi: <https://doi.org/10.1080/10937400590909022>
- Ferrer, M. (2012). Aves y tendidos eléctricos: del conflicto a la solución. Fundación Migres. Recuperado de <https://www.endesa.com/content/dam/enel-es/home/prensa/publicaciones/otraspublicaciones/documentos/AVES%20Y%20TENDIDOS%20ELECTRICOS,%20DEL%20CONFLICTO%20A%20LA%20SOLUCION.pdf>

- Fischer, J., & Lindenmayer, D. B. (2007). Landscape modification and habitat fragmentation: a synthesis. *Global ecology and biogeography*, 16(3), 265-280. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2007.00287.x>
- Folch, R. & Bru, J. (2017). Ambiente, territorio y paisaje: Valores y valoraciones. Publicación de la Fundación AQUAE. Recuperado de <http://www.fundacionaquae.org/wp-content/uploads/2017/12/AMBIENTE-TERRITORIO-Y-PAISAJE.pdf>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2002). Estado de la información forestal en Colombia. Chile, Santiago. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/006/AD392S/AD392S00.HTM>
- Groom, M., Meffe, G. & Carroll, C. (2006). *Principles of conservation biology*. Sunderland: Sinauer Associates.
- Harvey, C., Villanueva, C., Villacis, J., Chacón, M., Muñoz, D., López, M., Ibrahim, M., Gómez, R., Taylor, R., Martínez, J., Navas, A., Sáenz, J., Sánchez, D., Medina, A., Vilchez, S., Hernández, B., Pérez, A., Ruiz, F., López, F., Lang, I., Kunth, S. & F. Sinclair. 2004. Contribución de las cercas vivas a la productividad e integridad ecológica de los paisajes agrícolas en América Central. *Agroforestería en las Américas* 10 (39-40): 30-39. Recuperado de: <ftp://ftp.fao.org/docrep/nonfao/lead/x6370s/x6370s00.pdf>
- Heinrichs, J., Bender, D. & Schumaker, N. (2016). Habitat degradation and loss as key drivers of regional population extinction. *Ecological modelling*, 335, 64-73. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2016.05.009>
- Hesselink, F., Goldstein, W., Van Kempen, P., Garnett, T., & Dela, J. (2007). La Comunicación, Educación y Conciencia Pública (CEPA). Una caja de herramientas para personas que coordinan las Estrategias Nacionales de Biodiversidad y los Planes de Acción, UICN, Montreal. Recuperado de: <https://www.cbd.int/cepa-toolkit/cepa-toolkit-sp.pdf>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2010). Leyenda Nacional Coberturas de la tierra, Metodología CORINE Land Cover Adaptada para Colombia escala 1:100.000. Bogotá, Colombia. Recuperado de: [ftp://ftp.ciat.cgiar.org/DAPA/projects/Assets/2015-02-05-dropbox-backup/ASSETS\\_DATA/CorineLandCoverColombia/CORINE\\_Leyenda\\_%20Nal\\_Cob\\_Tierra\\_Contenido.pdf](ftp://ftp.ciat.cgiar.org/DAPA/projects/Assets/2015-02-05-dropbox-backup/ASSETS_DATA/CorineLandCoverColombia/CORINE_Leyenda_%20Nal_Cob_Tierra_Contenido.pdf).

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). (2018). Sobre o Ibama. Recuperado de <http://www.ibama.gov.br/institucional/sobre-o-ibama>

Inter-American Development Bank (IDB). (2015). Guía de buenas prácticas para líneas de transmisión y de distribución de energía eléctrica para hábitats naturales críticos. Recuperado de <https://publications.iadb.org/handle/11319/7318#sthash.Ynx5KoPN.dpuf>

International Monetary Fund (IMF). (2017). World Economic Outlook Database, April 2017. Recuperado de <http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2017/01/weodata/weorept.aspx?sy=2015&ey=2022&scsm=1&ssd=1&sort=country&ds=.&br=1&pr1.x=84&pr1.y=7&c=311%2C336%2C213%2C263%2C313%2C268%2C316%2C343%2C339%2C273%2C218%2C278%2C223%2C283%2C228%2C288%2C233%2C293%2C238%2C361%2C321%2C362%2C243%2C364%2C248%2C366%2C253%2C369%2C328%2C298%2C258%2C299&s=PPPGDP&grp=0&a=>

