



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 1

Neiva, 5 mayo de 2022

Señores  
CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN  
UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
Ciudad

El (Los) suscrito(s):

Mary Brigen Basto Monsalve, con C.C. No. 40078871

Edward Pascuas Rengifo, con C.C. No. 16186127

Autores de la tesis y/o trabajo de grado Titulado PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DE LA RESILIENCIA ECOSISTÉMICA EN ÁREAS PROTEGIDAS DE COLOMBIA Y SU APLICABILIDAD AL PARQUE NACIONAL NATURAL ALTO FRAGUA INDI WASI EN EL DEPARTAMENTO DE CAQUETÁ, COLOMBIA, presentado y aprobado en el año 2022 como requisito para optar al título de Magister en ingeniería y gestión ambiental;

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que, con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales "open access" y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: \_\_\_\_\_

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: \_\_\_\_\_

Vigilada Mineducación



**TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO:** PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DE LA RESILIENCIA ECOSISTÉMICA EN ÁREAS PROTEGIDAS DE COLOMBIA Y SU APLICABILIDAD AL PARQUE NACIONAL NATURAL ALTO FRAGUA INDI WASI EN EL DEPARTAMENTO DE CAQUETÁ, COLOMBIA.

**AUTOR O AUTORES:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Basto Monsalve	Mary Brigen
Pascuas Rengifo	Edward

**DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Olaya Amaya	Alfredo

**ASESOR (ES):**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
----------------------------	--------------------------

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE:** Magister en ingeniería y gestión ambiental

**FACULTAD:** Ingeniería

**PROGRAMA O POSGRADO:** Maestría en ingeniería y gestión ambiental

**CIUDAD:** Neiva

**AÑO DE PRESENTACIÓN:** 2022 **NÚMERO DE PÁGINAS:** 148

**TIPO DE ILUSTRACIONES** (Marcar con una X):

Diagramas  Fotografías  Grabaciones en discos  Ilustraciones en general  Grabados  Láminas   
Litografías  Mapas  Música impresa  Planos  Retratos  Sin ilustraciones  Tablas o Cuadros



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-07</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2014</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>2 de 3</b>
---------------	---------------------	----------------	----------	-----------------	-------------	---------------	---------------

**SOFTWARE** requerido y/o especializado para la lectura del documento: Arcgis 10.5

**MATERIAL ANEXO:** No

**PREMIO O DISTINCIÓN** (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):

**PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:**

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. Resiliencia	<i>Resilience</i>
2. Adaptación	<i>adaptation</i>
3. Ecosistema	<i>ecosystem</i>
4. Conservación	<i>conservation</i>
5. Perturbación	<i>disturbance</i>

**RESUMEN DEL CONTENIDO:** (Máximo 250 palabras)

La resiliencia ecosistémica es una de las propiedades que tienen las áreas naturales protegidas y que les permite enfrentar diversos factores de riesgo asociados a su funcionamiento y servicios ecosistémicos. El estudio de la conservación de las áreas protegidas se ha consolidado en los últimos años, ya que se necesita conocer las dinámicas de cambio que enfrentan estas reservas de vida, para así proponer estrategias de uso, conservación y manejo adaptativo. En la actualidad no se cuenta con instrumentos que permita estimar la resiliencia de las áreas protegidas como posible indicador biológico del estado de conservación de los mismos. Por tanto, el objetivo de este estudio fue proponer una metodología de evaluación de la resiliencia ecosistémica de las áreas protegidas de Colombia, que permita valorar las dinámicas cambiantes de los sistemas naturales para posibilitar su gestión y manejo adaptativo. Esta investigación teórica y exploratoria se fundamenta en una revisión sistemática de información bibliográfica y la experiencia de los autores en procesos de gestión ambiental. Los resultados muestran una base conceptual de la temática con antecedentes clave y la propuesta metodológica integrada por cinco fases y 18 pasos consecutivos. La implementación de la propuesta contempla cinco grandes ejes transversales: marco normativo, participación incluyente, diálogo interdisciplinar, planeación interinstitucional y cogestión para el manejo efectivo. Con esta aproximación metodológica se espera aportar un marco de referencia para la evaluación de la resiliencia ecosistémica de las áreas protegidas, de manera que permita apoyar la toma de decisiones y el desarrollo de una gestión adaptativa.



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	3 de 3
--------	--------------	---------	---	----------	------	--------	--------

**ABSTRACT:** (Máximo 250 palabras)

*Ecosystem resilience is one of the properties that protected natural areas have and that allows them to face various risk factors associated with their functioning and ecosystem services. The study of the conservation of protected areas has been consolidated in recent years, since it is necessary to know the dynamics of change that these life reserves face, in order to propose strategies for use, conservation and adaptive management. At present, there are no instruments to estimate the resilience of protected areas as a possible biological indicator of their conservation status. Therefore, the objective of this study was to propose a methodology for evaluating the ecosystem resilience of protected areas in Colombia, which allows assessing the changing dynamics of natural systems to enable their management and adaptive management. This theoretical and exploratory research is based on a systematic review of bibliographic information and the experience of the authors in environmental management processes. The results show a conceptual basis of the subject with key antecedents and the methodological proposal made up of five phases and 18 consecutive steps. The implementation of the proposal contemplates five major transversal axes: regulatory framework, inclusive participation, interdisciplinary dialogue, inter-institutional planning and co-management for effective management. With this methodological approach, it is expected to provide a reference framework for the evaluation of the ecosystem resilience of protected areas, in a way that allows support for decision-making and the development of adaptive management.*

**APROBACION DE LA TESIS**

Firma:

Nombre Jurado: MARIO SÁNCHEZ RAMÍREZ

Firma: \_\_\_\_\_

Nombre Jurado: MIJAEEL BRAND PRADA

Firma: \_\_\_\_\_



**TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO:** PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DE LA RESILIENCIA ECOSISTÉMICA EN ÁREAS PROTEGIDAS DE COLOMBIA Y SU APLICABILIDAD AL PARQUE NACIONAL NATURAL ALTO FRAGUA INDI WASI EN EL DEPARTAMENTO DE CAQUETÁ, COLOMBIA.

**AUTOR O AUTORES:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Basto Monsalve	Mary Brigen
Pascuas Rengifo	Edward

**DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Olaya Amaya	Alfredo

**ASESOR (ES):**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
----------------------------	--------------------------

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE:** Magister en ingeniería y gestión ambiental

**FACULTAD:** Ingeniería

**PROGRAMA O POSGRADO:** Maestría en ingeniería y gestión ambiental

**CIUDAD:** Neiva

**AÑO DE PRESENTACIÓN:** 2022 **NÚMERO DE PÁGINAS:** 148

**TIPO DE ILUSTRACIONES** (Marcar con una X):

Diagramas  Fotografías  Grabaciones en discos  Ilustraciones en general  Grabados  Láminas   
Litografías  Mapas  Música impresa  Planos  Retratos  Sin ilustraciones  Tablas o Cuadros



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-07</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2014</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>2 de 3</b>
---------------	---------------------	----------------	----------	-----------------	-------------	---------------	---------------

**SOFTWARE** requerido y/o especializado para la lectura del documento: Arcgis 10.5

**MATERIAL ANEXO:** No

**PREMIO O DISTINCIÓN** (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):

**PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:**

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. Resiliencia	<i>Resilience</i>
2. Adaptación	<i>adaptation</i>
3. Ecosistema	<i>ecosystem</i>
4. Conservación	<i>conservation</i>
5. Perturbación	<i>disturbance</i>

**RESUMEN DEL CONTENIDO:** (Máximo 250 palabras)

La resiliencia ecosistémica es una de las propiedades que tienen las áreas naturales protegidas y que les permite enfrentar diversos factores de riesgo asociados a su funcionamiento y servicios ecosistémicos. El estudio de la conservación de las áreas protegidas se ha consolidado en los últimos años, ya que se necesita conocer las dinámicas de cambio que enfrentan estas reservas de vida, para así proponer estrategias de uso, conservación y manejo adaptativo. En la actualidad no se cuenta con instrumentos que permita estimar la resiliencia de las áreas protegidas como posible indicador biológico del estado de conservación de los mismos. Por tanto, el objetivo de este estudio fue proponer una metodología de evaluación de la resiliencia ecosistémica de las áreas protegidas de Colombia, que permita valorar las dinámicas cambiantes de los sistemas naturales para posibilitar su gestión y manejo adaptativo. Esta investigación teórica y exploratoria se fundamenta en una revisión sistemática de información bibliográfica y la experiencia de los autores en procesos de gestión ambiental. Los resultados muestran una base conceptual de la temática con antecedentes clave y la propuesta metodológica integrada por cinco fases y 18 pasos consecutivos. La implementación de la propuesta contempla cinco grandes ejes transversales: marco normativo, participación incluyente, diálogo interdisciplinar, planeación interinstitucional y cogestión para el manejo efectivo. Con esta aproximación metodológica se espera aportar un marco de referencia para la evaluación de la resiliencia ecosistémica de las áreas protegidas, de manera que permita apoyar la toma de decisiones y el desarrollo de una gestión adaptativa.



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	3 de 3
--------	--------------	---------	---	----------	------	--------	--------

**ABSTRACT:** (Máximo 250 palabras)

*Ecosystem resilience is one of the properties that protected natural areas have and that allows them to face various risk factors associated with their functioning and ecosystem services. The study of the conservation of protected areas has been consolidated in recent years, since it is necessary to know the dynamics of change that these life reserves face, in order to propose strategies for use, conservation and adaptive management. At present, there are no instruments to estimate the resilience of protected areas as a possible biological indicator of their conservation status. Therefore, the objective of this study was to propose a methodology for evaluating the ecosystem resilience of protected areas in Colombia, which allows assessing the changing dynamics of natural systems to enable their management and adaptive management. This theoretical and exploratory research is based on a systematic review of bibliographic information and the experience of the authors in environmental management processes. The results show a conceptual basis of the subject with key antecedents and the methodological proposal made up of five phases and 18 consecutive steps. The implementation of the proposal contemplates five major transversal axes: regulatory framework, inclusive participation, interdisciplinary dialogue, inter-institutional planning and co-management for effective management. With this methodological approach, it is expected to provide a reference framework for the evaluation of the ecosystem resilience of protected areas, in a way that allows support for decision-making and the development of adaptive management.*

**APROBACION DE LA TESIS**

Firma:

Nombre Jurado: MARIO SÁNCHEZ RAMÍREZ

Firma: \_\_\_\_\_

Nombre Jurado: MIJAEEL BRAND PRADA

Firma: \_\_\_\_\_

**PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DE LA RESILIENCIA  
ECOSISTÉMICA EN ÁREAS PROTEGIDAS DE COLOMBIA Y SU  
APLICABILIDAD AL PARQUE NACIONAL NATURAL ALTO FRAGUA INDI  
WASI EN EL DEPARTAMENTO DE CAQUETÁ, COLOMBIA**

**MARY BRIGEN BASTO MONSALVE  
EDWARD PASCUAS RENGIFO**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
MAESTRÍA EN INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL  
NEIVA, HUILA, COLOMBIA  
2022**

**PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DE LA RESILIENCIA  
ECOSISTÉMICA EN ÁREAS PROTEGIDAS DE COLOMBIA Y SU  
APLICABILIDAD AL PARQUE NACIONAL NATURAL ALTO FRAGUA INDI  
WASI EN EL DEPARTAMENTO DE CAQUETÁ, COLOMBIA**

**MARY BRIGEN BASTO MONSALVE  
EDWARD PASCUAS RENGIFO**

**Tesis presentada como requisito parcial para  
optar al título de Magister en Ingeniería y  
Gestión Ambiental**

**Director  
ALFREDO OLAYA AMAYA  
Doctor en Ingeniería Área Recursos Hidráulicos**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
MAESTRÍA EN INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL  
NEIVA, HUILA, COLOMBIA  
2022**

NOTA DE ACEPTACIÓN:

---

---

---

---

---

---

---

---

PhD. Mario Sánchez Ramírez

---

Msc. Mijael Brand Prada

---

PhD. Alfredo Olaya Amaya  
Director

Neiva, abril de 2022

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
<b>RESUMEN</b>	<b>1</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>2</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>3</b>
<b>1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>3</b>
<b>1.2 OBJETIVOS</b> .....	<b>7</b>
1.2.1 Objetivo General .....	7
1.2.2 Objetivos Específicos .....	7
<b>1.3 JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>8</b>
<b>2. MARCO REFERENCIAL</b>	<b>12</b>
<b>2.1 LAS ÁREAS PROTEGIDAS Y SU VALOR ECOSISTÉMICO</b> .....	<b>12</b>
<b>2.2 LA RESILIENCIA ECOSISTÉMICA EN LAS ÁREAS PROTEGIDAS</b> .....	<b>14</b>
<b>2.3 SISTEMA DE ÁREAS PROTEGIDAS DE COLOMBIA</b> .....	<b>23</b>
2.3.1 Categorías y unidades de manejo del Sistema Nacional de Área Protegidas de Colombia (SINAP) .....	25
2.3.2 Parque Nacional Natural Alto Fragua Indi Wasi .....	27
2.3.3. Unidad Administrativa Especial del sistema de Parque Nacionales Naturales (UAESPNN). .....	29
<b>2.4 LAS ÁREAS PROTEGIDAS COMO UNIDAD DE PLANIFICACIÓN PARA LA CONSERVACIÓN</b> .....	<b>29</b>
<b>3. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>32</b>
<b>3.1 PERSPECTIVA EPISTEMOLÓGICA</b> .....	<b>32</b>
<b>3.2 ENFOQUE METODOLÓGICO</b> .....	<b>32</b>
<b>3.3 DISEÑO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>33</b>
3.3.1 Área de estudio de aplicación de la metodología. ....	33
3.3.2 Proceso metodológico .....	34
3.3.3 Descripción de las fases metodológicas. ....	35
3.3.3.1 Fase de realización de actividades académicas preliminares (F <sub>1</sub> ) .....	35
3.3.3.2 Fase de formulación de la propuesta metodológica para la determinación de la resiliencia ecosistémica de las áreas protegidas de Colombia (F <sub>2</sub> ) .....	36

3.3.3.3 Fase de aplicación de la metodología, estudio de caso del PNN Alto Fragua Indi Wasi en el departamento de Caquetá, Colombia (F <sub>3</sub> ).....	36
3.3.3.4 Fase de elaboración de informe final (F <sub>4</sub> ). .....	37
3.3.3.5 Fase de preparación, sustentación y entrega de la tesis de grado (F <sub>5</sub> ). 37	
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>38</b>
<b>4.1 METODOLOGÍA PROPUESTA PARA LA EVALUACIÓN DE LA RESILIENCIA ECOSISTÉMICA EN LAS ÁREAS PROTEGIDAS. ....</b>	<b>38</b>
4.1.1. Fase 1. Identificación de la categoría de manejo del área protegida seleccionada y caracterización de sus objetos de conservación.....	43
4.1.2 Fase 2. Definición de atributos e indicadores para la determinación de la resiliencia ecosistémica del área protegida seleccionada. ....	55
4.1.3 Fase 3. Procesamiento de datos para la determinación de la resiliencia ecosistémica de los objetos de conservación presentes en el área protegida seleccionada. ....	75
4.1.4 Fase 4. Análisis de resultados y planteamiento de estrategias de uso, conservación y manejo adaptativo que favorezca la capacidad de resiliencia del área protegida. ....	77
4.1.5 Fase 5. Socialización y retroalimentación del estado actual de la resiliencia ecosistémica del área protegida evaluada y generación de recomendaciones para su gestión y manejo efectivo.....	82
<b>4.2 APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA PROPUESTA PARA EVALUAR LA RESILIENCIA ECOSISTÉMICA, ESTUDIO DE CASO DEL PNN ALTO FRAGUA INDI WASI EN EL DEPARTAMENTO DE CAQUETÁ, COLOMBIA. ....</b>	<b>85</b>
Fase 1. Identificación de la categoría de manejo del área protegida seleccionada y caracterización de sus objetos de conservación.....	85
Fase 2. Definición de los atributos, indicadores y rangos permisibles para la determinación de la resiliencia ecosistémica de los objetos de conservación seleccionados. ....	102
Fase 3. Procesamiento y análisis de datos para la determinación de la resiliencia ecosistémica del área protegida seleccionada. ....	106
Fase 4. Análisis de resultados y planteamiento de estrategias de uso, conservación y manejo adaptativo que favorezca la capacidad de resiliencia del PNNAFIW....	127
<b>5. CONCLUSIONES</b>	<b>137</b>
<b>6. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>139</b>

## INDICE DE CUADROS

	Pág
<b>Cuadro 1.</b> Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Colombia .....	26
<b>Cuadro 2.</b> Fases, etapas y pasos de la investigación.....	34
<b>Cuadro 3.</b> Fases, pasos y niveles de detalle que integran la metodología para la evaluación de la resiliencia ecosistémica en áreas protegidas.....	41
<b>Cuadro 4.</b> Objetos de conservación presentes en algunas categorías del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Colombia.....	53
<b>Cuadro 5.</b> Criterios para determinar el orden de importancia de impactos identificados con el método de redes.....	51
<b>Cuadro 6.</b> Análisis de actores involucrados en la evaluación de la resiliencia ecosistémica del área protegida.....	54
<b>Cuadro 7.</b> Indicadores biofísicos de la composición y estructura de las especies. ....	60
<b>Cuadro 8.</b> Indicadores de la diversidad funcional para la evaluación de la resiliencia en ecosistemas terrestres. ....	62
<b>Cuadro 9.</b> Identificación y descripción de indicadores .....	73
<b>Cuadro 10.</b> Matriz para el análisis de los intervalos de variación permisibles de los atributos seleccionados.....	75
<b>Cuadro 11.</b> Matriz de calificación de los atributos ecológicos de los objetos de conservación evaluados en el área protegida seleccionada. ....	76
<b>Cuadro 12.</b> Matriz de evaluación de la resiliencia ecosistémica de los objetos de conservación priorizados en el área protegida.....	79
<b>Cuadro 13.</b> Plan de acción para la gestión de estrategias de uso y manejo adaptativo de la resiliencia ecosistémica de los objetos de conservación evaluados. ....	81
<b>Cuadro 14.</b> Objetos de conservación identificados para la evaluación de la resiliencia ecosistémica en el PNN Alto Fragua Indi Wasi y sus reservas contiguas. ....	99
<b>Cuadro 15.</b> Pisos bioclimáticos en el PNNAFIW y sus reservas contiguas, basados en el sistema de clasificación de Holdridge. ....	100
<b>Cuadro 16.</b> Matriz de valoración y calificación de los atributos ecológicos para la resiliencia ecosistémica de las zonas de vida de Holdridge.....	102

<b>Cuadro 17.</b> Indicador y cuantificadores para la evaluación de las coberturas vegetales en las zonas de vida del PNNAFIW y sus reservas contiguas.....	103
<b>Cuadro 18.</b> Distribución de las zonas de vida Holdridge en el PNNAFIW, periodo 1980-2010 .....	104
<b>Cuadro 19.</b> Indicador y cuantificadores para la evaluación del área dinámica mínima de la resiliencia de las zonas de vida del PNNAFIW, frente a los escenarios de cambio climático en el siglo XXI.....	104
<b>Cuadro 20.</b> Indicador y cuantificadores para la evaluación de los regímenes ambientales y perturbaciones antrópicas en las zonas de vida del PNNAFIW. ....	105
<b>Cuadro 21.</b> Indicador y cuantificadores para la evaluación de la conectividad ecológica de las zonas de vida del PNNAFIW y sus reservas contiguas.....	105
<b>Cuadro 22.</b> Cobertura boscosa y no boscosa en las zonas de vida del PNN Alto Fragua Indi Wasi y sus reservas contiguas. ....	106
<b>Cuadro 23.</b> Coberturas presentes en las zonas de vida Holdridge del PNN Alto Fragua Indi Wasi y sus reservas contiguas. ....	108
<b>Cuadro 24.</b> Superficie de cobertura boscosa y no boscosa en el PNNAFIW.....	110
<b>Cuadro 25.</b> Valoración de la resiliencia ecosistémica para el indicador de cobertura boscosa de las zonas de vida del PNNAFIW y sus áreas contiguas. ....	110
<b>Cuadro 26.</b> Valoración de la resiliencia ecosistémica para el indicador de área dinámica mínima de las zonas de vida del PNNAFIW, según los escenarios de cambio climático en el siglo XXI.....	113
<b>Cuadro 27.</b> Valoración de la resiliencia ecosistémica para el indicador de amenazas y perturbaciones naturales y/o antrópicas en las zonas de vida del PNN Alto Fragua Indi Wasi.....	118
<b>Cuadro 28.</b> Valoración de la resiliencia para el indicador de conectividad ecológica de las zonas de vida del PNNAFIW y sus reservas contiguas, según escenarios presente y futuro. ....	121
<b>Cuadro 29.</b> Matriz de evaluación de la resiliencia ecosistémica de las zonas de vida Holdridge en el PNN Alto Fragua Indi Wasi y sus reservas contiguas.....	128
<b>Cuadro 30.</b> Acciones de manejo adaptativo y de resiliencia ecosistémica en el PNNAFIW y sus reservas contiguas.....	132

## INDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Áreas del SPNN amenazadas por presiones asociadas al uso, ocupación y tenencia de la tierra.....	27
<b>Figura 2.</b> Localización del Parque Natural Nacional Alto Fragua Indi Wasi, departamento de Caquetá.....	33
<b>Figura 3.</b> Fases y pasos que integran la metodología para la evaluación de la resiliencia ecosistémica en áreas protegidas. ....	40
<b>Figura 4.</b> Diagrama bioclimático de clasificación de zonas de vida de Holdridge. ....	99
<b>Figura 5.</b> Cobertura boscosa y No boscosa en las zonas de vida presentes en el PNN Alto Fragua Indi Wasi y sus reservas contiguas.....	106
<b>Figura 6.</b> Distribución del área (ha) de las zonas de vida del PNN Alto Fragua Indi Wasi del periodo 1980-2010 vs. 2071- 2100.....	112

## INDICE DE MAPAS

	<b>Pág.</b>
<b>Mapa 1.</b> Localización del PNN Alto Fragua Indi Wasi y sus reservas contiguas. ....	87
<b>Mapa 2.</b> Zonas de vida Holdridge en el PNN Alto Fragua Indi Wasi, periodo 1980-2010. .....	101
<b>Mapa 3.</b> Coberturas en las zonas de vida Holdridge del PNN Alto Fragua Indi Wasi y sus reservas contiguas. ....	107
<b>Mapa 4.</b> Zonas de vida Holdridge en el PNN Alto Fragua Indi Wasi, período 2011-2040. .....	114
<b>Mapa 5.</b> Zonas de vida Holdridge en el PNN Alto Fragua Indi Wasi, período 2041-2070. .....	115
<b>Mapa 6.</b> Zonas de vida Holdridge en el PNN Alto Fragua Indi Wasi, período 2071-2100. .....	116
<b>Mapa 7.</b> Amenazas y perturbaciones naturales y/o antrópicas en las zonas de vida del PNN Alto Fragua Indi Wasi. ....	119
<b>Mapa 7A.</b> Amenazas y perturbaciones naturales y/o antrópicas en el PNN Alto Fragua Indi Wasi.....	119
<b>Mapa 8.</b> Conectividad ecológica entre zonas de vida del PNNAFIW y sus reservas contiguas, periodo 1980-2010. ....	123
<b>Mapa 9.</b> Conectividad ecológica entre zonas de vida del PNNAFIW y sus reservas contiguas, periodo 2011-2040. ....	124
<b>Mapa 10.</b> Conectividad ecológica entre zonas de vida del PNNAFIW y sus reservas contiguas, periodo 2041-2070. ....	125
<b>Mapa 11.</b> Conectividad ecológica entre zonas de vida del PNNAFIW y sus reservas contiguas, periodo 2071-2100. ....	126

## RESUMEN

La resiliencia ecosistémica es una de las propiedades que tienen las áreas naturales protegidas y que les permite enfrentar diversos factores de riesgo asociados a su funcionamiento y servicios ecosistémicos. El estudio de la conservación de las áreas protegidas se ha consolidado en los últimos años, ya que se necesita conocer las dinámicas de cambio que enfrentan estas reservas de vida, para así proponer estrategias de uso, conservación y manejo adaptativo. En la actualidad no se cuenta con instrumentos que permita estimar la resiliencia de las áreas protegidas como posible indicador biológico del estado de conservación de los mismos. Por tanto, el objetivo de este estudio fue proponer una metodología de evaluación de la resiliencia ecosistémica de las áreas protegidas de Colombia, que permita valorar las dinámicas cambiantes de los sistemas naturales para posibilitar su gestión y manejo adaptativo. Esta investigación teórica y exploratoria se fundamenta en una revisión sistemática de información bibliográfica y la experiencia de los autores en procesos de gestión ambiental. Los resultados muestran una base conceptual de la temática con antecedentes clave y la propuesta metodológica integrada por cinco fases y 18 pasos consecutivos. La implementación de la propuesta contempla cinco grandes ejes transversales: marco normativo, participación incluyente, diálogo interdisciplinar, planeación interinstitucional y cogestión para el manejo efectivo. Con esta aproximación metodológica se espera aportar un marco de referencia para la evaluación de la resiliencia ecosistémica de las áreas protegidas, de manera que permita apoyar la toma de decisiones y el desarrollo de una gestión adaptativa.