James, J., Hellgren, E. & Masters, R. E. (2002). Landscape correlates of wildlife-related power outages at electrical substations. *Wildlife society bulletin*, 148-155. Recuperado de <https://www-jstor-org.ezproxy.javeriana.edu.co/stable/3784648>

Khera, N., Kumar, A., (2010). Inclusion of biodiversity in environmental impact assessment (EIA): a case study of selected EIA reports in India. *Impact Assess. Proj. Apprais.* 28 (3), 189–200. doi: <https://doi.org/10.3152/146155110X12772982841005>

- Kler, T., Kumar, M. & Vashishat, N. (2018). Effects of electromagnetic radiations on diversity and breeding biology of birds living near power lines and mobile towers at Ludhiana, Punjab. *Journal of Environmental Biology*. 39(2), 247-252. doi: <http://doi.org/10.22438/jeb/39/2/MRN-285>
- Lahti, D.C. (2001) The 'edge effect on nest predation' hypothesis after twenty years. *Biological Conservation*, 99, 365–374. doi: [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(00\)00222-6](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(00)00222-6)
- Letty, J., Marchandean, S. & Aubineau, J., (2007). Problems encountered by individuals in animal translocations: Lessons from field studies. *Ecoscience* 14: 420-431. Recuperado de <https://www.jstor.org/stable/42902579>
- Lóránt, M. & Vadász, C. (2014). The effect of above-ground medium voltage power lines on displaying site selection of the Great Bustard (*Otis tarda*) in Central Hungary. *Ornis Hungarica*, 22(2), 42-49. doi: <https://doi.org/10.2478/orhu-2014-0017>
- Loss, S., Will, T. & Marra, P. (2014). Refining estimates of bird collision and electrocution mortality at power lines in the United States. *PLoS One*, 9(7), e101565. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101565>
- Loss, S., Will, T. & Marra, P. (2015). Direct mortality of birds from anthropogenic causes. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 46, 99-120. doi: <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-112414-054133>
- Lozano, F. (ed). (2009). Herramientas de manejo para la conservación de biodiversidad en paisajes rurales. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR). Bogotá, D. C., Colombia. 238 p. Recuperado de: <http://www.humboldt.org.co/es/test/item/344-herramientas-de-manejo-para-la-conservacion-de-biodiversidad-en-paisajes-rurales>
- Mahmood, M., Bee, O., Mohamed, M. & Subramaniam, S. (2013). Effects of electromagnetic field on the nitrogen, protein and chlorophyll content and peroxidase enzyme activity in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) leaves. *Emirates Journal of*



- Food and Agriculture, 471-482. McAleece, N., Gage, J.D.G., Lamshead, P.J.D. & Paterson, G.L.J. (1997) BioDiversity Professional statistics analysis software. Jointly developed by the Scottish Association for Marine Science <https://www.sams.ac.uk/science/outputs/nce> and the Natural History Museum London. Recuperado de <https://www.sams.ac.uk/science/outputs/>
- Malcolm, J. (1994) Edge effects in central Amazonian forest fragments. *Ecology*, 75, 2438–2445. doi: 10.2307/1940897
- Massei, G., Quay, R., Gurney, J., Cowan, P. (2010). Can translocations be used to mitigate human–wildlife conflicts? *Wildlife Research* 37: 428-439. doi: <https://doi.org/10.1071/WR08179>
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA). (2005). Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis. Island Press, Washington, DC. Recuperado de: <https://www.millenniumassessment.org/en/Synthesis.html>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible (MADS) & Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA). (2018). Términos de referencia para la elaboración del EIA proyectos de sistemas de transmisión de energía eléctrica TdR-17. Recuperado de [http://portal.anla.gov.co/sites/default/files/comunicaciones/SIPTA/Terminos\\_referencia/tdr\\_eia\\_sist\\_trans.pdf](http://portal.anla.gov.co/sites/default/files/comunicaciones/SIPTA/Terminos_referencia/tdr_eia_sist_trans.pdf)
- Ministerio del Ambiente. (2018). SENACE. Perú. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/el-ministerio/organismos-adscritos/senace/>
- Murcia, C. (1995). Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in ecology & evolution*, 10(2), 58-62. doi: [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(00\)88977-6](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(00)88977-6)
- Parámetros técnicos del Sistema de Transmisión Nacional (PARATEC). (2018). Líneas de transmisión por agentes operadores, reporte 11 de junio de 2018. Recuperado de <http://paratec.xm.com.co/paratec/SitePages/transmision.aspx?q=lineas>

- Pérez-García, J. M., Botella, F., & Sánchez-Zapata, J. A. (2015). Modelos predictivos aplicados a la corrección y gestión del impacto de la electrocución en tendidos eléctricos sobre las aves. *Revista Catalana d'Ornitologia*, 31, 61-83. Recuperado de [http://www.ornitologia.org/mm/file/queoferim/divulgacio/publicacions/rco/31\\_61\\_83.pdf](http://www.ornitologia.org/mm/file/queoferim/divulgacio/publicacions/rco/31_61_83.pdf)
- Pohlman, C., Turton, S. & Goosem, M. (2009). Temporal variation in microclimatic edge effects near powerlines, highways and streams in Australian tropical rainforest. *Agric.For. Meteorol.* 149 (1), 84–95. doi: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2008.07.003>
- Resolución N° 90708 (2013). Por la cual se expide el nuevo Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE. Ministerio de Minas y Energía (MME). Colombia. Recuperado de <https://www.MME.gov.co/documents/10180/1179442/Anexo+General+del+RETIE+vigente+actualizado+a+2015-1.pdf/57874c58-e61e-4104-8b8c-b64dbabedb13>
- Resolución N° 90772 (2013). Por la cual se adopta el Plan de Expansión de Referencia Generación y Transmisión 2013 -2027. Ministerio de Minas y Energía (MME). Colombia. Recuperado de [http://servicios.minminas.gov.co/compilacionnormativa/docs/resolucion\\_minminas\\_90772\\_2013.htm](http://servicios.minminas.gov.co/compilacionnormativa/docs/resolucion_minminas_90772_2013.htm)
- Resolución N° 40029 (2015). Por la cual se adopta el Plan de Expansión de Referencia Generación y Transmisión 2014 -2028. Ministerio de Minas y Energía (MME). Colombia. Recuperado de [http://servicios.minminas.gov.co/compilacionnormativa/docs/resolucion\\_minminas\\_40029\\_2015.htm](http://servicios.minminas.gov.co/compilacionnormativa/docs/resolucion_minminas_40029_2015.htm)
- Resolución N° 40095 (2016). Por la cual se adopta el Plan de Expansión de Referencia Generación y Transmisión 2015 -2029. Ministerio de Minas y Energía (MME). Colombia. Recuperado de

<https://www.MME.gov.co/documents/10180//23517//36901-Resolucion-40095-1Feb2016-1.pdf>

Resolución N° 40098 (2017). Por la cual se adopta el Plan de Expansión de Referencia Generación y Transmisión 2016 -2030. Ministerio de Minas y Energía (MME). Colombia. Recuperado de <https://www.minminas.gov.co/normatividad?idNorma=37421>

Richardson, M., Wilson, B., Aiuto, D., Crosby, J., Alonso, A., Dallmeier, F. & Golinski, G. (2017). A review of the impact of pipelines and power lines on biodiversity and strategies for mitigation. *Biodiversity and Conservation*, 26(8), 1801-1815. doi: 10.1007/s10531-017-1341-9

Rosselli, L. & De La Zerda, S. (1996). Avifauna colombiana y líneas de transmisión. Vulnerabilidad, amenazas, recomendaciones y revisión de literatura pertinente. Ministerio del Medio Ambiente – Dirección Ambiental Sectorial. Bogotá, 150 pp.