**Palabras clave:** Resiliencia, adaptación, ecosistemas, conservación, perturbación.

## **ABSTRACT**

*Ecosystem resilience is one of the properties that protected natural areas have and that allows them to face various risk factors associated with their functioning and ecosystem services. The study of the conservation of protected areas has been consolidated in recent years, since it is necessary to know the dynamics of change that these life reserves face, in order to propose strategies for use, conservation and adaptive management. At present, there are no instruments to estimate the resilience of protected areas as a possible biological indicator of their conservation status. Therefore, the objective of this study was to propose a methodology for evaluating the ecosystem resilience of protected areas in Colombia, which allows assessing the changing dynamics of natural systems to enable their management and adaptive management. This theoretical and exploratory research is based on a systematic review of bibliographic information and the experience of the authors in environmental management processes. The results show a conceptual basis of the subject with key antecedents and the methodological proposal made up of five phases and 18 consecutive steps. The implementation of the proposal contemplates five major transversal axes: regulatory framework, inclusive participation, interdisciplinary dialogue, inter-institutional planning and co-management for effective management. With this methodological approach, it is expected to provide a reference framework for the evaluation of the ecosystem resilience of protected areas, in a way that allows support for decision-making and the development of adaptive management.*

**Keywords:** *Resilience, adaptation, ecosystems, conservation, disturbance.*

## 1. INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se exponen los aspectos preliminares de la investigación, que integra la contextualización del problema abordado, los argumentos y la necesidad de la misma, como también, los objetivos propuestos, de modo que se comprenda las razones que motivaron a los autores a plantear el tema de estudio, como aporte en el campo del conocimiento de la gestión ambiental de los ecosistemas terrestres.

### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el proceso evolutivo, la interacción entre los factores naturales y sociales han impactado de manera adversa la biodiversidad del planeta, causando el deterioro de muchos hábitats que agudizan progresivamente las problemáticas ambientales y el riesgo de sobrevivencia de las especies vegetales y animales.

La fragmentación acelerada de los ecosistemas por la actividad humana reduce paulatinamente los procesos de resiliencia de la naturaleza, provocando desequilibrios que alteran las dinámicas biológicas y los servicios que estos proveen a las poblaciones humanas.

Diversos autores señalan que la resiliencia tiene límites, sobre todo, cuando se sobrepasa la tolerancia ecológica, generando efectos irreversibles en el funcionamiento de los ecosistemas, llegando al punto de no retorno (Begon *et al.*, 2006; Cuevas, 2010; Lloret, 2012).

Para Seekell (2016), el punto de no retorno tiene graves consecuencias para la biodiversidad, el cual no solo afecta el flujo de servicios que prestan los ecosistemas al bienestar humano, sino que además son imposibles de revertir.

Yáñez (2009) señala que cada especie se desarrolla en ámbitos geográficos determinados (latitudinal y altitudinalmente) y tiende a reubicarse cuando algún cambio la afecta. Esto significa que muy probable que algunas especies ya no se adapten al conjunto de condiciones ambientales en una región determinada y, en consecuencia, queden por fuera de su nicho ecológico o, por otra parte, pueden experimentar alteraciones fisiológicas que no permiten la tolerancia a las condiciones del medio, desarrollando modificaciones conductuales de su dieta, actividad y presupuesto energético (Bellard *et al.*, 2012).

Por su parte, Coates & Burton (1997), citado en Cuevas (2010), plantean que los estudios de las dinámicas de los ecosistemas han contribuido a entender el papel de las perturbaciones a pequeña escala, sin embargo, han sido poco utilizados para evaluar el nivel de resiliencia de los ecosistemas frente a los eventos adversos de tipo natural o antrópico.

Estudios más recientes han fijado la atención en uno de los fenómenos que más

preocupan al mundo, como el cambio climático. Las proyecciones mundiales de los cambios del clima indican que podría producirse efectos significativos en el desplazamiento de los hábitats de muchas especies, en su estructura y funcionamiento, como también, en la distribución geográfica de las formaciones vegetales, siendo muy probable que unas resulten más afectadas que otras (IPCC, 2014).

En el caso particular de las variaciones climáticas, un incremento de apenas 1 °C podría causar cambios significativos en la composición y distribución de ciertas poblaciones vegetales que se consideran como sistemas únicos y que se encuentran ya expuestos a situaciones de riesgo para traspasar sus umbrales fisiológicos de tolerancia a la precipitación y temperatura (Lorente *et al*, 2004; IPCC, 2014). También se prevé que la distribución de la vegetación se desplace a mayor altitud a un ritmo de 8 a 10 m por década, aumentando progresivamente esta situación en la medida en el que el clima ejerza influencia en las comunidades bióticas y se llegue a los límites permisibles entre los cuales se puede mover el equilibrio del *ecosistema* (Grabherr *et al.*, 1994, citado en Lorente *et al.*, 2004).

Estudios como el de Jiménez (2009) determinó la resiliencia de los ecosistemas naturales terrestres de Costa Rica al cambio climático, a partir de cinco atributos ecológicos como la cobertura y fragmentación de las zonas de vida dentro de las áreas protegidas, la composición florística, amenazas para la adaptación, cambios en la superficie de las zonas de vida transicionales y conectividad entre zonas de vida en transición.

Locatelli & Imbach (2010) estimaron la configuración actual de los corredores biológicos de Costa Rica para facilitar la adaptación de las áreas protegidas ante escenarios de cambio climático. Los resultados señalaron que las áreas protegidas más expuestas y sensibles a este fenómeno se encuentran en las altas montañas y las zonas secas de Costa Rica, siendo éstas corredores estratégicos para la migración de especies.

Autores como Cuevas (2010) & Lloret (2012) han analizado y discutido la importancia de la resiliencia como posible indicador del estado de conservación de los ecosistemas terrestres y la necesidad de establecer acciones que faciliten la adaptación a las nuevas condiciones climáticas. En este sentido, coinciden en la importancia de realizar planes integrados para la gestión de políticas de conservación que favorezcan un desarrollo resistente al cambio climático, mediante la adopción de medidas de mitigación y de adaptación que beneficien a los ecosistemas.

Así mismo, Daza & Figueroa (2014) analizaron los procesos tradicionales de gestión y planificación que se han generado para enfrentar problemáticas ambientales como el cambio climático en la alta montaña andina, proponiendo la incorporación de teorías complementarias como los socio-ecosistemas, la resiliencia, la transformabilidad, la adaptación y la mitigación, como aspectos relevantes para el manejo y la aplicación de mecanismos que contribuyan a la preservación de los páramos como ecosistemas estratégicos.

Los anteriores estudios corroboran el alto grado de vulnerabilidad de los ecosistemas al cambio climático, en particular, para las asociaciones vegetales que no logren adaptarse a los nuevos escenarios del clima, bien sea por encontrarse en los límites de tolerancia de los fenómenos meteorológicos extremos, o por el aumento de la velocidad en la que se pierde la biodiversidad (IPCC, 2014). Los efectos que pueden causar las variaciones climáticas podrían generar desplazamientos en la distribución geográfica de algunas formaciones vegetales, en cuyo caso, la forma más extrema e irreversible de disminución de la condición física sería la extinción de muchas de ellas (Hughes, 2000; Yáñez *et al.*, 2011; Buytaert *et al.*, 2011; Bellard *et al.*, 2012).

En el contexto colombiano, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) presentó en el 2010 el análisis de las características fisicobiológicas y socioeconómicas para determinar la vulnerabilidad del país frente a los efectos adversos del clima, señalando una posible reducción de los bosques húmedos de la Amazonia, para dar paso a zonas con climas Semi-húmedos, pronosticando que para finales del XXI los bosques naturales ubicados en la región Amazónica recibirían la mayor alteración, coincidiendo con el IPCC (2008) al referirse que los cambios evidenciados en la precipitación de América del Sur durante los próximos 100 años, apuntan a una disminución sustancial (20% o más) de las lluvias en la cuenca Amazónica.

De igual forma, el IDEAM entregó en el 2015 los resultados de la tercera comunicación nacional de cambio climático, indicando un posible incremento de 2.1 °C de la temperatura media anual para Colombia hacia finales del 2100, como consecuencia del aumento en los niveles de emisiones de Gases de Efecto Invernadero GEI (IDEAM *et al.*, 2015). Específicamente para el Caquetá, este instituto señaló que para finales del siglo XXI la temperatura en casi todo el departamento podría aumentar en 2,2 °C, como también, aumentos aislados de la precipitación sobre el piedemonte amazónico hasta en un 20 % adicional al valor actual.

Dichos resultados se relacionan con la deforestación, debido a que es una de las actividades que más ha influido en el incremento de las emisiones de GEI. La tendencia de crecimiento de la deforestación en Colombia ha venido en aumento en la última década, siendo uno de los países con la tasa más alta en Latinoamérica. El IDEAM reportó que la cifra de deforestación en el 2020 fue de 171.685 hectáreas de bosque en todo el país, concentrándose el 63 por ciento en la región Amazónica. Para este mismo año, el departamento de Caquetá registró la segunda área mayor deforestada con 32.522 hectáreas (18 % del total nacional) que fueron transformadas en pastos para el establecimiento de la ganadería. Adicional a esto, el inventario nacional de GEI del periodo 2012-2015 estableció que el Caquetá es el departamento que genera las mayores emisiones netas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera con el 18,61 % de participación en el país.

En referencia con lo anterior, el estudio de Basto (2019) determinó la distribución geográfica presente y futura de las zonas bioclimáticas en el departamento de Caquetá, Colombia, basado en los escenarios de emisión de cambio climático para el siglo XXI. Los resultados sugieren posibles alteraciones en el número y la

distribución geográfica de las zonas de vida en el Caquetá, donde algunas reducirán o incrementarán su área y otras desaparecen en los escenarios futuros, siendo probable que impacten de manera negativa sobre la biodiversidad que habita en los ecosistemas de la zona de transición Andino-Amazónica como, por ejemplo, el Parque Nacional Natural Alto Fragua Indi Wasi, lo que podría obligar a muchas especies a desplazarse, adaptarse o inclusive a desaparecer. Las proyecciones generadas en dicho estudio sugieren que los bioclimas más afectados se ubican en los pisos altitudinales de mayor elevación.

Frente a estos escenarios, es probable que los sistemas naturales puedan perder su capacidad de resiliencia frente a diversos cambios ambientales, sobre todo, las áreas protegidas destinadas a la conservación de la biodiversidad y que, además, forman parte del Sistema Nacional de Parques Nacionales Naturales. Esto podría generar desequilibrios, ocasionando la muerte regresiva de muchas especies, por la intolerancia a las variaciones del medio, lo que a su vez provocaría modificaciones en el comportamiento fenológico de muchas especies (Walker *et al.*, 2002; Møller & Lehikoinen, 2008; Feeley, 2012; Bellard *et al.*, 2012), cambios en cuanto a su distribución geográfica y alteración en la composición de las comunidades ecológicas (Herzong *et al.*, 2010; Yáñez *et al.*, 2011).

Por resiliencia ecológica se entiende la habilidad y la capacidad que tienen los ecosistemas para afrontar, amortiguar y resistir perturbaciones a distintas escalas espacio-temporales, de tipo natural o por influencia humana, de modo que mantienen su equilibrio o condición estable, conservando al mismo tiempo su capacidad de adaptación ante factores de estrés ambiental o eventos de cambio global (Holling, 1973; Bellwood *et al.* 2004; Cuevas; 2010; Lloret, 2012; IPCC, 2014; SINAP, 2019).

No obstante, existen estudios de países latinoamericanos que han desarrollado marcos conceptuales para medir la integridad ecológica y otros que han evaluado la resiliencia de sus áreas conservadas, sin embargo, se han encontrado diferencias metodológicas, en especial, en la definición de criterios ecológicos para evaluar la capacidad de resiliencia y, aunque varios investigadores especializados en el tema han realizado valiosos aportes, no se ha establecido una metodología unificada que integre los diversos saberes para el análisis de dicha capacidad en las áreas protegidas y de importancia ecológica.

Así mismo, diversos estudios han generado discusiones en torno a si las áreas protegidas están cumpliendo con sus objetivos de conservación *in situ* de la diversidad biológica, por lo que coinciden en la necesidad de plantear metodologías que contribuyan a medir la efectividad de estas áreas, para garantizar su integridad ecológica.

Al respecto, Herrera & Corrales (2004) agregan que, hasta ahora se han desarrollado metodologías dirigidas, principalmente, a evaluar los aspectos administrativos de la gestión en las áreas y no a medir el impacto de las acciones de conservación sobre los procesos ecológicos que mantienen la diversidad biológica en los espacios protegidos (p. 6).

Por lo antes señalado y considerando los futuros escenarios de riesgo a los que podrían estar expuestos muchos de los ecosistemas del país, es preocupante que las áreas protegidas de Colombia como, por ejemplo, el PNN Alto Fragua Indi Wasi, puedan experimentar posibles amenazas que afecten su integridad y sus modos de funcionamiento. Además, en el país no se tiene información, ni se conocen estudios que hayan evaluado la capacidad de respuesta de las áreas protegidas para absorber choques, amortiguar o resistir cambios generados por factores naturales o antrópicos y, en consecuencia, no se han encontrado procedimientos metodológicos para realizar tales estudios. Por ende, se requiere abordar esta problemática a través de la definición de una metodología que permita valorar estas dinámicas resilientes, para así plantear estrategias adaptativas que conduzca al mantenimiento de la resiliencia ecosistémica de las áreas protegidas.

En consideración con lo anterior, se planteó realizar una investigación que genere respuestas satisfactorias a la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo podría plantearse una metodología para la evaluación de la resiliencia ecosistémica de las áreas protegidas de Colombia y su aplicación al Parque Nacional Natural Alto Fragua Indi Wasi en el departamento de Caquetá, Colombia, para orientar un mejor uso de dicha metodología en otras unidades de manejo del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del mismo país?

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo General**

Proponer una metodología para la evaluación de la resiliencia ecosistémica de las unidades y categorías de manejo del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Colombia y su aplicación al Parque Nacional Natural Alto Fragua Indi Wasi en el departamento de Caquetá, Colombia, para orientar un mejor uso de dicha metodología en otras unidades de manejo del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del mismo país.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- 1) Facilitar metodológicamente el proceso de evaluación de la resiliencia ecosistémica en las unidades y categorías de manejo del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Colombia.
- 2) Aplicar la metodología del proceso de evaluación de la resiliencia ecosistémica al área protegida Parque Nacional Natural Alto Fragua Indi Wasi en el departamento de Caquetá, Colombia.
- 3) Plantear estrategias de uso, conservación y manejo adaptativo que favorezca la capacidad de resiliencia del área protegida Parque Nacional Natural Alto Fragua Indi Wasi en el departamento de Caquetá, Colombia.

### 1.3 JUSTIFICACIÓN

El conocimiento de la resiliencia en un ecosistema se considera esencial para comprender las respuestas individuales de las especies a los procesos de alteración en el medio, provocando una reorganización entre el mismo orden taxonómico o de éstas con otra cadena trófica, siendo posible que los cambios ecológicos presentes y futuros puedan modificar la estructura y la composición de las comunidades biológicas (Parmesan *et al.*, 2000, citado en Lorente *et al.*, 2004), interrumpir la productividad y las interacciones bióticas, cambiar la abundancia relativa y los rangos geográficos de las especies, causar extinciones y crear comunidades nuevas que emerjan como respuesta a eventos perturbadores en el ambiente (Buytaert *et al.*, 2011; Feeley, 2012; Bellard *et al.*, 2012; Blois *et al.*, 2013).

Al respecto, diversos autores han definido la resiliencia de los ecosistemas como la capacidad que tienen éstos para absorber, persistir y retornar a su estado de equilibrio, después de una perturbación natural o antrópica (Holling, 1973; Bellwood *et al.*, 2004; Begon *et al.*, 2006; Cuevas, 2010; Lloret, 2012).

Cuevas (2010) considera que la resiliencia podría considerarse como un posible indicador biológico del estado de conservación de los ecosistemas y como un factor de regeneración de diversidad biológica (p. 5).

Por su parte, Daza & Figueroa (2014) señalan que la evolución y las dinámicas de los sistemas socioecológicos dependen en gran medida de la capacidad de resiliencia, pero también, de la capacidad de adaptación (p. 48).

En sentido similar, Andrade (2010) plantea que los ecosistemas bien manejados tienen un amplio potencial de adaptación, resisten y se recuperan más fácilmente a los procesos de perturbación natural o antrópico. Al contrario, ecosistemas pobremente manejados, fragmentados y degradados, generan graves repercusiones a los sistemas naturales e incrementan la vulnerabilidad de las poblaciones humanas.

Así, la resiliencia puede considerarse como una propiedad que tienen los ecosistemas para evaluar el comportamiento de sus procesos ecológicos y promover la adaptación ante nuevos sucesos de variabilidad ambiental (Holling, 1973; Thompson, 2011; Lloret, 2012).

Históricamente, las áreas protegidas han sido reconocidas en el mundo como esenciales para la conservación de la biodiversidad, donde las naciones enfrentan el reto de orientar lineamientos para la identificación de acciones que permitan maximizar su manejo y aprovechamiento sostenible. Por ello es cada vez más imprescindible generar nuevos conocimientos a partir de estudios que giren en torno a estas áreas y lograr una mejor comprensión de sus dinámicas evolutivas, para avanzar en la construcción de instrumentos de planificación que incrementen su capacidad adaptativa. En concordancia con lo anterior, la propuesta que se presenta está orientada a contribuir a la producción de conocimiento de las áreas protegidas

y a plantear estrategias de gestión que contribuyan al cumplimiento de los objetivos de conservación, en un ambiente cambiante.

En línea con lo anterior, el estudio se presenta atendiendo los lineamientos establecidos por la política pública nacional en materia de conservación de la diversidad biológica y de las áreas protegidas, entre ellos, el Decreto 2811 de 1974 “Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente”; Ley 99 de 1993 “Por la cual se reordenó el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables”; la Ley 165 de 1994 “por la cual se aprueba el Convenio de Diversidad Biológica y se adoptan directrices para la ordenación y el cumplimiento de medidas especiales para la conservación de la diversidad biológica en la áreas protegidas”; el CONPES 3680 de 2010 “por la cual se establecen lineamientos para la consolidación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas”; el Decreto 2372 de 2010 “Por la cual se reglamenta el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, sus categorías de manejo y los procedimientos generales relacionados con el Sistema”. Esta última disposición normativa fue compilada en el Decreto 1076 de 2015 (Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible) en su Libro 2. Régimen reglamentario del sector ambiente, de la Parte 2. Reglamentación, del Título 2. Gestión ambiental, en su Capítulo I. Áreas de manejo especial y la Sección 1. Sistema Nacional de Áreas Protegidas.

Así mismo, la propuesta investigativa se fundamenta en los preceptos establecidos en la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE), como también, en las acciones y las metas propuestas en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2018-2022 “Pacto por Colombia, pacto por la equidad”, en particular, en su línea estratégica la “Biodiversidad y riqueza natural, activos estratégicos de la Nación”, la cual apunta a prevenir el deterioro de la biodiversidad y a consolidar su conservación. Finalmente, el estudio se enmarca siguiendo los propósitos establecidos por el plan de acción de biodiversidad en Colombia 2016-2030 y por la política pública para el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) visión 2020-2030, que se encontraba en construcción al finalizar el presente documento de Tesis de Grado.

Desde el ámbito local, el estudio le aportará al departamento del Caquetá como región Amazónica, una fuente valiosa de conocimiento acerca de la capacidad de resiliencia del área protegida PNN Alto Fragua Indi Wasi (PNNAFIW), de manera que, contribuya a orientar una mejor comprensión de su estado actual, para así prevenir puntos de inflexión no deseados, que podrían afectar sus procesos ecológicos y funcionales en el futuro. También se espera que los resultados puedan arrojar una información a escala regional más detallada y precisa, para una mejor comprensión del comportamiento del PNN frente a los cambios ambientales presentes y futuros, para que dicha información sea tenida en cuenta y pueda ser incorporada al plan de manejo del PNN, facilitando la actualización y la definición de definir estrategias de gestión más adaptativas que puedan llevar al PNN hacia un estado de mayor integridad y resiliencia, para así contribuir al sostenimiento de sus objetivos de conservación *in situ* de la biodiversidad Andino-Amazónica.

De la misma manera, la investigación le entregará al país un referente metodológico para que pueda ser aplicada a otras áreas protegidas de Colombia o de otros países del Trópico Americano, introduciendo ajustes de acuerdo con las características específicas de cada sistema de áreas protegidas, de manera que los resultados puedan apoyar la toma de decisiones para el desarrollo de una gestión más adaptativa, que contribuya a potenciar la resiliencia de otras áreas de importancia ecológica para la nación y para el mundo.

También se espera que, en el contexto internacional, la investigación contribuya al cumplimiento de los compromisos que tiene Colombia en la revisión y actualización de las políticas públicas y la adopción de mecanismos que promuevan la gestión y la conservación de la biodiversidad, tras el fracaso de las metas de Aichi del plan estratégico para la diversidad biológica 2011-2020, del convenio sobre Diversidad Biológica (CDB), que tenía como fin “(...) detener la pérdida de diversidad biológica a fin de asegurar que, para el 2020, los ecosistemas sean resilientes y sigan suministrando servicios esenciales, asegurando de este modo la variedad de la vida del planeta y contribuyendo al bienestar humano y a la erradicación de la pobreza (...)”. Lo anterior, en concordancia con la meta 11 de Aichi del CDB adoptado en el 2010 por los 196 países miembros, durante la reunión de la Conferencia de las Partes (COP-10), en el cual se estableció:

Para 2020, al menos el 17 % de las zonas terrestres y de aguas continentales y el 10 % de las zonas marinas y costeras, especialmente, aquellas de particular importancia para la diversidad biológica y los servicios de los ecosistemas, se conservan por medio de sistemas de áreas protegidas administrados de manera eficaz y equitativa, ecológicamente representativos y bien conectados y otras medidas de conservación eficaces basadas en áreas, y están integradas en los paisajes terrestres y marinos más amplios.