Rosselli, L., & De La Zerda, S. (2002) Fragmentation Effects Caused by a Power Line Right-of-Way on a Mid-Elevation Forest Bird Community in Central Colombia. Recuperado de [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/44123494/rossellidelazerdarow\\_1\\_.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1532467078&Signature=emEUEivL1x2S8wJbnThe4rrbq0c%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DFragmentation\\_Effects\\_Caused\\_by\\_a\\_Power.pdf](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/44123494/rossellidelazerdarow_1_.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1532467078&Signature=emEUEivL1x2S8wJbnThe4rrbq0c%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DFragmentation_Effects_Caused_by_a_Power.pdf)

Saavedra, C., Lizcano, Á. & Corrales, J. (2013). Incidentes de fauna silvestre en líneas de energía en zona rural del Valle del Cauca, Colombia. *Revista Biodiversidad Neotropical*. 3(2 Jul-Dic), 85-89.

Sala, O. E., Chapin, F. S., Armesto, J. J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., ... & Leemans, R. (2000). Global biodiversity scenarios for the year 2100. *science*, 287(5459), 1770-1774. doi: 10.1126/science.287.5459.1770

- Servicio de Evaluación ambiental (SEA). (2018). ¿Qué es SEIA?. Gobierno de Chile. Recuperado de <http://www.sea.gob.cl/sea/que-es-seia>
- Silva, J., Santos, M., Queirós, L., Leitão, D., Moreira, F., Pinto, M., Leqoc, M. & Cabral, J. (2010). Estimating the influence of overhead transmission power lines and landscape context on the density of little bustard *Tetrax* breeding populations. *Ecol. Model.* 221 (16), 1954–1963. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2010.03.027>
- Söderman, T., 2006. Treatment of biodiversity issues in impact assessment of electricity power transmission lines: a Finnish case review. *Environ. Impact Assess. Rev.* 26, 319–338. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2005.10.002>
- Sporer, M., Dwyer, J., Gerber, B., Harness, R. & Pandey, A. (2013). Marking Power Lines to Reduce Avian Collisions Near the Audubon National Wildlife Refuge, North Dakota. *Wildlife Society Bulletin (2011-)*, 37(4), 796-804. Recuperado de <http://www.jstor.org.ezproxy.javeriana.edu.co:2048/stable/wildsocibull2011.37.4.796>
- The Economist. (2013). Evaluando el entorno paralas asociaciones público-privadas en América Latina y el Caribe. *The Economist Intelligence Unit (EIU)*. Recuperado de <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=37447857>
- The Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES). (2018): Summary for policymakers of the regional assessment report on biodiversity and ecosystem services for the Americas of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. J. Rice, C.S. Seixas, M.E. Zaccagnini, M. Bedoya-Gaitán, N. Valderrama, C.B. Anderson, M.T.K. Arroyo, M. Bustamante, J. Cavender-Bares, A. Diaz-de-Leon, S. Fennessy, J. R. García Márquez, K. Garcia, E.H. Helmer, B. Herrera, B. Klatt, J.P. Ometo, V. Rodríguez Osuna, F.R. Scarano, S. Schill and J. S. Farinaci (eds.). IPBES secretariat, Bonn, Germany. 41 pages. Recuperado de: [https://www.ipbes.net/system/tdf/spm\\_americas\\_2018\\_digital.pdf?file=1&type=node&id=28393](https://www.ipbes.net/system/tdf/spm_americas_2018_digital.pdf?file=1&type=node&id=28393)

- Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). (2017). Plan de expansión de referencia Generación–Transmisión 2017–2031. Recuperado de [www1.upme.gov.co/Documents/Energia%20Electrica/Plan\\_GT\\_2017\\_2031\\_PREL.pdf](http://www1.upme.gov.co/Documents/Energia%20Electrica/Plan_GT_2017_2031_PREL.pdf)
- Vázquez, R. (2010). Energía eléctrica, estratégica para la economía. *Revista Mexicana Real Estate*, 72(1), 32-35. Recuperado de <https://realestatemarket.com.mx/revistas/11961-infraestructura-zaha-hadid>
- Weathers, K., Cadenasso, M. & Pickett, S. (2001) Forest edges as nutrient and pollutant concentrators: potential synergisms between fragmentation, forest canopies and the atmosphere. *Conservation Biology*, 15, 1506–1514. doi: <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2001.01090.x>
- World Wildlife Fund (WWF). (2012). Living Planet Report 2012. WWF International, Gland, Switzerland. Recuperado de: [http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/lpr\\_living\\_planet\\_report\\_2012.pdf](http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/lpr_living_planet_report_2012.pdf)
- Wu, J. (2013) Key concepts and research topics in landscape ecology revisited: 30 years after the Allerton Park workshop. *Landsc Ecol* 28:1–11. doi: <https://doi.org/10.1007/s10980-012-9836-y>
- Zeisset, I. & Beebee, T. (2013). Donor population size rather than local adaptation can be a key determinant of amphibian translocation success. *Animal Conservation* 16: 359-366. doi: <https://doi.org/10.1111/acv.12003>

## 9 Anexos

### Anexo 1 Lista de documentos consultados a nivel nacional y Latinoamérica

**Tabla 14** Listado de proyectos consultados con licencia aprobada en Colombia

| Código expediente ANLA | Nombre del proyecto                                                             | Empresa responsable                         | Localización       | Resolución EIA                              | Documentos consultados                                                      | Año  |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|------|
| LAM4313                | Línea Subestación Comuneros - Campo 22 A 230 kV y obras asociadas.              | Interconexión Eléctrica SA E.S.P. ISA       | Barrancabermeja    | Resolución 2403 del 23 de diciembre de 2008 | Licencia Ambiental e ICA 2015-2016                                          | 2008 |
| LAM4978                | Línea eléctrica De 230kV Subestación Chivor - Campo Rubiales.                   | Petroeléctrica de los Llanos S.A.           | San Luis de Gaceno | Resolución 0057 del 06 de febrero de 2012   | Licencia Ambiental, modificación de licencia, auto de seguimiento y control | 2012 |
| LAV0002-00-2016        | Corredores Urbanos Líneas Bello – Guayabal – Ancón Sur A 230 kV                 | Empresas Públicas de Medellín E.S.P. E.S.P. | Antioquia          | Resolución 0781 del 29 de julio de 2016     | Licencia Ambiental y plan de manejo ambiental                               | 2016 |
| LAV0003-00-2016        | Construcción de la segunda Línea Bolívar - Cartagena a 200kV Upme-05-2012       | Empresa de Energía de Bogotá S.A. E.S.P.    | Bolívar            | Resolución 1357 del 11 de noviembre de 2016 | Licencia Ambiental                                                          | 2016 |
| LAV0005-13             | Proyecto de transmisión Nueva Esperanza línea a 230 kV y subestación de energía | Empresas Públicas de Medellín E.S.P. E.S.P. | Cundinamarca       | Resolución 313 del 23 de diciembre de 2013  | Licencia Ambiental y ajuste de medidas                                      | 2013 |
| LAV0006-13             | Proyecto de transmisión Nueva Esperanza Línea a 500 kV                          |                                             |                    | Resolución 519 del 26 de mayo de 2014       | Licencia Ambiental, auto de seguimiento y control                           | 2014 |