De la misma manera, el estudio contribuirá a aportar estrategias adaptativas para que las áreas protegidas puedan afrontar presiones ambientales naturales o antrópicas como, por ejemplo, el cambio climático, y así avanzar en los compromisos adquiridos que tiene Colombia con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Se entrará también a contribuir en el cumplimiento de metas que el país ratificó con la Organización de las Naciones Unidas (ONU) a través de la Convención para la Lucha Contra la Desertificación y la Sequía (UNCCD) y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

De igual forma, con los resultados obtenidos de la investigación se proveerá información y conocimientos a las entidades públicas y privadas, que servirá como fuente de consulta para la construcción del Plan de Ordenamiento Territorial del Caquetá, Planes de Gestión del Riesgo y Planes de Desarrollo de los municipios de San José del Fragua y Belén de Los Andaquíes, Planes de Manejo de Ecosistemas Estratégicos (PMEE), en particular, aportará información para la actualización del plan de manejo del PNAFIW. Además, se espera que los resultados pueden servir de base de consulta para fortalecer el Plan de Acción de Biodiversidad en Colombia 2016-2030, que se encontraba en construcción al

finalizar el presente documento de Tesis de Grado.

De otro lado, la presente investigación aportará a la formación de talento humano en el nivel de maestría, que contribuirán a la solución de problemáticas que se presentan en el país relacionadas con la gestión ambiental, como también, con capacidad para generar conocimiento científico para el desarrollo de investigación orientadas a la conservación de la biodiversidad y prevenir su pérdida y transformación.

Finalmente, se considera que este estudio será de gran interés para los diferentes sectores gubernamentales, académicos y privados que tienen la responsabilidad de priorizar acciones para el mantenimiento y la preservación de las áreas protegidas que aportan grandes servicios ecosistémicos para el bienestar humano, como también, tienen el compromiso de apoyar investigaciones para que se genere información científica de alta relevancia que contribuya a detener la pérdida de la biodiversidad y la transformación de la base natural del departamento.

## 2. MARCO REFERENCIAL

### 2.1 LAS ÁREAS PROTEGIDAS Y SU VALOR ECOSISTÉMICO

Para Poiani *et al.* (2000), los enfoques que integran la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales están evolucionando rápidamente como respuesta a las percepciones cambiantes de la biodiversidad y los sistemas ecológicos (p. 133). En las últimas décadas, se han generado consensos por parte de los distintos gobiernos del mundo acerca de la necesidad de conservar patrones y procesos ecológicos dinámicos y multiescala que sostengan la biota y sus sistemas naturales (Poiani *et al.*, 2000, p. 133).

Al respecto, en el mundo se han trazado numerosas directrices y acuerdos que abarcan amplios marcos normativos y estrategias de gestión integral de la biodiversidad que buscan garantizar la protección de los procesos naturales y la provisión de los servicios ecosistémicos para el beneficio humano. Las áreas protegidas se constituyen en la principal estrategia de gestión para la conservación de la biodiversidad natural y cultural, como también, para el aprovisionamiento de bienes y servicios ambientales que son esenciales para la sociedad (Parrish *et al.*, 2003; Dudley, 2008).

De acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), la mayoría de las áreas protegidas se encuentran en ecosistemas naturales o en proceso de restauración, que han sido creadas con destino a la protección, el conocimiento, la restauración y el uso sostenible de la biodiversidad, además de proporcionar un espacio para la evolución y la futura adaptación ecológica ante la ocurrencia de amenazas de tipo natural o humano.

El reconocimiento de la importancia de la diversidad biológica como un bien mundial e indispensable para la humanidad tuvo su origen en la cumbre de la tierra, celebrada en Río de Janeiro, Brasil en 1992. En el marco de dicha conferencia, 150 jefes de Gobierno firmaron el Convenio de Diversidad Biológica (CDB), con el propósito de apoyar las acciones de conservación de la diversidad biológica y su uso sostenible en pro del bienestar humano. A su vez, este convenio precisó en su artículo 2° el concepto de áreas protegidas, describiéndola como un “área definida geográficamente que haya sido asignada o regulada y administrada a fin de alcanzar objetivos específicos de conservación”.

Más adelante, la UICN propuso un nuevo concepto de áreas protegidas, definiéndola como un “espacio geográfico claramente definido, reconocido, dedicado y gestionado, mediante medios legales u otros tipos de medios eficaces para conseguir la conservación a largo plazo de la naturaleza y de sus servicios ecosistémicos y sus valores culturales asociados” (Dudley, 2008, p. 10).

Así mismo, la UICN establece unas categorías para las áreas protegidas, entre las que se encuentran los parques nacionales, el cual los define como “grandes áreas naturales o casi naturales establecidas para proteger procesos ecológicos a gran escala, junto con el complemento de especies y ecosistemas característicos del área, que también proporcionan la base para oportunidades espirituales, científicas, educativas, recreativas y de visita, que sean ambiental y culturalmente compatibles” (Dudley, 2008, p. 19).

De la misma manera, la UICN estableció una clasificación de las áreas protegidas que, para el caso de los parques nacionales, se ubican en la categoría II. Dicho organismo estableció que las áreas que se encuentran dentro de esta categoría son generalmente de gran tamaño y conservan un ecosistema funcional. Asimismo, plantea que “los parques nacionales tienen como prioridad mantener poblaciones viables y ecológicamente funcionales, como también, conjuntos de especies nativas a densidades suficientes para conservar la integridad del ecosistema, su plasticidad y resistencia a largo plazo” (Dudley, 2008, p. 19).

Para Poiani *et al.* (2000), un área de conservación funcional constituye un dominio geográfico que mantiene ecosistemas, especies y procesos ecológicos de apoyo dentro de sus rangos naturales de variabilidad a largo plazo (p. 136).

En relación con lo anterior, Herrera & Finegan (2008) coinciden con Poiani *et al.* (2000) y explican que las áreas protegidas pueden denominarse áreas funcionales para la conservación, en tanto, requieren procesos de planificación y gestión que aseguren la conservación de la biodiversidad a largo plazo.

Otros autores como Díaz & Cabido, 2001; Martín-López *et al.* 2007; Thompson, 2011 mencionan que, aunque los ecosistemas presentan una amplia diversidad biológica, no todas las especies que los conforman se constituyen como parte integral de la dinámica de los procesos ecológicos, de manera que, ciertas especies o grupos funcionales, también conocidas como “especies clave o dominantes”, desempeñan una labor crucial en la conservación del equilibrio ecológico (Walker, 1992; Allison, 1996; Díaz & Cabido, 2001; Martín-López *et al.* 2007; Herrera & Finegan, 2008;Thompson, 2011).

Ante la importancia de la biodiversidad como fuente de servicios para satisfacer las necesidades humanas y, por otra, su contribución en la regulación de las funciones ecológicas se considera especialmente relevante la conservación de las áreas protegidas, por consiguiente, cumplen entre otras funciones, resguardar grupos funcionales de especies que son responsables del mantenimiento de las funciones ecosistémicas (Herrera & Finegan, 2008; Rincón *et al.*, 2014). Aunque algunos países difieren de la connotación que han tenido las áreas protegidas y su valor incalculable para la conservación, se realizan grandes esfuerzos mundiales para avanzar en el desarrollo de información de base científica que contribuyan al conocimiento de la biodiversidad y así orientar la toma de decisiones acerca de su conservación (Dudley, 2008; Rincón *et al.*, 2014).

De igual forma, se ha presentado un interés creciente de los países, las organizaciones privadas y comunitarias acerca de la manera en que se deben gestionar las áreas protegidas (Dudley, 2008, p. 3). Lo anterior es urgente dadas las tendencias actuales y futuras que se pronostican frente a eventos adversos que podrían alterar la dinámica de los ecosistemas como, por ejemplo, el cambio climático.

Algunos estudios han propuesto diversas alternativas para la gestión integral de la biodiversidad, entre las que se encuentran, el análisis de la resiliencia ecológica. El concepto de resiliencia se relaciona con las dinámicas que ocurren al interior de los sistemas naturales, luego de la ocurrencia de eventos ambientales adversos, el cual les permiten a los ecosistemas absorber disturbios y mantener la función de sus procesos clave, retornando a sus condiciones iniciales (Holling, 1973; Bellwood *et al.*, 2004; Simula & Mansur, 2011; Thompson, 2011; Lloret, 2012; Seekell, 2016).

La información sobre el análisis de la resiliencia resulta necesaria para reformular políticas y directrices de manejo que conduzcan a la recuperación de los sistemas naturales y lograr su sostenibilidad en el largo plazo.

## **2.2 LA RESILIENCIA ECOSISTÉMICA EN LAS ÁREAS PROTEGIDAS**

Las áreas protegidas albergan diversidad de especies animales y vegetales que proveen una amplia gama de servicios ecosistémicos esenciales para el bienestar humano. La conservación y el manejo de los recursos naturales de las áreas protegidas concentra la atención de muchos gobiernos, por considerarlos vitales para el mantenimiento de la biodiversidad y la regulación de los eventos perturbadores de tipo natural o antrópico.

La pérdida de las áreas de conservación puede generar impactos desfavorables y producir una alteración en el equilibrio de las cadenas tróficas, desencadenando la pérdida productiva de la biodiversidad.

Rincón *et al.* (2014) mencionan que la intervención humana en los ecosistemas puede ampliar beneficios directos e indirectos para la sociedad y, también generar cambios espaciales y temporales que producen transformaciones en los ecosistemas, sus procesos y funciones, afectando su propio bienestar y la sostenibilidad ecológica (p. 30).

En tal sentido, es probable que la satisfacción de las necesidades de los sistemas humanos esté acelerando las transformaciones sobre los ecosistemas, produciendo dinámicas de cambio continuo que apuntan a graves pérdidas de las funciones ecológicas que alteran la estructura y la integridad de los sistemas naturales (Walker *et al.* 2002; Rincón *et al.*, 2014, p. 36).

Poiani *et al.*, 2000 señalan que, aunque los sistemas naturales son conjuntos dinámicos muy complejos que están vinculados por procesos ecológicos similares, características ambientales subyacentes y gradientes ambientales que forman una

unidad cohesiva y distinguible, es muy probable que esta sinergia resulte alterada por la pérdida de la resiliencia. Esto podría generar cambios negativos en los ecosistemas como, por ejemplo, la producción de bienes y servicios y, en consecuencia, el resultado reflejaría una posible vulneración de la estabilidad ecológica o la probabilidad de extinción de la biodiversidad, siempre y cuando se sobrepasen los umbrales de tolerancia ecológica no reversibles (Holling, 1973; Daza & Figueroa, 2014).

Por otra parte, Rincón *et al.* (2014) indican que los servicios prestados por un ecosistema dependerán en gran medida de su capacidad de resiliencia, que estaría determinada por la distancia entre el estado actual del ecosistema y el umbral, situación en la que el sistema pasa a un estado en donde pueden resultar afectados los atributos de la biodiversidad, los procesos y las funciones que sustentan la provisión continua de los servicios ecosistémicos (p. 49). Al respecto, es importante considerar que el proceso de resiliencia puede estar influenciado por agentes perturbadores de origen natural o antrópico, que se generan en diversas escalas espacio-temporales y en diferentes niveles jerárquicos (Gunderson & Holling, 2002; Cuevas, 2010; Thompson, 2011; Rincón *et al.*, 2014).

En línea con lo anterior, Thompson (2011) plantea que los sistemas naturales no siempre pueden recuperarse tras los episodios de perturbación grave y prolongada, por consiguiente, los ecosistemas suelen enfrentar umbrales ecológicos o puntos de inflexión, el cual no les permite volver a su estado de equilibrio, lo que ocasiona daños marcados e irreparables en su funcionamiento (p. 27).

Simula & Manzur (2011) consideran que una de las medidas para lograr la sostenibilidad de los recursos naturales consiste en evitar que los ecosistemas superen los umbrales de tolerancia ecológica, mediante medidas correctivas y adaptables que conduzcan a prácticas de restauración. Al mismo tiempo plantea que las condiciones de resiliencia pueden ser reforzadas con estrategia de manejo, lo que permitirá intensificar la capacidad de recuperación de una biodiversidad vulnerable (p. 7).

Por su parte, Cuevas (2010) plantea que la resiliencia podría considerarse como un posible indicador biológico del estado de conservación de las áreas sensibles a diversas perturbaciones, considerando la presencia de especies en peligro de extinción, especies endémicas y, en general, la riqueza de especies (p. 5).

Thompson (2011) también comparte el planteamiento de Cuevas (2010), ratificando que la pérdida de la resiliencia se traduce en cambios en el estado del ecosistema y, afirma, que podría servir como indicador de la degradación que presentan los sistemas ecológicos.

Paabi (2008) menciona que las áreas protegidas con destino a la conservación de la biodiversidad requieren la implementación de principios de manejo integral, que incorporen lineamientos para el mantenimiento de la resiliencia ecológica frente a diversos cambios ambientales que se presentan en el corto y largo plazo. En este

sentido, propone que la conservación esté dirigida a mantener el funcionamiento y la integridad de los ecosistemas, mediante la preservación de unos atributos funcionales que tienen las especies, las comunidades y los macrohábitats que, a su vez, les permiten cumplir con una función estratégica en la regulación de los procesos ecosistémicos (p. 30).

De forma complementaria, Lloret (2012) establece la conveniencia de gestionar procesos ecológicos que tiendan a incrementar la resiliencia de los ecosistemas terrestres y su adaptación, frente a episodios extremos de sequía. Los escenarios de perturbación que afronta la biodiversidad requieren de nuevos retos de gestión, que implica la definición de pautas de manejo y planificación que estén encaminadas a aumentar la resistencia de los sistemas naturales. Para tal efecto, propone acompañar la transformación gradual del sistema y favorecer su adaptación a las nuevas condiciones, con el objetivo de minimizar los efectos poco deseables de los cambios catastróficos que ya se viven en el presente y se agudizarán en el futuro.

Por su parte, Seekell (2016) desarrolló indicadores de alertas temprana para predecir los cambios de régimen ecosistémico y evitar que los sistemas naturales alcancen su punto de inflexión. Los resultados del estudio sugieren la importancia de analizar los puntos de no retorno, con el propósito de anticiparse a los episodios de perturbación que sufren los sistemas ecológicos, a fin de establecer un manejo adaptativo que permitan mantener la capacidad de resiliencia de las especies para evitar el colapso de los ecosistemas en el futuro.

Lo anterior demuestra que la valoración integral de la biodiversidad ha sido tema de varios estudios, con el fin de generar conocimiento acerca de la evolución que tienen los ecosistemas frente a diversos factores de riesgo que afectan su funcionamiento y, por ende, reducen su capacidad de resiliencia, lo que se traduce en efectos adversos que alteran el comportamiento de sus procesos ecológicos.

Así mismo, las diversas discusiones teóricas abordadas hasta el momento coinciden en la importancia de la evaluación de la resiliencia para el análisis del comportamiento de los sistemas ecológicos en respuesta a las dinámicas naturales y humanas, donde la valoración de los ecosistemas se considera necesaria y útil para conocer el estado de conservación de los mismos (Zambrano *et al.*, 2007; Dudley, 2008; Rincón *et al.*, 2014).

El estudio de la conservación de las áreas protegidas se ha consolidado en los últimos años y ha estado presente en muchas políticas, instrumentos de planificación y estrategias nacionales de conservación, cuyo propósito están dirigidas a la gestión adaptativa para enfrentar los escenarios de cambio ambiental (Zambrano *et al.*, 2007; Arias *et al.*, 2008; Herrera & Finegan, 2008; Rincón *et al.*, 2014; Barborak *et al.*, 2015).

En tal sentido, la planificación, ejecución y monitoreo de las áreas protegidas son acciones que han sido adoptadas por muchos países para orientar la toma de decisiones con relación a la conservación de la biodiversidad a largo plazo (Herrera & Finegan, 2008; Rincón *et al.*, 2014; Cuesta, 2015).

Frente a los elementos asociados a la evaluación del estado de la conservación de los ecosistemas se encuentra la resiliencia, que se caracteriza por ser una propiedad de los sistemas naturales para indicar el comportamiento de los procesos ecológicos y evolutivos frente a regímenes de perturbación (Gunderson, 2000; Paaby, 2011).

Así, desde un enfoque ecológico, la resiliencia es definida como la capacidad de un sistema para volver a un estado de equilibrio después de una perturbación temporal (Holling, 1973; Gunderson, 2000; Peterson, 2002; Rincón *et al.* 2014). Otros autores la describen como la capacidad que tienen las especies para absorber choques, resistir cambios de fase y regenerarse, o inclusive, de regresar a su estado original, después de perturbaciones naturales o inducidas por el hombre (Doak *et al.*, 1998; Bellwood *et al.* 2004, Begon *et al.*, 2006; Cuevas, 2010; Lloret, 2012).

Otros autores explican que la capacidad de resiliencia depende en gran medida de la integridad ecológica en la que se encuentran ciertos grupos funcionales o estimadores de la biodiversidad, que permiten evaluar total o parcialmente, el estado de conservación en la que se encuentran los sistemas ecológicos (Gunderson, 2000; Díaz & Cabido, 2001; Walker *et al.*, 2002; Jiménez, 2009; Catalá, 2011).

Por su parte, Thompson (2011) plantea que la pérdida de la resiliencia puede ser causada por la reducción de ciertos grupos funcionales (p. 26).

En referencia con lo anterior, es importante destacar que los sistemas naturales presentan especies dominantes<sup>1</sup> que juegan un papel crucial en el funcionamiento de los ecosistemas, por tanto, la resiliencia también dependerá de especies que contribuyan de manera significativa en el mantenimiento de los procesos funcionales que ocurren en el interior de los sistemas ecológicos (Díaz & Cabido, 2001; Hooper *et al.*, 2005; Martín-López *et al.*, 2007; Thompson, 2011).

Por otra parte, los estudios de conservación han determinado que la integridad ecológica está en función de la resiliencia, lo que implica que un sistema puede estar sometido a rangos de variación de sus atributos ecológicos por intervenciones naturales o por el impacto humano (Herrera & Corrales, 2004; Zambrano *et al.*, 2007; Rincón *et al.*, 2014). A su vez, la resiliencia puede afectar los atributos de la biodiversidad, siendo estos elementos, un factor clave en el mantenimiento de la funcionalidad de los ecosistemas (Parrish *et al.* (2003; Zambrano *et al.*, 2007; Delgado *et al.*, 2008; Arias *et al.*, 2008; Herrera y Finegan, 2011).

La integridad ecológica es considerada por Parrish *et al.* (2003) como:

La capacidad que tiene un sistema para apoyar y mantener una comunidad de organismos que tiene composición de especies, diversidad y organización funcional comparable a las de hábitats naturales dentro de una región. Asimismo, un sistema ecológico tiene integridad cuando sus características ecológicas dominantes como, por ejemplo, elementos de composición,

---

<sup>1</sup> También conocidos como grupos funcionales clave.

estructura, función y procesos ecológicos, ocurren dentro de sus rangos naturales y pueden resistir y recuperarse de la mayoría de las perturbaciones impuestas por la dinámica ambiental natural o trastornos humanos (p. 852).

Al respecto, autores como Poiani *et al.* (2000); Herrera & Corrales (2004); Zambrano *et al.* (2007); Finegan *et al.* (2008); Arias *et al.* (2008) y Rincón *et al.* (2014) establecen que la evaluación de los atributos permite determinar la resiliencia en un sistema natural y, por ende, conocer el estado de su integridad ecológica. En este sentido, sugieren efectuar el análisis de los Atributos Ecológicos Clave<sup>2</sup> (AEC), para determinar el estado de la conservación de los objetos de conservación que están presentes en un área protegida. Zambrano *et al.* (2007) argumenta que la medición del estado de los atributos proporciona indicios acerca del efecto que están generando las presiones a los cuales están siendo sometidos los objetos de conservación (p. 6). Parrish *et al.* (2003) sostienen que los atributos ecológicos deben ser manejados y conservados para sostener cada objeto de conservación (p. 853). Además, dichos atributos deben mantenerse para asegurar la existencia continua de los objetos de conservación de las áreas protegidas y su persistencia en el tiempo (Parrish *et al.*, 2003; Herrera & Corrales, 2004).

Según TNC (2000) los objetos de conservación son componentes específicos de la biodiversidad, identificados y empleados para desarrollar y dar prioridad a las estrategias de conservación. Por su parte, Parrish *et al.* (2003) definen los objetos de conservación como:

Número limitado de especies, comunidades naturales o sistemas ecológicos completos que se eligen para representar la biodiversidad de un paisaje de conservación o de un área protegida y, por lo tanto, pueden ser utilizados en la medición de la efectividad de las medidas de conservación (p. 853).

De esta manera, la evaluación de la resiliencia tiene que ver con la distancia que existe entre el estado actual del ecosistema y el umbral ecológico, situación en la que puede verse afectados los atributos ecológicos de los objetos de conservación (TEEB, 2010 citado en Rincón *et al.*, 2014). Así, los atributos ecológicos son elementos clave para medir la condición en la que se encuentran los objetos de conservación de un paisaje conservado o un área protegida. Los atributos constituyen la estructura, la composición, las interacciones, como también, factores bióticos o abióticos que hacen posible que el objeto de conservación persista, pero, además también influyen en el tamaño del objeto de conservación, su condición y el contexto paisajístico donde se encuentra (Poiani *et al.*, 2000; TNC 2000; Parrish *et al.*, 2003, Herrera & Corrales 2004; Granizo *et al.*, 2006). Por ello, dichos autores coinciden en que, si los objetos de conservación tienen un tamaño suficiente para recuperarse de los disturbios ambientales, poseen procesos ecológicos funcionales y, además, cuentan con una composición, estructura y función, es probable que se mantengan en el largo plazo.

---

<sup>2</sup> Zambrano *et al.* (2007) sugieren denominarlos Valores Objeto de Conservación (VOC)

Para Granizo *et al.* (2006), los atributos ayudan a determinar “el estado de salud ecológico” del objeto de conservación, de manera que, si la biodiversidad tiene todos sus atributos en buen estado, es factible que se encuentre estable o en condición de equilibrio.

Partiendo de lo mencionado por los anteriores autores, se puede considerar que los atributos ecológicos como la composición y estructura biológica; regímenes ambientales, interacciones bióticas y perturbaciones naturales; área dinámica mínima y conectividad (TNC 2000; Poiani *et al.*, 2000; Parrish *et al.*, 2003; Herrera & Corrales, 2004; Granizo *et al.*, 2006) podrían determinar gran parte la resiliencia ecológica, pero no su totalidad, ya que es una propiedad condicionada por múltiples factores socioecológicos (Rincón-Ruíz *et al.*, 2014).

La composición y estructura biológica se refiere a la abundancia de especies (número de especies) y la extensión espacial global (rango) del objeto de conservación (Parrish *et al.*, 2003; Herrera & Corrales, 2004). Poiani *et al.* (2000) mencionan otros componentes estructurales y de composición, como la estructura de edad, la evidencia de reproducción, el tamaño o la abundancia de la población y, cuando sea posible, la diversidad genética y las poblaciones mínimas viables (p. 138).

Los regímenes ambientales, interacciones bióticas y perturbaciones naturales incluyen patrones climáticos (precipitación y temperatura), fenómenos hidrológicos y químicos del agua (aguas superficiales y subterráneas), procesos geológicos y geomorfológicos, regímenes de fuego y otras perturbaciones naturales, como la depredación, parasitismo, mutualismo, inundaciones (Poiani *et al.*, 2000; Parrish *et al.*, 2003; Herrera & Corrales, 2004; Zambrano *et al.*, 2007). De igual forma, Poiani *et al.* (2000) señalan que cuando los regímenes ambientales y las perturbaciones naturales se ven empujados fuera de sus rangos naturales de variabilidad por la acción humana, los cambios en los ecosistemas y las especies continúan y, en caso extremo, pueden sobrepasar umbrales de tolerancia ecológica no reversibles (Holling, 1973; Thompson, 2011; Simula & Manzur, 2011; Lloret, 2012).

El área de dinámica mínima corresponde a la extensión o el tamaño necesaria para asegurar la supervivencia o restablecimiento de un objeto de conservación después de un disturbio natural (Poiani *et al.*, 2000; Herrera & Corrales, 2004).

La conectividad hace referencia al acceso que tienen los objetos de conservación a todos los hábitats y el flujo de transferencia y procesos esenciales, físicos y biológicos para mantener las relaciones ecológicas con otros sistemas para así completar sus ciclos de vida (Poiani *et al.*, 2000; Zambrano *et al.*, 2007; Vélez & Sal, 2008).

Thompson (2011) habla de la importancia de mantener la conectividad para reducir la fragmentación y la recuperación de los hábitats perdidos a través de la expansión de las áreas protegidas (p. 29). Por su parte, Arias *et al.* (2008) plantean que el alcance estratégico de las rutas de conectividad permite mantener intercomunicados las áreas protegidas, para así garantizar que las especies tengan capacidad de movimiento y puedan mantener sus procesos ecológicos y funcionales. Las rutas de

conectividad deben complementarse con un enfoque de manejo integrado de paisajes (p. 38). Kappelle *et al.* (1999), citado en Céspedes *et al.* (2008), agregan que la conectividad constituye un eje que podría enlazar y complementar iniciativas locales de corredores biológicos, para avanzar en el manejo adaptativo de las áreas protegidas. En tanto, Barborak *et al.* (2015) menciona la importancia de mejorar la conectividad del paisaje, para facilitar la migración y colonización de las especies hacia nuevas áreas climáticamente aptas (p. 38).

A continuación, se presentan algunas investigaciones relacionadas con la evaluación de la resiliencia en ecosistemas terrestres, priorizando el desarrollo de atributos ecológicos que pueden usarse para evaluar la resiliencia que presentan las áreas protegidas a cualquier escala:

La investigación de Jiménez (2009) evaluó la resiliencia del sistema de tierras dedicadas a la conservación de Costa Rica ante el cambio climático, a partir de un análisis compuesto por cinco atributos, tres de los cuales corresponde a cambios en la composición florística, las amenazas a la conservación y conectividad, que fueron tomados de la investigación de Poiani *et al.* (2000) y adaptados al objeto de estudio. Los otros dos fueron propuestos por la autora para complementar el análisis de la resiliencia, siendo el primero el grado de cobertura y fragmentación de las zonas de vida y, el segundo, los cambios en la superficie de las zonas de vida transicionales. Para la evaluación del grado de cobertura de las zonas de vida, Jiménez (2009) tomó como indicador el área de bosque absoluta y proporcional de cada zona de vida con cambios en la distribución futura, basada en los resultados de su investigación “Determinación de los cambios potenciales en la extensión y distribución geográfica de las zonas de vida de Costa Rica asociados al cambio climático”. Para el caso de la valoración de la fragmentación de las zonas de vida dentro de las áreas protegidas, se tomó como indicador el grado de fragmentación de las zonas de vida actuales, versus, las zonas de vida según los escenarios futuros. El segundo criterio se refiere a los cambios en la superficie de las zonas de vida transicionales, que se enfocó a determinar el porcentaje de la superficie de cada zona de vida que se mantiene potencialmente frente al cambio climático y la que es procedente de otras zonas de vida en proceso de cambio.

Guo & Liu (2017) proponen una red ecológica regional a través de un enfoque ecológico del paisaje, con el propósito de mejorar y restaurar la conectividad de las áreas. Mediante la superposición en ArcGIS y la utilización de algoritmos de ruta, el estudio integró datos ambientales y socioeconómicos que son relevantes en proyectos SIG y que permiten encontrar soluciones óptimas para el establecimiento de una red ecológica regional que actúe como un marco metodológico para mejorar la conectividad del paisaje. Después de la adición de áreas de protección, los mapas resultantes en ArcGIS crean la configuración del paisaje que representa un enfoque potencial para la conectividad ecológica regional.

El estudio de Saura *et al.* (2017) fue dirigido al desarrollo de un indicador de conectividad de las Áreas Protegidas (AP), para cuantificar el porcentaje de conectividad de las redes que tienen las AP en todas las ecorregiones terrestres del

mundo. Los autores propusieron el indicador *Protected Connected* (ProtConn), que permite evaluar la diferencia de las superficies de conexión protegidas, desprotegidas y transfronterizas, con el cual se busca aportar a la evaluación de los objetivos globales de áreas protegidas bien conectadas para el 2020. La aplicabilidad del indicador determinó que el 9,3 % del mundo está cubierto por áreas protegidas conectadas (promedio para todas las ecorregiones del mundo), donde este porcentaje se considera menor, en comparación con el 14,7 % de cobertura global de las AP (es decir, la tierra cubierta por AP, ya sea conectada o no). Estos resultados sugieren que la superficie de las AP no es garantía para lograr la conectividad del paisaje y el mantenimiento de los ecosistemas.

La investigación de Sánchez (2019) se enfocó en la evaluación y cuantificación de la resistencia de los bosques y la determinación de los factores de resiliencia de los sistemas forestales a las perturbaciones naturales, con el fin de obtener información sobre los procesos de dinámica subyacente posterior a la perturbación. Se combinó el desarrollo de distintos enfoques metodológicos con aplicaciones prácticas para distintos tipos de bosques y perturbaciones, analizando cuatro estudios de caso. En el primero de ellos, se combinaron indicadores cuantitativos de resistencia y resiliencia con los resultados de análisis de trayectorias de composición y estructura forestales para comparar las dinámicas post-perturbación de bosques boreales afectados por plagas de insectos. En el segundo estudio, se desarrolló una medida cuantitativa para caracterizar la capacidad de respuesta de los bosques a perturbaciones, denominados “índice de persistencia. El tercer estudio empleó el índice de persistencia para evaluar las variaciones en la vulnerabilidad de los pinares no serótinos, frente a los incendios a lo largo de su sucesión natural. Para ello, se propuso un método para generar cronosecuencias a partir de los cambios en composición y estructura entre inventarios consecutivos en parcelas permanentes. Finalmente, en el cuarto estudio, se evaluaron los efectos de las interacciones interespecíficas, la estructura del rodal y las condiciones climáticas en el desarrollo de pies juveniles de pinos no serótinos después de un gran incendio.

Los resultados de este estudio revelaron la manera cómo influye la composición y la estructura de la vegetación en la resiliencia de los bosques boreales a las perturbaciones causadas por plagas. Asimismo, se resalta que la diversidad de especies como indicador de este atributo fue relacionado positivamente con la capacidad de respuesta de los bosques mediterráneos a las perturbaciones. No obstante, la identificación de especies clave desempeñaba un papel más importante en estos procesos que el número de especies *per se*. En el caso particular de pinares no serótinos, los resultados mostraron que la capacidad de respuesta y sensibilidad al fuego de tienen estas especies varió a lo largo de las trayectorias sucesionales, en función de los cambios generados en la composición y estructura. Además, después de un gran incendio, el éxito del regenerado estaba condicionado por el tamaño relativa de los plantones y los rebrotes de roble vecinos y por las condiciones climáticas, que reforzaban el efecto competitivo de los vecinos. En general, el estudio aportó conocimiento de la manera en que la resiliencia forestal varía a lo largo de la sucesión natural, como también, contribuyó a determinar el papel que juegan los factores ambientales y la estructura de los bosques en estos procesos.

Guerra-Martínez *et al.* (2020) plantearon un marco metodológico para la evaluación de la resiliencia ecológica de un ecosistema, mediante la combinación secuencial de la percepción remota y muestreos en campo, con el fin de determinar las causas que la promueven a diferentes escalas espaciales. La metodología propuesta sugiere abordar tres aspectos: 1) Análisis de la recuperación de los atributos del ecosistema (cobertura, altura) a escala regional y de paisaje, incorporando insumos de percepción remota (imágenes de satélite) que muestren el cambio de cobertura y uso del suelo; (2) evaluación de la resiliencia desde una perspectiva a escala local que implique el análisis de las variables ecológicas más relevantes como la estructura, la diversidad y la función ecológica de la vegetación; y (3) a partir de los insumos a escala local, retornar a niveles de trabajo menos detallados (regional y paisaje) que permitan modelar los datos obtenidos en campo mediante índices de vegetación.

Por su parte, el estudio de Moyano & Rusinque (2020) analizó el estado de la conectividad de 13 áreas protegidas ubicadas en el departamento de Caquetá, Colombia y que ocupan una superficie del 38,50 % de su territorio total, bajo figuras legales de conservación. Para la evaluación de la conectividad de las áreas protegidas desde la ecología del paisaje, se trabajó con cinco sistemas planetarios: atmosférico, hidrosférico, geosférico, biosférico y antroposférico. Cada sistema planetario arrojó una matriz de costo que sirvió como insumo para el procesamiento de la información en ArcGIS y, de esta manera, contribuyó a la elaboración de una superficie de costo para cuantificar el estado de la conectividad entre áreas protegidas del departamento. Después de la obtención de la superficie de costo, el estudio calculó el índice ProtConn propuesto por Saura *et al.* (2017), el cual midió el porcentaje de Área Protegida (AP) conectada, dando como resultado que el 99% de las AP presentes en el departamento de Caquetá se encuentran bien conectadas. El otro 1 %, es decir, 4.828 hectáreas que están distribuidas en los municipios de San Vicente del Caguán, Cartagena del Chairá y Florencia no se encuentran conectadas, lo que significa que al interior de estas áreas se presenta algún elemento perturbador que está dificultando la propagación de flujos o procesos ecológicos. A su vez, este porcentaje permitió establecer que el 38,45 % de la superficie total del departamento está cubierto por áreas protegidas bien conectadas. El estudio también determinó que el 5% de las áreas protegidas se conectan por medio de las áreas transfronterizas, es decir las áreas que se encuentran alrededor del área de estudio y que influyen en la conectividad de las demás.

La investigación *Connectivity of protected areas: effect of human pressure and subnational contributions in the ecoregions of tropical andean countries* (Castillo *et al.*, 2020) estableció una base de datos de áreas protegidas validada para los Países Andinos Tropicales (PAT) como Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela, a partir del indicador ProtConn creado por Saura *et al.* (2017). Los cálculos determinaron el porcentaje del territorio protegido y conectado para cada una de las ecorregiones terrestres de los PAT, donde también se estimó los efectos de la huella humana en la conectividad. El análisis de los datos encontró que el 27 % de las ecorregiones en el PAT están protegidas y conectadas en más del 17 % de sus superficies. Esto significa que, de las 67 ecorregiones evaluadas, solo 18 de ellas

cumplen en términos de conectividad y representatividad ecológica. Adicional a esto, al incluir en el análisis los impactos de las actividades humanas, el estudio concluyó que la conectividad de las áreas protegidas es más baja de lo que los anteriores estudios globales proyectaban. En la investigación destaca que, a pesar de los esfuerzos de los países por ampliar la cobertura de sus áreas protegidas, las políticas de los gobiernos no han tenido en cuenta los efectos que generan la huella humana en la conectividad del paisaje. Los datos sugieren que los PAT no alcanzarán la meta 11 de Aichi del Plan Estratégico del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), donde se definió que para el 2020, al menos el 17 % de la superficie terrestre de cada país debe estar protegida, en términos de conectividad y representatividad ecológica.

### **2.3 SISTEMA DE ÁREAS PROTEGIDAS DE COLOMBIA**

En Colombia, la conservación de los recursos naturales renovables y la declaración de las áreas protegidas de carácter nacional surgieron a través de la expedición del Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, conocido como el Decreto Ley 2811 de 1974. Esta disposición normativa dispuso en su Artículo 47°: “Podrá declararse reservada una porción determinada o la totalidad de recursos naturales renovables de una región o zona cuando sea necesario para organizar o facilitar la prestación de un servicio público, adelantar programas de restauración, conservación o preservación de los recursos naturales y del ambiente”. Asimismo, esta legislación determinó en su Artículo 308° las áreas de manejo especial, definiéndolas como aquellas que se delimita para administración, manejo y protección del ambiente y de los recursos naturales renovables.

Otros avances de la protección del ambiente se dieron con la promulgación de la Constitución Política de 1991 y sus artículos 7°, 8°, 49°, 58°, 63°, 70°, 79°, 80°, 334° y 336°. En virtud de lo anterior, en dichos artículos se relacionan aspectos ligados a la conservación y protección de la biodiversidad de la nación, como también, a la delimitación y el mantenimiento de las áreas de especial importancia ecológica.

Más adelante, se expidió la Ley 99 de 1993 “Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible), se reordenó el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organizó el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y se dictaron otras disposiciones en materia ambiental”. Asimismo, otorgó competencias a las autoridades ambientales para la reserva, declaración y administración de las áreas protegidas reguladas en el marco del Decreto Ley 2811 de 1974.

Poco tiempo después, se proclamó la Ley 165 de 1994, que aprobó el "Convenio Internacional sobre la Diversidad Biológica", en cumplimiento de los compromisos asumidos por Colombia con la Organización de las Naciones Unidas (ONU), celebrada en Río de Janeiro, Brasil el 5 de junio de 1992. Con la firma de este Convenio, Colombia asumió diversos compromisos relacionados con la protección y la conservación de la diversidad biológica, entre ellos, la de establecer un sistema de áreas protegidas o áreas con medidas especiales para conservar la diversidad biológica; elaborar directrices para la selección, el establecimiento y la ordenación de

áreas protegidas o áreas donde haya que tomar medidas especiales para conservar la diversidad biológica; reglamentar o administrar los recursos biológicos importantes para la conservación de la diversidad biológica, ya sea dentro o fuera de las áreas protegidas, para así garantizar su conservación y utilización sostenible; promover la protección de ecosistemas y hábitat naturales y el mantenimiento de poblaciones viables de especies en entornos naturales; promover un desarrollo ambientalmente adecuado y sostenible en zonas adyacentes a áreas protegidas, con miras a aumentar la protección de esas zonas (Art. 8°. Conservación in situ, Ley 165 de 1994).

Otro instrumento nacional de gestión de la biodiversidad, lo constituyó la primera Política Nacional de Biodiversidad en el año de 1996, con la cual el país avanzó en el establecimiento de directrices y medidas para la promoción de la conservación, el conocimiento y el uso sostenible de la biodiversidad.

Así mismo, la expedición de la Ley 388 de 1997 orientó determinaciones para la conformación de las áreas protegidas en el ordenamiento ambiental del territorio. En su Artículo 10° acordó que los municipios y distritos deberán tener en cuenta en sus planes de ordenamiento territorial las áreas que integran el Sistema de Parques Nacionales Naturales y las Reservas Forestales Nacionales, por lo tanto, tendrán la responsabilidad de participar y gestionar acciones que propendan por su buen uso y funcionamiento, conforme a las directrices que el ministerio y sus entidades adscritas dispongan para tal fin.

Años más tarde, se expidió el Decreto 2372 de 2010 que reglamentó el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP), definió las categorías de manejo que lo conforman y los procedimientos generales relacionados con el Sistema. Luego, con el CONPES 3680 del mismo año, se establecieron directrices para la planificación de la protección y el mantenimiento de la diversidad biológica, como también, para el ordenamiento ambiental y territorial del Sistema de Áreas Protegidas. Posteriormente, las anteriores disposiciones normativas fueron compilados en el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible 1076 de 2015, que incorporó en un solo cuerpo normativo todos los decretos reglamentarios vigentes expedidos hasta la fecha en materia ambiental.

El SINAP en Colombia se constituye como el conjunto de áreas protegidas, actores sociales y estrategias e instrumentos de gestión que las articulan, para contribuir como un todo al cumplimiento de los objetivos de conservación del país. En este caso, incluye todas las áreas protegidas de gobernanza pública, privada o comunitaria, y del ámbito de gestión nacional, regional o local (Minambiente, p. 10).

Por otra parte, en el marco del Convenio de Diversidad Biológica ratificado por Colombia en el 2004, el país estableció unos instrumentos de planificación para el manejo de las áreas protegidas, que estuvieron dirigidos al desarrollo de planes de trabajo para la gestión y gobernanza del sistema nacional de áreas protegidas, estableciendo estrategias e intervenciones a fin de garantizar la integridad ecológica de estas áreas que fueron creadas para la conservación de la biodiversidad del país. Bajo los preceptos anteriores, se continuaron proclamando otras disposiciones

legales que integran el marco normativo de las áreas protegidas y se determinan acciones técnicas, presupuestas e investigativas para avanzar hacia la gestión y la conservación de estos espacios naturales. Fue así como en el 2010 se presentó ante el Consejo Nacional Ambiental la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y Sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE), como revisión y actualización de la Política Nacional de Biodiversidad formulada en 1996. Después, el Ministerio de Ambiente aprobó en el 2012 la PNGIBSE, reconociéndola como una política de Estado a cargo de la Gestión Integral de la Biodiversidad y Sus Servicios Ecosistémicos (GIBSE), de manera que, sus programas y planes de acción deben procurar por mejorar y mantener la resiliencia de los sistemas socio-ecológicos, a escalas nacional, regional, local y transfronteriza, mediante la acción conjunta, coordinada y concertada del Estado, el sector productivo y la sociedad civil.

De acuerdo con el reporte del Registro Único Nacional de Áreas Protegidas (RUNAP), en Colombia se registran 1343 áreas protegidas con una superficie total de 31.408.466 hectáreas, de las cuales el 16,28 % ocupa una superficie terrestre del país con 18.591.285 hectáreas y el 13,80% corresponde a superficie marina con 12.817.181 hectáreas.

### **2.3.1 Categorías y unidades de manejo del Sistema Nacional de Área Protegidas de Colombia (SINAP)**

Colombia cuenta con un Sistema Nacional de Áreas Protegidas que pasó de 490 áreas protegidas en el año 2010, equivalentes a 21.210.961 hectáreas (10 % del territorio nacional), a 1.428 áreas protegidas en el 2022 (Ver cuadro 1), que ocupan una superficie de 31.458.049,67 hectáreas geográficas, es decir, 15,19 % del territorio nacional (RUNAP, 2022).

El Sistema de Parques Nacionales Naturales (SPNN) se divide en siete tipos de áreas: Parque nacional, área natural única, reserva natural, santuario de fauna, santuario de fauna y flora, santuario de flora y vía parque. En el país existen 59 áreas con una extensión de 17.541.575,89 hectáreas geográficas, las cuales constituyen el 56 % del total del SINAP. El sistema está integrado por 43 Parques Nacionales Naturales (PNN), 12 Santuarios de Fauna y Flora, 2 Reservas Naturales Nacionales (RNN), 1 Vía Parque y 1 Área Natural Única (ANU), todos ellos representativos de los ecosistemas más frágiles y más importantes para la Nación (RUNAP, 2022).

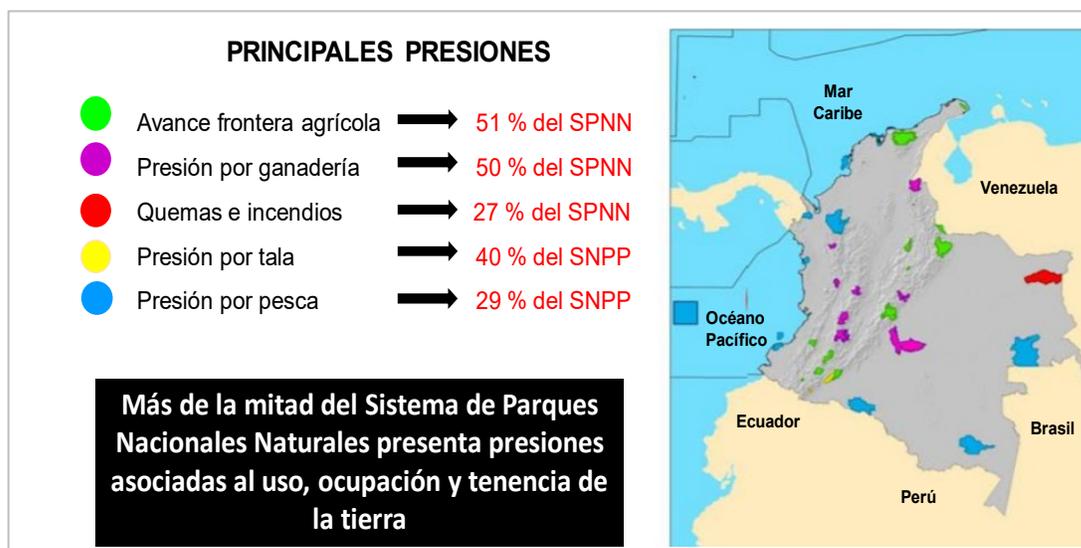
Según PNN (2015), el SPNN está siendo afectado por problemáticas de influencia humana, altamente perjudiciales para la integridad de las áreas protegidas. Como se puede observar en la figura 1, dichas amenazas están asociadas con el aumento de la frontera agropecuaria, la tala indiscriminada, el establecimiento de infraestructura o desarrollo de procesos productivos fuertemente impactantes desde la perspectiva ambiental. Los impactos de estas intervenciones están ocasionando alteraciones en los sistemas ecológicos protegidos, produciendo transformación y degradación del paisaje y sus elementos ecosistémicos, como también, siendo probable que la mayoría de sus áreas protegidas estén alcanzando un alto porcentaje de extinción de sus especies nativas (p. 8).

**Cuadro 1. Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Colombia**

Ámbito de Gestión	Categoría de Áreas Protegidas (AP)	Número de AP por Categoría	Hectáreas Resolución	Hectáreas Geográficas	
Áreas protegidas nacionales	Reservas Forestales Protectoras Nacionales	57	551.466,28	549.518,80	
	Distritos Nacionales de Manejo Integrado	4	9.715.811,36	9.323.697,42	
	Áreas Protegidas del Sistema de Parque Nacionales Naturales (SPNN)	Parque Nacional Natural	43	17.472.091,93	17.541.575,89
		Área Natural Única	1		
		Reserva Natural	2		
		Santuario de Fauna	1		
		Santuario de Fauna y Flora	9		
		Santuario de Flora	2		
Vía Parque	1				
Subtotal	120	27.739369,56	27.414.792,10		
Áreas protegidas regionales	Áreas de Recreación	10	792,90	792,84	
	Distritos de Conservación de Suelos	18	115.150,55	115.491,86	
	Distritos Regionales de Manejo Integrado	115	2.664.157,64	2.702.740,86	
	Parques Naturales Regionales	59	724.068,68	770.814,05	
	Reservas Forestales Protectoras Regionales	97	227.932,14	225.398,10	
	Subtotal	299	3.732.101,91	3.815.237,71	
Áreas protegidas locales	Reserva Natural de la Sociedad Civil	1009	224.881,39	228.019,85	
<b>Total Áreas Protegidas del SINAP</b>		<b>1428</b>	<b>31.696.352,87</b>	<b>31.458.049,67</b>	

**Fuente:** <https://www.parquesnacionales.gov.co/portal/es/sistema-nacional-de-areas-protegidas-sinap/registro-unico-nacional-de-areas-protegidas/>

Así mismo, la entidad de Parque Nacionales Naturales reporta que de las 59 áreas del SPNN, 34 se encuentran ocupadas por asentamientos humanos, que en su mayoría corresponden a colonos, seguido de indígenas y comunidades negras. Estos procesos de ocupación están degradando las áreas, debido a que están siendo escenarios de conflictos relacionados con el uso, ocupación y tenencia ilegal de predios. Según esta entidad, los conflictos están asociados a dinámicas territoriales donde confluyen aspectos de orden normativo, social, político y armado. PNN calcula que la tasa de transformación de cobertura se aproxima a 56.951 hectáreas/año. También ha estimado que alrededor de 486.000 hectáreas del SPNN se encuentran afectadas por un uso y ocupación inadecuados de las cuales 1.354,5 hectáreas corresponden al PNNAFIW. Esta problemática es generada por alrededor de 30.000 familias que, aisladas y en condiciones de pobreza, buscan los medios para subsistir, aumentando su vulnerabilidad y reduciendo su calidad de vida (PNN, 2015, p. 33).