| Código expediente ANLA | Nombre del proyecto                                                                                                                                                                                                                                         | Empresa responsable                         | Localización       | Resolución EIA                        | Documentos consultados                            | Año  |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------|------|
| LAV0007-00-2016        | Construcción de la subestación la loma 500 kV y las líneas de transmisión asociadas, UPME-01-2014                                                                                                                                                           | Empresa de Energía de Bogotá S.A. E.S.P.    | Cesar              | N° 00107 del 29 de enero de 2017      | Licencia Ambiental                                | 2017 |
| LAV0018-00-2016        | Línea de transmisión a 230 kV Chinú-Montería y subestación asociada                                                                                                                                                                                         | Interconexión Eléctrica SA E.S.P. ISA       | Cereté             | N° 01098 del 26 de septiembre de 2016 | Licencia Ambiental y plan de manejo ambiental     | 2016 |
| LAV0018-13             | Subestación Tesalia 230 kV y líneas de transmisión Tesalia – Altamira 230 kV; Reconfiguración de la línea de Transmisión 230 kV Betania – Jamondino, Ampliación De La Subestación Altamira 230 kV, Obras Que Hacen Parte De La Convocatoria UPME 05 De 2009 | Empresa de Energía de Bogotá S.A. E.S.P.    | Huila              | N° 0942 del 17 de septiembre de 2013  | Licencia Ambiental, auto de seguimiento y control | 2013 |
| LAV0026-14             | Magdalena Medio a 230 kV                                                                                                                                                                                                                                    | Empresas Públicas de Medellín E.S.P. E.S.P. | Santander          | N° 0082 del 4 de agosto de 2014       | Licencia Ambiental, auto de seguimiento y control | 2014 |
| LAV0036-00-2016        | Línea de transmisión Montería - Urabá a 230 kV y subestación asociada                                                                                                                                                                                       | Interconexión Eléctrica SA E.S.P. ISA       | San Pedro de Urabá | N° 00331 del 31 marzo de 2017         | Licencia Ambiental y plan de manejo ambiental     | 2017 |
| LAV0061-00-2016        | Conexión Antioquia – Medellín-Ancón Sur y líneas de transmisión asociadas a 500/230kV                                                                                                                                                                       |                                             | Antioquia          | N° 00441 del 24 de abril de 2017      | Licencia Ambiental y plan de manejo ambiental     | 2017 |
| LAV0064-00-2016        | Línea de Transmisión asociada a la Conexión Antioquia- Porce III a 500kV                                                                                                                                                                                    |                                             | Angostura          | N° 01335 del 20 de octubre de 2017    | Licencia Ambiental                                | 2017 |
| LAV0068-00-2016        | Línea de transmisión asociada a la conexión Porce III- Sogamoso a 500 kV                                                                                                                                                                                    |                                             | Amalfi             | N° 0210 del 21 de febrero de 2018     | Licencia Ambiental y plan de manejo ambiental     | 2018 |

| Código expediente ANLA | Nombre del proyecto                                                                                                                          | Empresa responsable                      | Localización          | Resolución EIA                      | Documentos consultados                            | Año  |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------|------|
| LAV0073-00-2016        | Líneas de transmisión asociadas a la conexión Antioquia - Cerro Matoso a 500 kV                                                              |                                          | Briceño               | N° 0714 del 23 de junio de 2017     | Licencia Ambiental                                | 2017 |
| LAV0081-14             | Línea de transmisión 230 kV. Tesalia - Alférez y sus módulos de conexión asociados, obras que hacen parte de La convocatoria UPME 05 De 2009 | Empresa de Energía de Bogotá S.A. E.S.P. | Huila-Valle del Cauca | N° 1729 del 30 de diciembre de 2015 | Licencia Ambiental, auto de seguimiento y control | 2015 |

**Tabla 15** Listado de proyectos consultados con licencia aprobada en los demás países de Latinoamérica en la última década