**Figura 1.** Áreas del SPNN amenazadas por presiones asociadas al uso, ocupación y tenencia de la tierra.  
**Fuente:** PNN, 2014b

### 2.3.2 Parque Nacional Natural Alto Fragua Indi Wasi

El Decreto Ley 2811 de 1974 en su artículo 329° definió la categoría de parque nacional como un área de extensión que permite su autorregulación ecológica y cuyos ecosistemas en general no han sido alterados sustancialmente por la explotación u ocupación humana, y donde las especies vegetales de animales, complejos geomorfológicos y manifestaciones históricas o culturales tiene valor científico, educativo, estético y recreativo nacional y para su perpetuación se somete a un régimen adecuado de manejo.

La declaratoria del PNNAFIW surgió luego de procesos de concertación realizados en el año de 1999, con la formalización de un convenio interadministrativo entre el Ministerio de Medio Ambiente (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible), la Asociación de Cabildos *Tandachiridu Inganokuna* y la ONG estadounidense *Amazon Conservation Team* (ACT), con el propósito de establecer un área de manejo especial de conservación en la región del río Fragua, en el alto Caquetá (Mayr, 2002, p. 81).

Con la materialización de este convenio se llevaron a cabo estudios de caracterización cultural de la zona del Fragua, como parte de las finalidades asignadas al SNPN, en su compromiso con la conservación de las áreas de manejo especial, protección de la biodiversidad e integridad de los ecosistemas estratégicos para la nación (Decreto 2372 de 2010).

Posteriormente, en el año 2011, la Asociación de Cabildos *Tandachiridu Inganokuna* solicitó al Ministerio de Ambiente apoyar al pueblo ingano en la constitución de un área de manejo especial, biológica y cultural, en la región del Fragua, Caquetá,

Piedemonte Amazónico colombiano, con el propósito de reconocer los derechos territoriales indígenas del pueblo Inga (Mayr, 2002, p. 81).

Fue así como años más tarde, el Ministerio del Medio Ambiente expidió la Resolución 0198 del 25 de febrero de 2002, por la cual reserva, alindera y declara el PNNAFIW y lo vincula al SINAP.

Este parque tiene una extensión de 68.000<sup>3</sup> hectáreas y se localiza en el piedemonte de la Cordillera Oriental, al suroccidente del Departamento del Caquetá, a 60 kilómetros de Florencia, en los municipios de San José del Fragua y Belén de Los Andaquíes.

Al interior del parque se encuentra ubicado el 70 % del territorio del resguardo denominado la Esperanza perteneciente a la etnia Páez y en sus reservas contiguas se encuentran tres resguardos: Yurayaco de la etnia Inga, El Portal de la etnia Páez y La Cerinda de la etnia Embera-Catio (Ruiz *et al.*, 2007, p. 412).

Con la constitución de este parque, se han emprendido acciones para proteger la selva de la vertiente oriental de la Cordillera Oriental que constituye un corredor entre los ecosistemas Andino y Amazónico, donde se presenta una invaluable riqueza de especies de flora y fauna, que están siendo amenazados por procesos de asentamientos humanos, principalmente por colonos.

Así mismo, en la actualidad se presentan amenazas al interior del PNNAFIW, relacionadas con la presencia de ocupación humana no planificada, que desarrollan sistema productivos y extractivos que afectan la integridad ecosistémica del área protegida, además de la presencia de cultivos ilícitos y problemas de orden público por actores armados (Ruiz *et al.*, 2007).

De igual forma, en el área se han efectuado algunos estudios exploratorios y de diagnóstico, relacionados con la caracterización biológica del territorio indígena Ingano, donde el Instituto de Investigaciones de Recursos Biológico Alexander Von Humboldt determinó que, el área correspondiente a la Región del Río Fragua del Alto Caquetá es una de las de mejor estado de conservación de la Cordillera Oriental, donde habitan especies de animales y vegetales aún desconocidas y, otras, se encuentran en peligro de extinción (Gema, 2000).

Conforme a las metas establecidas en el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 “Pacto por Colombia, pacto por la equidad”, la Unidad Especial de PNN adelanta estrategias para la solución de conflictos por uso, ocupación y tenencia en las áreas protegidas del SPNN, como también en el marco de la implementación de los acuerdos de paz relacionadas con la disminución de conflictos socioambientales. De esta manera, en el pasado cuatrienio 2014-2018 se establecieron procesos de restauración ecológica con comunidades campesinas que hacen uso y habitan en las

---

<sup>3</sup> 68.000 hectáreas según la Resolución 0198 del 25 de febrero de 2002 de creación del PNN Alto Fragua Indi Wasi, no obstante, esta cifra se ha actualizado por la oficina técnica SIG DTAM en el año 2012.

áreas del SPNN, lo que permitió la firma de 41 acuerdos de restauración ecológica en el PNNAFIW. Estas acciones se vienen abordando desde un enfoque diferencial, territorial, transicional y participativo, en conjunto con las comunidades campesinas, instituciones del gobierno y organizaciones sociales y ambientales de carácter nacional e internacional (PPN, 2018, p. 8).

En cuanto a la presencia de cultivos de uso ilícito en el PNNAFIW, se han erradicado 2,9 hectáreas de coca, de las 44 reportadas por la Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC), con corte al año 2018 (PPN, 2018).

### **2.3.3. Unidad Administrativa Especial del sistema de Parque Nacionales Naturales (UAESPNN).**

En el proceso de reestructuración del Estado en el 2011, a través del Decreto 3572 de 2011 se creó la Unidad Administrativa Especial denominada Parques Nacionales Naturales de Colombia. Este organismo es el encargado de la administración y el manejo de (SPNN) y la coordinación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP). Su naturaleza es de carácter técnico con autonomía administrativa y financiera, adscrita al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y con jurisdicción en todo el territorio nacional. Tiene la responsabilidad de liderar todo lo concerniente a las áreas protegidas, por lo tanto, entre sus funciones se destacan: “Proponer al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible las políticas, planes, programas, proyectos y normas en materia del SINAP” y “Coordinar la conformación, funcionamiento y consolidación del SINAP y de las áreas protegidas, de acuerdo con las políticas, planes, programas, proyectos y la normativa que rige dicho Sistema” (PNN, 2014a, p. 13).

## **2.4 LAS ÁREAS PROTEGIDAS COMO UNIDAD DE PLANIFICACIÓN PARA LA CONSERVACIÓN**

La planificación de las áreas protegidas para la conservación de la biodiversidad debe considerarse como un tema prioritario para todas las naciones, a fin de asegurar la oferta y el aprovechamiento sostenible de los recursos biológicos en el largo plazo.

Basado en lo anterior, el conocimiento de la biodiversidad y el mantenimiento de las relaciones ecosistémicas en las áreas protegidas debe servir de base para orientar las decisiones que conduzca a la planificación de acciones y medidas, que contribuyan al logro de los objetivos de la conservación global.

La planificación implica un ejercicio de articulación entre diferentes actores de carácter gubernamental, no gubernamental y científico, donde se establezcan ejercicios de diálogo y de concertación, para la implementación de políticas, planes y programas que vayan dirigidos a favorecer la conservación de la diversidad biológica y los servicios ambientales asociados (Rincón *et al.*, 2014; Barborak *et al.*, 2015).

Frente a las diversas presiones naturales y de influencia humana, resulta cada vez más importante el conocimiento científico de la biodiversidad y su funcionamiento,

con el cual se puedan conocer las dinámicas de cambio que enfrentan las áreas protegidas, y así proponer estrategias que lleven a estos sistemas naturales hacia un nuevo estado de mayor integridad y resiliencia, sin que se vean afectados sus atributos, procesos y funciones que sustentan la provisión de los servicios ecosistémicos (Granizo *et al.*, 2006; Rincón *et al.*, 2014).

Por consiguiente, se considera importante la planificación de las áreas protegidas como mecanismo que asegure por un lado la conservación, y por otro, orienten la gestión de acciones que conduzcan al aumento de la resiliencia de estos sistemas frente a los cambios ambientales. Al respecto, diversos autores describen una serie de medidas y estrategias, que se esbozan a continuación:

- Las instituciones en los países responsables de las áreas protegidas deben reevaluar el modelo de conservación actual, para que se prioricen rutas de conectividad entre pequeñas y grandes extensiones de paisajes, el cual permita la recuperación de hábitats fragmentados y la migración efectiva de especies. Esta estrategia busca, particularmente, generar escenarios intermedios para crear un sistema interconectados de área protegidas, paisajes con diferentes usos del suelo, áreas de amortiguamiento y corredores biológicos que favorecen el desplazamiento de las especies y la colonización de los distintos hábitats (Poiani *et al.*, 2000; Finegan *et al.*, 2008; Arias *et al.*, 2008; Cuesta, 2015). En línea con lo anterior, se han encontrado suficientes estudios que argumentan la importancia de la conectividad entre las áreas protegidas, que conducen al mantenimiento de la resiliencia de los ecosistemas, siendo mayor la probabilidad de restauración y recuperación de las especies en paisajes interconectados, que en fragmentos aislados y dispersos. Aquí se considera fundamental identificar otras áreas de carácter regional que pueden considerarse para contribuir al proceso de restauración de la conectividad ecológica (Herrera & Finegan, 2008; Arias *et al.*, 2008).
- Incorporar los ecotonos en el diseño de las áreas, que permitan mantener poblaciones con mejor capacidad de tolerancia a las variaciones climáticas proyectadas (Cuesta, 2015).
- Acceder a modelos de escenarios climáticos para identificar áreas más estables a los escenarios futuro, con el propósito de que estas áreas puedan considerarse como refugios biológicos y puedan contener pequeñas poblaciones donde no han ocurrido extinciones locales. Estudios consideran que, por efectos del cambio climático, es probable que se estén presentando modificaciones en la estructura y la composición de las comunidades biológicas, interrumpiendo la productividad de los ecosistemas y las interacciones bióticas, que pueden cambiar la abundancia relativa y los rangos geográficos de las especies, causando extinciones y creando comunidades nuevas que emergen como respuesta al cambio climático (Parmesan *et al.*, 2000 citado en Lorente *et al.*, 2004; Arias *et al.*, 2008; Buytaert *et al.*, 2011; Feeley, 2012; Bellard *et al.*, 2012; Blois *et al.*, 2013).

- Otra medida lo constituye la valoración integral del área protegida, identificando elementos estructurantes que hacen parte de su dinámica interna y externa, que corresponden a factores ecológicos, sociales, económicos, culturales y políticos, con el cual se puedan generar capacidades de análisis colectivo para la toma de decisiones más equilibradas, que respondan con mayor eficiencia a la gestión de medidas y acciones que integren los intereses de todos. Esto constituye una gestión más real y efectiva para implementación de las acciones que se consideran necesarias llevar a cabo, cumpliendo así con los objetivos de conservación establecido para estas áreas (Granizo *et al.*, 2006; Vélez & Sal, 2008; Rincón *et al.*, 2014).
- Establecer programas de investigación y monitoreo a largo plazo, que permitan retroalimentar la efectividad de las acciones de manejo adaptativo y el riesgo de las comunidades biológicas a las diversas amenazas por factores naturales o humanos. El monitoreo y el seguimiento se constituyen en aspectos preventivos que aportan a la gestión de las áreas protegidas y a la toma de decisiones en materia de conservación (Dourojeanni & Quiroga, 2006; Finegan *et al.*, 2008; Arias *et al.*, 2008; Cuesta, 2015).
- Avanzar hacia la investigación prospectiva para conocer el posible comportamiento que pueden tener las especies o las áreas protegidas, frente a escenarios modelados, principalmente, por factores climáticos. Los escenarios modelados se constituyen en poderosas herramientas de apoyo a la gestión, además orientan la toma de decisiones para anticiparse a los posibles hechos y generan acciones eficaces que permiten introducir cambios necesarios para no llegar a situaciones desfavorables en el futuro (IDEAM *et al.*, 2015).

Tal y como lo reconocen los diversos autores mencionados, dichas estrategias solo incluyen algunas posibilidades que deben analizarse de manera integral, contemplando requerimientos de tipo técnico, científico, social, financiero y político, para que en conjunto se pueda repensar la planificación y la gestión de las áreas protegidas.

Bajo estos preceptos, la planificación resulta un pilar fundamental en el mantenimiento de la resiliencia de las áreas protegidas, así como también, orientan las acciones para lograr metas de conservación, en un contexto donde dichos sistemas son complejos, dinámicos, evolutivos y están expuestos constantemente a presiones y perturbaciones ambientales de carácter natural y antrópico.

De igual forma, existen muchos vacíos, que hasta ahora no han sido debidamente analizados para comprender la totalidad de los procesos funcionales de estas áreas; por lo tanto, la planificación debe considerarse como el camino a seguir, para trazar programas, planes y proyectos que actualicen, generen y retroalimenten la base científica y técnica, orientada a la toma de decisiones consensuadas y eficaces en el corto y largo plazo.

### 3. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1 PERSPECTIVA EPISTEMOLÓGICA

El presente estudio adopta la perspectiva epistemológica del pragmatismo, donde el conocimiento teórico se combina con su aplicación práctica (Barrera, 2014). Para Hernández & Mendoza (2008) consiste en un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación, que incluye la recolección, el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, con el fin de lograr un mayor entendimiento del fenómeno estudiado.

#### 3.2 ENFOQUE METODOLÓGICO

Esta es una investigación teórica de revisión de literatura, donde a partir del marco teórico interpretativo de la resiliencia ecosistémica busca proponer lineamientos de gestión para su futura aplicación en cualquiera de las unidades o categorías de manejo de las áreas protegidas (Cairampoma, 2015). Según la profundidad del objeto de estudio esta investigación es de tipo exploratoria; por tanto, esta aproximación metodológica se fundamenta en la recopilación de información, la identificación de antecedentes clave y la descripción de procesos fundamentales que habrán de examinarse a profundidad en futuras investigaciones (Stebbins, 2001).

Para la construcción de la metodología se recurrió a la revisión sistemática y el análisis de la literatura científica, siguiendo las directrices de Manchado *et al.* (2009): Identificar las fuentes de información y establecer la estrategia de búsqueda, definición de las variables de estudio, selección y clasificación de los estudios, extraer la información relevante, analizar la información y presentar los resultados ordenados. A partir de los criterios anteriores se elaboró el marco conceptual de la metodología, tomando como referencia la confluencia de distintas metodologías planteadas por autores como Poiani *et al.* (2000); Parrish *et al.* (2003); Herrera y Corrales (2004) y Vargas (2007) y aportes realizados por los autores de la presente investigación.

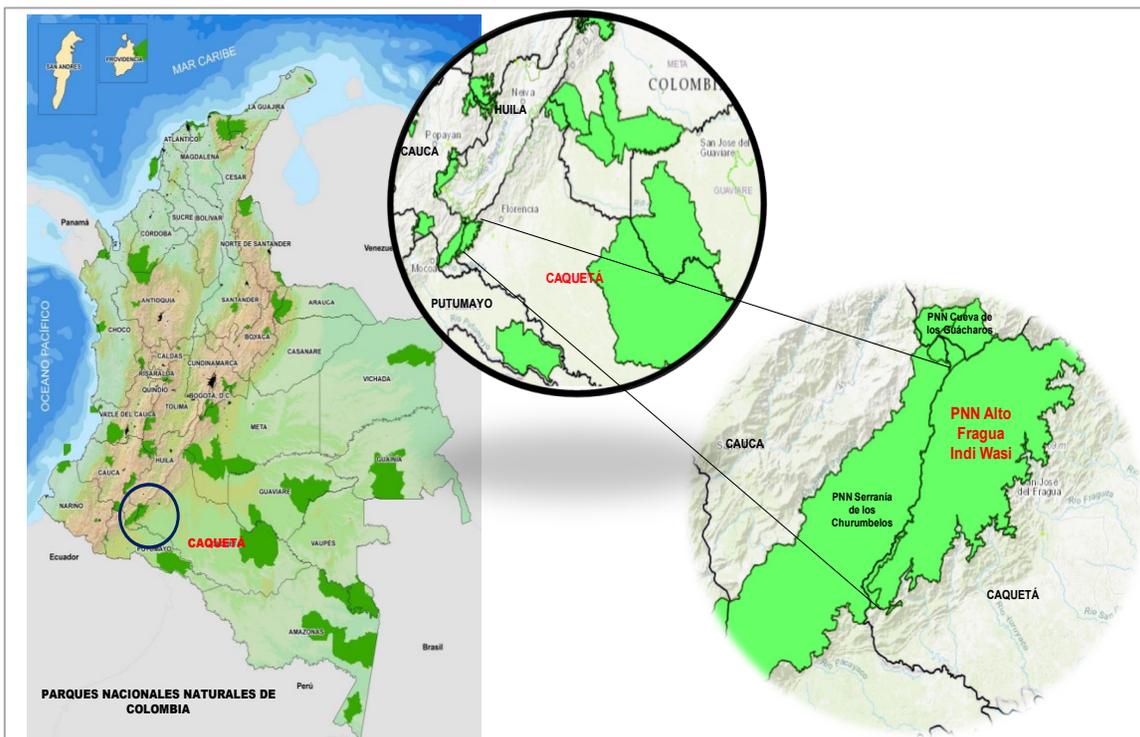
La aplicación de la metodología se centró en el desarrollo del protocolo de revisión sistemática exploratoria, propuesto por Manchado *et al.* (2009) y, posteriormente, su aplicación en la práctica. De esta forma, se realizó la identificación de los objetos de conservación que influyen en el PNNAFIW y la selección de los atributos ecológicos que actúan como indicadores del estado de la resiliencia de los objetos de conservación evaluados. Con el procesamiento de los datos y el análisis de los resultados se logró determinar la resiliencia ecosistémica del área protegida, para así proponer estrategias de uso, conservación y manejo adaptativo de la misma.

### 3.3 DISEÑO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.3.1 Área de estudio de aplicación de la metodología.

El PNNAFIW se encuentra ubicado en el extremo sur occidental del departamento del Caquetá, en la región del Piedemonte Amazónico o zona de Transición Andino Amazónica en la Cordillera Oriental en jurisdicción de los municipios de San José del Fragua y Belén de los Andaquíes (Figura 2). Limita al norte con el Parque Nacional Cueva de los Guácharos y la Reserva Forestal de la Amazonía, al occidente y sur con el Parque Nacional Serranía de los Churumbelos Auka Wasi y al oriente con el Parque Municipal Natural Andakíes (PNN, 2018).

El PNNAFIW fue declarado en el 2002 como área protegida de carácter nacional, mediante Resolución 0198 emanada por el Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible. Se localiza entre los 900 y 2.895 m.s.n.m., su temperatura promedio es de 19.9 °C, una precipitación promedio de 3.200 mm/año y una humedad relativa del 85 a 90%. El clima es templado muy húmedo a frío muy húmedo. Tiene un área total geográfica de 76.094,17 hectáreas (RUNAP, 2022). Se caracteriza por ser una zona de la Cordillera Oriental en buen estado de conservación, con importantes endemismos y una excelente oferta de servicios ambientales (PNN, 2018).



**Figura 2.** Localización del Parque Natural Nacional Alto Fragua Indi Wasi, departamento de Caquetá.

**Fuente:** Registro Único Nacional de Áreas Protegidas, 2020

### 3.3.2 Proceso metodológico.

El proceso metodológico de la tesis comprende dos momentos, primero formular una propuesta para determinar la resiliencia de áreas protegidas en Colombia y segundo la aplicación de esta al caso del PNNAFIW, lo cual se realizó con base en 5 fases, a saber (cuadro 2): Realización de actividades académicas preliminares, formulación de la metodología para determinar la resiliencia del sistema de áreas protegidas de Colombia, aplicación de la metodología al caso del PNNAFIW en el departamento de Caquetá, Colombia, elaboración de informe final y preparación, sustentación y entrega de la tesis de grado.

En el cuadro 2 se detallan de manera resumida, las etapas que hacen parte de cada fase, con la descripción de sus pasos.

**Cuadro 2.** Fases, etapas y pasos de la investigación.

FASES		ETAPAS		PASOS
F <sub>i</sub>	Nombre	E <sub>ij</sub>	Nombre	
F <sub>1</sub>	Fase 1. Realización de actividades académicas preliminares.	E <sub>1.1</sub>	Etapas asesoría para el trabajo.	Reunión de trabajo entre investigadores y director de tesis.
		E <sub>1.2</sub>	Etapas de búsqueda de documentación bibliográfica y consulta de información especializada.	Consulta y revisión bibliográfica de estudios e información especializada en el tema propuesto. Análisis de la información y articulación con otras metodologías para la concreción de una propuesta conceptual y metodológica de evaluación de la resiliencia ecosistémica de áreas protegidas de Colombia.
F <sub>2</sub>	Fase 2. Formulación de la propuesta metodológica para la determinación de la resiliencia ecosistémica de las áreas protegidas de Colombia.	E <sub>2.1</sub>	Etapas de identificación y descripción de la secuencia y operaciones de la metodología para la evaluación de la resiliencia ecosistémica de las áreas protegidas.	Diagramación y conceptualización de las secuencias y pasos que conforman la metodología para la evaluación de la resiliencia ecosistémica de las áreas protegidas.
F <sub>3</sub>	Fase 3. Aplicación de la metodología, estudio de caso del Parque Nacional Natural Alto Fragua Indi Wasi en el	E <sub>3.1</sub>	Etapas aplicación de la metodología para la evaluación de la resiliencia del PNNAFIW.	Revisión de información de literatura y material cartográfico.
				Asesoría con personal especializado en SIG.
				Selección de atributos ecológicos clave y sus indicadores, con base en información disponible en fuentes oficiales y científicas.
				Modelación de los atributos ecológicos a través del uso de modelos digitales de

	departamento de Caquetá, Colombia.			elevación y de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Calificación cuantitativa de los atributos mediante un rango de escala.
		E <sub>3.2</sub>	Etapa análisis de calificación de atributos para evaluar la resiliencia del PNNAFIW.	Análisis e interpretación cuantitativa y cualitativa de los resultados generados.
		E <sub>3.3</sub>	Etapa identificación y priorización de estrategias de uso, conservación y manejo adaptativo que favorezcan la capacidad de resiliencia del área protegida PNNAFIW en el departamento de Caquetá, Colombia.	Revisión y recopilación de información secundaria (Documentos técnicos, lineamientos de política y marco normativo de las áreas protegidas, planes de acción, entre otros).
F <sub>4</sub>	Fase de elaboración de informe final.	E <sub>4.1</sub>	Etapa elaboración del informe final de resultados.	Análisis, discusión e integración de los resultados que se obtuvieron en todas las etapas de las fases F <sub>1</sub> y F <sub>2</sub> .
F <sub>5</sub>	Fase de preparación, sustentación y entrega de la tesis de grado.	E <sub>5.1</sub>	Etapa presentación informe final de Tesis de Grado.	Documento digital e impreso que integre los resultados obtenidos en las fases F <sub>1</sub> , F <sub>2</sub> , y F <sub>3</sub> .
		E <sub>5.2</sub>	Etapa de sustentación de Tesis de Grado.	Presentación del proyecto y sus resultados.
		E <sub>5.3</sub>	Etapa de entrega de Tesis de Grado.	Entrega informe final digital y físico.

### 3.3.3 Descripción de las fases metodológicas.

#### 3.3.3.1 Fase de realización de actividades académicas preliminares (F<sub>1</sub>).

Esta fase integró las asesorías adelantadas con el director de tesis y los investigadores para planeación de las actividades investigativas. También incluyó la revisión de información bibliográfica disponible en documentos físicos y electrónicos, referente a resiliencia de ecosistemas naturales, marcos institucionales de las áreas protegidas en Colombia, guías y metodologías para la evaluación, manejo y la planificación de la resiliencia de las áreas protegidas.

También se realizó una exploración de estudios e información secundaria de diferentes fuentes para construir el estado del arte de las investigaciones realizadas en el contexto regional, nacional e internacional que están relacionadas con el planteamiento del problema de investigación. Para facilitar la búsqueda y la organización de la información, se establecieron cinco categorías de análisis: 1) Áreas protegidas y servicios ecosistémicos. 2). Resiliencia en ecosistemas terrestres. 3) Planificación del manejo de áreas protegidas. 4). Metodología para la resiliencia ecosistémica de las áreas protegidas y objetos de conservación. 5). Estrategias de manejo y adaptación de las áreas protegidas.

### **3.3.3.2 Fase de formulación de la propuesta metodológica para la determinación de la resiliencia ecosistémica de las áreas protegidas de Colombia (F<sub>2</sub>).**

Esta fase abordó la descripción de las secuencias y los pasos que conforman la metodología para la evaluación de la resiliencia ecosistémica de las áreas protegidas. En cada una de las fases que integra la metodología se definieron pasos que operativamente explican la determinación de la resiliencia ecosistémica para el área protegida seleccionada. En la descripción de los pasos se incluyen criterios, indicadores, gráficas, matrices y otros elementos visuales que permiten la comprensión de los datos y la explicación del procedimiento para la medición o el cálculo de la resiliencia ecosistémica del área protegida seleccionada. Para la definición de los pasos que integra la metodología propuesta, los investigadores procedieron a revisar, recopilar y analizar las fuentes bibliográficas y electrónicas, que estuvieron disponibles en las bases de datos especializadas y centros de documentación.

### **3.3.3.3 Fase de aplicación de la metodología, estudio de caso del Parque Nacional Natural Alto Fragua Indi Wasi en el departamento de Caquetá, Colombia (F<sub>3</sub>).**

En esta fase se presenta un estudio de caso semi-detallado para evaluar la resiliencia ecosistémica del área protegida PNNAFIW en el departamento de Caquetá, Colombia, donde se aplica la metodología propuesta en la presente investigación.

Para su desarrollo, se efectuó la búsqueda, selección y análisis de información disponible del área protegida seleccionada y de los objetos de conservación priorizados. De igual forma, se obtuvo la cartografía digital del área de estudio que fue facilitada por el IGAC, SINCHI, IDEAM y Sistema de Información para Colombia (SIAC).

Posterior a la recolección de los datos y la clasificación de contenido, se procedió a aplicar la metodología al PNNAFIW. Se inició con un diagnóstico y/o caracterización integral del área de estudio, teniendo en cuenta aspectos biofísicos, ecológicos, sociales, económicos, políticos y administrativos que tienen injerencia (dentro y fuera) en la resiliencia ecosistémica del área protegida. Luego, se seleccionaron los

atributos ecológicos para los objetos de conservación priorizados en el PNNAFIW, con sus respectivos indicadores e intervalos de variación. Seguidamente se continuó con modelación de los atributos ecológicos a través del uso de modelos digitales de elevación y de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Con el análisis de esta información se obtuvo la calificación de los atributos y la resiliencia ecosistémica del área protegida para, finalmente, proponer estrategias de uso y manejo adaptativo del PNNAFIW.

#### **3.3.3.4 Fase de elaboración de informe final (F<sub>4</sub>).**

Correspondió a la redacción del manuscrito final del trabajo de investigación para la entrega de los resultados, teniendo en cuenta la estructuración de las normas técnicas previamente establecidas por la Universidad Surcolombiana para la presentación del documento final. Este informe incluyó la consolidación de las conclusiones y las referencias bibliográficas consultadas.

#### **3.3.3.5 Fase de preparación, sustentación y entrega de la tesis de grado (F<sub>5</sub>).**

Esta fase integra la presentación de los resultados ante los jurados, defensa y entrega del documento final en medio físico y digital a la Universidad Surcolombiana para la obtención del título académico.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 METODOLOGÍA PROPUESTA PARA LA EVALUACIÓN DE LA RESILIENCIA ECOSISTÉMICA EN LAS ÁREAS PROTEGIDAS.

El deterioro ecológico se presenta como un proceso que provoca transformaciones en los ecosistemas, ya sean por factores antrópicos o naturales, a tal grado que puede afectar la permanencia de la diversidad que está presente en los ecosistemas naturales terrestres y áreas protegidas.

Lograr la estabilidad de los ecosistemas terrestres dependerá, en gran medida, de la capacidad de adaptación y el nivel de resiliencia que alcancen los ecosistemas. La resiliencia de los ecosistemas boscosos tropicales puede evaluarse en virtud de su proceso de recuperación y del mejoramiento de su funcionalidad, siendo necesaria para la provisión de servicios ecosistémicos y de los cuales depende el bienestar de la humanidad.

Autores como Redford & Richter (1999), Parrish *et al.* (2003) y Vargas (2007) sostienen que un sistema ecológico mantiene su funcionalidad, cuando ciertos atributos ecológicos como la composición, las características estructurales y funcionales del ecosistema ocurren dentro de sus rangos naturales de variación, consiguiendo resistir y recuperarse a los disturbios naturales o antrópicos.

Para Poiani *et al.* (2000) la funcionalidad de un área de conservación se puede juzgar mejor por el grado en que la composición y estructura de los ecosistemas y de las especies focales se encuentran dentro de sus rangos naturales de variabilidad (p.138). De esta manera, varios autores coinciden en que la evaluación de los atributos de la vegetación puede determinar la existencia de la resiliencia ecológica (Poiani *et al.*, 2000; Gunderson, 2000; Parrish *et al.*, 2003; Thompson, 2011; Lloret, 2012; Rincón *et al.*, 2014). Adicionalmente, Poiani *et al.* (2000) y Vargas (2007) plantean que las especies y los ecosistemas presentes en las áreas de conservación puede ser abordadas a partir de múltiples escalas espaciales y temporales, sobre todo, a la hora de estudiar sus posibles respuestas a los disturbios naturales y humanos. De esta forma, es posible distinguir cuatro escalas geográficas donde interaccionan especies y ecosistemas: local, intermedia, gruesa y regional (Poiani *et al.*, 2000).

Poiani *et al.* (2000) define la escala geográfica local como un área establecida de metros a miles de hectáreas, que incluye especies a escala local y ecosistemas de parche pequeño. Las primeras están restringidas a un hábitat particular, son inmóviles o se dispersan poco, e incluyen muchas especies de invertebrados y plantas; los segundos tienden a ser relativamente discretos, geomorfológicamente definidos y espacialmente fijos (p. 135).

En cuanto a la escala geográfica intermedia, Poiani *et al.* (2000) sugieren que puede estar en un rango de miles a decenas de miles de hectáreas, que incluye ecosistemas de parches grandes y especies de escala intermedia. Los ecosistemas de parches grandes son variables en estructura y composición, con tipos de hábitats internos claramente diferentes y etapas seriales que cambian y se reorganizan con el tiempo y el espacio; las especies de escala intermedia dependen de ecosistemas de parches grandes o de múltiples hábitats (p. 135).

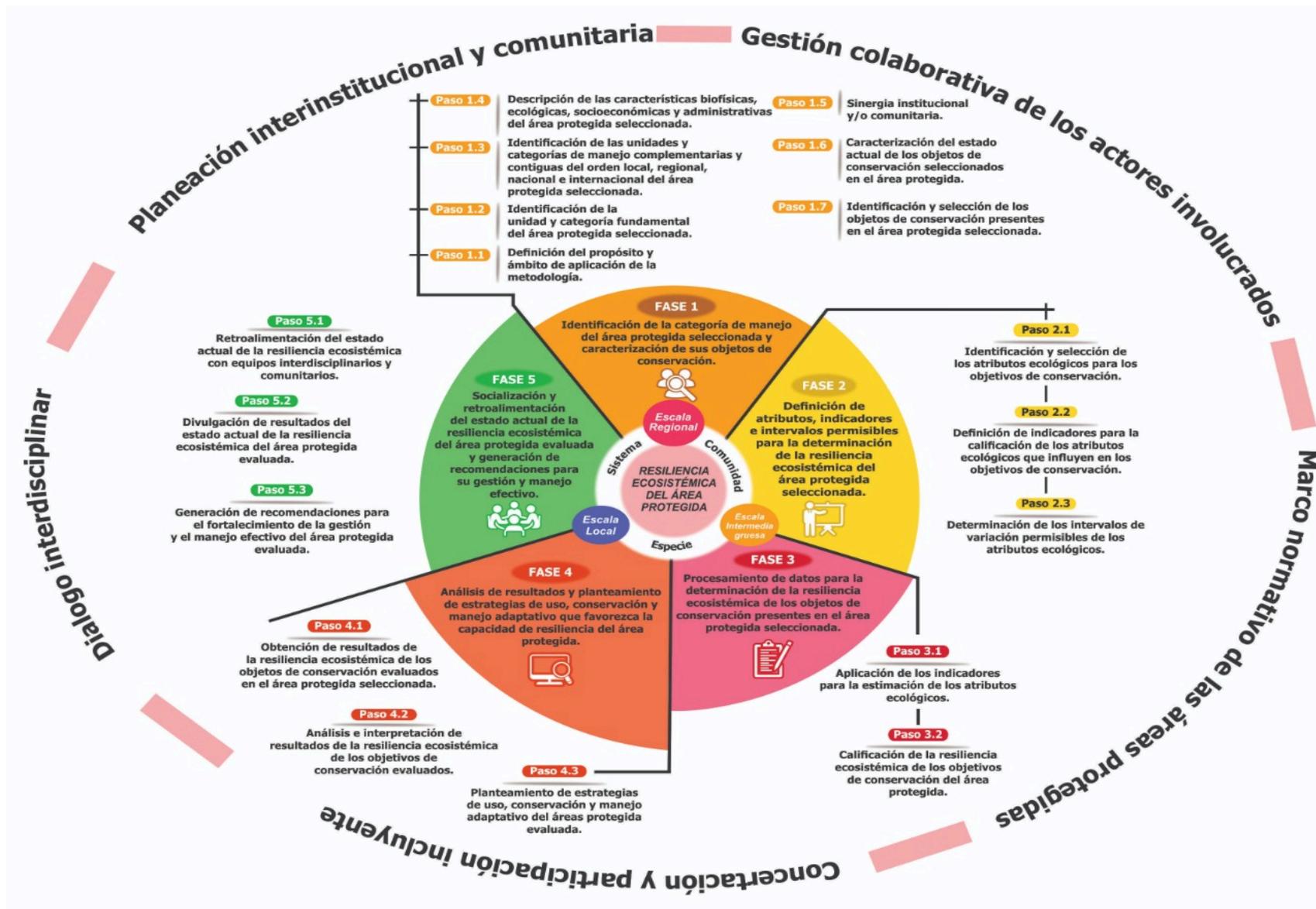
En cuanto a la escala geográfica gruesa, Poiani *et al.* (2000) lo describen como un área integrada de decenas de miles a millones de hectáreas. A esta escala es posible encontrar ecosistemas matriciales que abarcan mosaicos sucesionales, grandes extensiones espaciales, límites amorfos, del cual hacen parte los ecosistemas de parches grandes y pequeños. Por su parte, las especies en esta escala son generalistas del hábitat, se mueven entre ecosistemas y los utilizan a escalas múltiples (p. 135).

En la escala geográfica regional, Poiani *et al.* (2000) mencionan que las especies utilizan recursos en millones de hectáreas o más, incluidos los ecosistemas de matriz natural a seminatural, ecosistemas de parches grandes y pequeños integrados (p. 135).

Para estimar la resiliencia ecológica de un área protegida es importante concebir el análisis desde una perspectiva de multiescalar e incorporar distintos atributos ecológicos que puedan estar presentes en los ecosistemas que hacen parte de las áreas naturales protegidas. Algunos autores coinciden en que el estudio de los atributos ecológicos a diferentes escalas, representa uno de los principales retos de la ecología funcional. De igual forma, se ha determinado que los atributos son una vía muy efectiva para predecir la respuesta de las especies a los cambios ambientales, su impacto en la estructuración de las comunidades biológicas y la recuperación de los procesos ecosistémicos (Poiani *et al.*, 2000; Gunderson, 2000; Violle *et al.*, 2007; Vargas, 2007; Hodgson *et al.*, 2015; Salgado Negret, 2016).

En la figura 3 se presenta una síntesis de la metodología propuesta para la evaluación de la resiliencia ecosistémica de las áreas protegidas de Colombia, que fue construida luego de la revisión de información bibliográfica, tomando como base la confluencia de distintas metodologías propuestas por autores como Poiani *et al.* (2000); Parrish *et al.* (2003); Herrera & Corrales (2004) y Vargas (2007) y los aportes realizados por los autores de la presente investigación.

La metodología integra cinco fases y 18 pasos (figura 3), donde el componente de sinergia interinstitucional y comunitaria se ha dirigido desde un enfoque participativo e incluyente, para permitir la corresponsabilidad en la planeación, gestión y conservación de las áreas protegidas, pues se considera que este proceso debe ser abordado de manera transversal en todas las fases, para que los distintos actores que hacen parte del manejo y la administración del área puedan aportar a la identificación de estrategias de manejo adaptativo, que contribuyan al fortalecimiento de la resiliencia ecosistémica de estas áreas de conservación.



**Figura 3.** Fases y pasos que integran la metodología para la evaluación de la resiliencia ecosistémica en áreas protegidas.  
**Fuente:** Adaptada a partir de Poiani *et al.* (2000); Parrish *et al.* (2003); Herrera & Corrales (2004); Vargas (2007) y complementada con información obtenida durante la revisión de literatura.

Al respecto, es importante considerar que, aunque la presente metodología integra el desarrollo de varios pasos para evaluar la resiliencia ecosistémica de las áreas protegidas de Colombia, se debe tener en cuenta que la priorización de los pasos depende mucho de la información que exista sobre el área protegida seleccionada. De igual forma, es posible que, al momento de la aplicación de la metodología se puedan elegir solo aquellos pasos que contengan información y que sea aplicable al área elegida. Esto significa que la aplicación de la presente metodología puede desarrollarse bajo tres niveles de detalle: preliminar, semi-detallado y detallado. El nivel de detalle elegido dependerá no solo de la información disponible del área protegida, sino además de la indagación que se establezca de la misma y de la profundidad de análisis que se espera alcanzar con el estudio. No obstante, cada equipo de investigadores puede hacer ajustes, adaptaciones o mejoramientos a la metodología original que se presenta en este documento. En el cuadro 3 se describe de manera resumida, las cinco fases, los pasos y los niveles que integra la metodología propuesta.

**Cuadro 3.** Fases, pasos y niveles de detalle que integran la metodología para la evaluación de la resiliencia ecosistémica en áreas protegidas.

FASES	PASOS	NIVELES DE DETALLE		
		Preliminar	Semi-detallado	Detallado
Fase 1. Identificación de la categoría de manejo del área protegida seleccionada y caracterización de sus objetos de conservación.	Paso 1.1 Definición del propósito y ámbito de aplicación de la metodología.			
	Paso 1.2 Identificación de la unidad y categoría fundamental del área protegida seleccionada.			
	Paso 1.3 Identificación de las unidades y categorías de manejo complementarias y contiguas del orden local, regional, nacional e internacional del área protegida seleccionada.			
	Paso 1.4 Descripción de las características biofísicas, ecológicas, socioeconómicas y administrativas del área protegida seleccionada.	X	X	X
	Paso 1.5 Identificación y selección de los objetos de conservación presentes en el área protegida seleccionada.			
	Paso 1.6 Caracterización del estado actual de los objetos de conservación seleccionados en el área protegida.			
	Paso 1.7 Sinergia institucional y/o comunitaria.			

Continuación del cuadro 3. Fases, pasos y niveles que integran la metodología para la evaluación de la resiliencia ecosistémica en áreas protegidas.

FASES	PASOS	NIVELES DE DETALLE		
		Preliminar	Semi-detallado	Detallado
Fase 2. Definición de atributos, indicadores e intervalos permisibles para la determinación de la resiliencia ecosistémica del área protegida seleccionada.	<p>Paso 2.1 Identificación y selección de los atributos ecológicos para los objetos de conservación priorizados en el área protegida.</p> <p>Paso 2.2 Definición de indicadores para la calificación de los atributos ecológicos que influyen en los objetos de conservación.</p> <p>Paso 2.3 Determinación de los intervalos naturales de variación de los atributos ecológicos.</p>	X	X	X
Fase 3. Procesamiento de datos para la determinación de la resiliencia ecosistémica del área protegida seleccionada.	<p>Paso 3.1 Aplicación de los indicadores para la estimación de los atributos ecológicos.</p> <p>Paso 3.2 Calificación de la resiliencia ecosistémica de los objetos de conservación del área protegida.</p>	X	X	X
Fase 4. Análisis de resultados y planteamiento de estrategias de uso, conservación y manejo adaptativo que favorezca la capacidad de resiliencia del área protegida.	<p>Paso 4.1 Obtención de resultados de la resiliencia ecosistémica de los objetos de conservación evaluados en el área protegida seleccionada.</p> <p>Paso 4.2 Análisis de los resultados de la resiliencia ecosistémica de los objetos de conservación presentes en el área protegida.</p> <p>Paso 4.3 Planteamiento de estrategias de uso, conservación y manejo adaptativo de la resiliencia del área protegida evaluada.</p>		X	X
Fase 5. Socialización y retroalimentación del estado actual de la resiliencia ecosistémica del área protegida evaluada y generación de recomendaciones para su gestión y manejo efectivo.	<p>Paso 5.1 Retroalimentación del estado actual de la resiliencia ecosistémica del área protegida con equipos interdisciplinarios y comunitarios.</p> <p>Paso 5.2 Divulgación de resultados del estado actual de la resiliencia ecosistémica del área protegida evaluada.</p> <p>Paso 5.3 Generación de recomendaciones para el fortalecimiento de la gestión y el manejo efectivo del área protegida evaluada.</p>			X

A continuación, se describen las fases y pasos que integran la metodología, según el cuadro 3 y la figura 3:

#### **4.1.1. Fase 1. Identificación de la categoría de manejo del área protegida seleccionada y caracterización de sus objetos de conservación.**

Se considera que el punto de partida para abordar un proceso metodológico que permita la determinación de la resiliencia ecosistémica debe iniciar con la definición del propósito y el ámbito de aplicación de la metodología y la búsqueda de información que exista del área seleccionada, debido a que todo esto facilita la comprensión acerca de la condición actual del área de estudio y, al tiempo, contribuye a la caracterización y al reconocimiento de la unidad de manejo que se abordará y de las problemáticas que subyacen al interior de ésta, como también, de los procesos que se extienden fuera de ella y que influyen en su proceso de funcionalidad (Parker & Pickett, 1997; Parrish *et al.*, 2003).

Es por esto que la primera fase está integrada por siete pasos que corresponden a la definición del propósito y ámbito de aplicación de la metodología; la identificación de la unidad y categoría fundamental del área protegida seleccionada y, a su vez, las categorías de manejo complementarias y contiguas del orden local, regional, nacional e internacional; la descripción de las características biofísicas, ecológicas, socioeconómicas y administrativas del área protegida seleccionada; la identificación y selección de los objetos de conservación presentes en el área protegida seleccionada; caracterización del estado actual de los objetos de conservación seleccionados en el área protegida y, finalmente, la sinergia institucional y comunitaria, que puede ser visualizada como un eje transversal durante el desarrollo de todo el proceso metodológico, siendo esta primera fase un escenario clave donde se generan los vínculos sociales, institucionales y científicos, para hacer posible un proceso de aprendizaje colectivo, que favorezca la toma de decisiones y la corresponsabilidad, como también, la construcción de estrategias de adaptación, desde una perspectiva más participativa e interdisciplinaria.

La búsqueda de información de las características biofísicas, ecológicas, sociales, económicas, culturales y administrativas de las áreas protegidas, se constituye en un aspecto fundamental para la identificación de las distintas problemáticas que influyen en el lugar, lo que permite, por un lado, la caracterización de las presiones y amenazas a los que están expuestos estos sistemas y sus áreas adyacentes y, por otro, la definición de estrategias y acciones para mitigar los efectos tensionantes que suceden dentro del área.

Parker & Pickett (1997) explican que la caracterización diagnóstica del área disturbada aporta un panorama significativo de las diversas redes de interacciones que convergen en el lugar y de los diversos factores de riesgo al que estaría abocado el sistema, incluso, permite determinar si las amenazas identificadas podrían impactar áreas aledañas o incluso paisajes enteros.

Así mismo, es importante tener en cuenta que el sistema nacional de áreas protegidas de Colombia abarcan un amplio abanico de categorías que han sido reconocidas por los gobiernos de cada país como unidades de importancia estratégica, que busca proteger la diversidad e integridad ecológica a cualquier escala, por lo tanto, la reglamentación de su uso, planificación y funcionamiento es tarea conjunta de diversos actores sociales, institucionales y privados, que tienen el compromiso de administrar y manejar las áreas protegidas, para lograr propósitos efectivos de conservación. Por consiguiente, en esta fase también se requiere identificar la categoría a la que pertenece el área protegida seleccionada, teniendo en cuenta la clasificación establecida por el Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Colombia.

### **Paso 1.1 Definición del propósito y ámbito de aplicación de la metodología.**

Este paso incluye la definición del propósito que se quiere lograr con el desarrollo de la metodología y, a su vez, hace referencia a la delimitación de la unidad y categoría de manejo seleccionada, siendo importante precisar el área donde se va a llevar a cabo la investigación.

La metodología descrita por la presente investigación propone un marco conceptual integrado por fases y pasos para la evaluación de la resiliencia ecosistémica en las áreas protegidas de Colombia a diferentes escalas. Se espera que la metodología propuesta sirva como instrumento de planificación y de gestión para la sostenibilidad de estas áreas estratégicas para el país, como también, el planteamiento de estrategias de manejo adaptativo, que permitan mantener la resiliencia ecosistémica de los objetos de conservación de las áreas protegidas.

En cuanto a la aplicación del ámbito de la metodología, la presente propuesta está disponible para orientar la evaluación de la resiliencia ecosistémica de todas las categorías que hacen parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Colombia, aplicable a cualquier área protegida del orden nacional, regional y/o local. Por ejemplo, en el departamento de Caquetá se destaca el PNNAFIW, el PPN Cordillera de Los Picachos y el PNN Serranía del Chiribiquete como parques nacionales naturales de la región Amazónica. En el caso de la categoría de Parque Natural Regional (PNR), en este mismo departamento se tiene el parque Miraflores Picachos que abarca 106.554 hectáreas y se localiza en el norte del Caquetá, entre los municipios de Florencia, El Doncello, el Paujil, Puerto Rico y San Vicente del Caguán, donde nacen los ríos Caguán Alto, Guayas y Orteguzza que hacen parte de la cuenca Amazónica. En la categoría de parque natural local, para el mismo departamento, se cuenta, entre otros, la Reserva Natural de la Sociedad Civil "El Danubio" con una superficie total de 46 hectáreas y 1755 m<sup>2</sup>, ubicado en la vereda Caldas, del municipio Morelia.

## **Paso 1.2 Identificación de la unidad y categoría fundamental del área protegida seleccionada.**

El Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Colombia integra diferentes categorías de manejo, por lo tanto, es imprescindible establecer el tipo de unidad y la categoría de manejo a la que corresponde el área objeto de estudio, a fin de identificar el conjunto de aspectos o elementos que dieron origen a su declaración, el cumplimiento de la misión de la categoría del área y la implementación de estrategias para el manejo efectivo de sus objetivos de conservación.