| País   | Nombre del proyecto                                                                                                                           | Empresa responsable               | Localización                                            | Resolución EIA | Documento consultado           | Año  |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------|--------------------------------|------|
| Brasil | Linha de Transmissão (LT) Corrente Contínua (CC) 800 kV                                                                                       | Xingu Rio Transmissora de energia | Araraquara-Taubaté                                      | 542/2017       | Relatorio de Impacto Ambiental | 2014 |
|        | Linha de Transmissão 230kV Secc. Chapadão/Imbirussú – SE Campo Grande II                                                                      | Pantanal Transmissão S. A         | Município de Campo Grande, Estado de Mato Grosso do Sul | No disponible  | Relatorio de Impacto Ambiental | 2013 |
|        | Linha de Transmissão 500 kV Araraquara II/Taubaté                                                                                             | Copel Geração e Transmissão S. A  | Sao Paulo                                               | No disponible  | Relatorio de Impacto Ambiental | 2011 |
| Chile  | Línea 2x220 kV Ciruelos-Pichirropulli                                                                                                         | Eletrans S. A                     | Los Lagos-Máfil-San José de la Mariquina-Paillaco       | RE N° 7        | Estudio de Impacto Ambiental   | 2013 |
|        | Línea de Transmisión Eléctrica 2 X 220 Kv, Tramo Sarco – Maitencillo, Comunas de Freirina y Vallenar, Provincia Del Huasco, Región de Atacama | Aela Eólica Sarco SpA             | Provincia Del Huasco, Región de Atacama                 | RE N° 025      | Estudio de Impacto Ambiental   | 2013 |



| País   | Nombre del proyecto                                                                       | Empresa responsable                                                                   | Localización                                                                                          | Resolución EIA             | Documento consultado                   | Año  |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------|------|
|        | Línea de Transmisión Eléctrica Cerro Pabellón                                             | Geotérmica del Norte S.A.                                                             | Calama-Ollagüe                                                                                        | RE N° 0168                 | Estudio de Impacto Ambiental           | 2012 |
|        | Proyecto nueva línea 2x500Kv Charrúa-Ancoa: Tendido del primer conductor                  | Charrúa Transmisora de Energía S.A.                                                   | Cabrero-Chillán Viejo-Coihueco-Colbún-El Carmen-Linares-Longaví-Niquén-Parral-Pemuco-Pinto-San Carlos | RE N° 0084/2015            | Estudio de Impacto Ambiental           | 2013 |
| México | Línea Alta Tensión de la SET Santa Teresa a la SET La Ventosa                             | Energía Alternativa Istmeña, S. de R.L. de C.V. y Energía Eólica Mareña, S.A. de C.V. | Distritos de Juchitán y Tehuantepec                                                                   | SGPA/DGIRA /DG/6867        | Manifestación de Impacto Ambiental     | 2011 |
|        | Línea de alta tensión Cuetzalan Entroque Teziutlán II- Tajín                              | Comisión Federal de Electricidad                                                      | Ayototlán de Guerrero y Cuetzalan del Progreso                                                        | SGPA/DGIRA /DG/04686       | Manifestación de Impacto Ambiental     | 2015 |
|        | Línea de transmisión XPUJIL-XUL-HA                                                        | Comisión Federal de Electricidad                                                      | Calakmul (Campeche) y Othón P. Blanco (Quintana Roo)                                                  | SGPA/DGIRA /DG/02209       | Manifestación de Impacto Ambiental     | 2014 |
| Perú   | Línea de Transmisión 220 kV Machupichu Quencora Onocora Tintaya y Subestaciones asociadas | ATN 3 S.A.                                                                            | Localidades de Machupichu, Quencora, Onocora y Tintaya, Departamento de Cusco, Perú                   | RD N° 122-2016-SENACE/DC A | Estudio de Impacto Ambiental detallado | 2016 |
|        | Línea de Transmisión 220 kV Azángaro-Juliaca-Puno y subestaciones asociadas               | Transmisora Eléctrica del Sur 2 S.A.                                                  | Departamento de Puno                                                                                  | RD N° 053-2016-SENACE/DC A | Estudio de Impacto Ambiental detallado | 2016 |
|        | Línea de Transmisión de 220 kV S.E. Huallaga I – S.E. Nueva Huánuco                       | Central Hidroeléctrica Huallaga Hydro S.A.                                            | Departamento de Huánuco                                                                               | RD N° 065-2017-SENACE/DC A | Estudio de Impacto Ambiental detallado | 2017 |

***Anexo 2 Expedientes consultadas***

Carpeta Anexo 2 Expedientes consultados

***Anexo 3 Matrices de análisis***

Archivo en formato Excel: Anexo 3\_matrices\_de\_análisis