## **Paso 1.3 Identificación de las unidades y categorías de manejo complementarias y contiguas del orden local, regional, nacional e internacional del área protegida seleccionada.**

Para realizar una visión integral del área de estudio, es necesario establecer su relación con otras unidades y categorías de manejo que pueden ser del orden local, nacional o internacional y que son complementarias y colindantes al área seleccionada. Lo anterior, permite una comprensión más detallada del estado de la conectividad entre diferentes categorías de manejo de áreas protegidas, que podrían limitar o favorecer la resiliencia ecosistémica. Al respecto, la identificación de otras áreas protegidas en el territorio es fundamental al momento de formular medidas y estrategias de uso, conservación y manejo adaptativo de la resiliencia del área protegida. Por otra parte, la articulación que se establezca con las zonas circunvecinas y colindantes al área de estudio contribuye armonizar procesos de planificación, gobernanza y manejo efectivo del área protegida, a fin de incrementar la capacidad de resiliencia del área protegida a largo plazo y favorecer así su adaptación a los cambios.

Es importante tener en cuenta que existen otras distinciones internacionales de áreas protegidas que no hacen parte de las categorías de manejo integrantes del SINAP de Colombia, sin embargo, son reconocidas por organismos como las Naciones Unidas y el Convenio sobre la Diversidad Biológica, asimismo, por los gobiernos nacionales, debido a que son figuras de protección declaradas que aportan a la conservación *in situ* de la diversidad biológica. Estas distinciones internacionales son los sitios Ramsar<sup>4</sup>, las Reserva de Biosfera<sup>5</sup>, Áreas Importantes para la Conservación de las Aves (AICA)<sup>6</sup> y Patrimonio de la Humanidad, entre otras, que se constituyen en estrategias complementarias para la conservación de la biodiversidad.

---

<sup>4</sup> <https://rsis.ramsar.org/es>

<sup>5</sup> <https://en.unesco.org/mab>

<https://www.minambiente.gov.co/direccion-de-bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistemicos/reservas-de-la-biosfera-2/>

[https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Red\\_Mundial\\_de\\_Reservas\\_de\\_la\\_Biosfera](https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Red_Mundial_de_Reservas_de_la_Biosfera)

<sup>6</sup> <https://www.birdlife.org/>

[https://ipt.biodiversidad.co/iavh/resource.do?r=listaespecies\\_aicas](https://ipt.biodiversidad.co/iavh/resource.do?r=listaespecies_aicas)

Al respecto, las áreas reconocidas internacionalmente se deben tener presente al momento de la aplicación de la metodología, pues es posible que muchas de las áreas protegidas que hacen parte del SINAP de Colombia se traslapen con estas distinciones internacionales, por lo tanto, deben ser parte integral en el análisis y la caracterización del área protegida seleccionada, considerando que, estas categorías internacionales permiten articular esfuerzos para una mejor gestión de las áreas protegidas y, además, contribuyen a que los ecosistemas sean más resilientes y puedan seguir brindando bienes y servicios ambientales, ya que gozan de prioridad y reconocimiento por parte de los gobiernos y de organismos extranjeros.

Aquí es importante tener presente que no todas las áreas protegidas se superponen con estrategias complementarias de conservación, como lo son las distinciones internacionales referidas anteriormente, por lo tanto, es conveniente efectuar un exhaustivo análisis del área protegida seleccionada, para indagar acerca de la connotación internacional que puede tener el área de estudio.

Así mismo, también es importante tener presente las áreas protegidas regionales y locales, públicas o privadas (Reserva de la Sociedad Civil) que colindan o se traslapan con el área protegida objeto de estudio, ya que son consideradas como unidades que complementa las acciones de conservación, uso sostenible de la biodiversidad, fortalecimiento institucional, investigación y monitoreo, entre otras. De esta forma, la identificación de áreas protegidas locales como sistemas adyacentes al área objeto de estudio no solo fortalecen la gestión y las estrategias de manejo para la adaptación, sino que, además, contribuyen a la conectividad de procesos ecológicos para el aumento de la resiliencia en el área protegida.

#### **Paso 1.4 Descripción de las características biofísicas, ecológicas, socioeconómicas y administrativas del área protegida seleccionada.**

Este paso comprende la recopilación y el análisis de información secundaria del área protegida seleccionada, en relación con sus aspectos físicos, ecológicos, socioeconómicos, culturales y administrativos. La intención que se busca con la descripción del área es recabar la mayor información posible acerca de sus atributos, características y particularidades, para conocer la situación actual del ecosistema, su evolución biogeográfica y la determinación de presiones y amenazas que influyen en el estado de conservación del área.

En la búsqueda de información del área, también es importante tener en cuenta los saberes locales y empíricos de las comunidades aledañas a la zona, por ejemplo, líderes sociales, campesinos, empresarios, maestros y, en general, todas las personas que puedan estar relacionadas con el área de estudio, debido a que pueden tener una percepción más clara del lugar y de su historia, además pueden aportar datos acerca de las especies que habitan en el ecosistema y las transformaciones que ha sufrido el área, con ocasión a los distintos disturbios naturales y antrópicos de mayor relevancia.

### **Paso 1.5 Identificación y selección de los objetos de conservación prioritarios en el área protegida seleccionada.**

Para la identificación de los objetos de conservación del área seleccionada, se requiere la revisión del marco normativo que dio origen a la declaración del área protegida, por tanto, este paso comprende la búsqueda de información legal, en las formas de resoluciones u otros actos administrativos, sobre los cuales se sustenta el reconocimiento del área como un espacio destinado a la conservación, protección y mantenimiento de los valores naturales y elementos culturales presentes en su interior.

En este sentido, es necesario determinar los diferentes sistemas ecológicos, comunidades naturales o especies representativas de la biodiversidad que caracterizan el área protegida (Granizo *et al.*, 2006), por ende, este paso se enfoca a identificar ecosistemas o especies a diferentes escalas espaciales, que han sido priorizadas como objetos de conservación de preferencia por las autoridades ambientales y que pueden ser de gran importancia para el mantenimiento del buen estado del área protegida.

Parrish *et al.* (2003) describen a los objetos de conservación como el número limitado de especies, comunidades naturales o sistemas ecológicos que representan la biodiversidad de un paisaje de conservación o área protegida (p. 853).

Por su parte, Cardona & Cantillo (2008) se refieren a los objetos de conservación como aquellas entidades, características o valores culturales que se desean conservar en un área de estudio y que pueden estar relacionadas con especies, ecosistemas u otros aspectos importantes de la biodiversidad, que requirieran acciones inmediatas de manejo (p. 10).

En otras palabras, los objetos de conservación representan taxones o hábitats, como ciertas especies, comunidades o asociaciones de especies, ecosistemas concretos o mosaicos de diferentes ecosistemas relacionados entre sí, que actúan como indicadores de la integridad ecológica de un lugar y que se constituyen en sistemas de referencia para evaluar el estado de conservación en la que se encuentra un área protegida (Parrish *et al.*, 2003; Herrera & Corrales, 2004; Atauri & García Ventura, 2012; Simón *et al.*, 2013).

Al respecto, Parrish *et al.* (2003) hacen énfasis en el valor que representan los objetos de conservación para asegurar la persistencia de procesos ecológicos saludables y estables dentro de sus intervalos naturales de variabilidad a largo plazo, de manera que, a su vez reflejan la integridad estructural y funcional de las áreas protegidas en el tiempo y en el espacio.

Por ello, Parrish *et al.* (2003) recomiendan la selección de comunidades o sistemas ecológicos como objetivos de conservación de "filtro grueso", ya que representan un amplio rango de escalas espacio-temporales, además de presentar una mejor

respuesta frente a la gama de factores ambientales y procesos biológicos que se dan al interior de estas áreas y que facilitan una ventana de análisis más holística y completa. Granizo *et al.* (2006) comparten también este planteamiento y recomiendan utilizar el enfoque “filtro grueso-filtro fino”, argumentando que, al conservar los niveles de organización más altos y de filtro grueso como, los sistemas ecológicos o paisajes, se estaría conservando todo lo que se encuentra en su interior como pequeñas comunidades naturales, especies y diversidad genética que corresponde a filtro fino (p. 16).

Granizo *et al.* (2006) agregan que los biomas o las zonas de vida de Holdridge (1967) son un ejemplo de sistemas ecológicos, pues este sistema de clasificación permite establecer correlaciones entre la fisonomía o estructura de la vegetación y factores climáticos como la precipitación, temperatura y la evapotranspiración, por lo tanto, diversos estudios han determinado que el clima influye en la distribución de las especies.

No obstante, otros autores plantean que en la priorización de los objetos de conservación se debe tener en cuenta especies con requisitos ecológicos únicos como, por ejemplo, que se encuentren en peligro crítico de extinción o que pertenezcan a alguna de las categorías de objetos naturales como especies paraguas, indicadoras, focales o clave, debido a que pueden convertirse en referentes de estudios y monitoreo de la biodiversidad de un sistema natural, además las especies que se encuentran en estas categorías juegan un papel fundamental en el sostenimiento de los procesos ecológicos a diferentes escalas geográficas (Walker, 1992; Poiani *et al.*, 2000; Catalá, 2011; Thompson, 2011).

Catalá (2011) menciona, por ejemplo, que los indicadores ecológicos pueden ser y actuar a diferentes niveles jerárquicos, desde un gen hasta una comunidad o paisaje y representan diferentes componentes de la biodiversidad (p. 32). Entre los indicadores ecológicos al nivel de especie se encuentran las especies sucedáneas, que tienen cualidades para estimar cambios o atributos ecológicos de algún componente de la biodiversidad del sistema donde habitan, de modo que, pueden abarcar cuatro categorías de especies: indicadoras, paraguas, bandera y clave (Catalá, 2011, p. 32).

Caro & O'Doherty (1999) explican que las especies indicadoras se han utilizado para evaluar la magnitud de los sistemas naturales a las perturbaciones humanas, determinan la salud ecológica en los ecosistemas, vigilan las tendencias de las variaciones poblacionales de otras especies con las que conviven y definen zonas de gran diversidad biológica regional. Un ejemplo de esta categoría es la palma de cuesco o palma de vino *Scheelea butyracea* que se constituye como una especie indicadora del bosque seco Tropical en la cuenca del río Magdalena en Colombia. Asimismo, la rana cristal *Nymphargus chami* es una especie endémica de Colombia e indicadora de hábitats conservados. Esta especie se distribuye en los departamentos de Antioquia y Risaralda y al sur del departamento de Córdoba, en las estribaciones del PNN Paramillo.

Las especies paraguas o sombrilla requieren de grandes extensiones para el mantenimiento de poblaciones mínimas viables, son generalistas de hábitat y establecen un efecto directo sobre otras especies asociadas; influyen en la delimitación del espacio donde se distribuyen, por ello son utilizadas para el marcaje de áreas de conservación que requieren ser protegidas, además, sirven de substrato o alimentación de especies endémicas o amenazadas del área (Caro & O'Doherty, 1999; Cardona & Cantillo, 2008; Catalá, 2011). Ejemplos de algunas especies paraguas que habitan en las áreas protegidas de Colombia son el tapir o danta amazónica *Tapirus terrestris*, la ballena jorobada *Megaptera novaeangliae*, el oso de anteojos *Tremarctos ornatus*, roble de tierra fría *Quercus humboldtii*, entre otros, las cuales cumplen un papel muy importante en la conservación de estos ecosistemas y también contribuyen a preservar muchas otras especies de niveles tróficos menores.

Por su parte, las especies bandera o emblemáticas usualmente se caracterizan por ser símbolo para atraer la atención pública e influyen en la implementación y desarrollo de programas de conservación por considerar que son especies altamente amenazadas (Caro & O'Doherty, 1999; Catalá, 2011). Entre las especies emblemáticas se cuentan las que son únicas en el mundo y/o constituyen emblemas o símbolos de un país, departamento o municipio como, por ejemplo: la palma de cera del Quindío *Cerexylon quindiuense* es el árbol emblemático de Colombia, el cóndor andino *Vultur gryphus* es el ave emblema del mismo país y hace parte del escudo nacional como símbolo de libertad y soberanía. De igual forma, el guácharo o ave de la caverna *Steatornis caripensis* es una especie emblemática y objeto de conservación del PNN Cueva de Los Guácharos, que corresponde a un área protegida nacional ubicado en el macizo colombiano entre los departamentos del Huila Cauca y Caquetá.

En cuanto a las especies clave, Power *et al.* (1996) explican que estos organismos producen un efecto grande y desproporcionado en relación con su abundancia, aunque algunos estudios sugieren que también podrían estar representadas por un número menor de especies poco dominantes y abundantes (Paine, 1969), por lo tanto, producen grandes impactos en las comunidades y los ecosistemas sobre los cuales tienen influencia, debido a que generan un mayor flujo de energía y estructura tridimensional que sostiene y alberga a otros organismos. Ejemplos de esta categoría lo constituye especies como el roble negro *Colombobalanus excelsa* que se encuentra en el PNN Cueva de Los Guácharos y en la cuenca alta del río Suaza, departamento del Huila. Asimismo, el pecarí de collar *Pecari tajacu* y manatí del Caribe *Trichechus manatus* simbolizan especies clave de los PNN El Tuparro y PNN Tayrona, el cual pertenecen al Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Colombia.

En síntesis, los objetos de conservación pueden dirigirse relativamente a identificar elementos o componentes que caracterizan los sistemas naturales, especialmente, la diversidad biológica, de modo que, suelen estar representados por comunidades ecológicas, especies o grupos de especies indicadoras, paraguas, bandera o clave, los cuales determinan la permanencia, la funcionalidad y la integridad de un medio

natural. En muchos casos es importante establecer la participación de los actores sociales, el trabajo interdisciplinario, el conocimiento científico y local para establecer, en conjunto, la selección de los objetos de conservación que serán priorizados en el estudio de la resiliencia ecosistémica del área en sí.

Hay que tener en cuenta que las áreas protegidas declaradas en cada país responden a objetivos específicos de conservación, por lo tanto, es indispensable la revisión de información secundaria como marcos institucionales y normativos que dieron origen a la creación de estas áreas protegidas, informes técnicos, estudios de las zona, entre otros, a fin de identificar los elementos y criterios que se tuvieron en cuenta para la designación de los objetos de conservación que distinguen el área en términos de representatividad de la biodiversidad y elementos culturales asociados al paisaje.

También es procedente realizar una visita en terreno para verificar el estado en el que se encuentran los objetos de conservación sobre los cuales se pretende actuar. Este aspecto es importante, porque la visita de reconocimiento en el área permitirá agregar información más específica sobre la ubicación, procesos asociados y calidad de los objetos, es decir, la salud ecológica de los mismos (Granizo *et al.*, 2006). Esta información también es muy útil porque permitirá, por un lado, seleccionar los objetos cuyo estado implica la conservación y el funcionamiento de otros objetos o elementos asociados y, por otra parte, la visita de campo permite establecer indicios y obtener una visión más real de las posibles amenazas y oportunidades que afectan o favorecen los objetos de conservación.

Al respecto, se sugiere elaborar una matriz de escala de valoración cualitativa con criterios ponderados para priorizar, finalmente, aquellos objetos de conservación que se encuentren dentro de alguna de las categorías de especies indicadoras, paraguas, bandera o clave, como también, comunidades naturales o sistemas ecológicos que estén presentes en las áreas protegidas y que, con base en la revisión y el análisis de información técnica y científica como, diagnósticos, planes de manejo, planes de conservación, informes o estudios, se pueda demostrar que sobre éstos objetos de conservación pesan amenazas o riesgos y que podrían estar expuestos a presiones ambientales de tipo natural o antrópico como, por ejemplo, incendios forestales, cambio climático, cambios en la cobertura del suelo, inundaciones, entre otras. Los objetos de conservación que obtengan los mayores valores de ponderación serán seleccionados para evaluar su resiliencia ecosistémica.

Por consiguiente, autores como Granizo *et al.* (2006), Aauri & García Ventura (2012) recomiendan las siguientes directrices para la identificación de los objetos de conservación:

- Que exista un mandato legal para su protección o gestión por encontrarse en riesgo de amenaza o de extinción o que pertenezca a alguna de las categorías de los objetos naturales y que fueron descritas anteriormente (especies bandera, paraguas, clave o indicadoras).

- Que sean objetos de conservación en diferentes escalas espaciales y niveles de organización biológica, siempre y cuando exista información de los objetos seleccionados.
- Que requieren de la gestión para la conservación y mantenimiento de los servicios ecosistémicos.
- Que sean representativos de especies, hábitats o ecosistemas a escala nacional o regional.
- Que resulten de interés por su carácter singular, raro o excepcional.
- Que sean de interés por hacer parte de ecosistemas estratégicos o por motivos biogeográficos (por el límite de área de distribución de especies o hábitats/ecosistemas) a escala local, regional, nacional y global.
- Que sean ecosistemas altamente sensibles a perturbaciones ambientales (cambio climático, irrupción de especies invasoras, fragmentación, etc.)
- Que sean relevantes para el mantenimiento de la estructura o funcionamiento del ecosistema (ej. especies clave, procesos clave)
- Que sean de interés por implicar la conservación de forma indirecta de otros objetos de conservación (ej. especies paraguas).

Otros métodos para seleccionar los objetos de conservación consiste en el desarrollo de talleres con actores que hacen parte de la administración de las áreas protegidas como, especialistas, autoridades ambientales y gubernamentales, pobladores locales, académicos, entre otros, de manera que, las fases y los pasos que integran la metodología para la evaluación de la resiliencia ecosistémica en áreas protegidas se convierta en un ejercicio de planificación participativa, donde la priorización de los objetos de conservación deberá obedecer a un proceso crítico, deliberativo y de especial conocimiento de las características particulares del área protegida, estableciendo grupos de trabajo por nivel de especialidad, por ejemplo, objetos de conservación terrestres, acuáticos, fauna, flora, culturales, otros (Granizo *et al.*, 2006).

Otra forma que se puede emplear para la priorización de los objetos de conservación radica en la elaboración de una lista potencial de especies, comunidades naturales o sistemas ecológicos, la cual se podrá obtener a partir de la revisión de marcos legales que dieron origen a la declaración del área, planes de manejo y de conservación del área protegida, estudios e investigaciones que existen en la zona priorizada o mediante la valoración de juicio de expertos para un análisis más riguroso del área protegida. Este último aspecto se considera como un mecanismo de tipo consultivo y de apoyo, donde los expertos dan su opinión sobre la viabilidad de los objetos, en caso de no llegar a acuerdo entre los actores o equipo de trabajo sobre algún objeto de conservación. En el cuadro 4 se presentan algunos ejemplos de objetos de conservación para varias categorías del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Colombia.

### **Paso 1.6. Caracterización del estado actual de los objetos de conservación seleccionados en el área protegida.**

La definición de los objetos de conservación presentes en un área protegida es imprescindible, pues señalan el derrotero a seguir en la caracterización del estado actual de los mismos. En este caso, su caracterización consiste en describir la situación actual en la que se encuentran los objetos de conservación seleccionados y los factores que influyen sobre éstos de tipo hidrológico, topográfico y geomorfológico, geoquímicos, climáticos, estructura y dinámica de la vegetación, socioeconómico y cultural, entre otros. Aquí se trata, básicamente, de documentar el estado en que se encuentran las especies representativas o ecosistemas priorizados en el área objeto de estudio, por lo tanto, la información recolectada reflejará de cierta manera las presiones y los disturbios a los que podrían estar expuestos dichos objetos y que están afectando su integridad ecológica. Por ello, en este paso se efectúa la comprensión entre los factores que están alterando los equilibrios ecológicos de las especies o los sistemas ecológicos elegidos, con respecto a su capacidad de resiliencia.

Al respecto, se propone la búsqueda de información sobre el estado de los objetos de conservación mediante la utilización de fuentes primarias y secundarias. En el cuadro 4 se describen los objetos de conservación presentes en algunas categorías del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Colombia.

**Cuadro 4.** Objetos de conservación presentes en algunas categorías del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Colombia.

Nombre área protegida	Categoría	Región	Departamento ubicación	Superficie (ha)	Categoría de los objetos de conservación (especies, comunidades naturales o sistemas ecológicos)				
					Especies representativas				Sistemas ecológicos
					Paraguas	Bandera	Clave	Indicadora	Biomas o zonas de vida Holdridge
Paramillo	Parque Nacional Natural	Andes (Cordillera Occidental)	Cordoba, Antioquia	504.014		Murciélago de rostro pálido ( <i>Phylloderma stenops</i> )		Rana de cristal ( <i>Nymphargus chami</i> )	
Farallones de Cali	Parque Nacional Natural	Pacífico (Cordillera Occidental)	Valle del Cauca	196.364			Jaguar ( <i>Panthera onca</i> )		
Cueva de los Guácharos	Parque Nacional Natural	Andina (Cordillera Oriental)	Huila, Caquetá	9.000		Guácharo ( <i>Steatornis caripensis</i> )	Roble negro ( <i>Colombobalanus excelsa</i> )		
Cordillera de Los Picachos	Parque Nacional Natural	Amazónica	Caquetá	444.740	Tapir, Danta amazónica ( <i>Tapirus terrestris</i> )				
Alto Fragua Indi Wasi	Parque Nacional Natural	Piedemonte Andino-Amazónico	Caquetá	68.000					bosque húmedo Tropical (bh-T) bosque muy húmedo Premontano Tropical (bmh-PMT) bosque muy húmedo Montano Bajo Tropical (bhm-MBT)
Chingaza	Parque Nacional Natural	Andina (Cordillera Oriental)	Cundinamarca, Meta	76.600		Cóndor de los Andes ( <i>Vultur gryphus</i> )			
El Tuparro	Parque Nacional Natural	Orinoquía	Vichada	548.000			Pecarí de collar ( <i>Pecari tajacu</i> )		
Valle del Cocora	Reserva Natural	Quindío	Zona amortiguadora del PNN Los Nevados			Palma de cera del Quindío ( <i>Ceroxylon quindiuense</i> )			
Los Nevados	Parque Nacional Natural	Andina (Cordillera Central)	Tolima, Caldas, Risaralda y Quindío	38.000	Danta de montaña ( <i>Tapirus pinchaque</i> )				
Tamá	Parque Nacional Natural	Andina (Cordillera Oriental)	Norte de Santander	48.000	Búho moteado ( <i>Ciccaba virgata</i> )				
Utría	Parque Nacional Natural	Costa del Pacífico	Chocó	41.107	Ballena jorobadas, yubarta ( <i>Megaptera novaeangliae</i> )				
Tayrona	Parque Nacional Natural	Costa Caribe	Magdalena	19.309			Manatí antillano, manatí del Caribe ( <i>Trichechus manatus</i> )		
Guanenta Alto Río Fonce	Santuario de Fauna y Flora	Andina (Cordillera Oriental)	Boyacá, Santander	10.429	Oso de anteojos, oso andino ( <i>Tremarctos ornatus</i> )				
Los Flamencos	Santuario de Fauna y Flora	Caribe	Guajira	7.682		Flamenco rosado ( <i>Phoenicopterus ruber</i> )			
La Tatacoa	Parque Natural Regional	Andina (Cordillera Oriental)	Huila	35.140			Cactus Cardon ( <i>Cephalocereus colombianus</i> )		bosque seco Tropical (bs-T) bosque muy seco tropical (bmsT)
Santurbán	Parque Natural Regional	Andina (Cordillera Oriental)	Norte de Santander	11.700	Frailejón ( <i>Espeletopsis funcii</i> ) Roble de tierra fría ( <i>Quercus humboldtii</i> )				

Fuentes primarias: Proporcionan la obtención de datos para captar la realidad desde la perspectiva directa por parte del actor o grupo de personas que tienen conocimiento del área y de las relaciones ecológicas que influyen sobre los objetos de conservación. Este proceso se puede llevar a cabo mediante entrevistas, mesas temáticas, encuestas, grupos focales y diagrama de árbol de problemas, donde se determina información de primera mano del objeto de estudio.

Fuentes secundarias: Se constituye como una fuente de información que facilitan la comprensión de la información percibida y captada de los resultados obtenidos de las fuentes primarias. Estas fuentes incluyen dos procesos: La primera corresponde a la revisión documental que contempla la búsqueda y recopilación de información y diagnósticos preexistentes que están relacionados con los objetos de conservación y que influyen en el área protegida y la segunda, el análisis documental que consiste en la triangulación de la información consultada para el análisis de los factores que inciden de manera directa o indirecta en el área y sobre el objeto de conservación seleccionado.

Este paso se trata en sí de un análisis para la construcción de la línea base y diagnóstica de los objetos de conservación, de manera que se trata de caracterizar los aspectos morfológicos, fisiológicos, ecológicos, ambientales, rasgos de historia de vida, entre otros, con el fin de conocer en sí la biología de los objetos, en el caso de que correspondan al nivel de especie y, por otra parte, aspectos físicos, bióticos, históricos, evolutivos, socio-culturales, entre otros, en caso de que los objetos sean comunidades ecológicas, asociaciones vegetales o ecosistemas. También es importante la indagación de los objetos de conservación con referencia a otros aspectos como, por ejemplo, medidas de intervención y conservación público-privada que se estén llevando a cabo en el presente o se hayan realizado en el pasado, factores limitantes y tensionantes, condición de degradación, entre otros, que influyen en su estado actual.

Para consolidar la información se pueden utilizar diversas herramientas para establecer relaciones de causa y efecto sobre los elementos y aspectos significativos que influyen en los objetos como, por ejemplo, crear una tabla dinámica en excel donde se deposite toda la información que permite resumir y analizar datos, establecer gráficos comparativos acerca de la manera en que algún elemento ejerce influencia o presión sobre el objeto de estudio, patrones de respuesta y tendencias de comportamiento o cambios que presentan los objetos de conservación a diferentes escalas de espacio y tiempo. Otros instrumentos que pueden utilizarse para recolectar, registrar y analizar información respecto a los componentes y elementos que influyen de manera directa o indirecta sobre el funcionamiento de los objetos de conservación son:

Matriz de Interacciones de Leopold: Método de doble entrada de relación causa-efecto para identificar impactos ambientales positivos y negativos en un entorno natural. Puede emplearse para establecer la interacción entre los objetos de conservación y la manera en que éstos pueden ser susceptibles de presiones y/o amenazas por parte de factores ambientales bióticos, abióticos y socioeconómicos.

Este instrumento establece una jerarquía de los impactos más significativos que pueden influir sobre un objeto natural, un área determina o un proyecto, mediante una escala valorativa que se consolida a través de una matriz donde se otorga una calificación.

Método de redes: Se denomina árbol de impactos y consiste en integrar las causas de los impactos y sus consecuencias, a partir de la identificación de las interacciones que pueden existen entre los objetos de conservación o el área protegida versus los factores ambientales bióticos, abióticos y socioeconómicos. La interacción se esquematiza en una matriz, donde se definen los impactos a partir de unos grados de generación de 1°, 2° y 3° orden (Ver cuadro 5.). Luego se continúa con la definición del orden de importancia de los impactos identificados, teniendo en cuenta el grado de generación y el grado de influencia, para así finalizar con la preselección de los impactos, en relación con puntaje total obtenido a partir de la sumatoria de los grados de generación y de influencia.

**Cuadro 5.** Criterios para determinar el orden de importancia de impactos identificados con el método de redes.

<b>Grado de Generación (G)</b>	<b>Grado de Influencia (I)</b>	<b>Puntaje total (T = G + I)</b>	<b>Orden de importancia</b>
<b>Primera generación (G = 3)</b>	Fuerte (I = 3)	6	1°
	Moderado (I = 2)	5	2°
	Bajo (I = 1)	4	3°
<b>Segunda generación (G = 2)</b>	Fuerte (I = 3)	5	2°
	Moderado (I = 2)	4	3°
	Bajo (I = 1)	3	4°
<b>Tercera generación (G = 1)</b>	Fuerte (I = 3)	4	3°
	Moderado (I = 2)	3	4°
	Bajo (I = 1)	2	5°

**Fuente:** Taller método de documentación y síntesis bibliográfica para la identificación y selección de impactos ambientales (Olaya, 2019).

Finalmente, es importante considerar que en este paso se aborda la comprensión integral de los objetos de conservación en el área protegida, por lo tanto, se requiere precisar con mayor nivel de detalle los elementos estructurales que interactúan en el área y sobre el funcionamiento de los objetos de conservación, así como las oportunidades, presiones, amenazas o cambios que se hayan presentado en el proceso histórico de la zona objeto de estudio. De ahí la importancia de utilizar instrumentos metodológicos que sean útiles para lograr análisis que aporten a la construcción de estrategias de uso, conservación y manejo adaptativo de la resiliencia del área protegida.

## **Paso 1.7 Sinergia institucional y comunitaria.**

El establecimiento de relaciones institucionales y comunitaria es muy importante en estos procesos, porque representa el trabajo en conjunto y las discusiones que deben darse para la toma de decisiones y la priorización de estrategias que propendan hacia el restablecimiento y la recuperación del área protegida y de sus objetos de conservación. Como se evidencia en la figura 3, la sinergia institucional y comunitaria es transversal al proceso, ya que está presente de principio a fin en todas las fases de la metodología, por ende, debe ser concebida desde un enfoque participativo e incluyente, donde los diversos actores sociales, gubernamentales y científicos establezcan relaciones de corresponsabilidad en la planeación, gestión y conservación de las áreas protegidas.

Al respecto, la vinculación de los actores sociales y comunitarios que habitan en el área protegida es fundamental para la adopción y efectividad de las estrategias de adaptación que se establezca al final de proceso, por lo tanto, es necesario que los actores institucionales, académicos y científicos establezcan contacto con las comunidades aledañas al área de estudio, para que existan la confluencia entre los saberes locales y científicos, de tal forma que se tenga en cuenta los conocimientos que puedan aportar las comunidades desde su experiencia y se integre la participación plena de estos actores.

La toma de decisiones desde los niveles científico, social e institucional son claves para la construcción de acuerdos comunes y así direccionar políticas, planes, programas o estrategias que estén dirigidas a favorecer procesos de formación, sensibilización y la comprensión del manejo de las áreas protegidas.

El propósito que se busca es la creación de una instancia de concertación y articulación, donde los integrantes participen de principio a fin durante todas las fases de la metodología, por lo tanto, el equipo que conforme esta instancia debe corresponder a personas conocedoras del área que fue seleccionada en el paso 1.1, siendo importante integrar personal con conocimiento del contexto biofísico y socioeconómico de la zona a intervenir.

Para la creación de esta instancia, es importante efectuar un análisis de involucrados para seleccionar los actores que se vincularán directa o indirectamente, conocer sus intereses en relación con el área, su nivel de apoyo o de oposición, sus percepciones, expectativas, el rol protagónico o el vínculo que tienen con el área y su incidencia en la toma de decisión para la implementación de estrategias de manejo y acción, entre otros.

Para la identificación de los diferentes actores institucionales, comunitarios, académicos y científicos que participarán durante el proceso, se sugiere emplear la técnica de mapeo de actores que usa datos cualitativos, donde se determinan las partes relevantes que son claves en el proceso, lo que implica definir quiénes deben participar, cuándo, cómo, qué aportes pueden generar y cuál será el rol que asumirán durante la aplicación de la metodología.

Para la construcción del mapeo de actores, el investigador o entidad a cargo puede iniciar con la identificación de los actores más relevantes, para ello se puede partir de la revisión de información secundaria y de análisis documental del área. Este primer paso se constituye en un diagnóstico preliminar que se lleva a cabo en la fase de campo y que puede fortalecer a través de entrevistas individuales que se realice a actores institucionales, académicos, gremios y comunidad local, que ejercen influencia de manera directa e indirecta.

Luego de la identificación de los actores involucrados, el mapeo continúa con la cualificación de los actores o el análisis de involucrados<sup>7</sup>, que permite identificar características relacionadas con el interés o el papel que van a ejercer los actores involucrados durante el proceso.

Este punto incluye el análisis de las siguientes variables:

- 1) Identificación de los actores, sus funciones y roles dentro del escenario de la aplicación de la metodología.
- 2) Identificación de los intereses y las expectativas de los actores alrededor del proceso. Por ejemplo, identificar los intereses y las actividades económicas y sociales que desarrollan los actores locales y que pueden considerarse como fuentes de presión o amenazas sobre el sitio. La información de los intereses y expectativas de los actores será relevante para comprender los valores sociales y las prácticas tradicionales que tienen las comunidades locales, la cual impactarán en el establecimiento de las estrategias de uso, conservación y manejo adaptativo de la resiliencia del área protegida evaluada. Para el análisis de los intereses y las expectativas de los actores que harán parte del proceso, se puede emplear técnicas como diagrama o árbol de problemas o la matriz DOFA, con el fin de establecer un diagnóstico real y tomar decisiones en referencia con las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas que están impactando sobre los objetos de conservación del área protegida. La intención que se busca con la aplicación de estas herramientas es la comprensión de las distintas variables que ejercerán influencia en el momento del planteamiento de estrategias de manejo adaptativo del área.
- 3) La posición o nivel de influencia de los involucrados y su incidencia en la estructuración y toma de decisiones en la política pública. Este ítem puede contemplar una valoración cuantitativa para determinar la capacidad que tiene el actor de influir de alguna forma en el estudio.
- 4) Disposiciones normativas que regulan su rol y participación en el escenario de las acciones que se realicen en el área protegida.
- 5) Contribución o capacidad de recursos financieros o no financieros con los que dispone o aporta el actor que hará parte del estudio.

---

<sup>7</sup> El análisis de involucrados hace parte de la metodología de planificación participativa de marco lógico (MML), cuyo método es utilizado en el mundo por distintas agencias y organismos públicos para la estructuración de programas o proyectos. La MML fue diseñada inicialmente por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) en la década de 1960 y, posteriormente, fue adaptada y ajustada por la Cooperación Técnica Alemana (GTZ). Esta herramienta se utiliza para la identificación de grupos de interés.

Para consolidar la información del análisis de involucrados se plantea utilizar la matriz (cuadro 6) desarrollada por la Metodología de Marco Lógico (MML):

**Cuadro 6.** Análisis de actores involucrados en la evaluación de la resiliencia ecosistémica del área protegida.

Actor	Competencia	Rol	Interés o expectativa	Posición o nivel de influencia	Mandato	Contribución financiera, técnica y de servicios

**Fuente:** Metodología de Marco Lógico (MML).

Una vez se tengan definidos los actores involucrados, el rol, las relaciones entre ellos, ya sea a través del mapeo de actores, las actividades que siguen corresponden a la interlocución del equipo definido, la cual podrá llevarse a cabo mediante reuniones, conversatorios, mesas temáticas, talleres o grupos de discusión, que permitan asegurar la continuidad del proceso y los objetivos del estudio. El resultado de cada encuentro será consignado en actas de reunión o informes técnicos para consolidar la trazabilidad de los acuerdos generados por los distintos actores, que implica un proceso de toma de decisiones, donde coexistan diversas miradas y grados de afinidad para lograr una aceptación colectiva de las estrategias de manejo adaptativo y de intervención en el área protegida, de manera que, se vean fortalecidos aspectos como la cohesión social, la gobernabilidad y el ejercicio democrático para generar sinergia y articulación entre los diferentes actores durante todo el proceso.

Algunas herramientas que se pueden trabajar durante los talleres o grupos de discusión son, por ejemplo, la cartografía social. Esta estrategia puede implementarse en procura del trabajo coordinado entre los distintos actores sociales para el análisis y la discusión en común de la investigación o el estudio, teniendo en cuenta los saberes locales, los conocimientos y la experiencia que tienen los distintos actores acerca del área objeto de estudio en sus dimensiones sociocultural, económica, política, biofísica, entre otras. Ésta es una herramienta que considera el territorio o el área de estudio como un referente espacio-temporal, que busca su representación por medio de la construcción de conocimiento colectivo a través de mapas, en donde se muestra las percepciones de los distintos actores con el espacio biofísico, social, económico, histórico y cultural (Vargas, 2007). En línea con lo anterior, la construcción de este conocimiento se logra a través de la elaboración colectiva de mapas que aporten a la elaboración de un diagnóstico participativo de los problemas y las oportunidades del área protegida, la cual integra procesos de comunicación entre los actores participantes y pone en evidencia diferentes tipos de saberes que se mezclan para poder llegar a una imagen colectiva de la zona de estudio.

Los actores involucrados pueden realizar mapas del pasado, del presente y del futuro que referencien información acerca de aspectos productivos, biofísicos, económico, social o de redes institucionales, mapa de conflictos, mapa de infraestructura o de cualquier relación que subsista en el territorio o el área objeto de estudio. A su vez, se pueden generar también recorridos territoriales sobre el área protegida, la cual complementa la cartografía social. A través de la visita al área se puede precisar y actualizar la información consignada en los distintos mapas (Vargas, 2007).

Los distintos mapas aportan al diagnóstico integral del área estudiada y pueden reflejar consensos, discusiones y reflexiones en torno a los objetos de conservación que se quieran evaluar, sin embargo, también pueden reflejar desacuerdos y conflictos, de ahí la importancia de registrar estos diálogos en actas o ayuda memoria, para luego buscar la opinión o el apoyo de expertos. Luego de la construcción de estos mapas, es necesario la socialización de los mismos y las reflexiones que surjan alrededor de su elaboración, de esta forma, tanto los mapas como las ayuda memoria deben ser presentados en una plenaria final donde se exponga y se discutan los mapas elaborados con la participación de todos los que intervinieron en ellos, para lograr consensos y resultados en torno a la definición de los objetos de conservación que se buscan evaluar.

Es importante crear una estrategia de comunicación para dar a conocer los avances, documentos y evidencias que se vayan generando en cada fase de la aplicación de la metodología, donde se articulen elementos y herramientas offline y online, que integre medios de comunicación de tipo convencional y digital, como foros, artículos en prensa y publicaciones académicas, página web, plataformas y redes sociales en línea (Facebook y Twitter). Lo anterior, con el fin de permitir el intercambio, la divulgación de información y de consulta por parte de los públicos que se pueden unir al proceso para aportar desde su experiencia y experticia. Puede considerarse la página web de Parques Nacionales Naturales de Colombia o la del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible como el sitio oficial para divulgación, promoción y publicación de los avances y resultados que se generen en las distintas fases.

#### **4.1.2 Fase 2. Definición de atributos e indicadores para la determinación de la resiliencia ecosistémica del área protegida seleccionada.**

Esta fase comprende la integración y análisis de la información técnica, científica y local que fue generada en la fase anterior y que ayuda a la identificación y selección de atributos ecológicos para los objetos de conservación y, a su vez, el planteamiento de indicadores para la calificación de los atributos que puedan determinar la existencia de la resiliencia ecológica en los objetos de conservación del área protegida.

En este momento de la metodología el trabajo debe dirigirse a la formulación de los descriptores que van a permitir valorar el grado de resiliencia y la dinámica natural en la que se encuentran los objetos de conservación seleccionados.

La relevancia de esta fase también se enmarca en efectuar una buena selección de atributos, que servirán como indicadores del estado de la resiliencia de los objetos de conservación y que sustentan los procesos ecológicos que tienen éstos dentro de sus intervalos naturales de variabilidad a largo plazo.

Los pasos que integran esta fase son los siguientes: 1) Identificación y selección de los atributos ecológicos para los objetos de conservación, 2) Definición de indicadores para la calificación de los atributos ecológicos y 3) Determinación de los intervalos de variación permisibles de los atributos seleccionados. Tales pasos se describen a continuación:

### **Paso 2.1 Identificación y selección de los atributos ecológicos para los objetos de conservación.**

La capacidad de resiliencia que tienen los ecosistemas radica en su potencial para mantener su funcionalidad y depende, en gran medida, del proceso de recuperación de sus atributos ecológicos.

De esta manera, este paso comprende la identificación de los atributos ecológicos para evaluar la resiliencia ecosistémica de los objetos de conservación en el área de conservación. La identificación de los atributos se puede realizar mediante observación directa en el área, revisión documental, por medio de la validación de expertos o del personal interdisciplinario que haya sido identificados en el paso 1.7 de la presente metodología. Para ello, es importante generar espacios de discusión y concertación a través de reuniones y/o talleres virtuales o presenciales.

En este sentido, la identificación de atributos concierne un proceso riguroso para identificar características evolutivas, biológicas y ecológicas de los objetos de conservación, sus interacciones con el entorno físico y su persistencia en el tiempo y espacio (Parrish *et al.*, 2003).

Para la priorización de los atributos se puede tener en cuenta la información generada en el paso 1.6, con relación a los procesos o elementos que más influyen sobre los objetos de conservación y que podrían estar afectando su distribución, reproducción y supervivencia. El análisis de toda esta información se puede esquematizar en una lluvia de ideas o se relacionan aquellos factores que podrían causar cambios significativos en el normal desarrollo de los objetos de conservación y que interfieren en su funcionamiento, capacidad de resiliencia y recuperación.

Con base en la revisión de literatura, la visita al área, la opinión de expertos o la lluvia de ideas generada por el equipo interdisciplinario es posible que surja una lista amplia de atributos para evaluar el estado de la condición actual de los objetos de conservación, para ello se recomienda seleccionar al menos un atributo y no más de cinco para cada objeto conservación, pues este trabajo exige el análisis de mucha información para explicar los resultados obtenidos.

Es importante aclarar que los atributos propuestos por la presente metodología incorporan diversos indicadores, no obstante, se recomienda seleccionar el más adecuado dependiendo del objeto de conservación que se vaya a evaluar y de la información disponible, la premura del tiempo y el detalle que requiera el estudio. De esta forma, no todos los indicadores propuestos en cada atributo aplican para evaluar la resiliencia ecosistémica en un área protegida, pues la presente metodología reúne una serie de indicadores para cada atributo, por lo tanto, se recomienda seleccionar aquellos indicadores sobre los cuales se pueda extraer una mayor información acerca del estado de resiliencia de los objetos de conservación que sean priorizados.

A continuación, se presentan algunos atributos sugeridos por Poiani *et al.* (2000), Parrish *et al.* (2003), Dubois *et al.* (2016) y por los autores de la presente investigación. Tales atributos son: composición y estructura de los ecosistemas; diversidad funcional y especies focales; regímenes ambientales dominantes y perturbaciones naturales; área dinámica mínima y conectividad ecosistémica.

### **Composición y estructura de la vegetación**

La composición florística determina la diversidad de especies vegetales como resultado de la interacción entre distintos factores ambientales, procesos biológicos y un conjunto de especies que se relacionan en el espacio geográfico (Krebs, 2001).

Este componente biológico presente en los ecosistemas trata de establecer conjuntos de especies que denotan maneras de asociarse en patrones o comunidades (Rangel *et al.* 1997, p. 60). Por otro lado, Begon *et al.* (1999) establecen que este elemento es útil para comparar las comunidades vegetales en función de su riqueza de especies y evidenciar aspectos de su ecología.

Por su parte, autores como Gentry (1986); Tuomisto *et al.* (1995) y Clark *et al.* (1998) coinciden en que la composición florística en el neotrópico puede ser precedida a partir de parámetros ambientales, como la fisiografía, las variables climáticas y el suelo.

En cuanto a la estructura de la vegetación, Aguilar *et al.* (2020) mencionan que hace referencia a la forma y distribución de las especies de árboles que forman un bosque, cada una de ellas son importantes en el espacio y dependiendo a su tamaño y altura forman estratos (p. 50).

Para Gadow *et al.* (2007) dicha estructura viene determinada no solo por la distribución más o menos regular de los árboles en el terreno sino, sobre todo, por la mezcla espacial de las distintas especies y el grado de mezcla de árboles con diferentes dimensiones (p. 141).

La mayoría de las comunidades vegetales están constituidas por un ordenamiento espacial que, generalmente, en el caso de los bosques, está representada por una

estructura horizontal y vertical (Rodríguez, 1987; citado en Sánchez & Castaño, 1994). La estructura vertical indica la estratificación o la altura de los árboles, mientras que, la estructura horizontal se refleja en el número de árboles por hectárea (densidad), el área basal y la cobertura (Rangel & Velásquez, 1997, p. 60).

Las estructuras verticales, la distribución diamétrica, la dinámica de regeneración y el desarrollo de las especies son elementos que son fuente de integridad y funcionalidad ecológica, sin embargo, estos atributos se están viendo amenazados o incluso ya, gravemente afectados (Sánchez & Castaño, 1994; MADS, 2012; Ospina Moreno *et al.*, 2020).

En el pasado se pensó que los bosques persistían en un estado de clímax, es decir, con una estructura y composición de especies estables y determinadas por las condiciones del clima y suelo, sin embargo, en la actualidad se les considera sistemas dinámicos, influenciados por sucesos al azar, donde dichos sucesos no sólo contribuyen a determinar qué individuos tienen una cierta probabilidad para sobrevivir o regenerarse, sino que, también puede presentar efectos a largo plazo sobre la composición de las especies e incluso sobre la propia estructura del bosque. Esto significa que, la integridad de la composición y la estructura de los ecosistemas y de las especies puede ser fundamental para mantener la estabilidad interna, la productividad y la resiliencia del equilibrio ecológico en sí (Poiani *et al.*, 2000, p. 138).

Colombia, por su compleja diversidad geológica, geomorfológica, hidrológica y climática, se constituye como uno de los países con mayor biodiversidad, calculándose con razonable certeza, que sus especies, comprende aproximadamente el 10 % de la biota mundial, por lo que se estima que en su territorio se encuentra uno de los patrimonios más diversificados del mundo (MADS, 2012; MADS, 2019).

No menos sorprendente resulta la composición, estructura y fisionomía de sus bosques, que adquieren una extraordinaria densidad de especies arbóreas y mezclas con especies arbustivas y herbáceas. Sobresalen los bosques adaptados a condiciones ambientalmente especiales por la saturación hídrica, como los bosques de pantano, los bosques inundados de tipo fluvial, costero y algunos otros que ofrecen particularidades muy especiales (Sánchez & Castaño, 1994, p. 9).

Al interior de la cuenca amazónica, la diversidad de especies de plantas no es homogénea. Censos recientes en la Amazonia noroccidental a lo largo del piedemonte andino, han demostrado que estos bosques son significativamente más ricos en especies que los bosques de la Amazonia central (Gentry 1985; Krebs, 2001; Duque *et al.* 2003; Barreto *et al.* 2014).

En este sentido, gran parte del territorio colombiano es privilegiado por encontrarse en la región de la Amazonia noroccidental, donde sus bosques presentan una alta riqueza de especies arbóreas que contribuyen al suministro de bienes y servicios ambientales.

Partiendo de esta connotación, la riqueza y la composición florística de los bosques incluyen componentes funcionales que garantizan la integridad y la salud ecológica de los ecosistemas terrestres, tras enfrentar disturbios o perturbaciones (Vargas, 2007; Jiménez, 2009; Lloret *et al.*, 2011; Hodgson *et al.*, 2015; Aguilar & Ramírez, 2015; Guerra *et al.*, 2020).

Tras la ocurrencia de los disturbios naturales o antrópicos, es probable que los ecosistemas terrestres experimenten procesos de sucesión ecológica, en el cual se presentan cambios en la estructura y composición florística de los bosques. Se presentan así diferentes etapas sucesionales, en las que los primeros estadios se caracterizan por su homogeneidad en la composición florística, estableciéndose especies pioneras con rápidas tasas de crecimiento y reproducción, semillas pequeñas y no tolerantes a la sombra. Con el transcurso del tiempo se presenta una heterogeneidad espacial, aumentando así la riqueza y diversidad de las especies (Vargas, 2007; Holling, 2001; Aguilar & Ramírez, 2015).

El MADS (2012) plantea que, en la sucesión ecológica las coberturas vegetales se reorganizan, donde cambian las abundancias y cambian las relaciones ecológicas. Por su parte, Hodgson *et al.* (2015) indican que la sucesión ecológica permite a los ecosistemas terrestres recuperar o restablecer sus atributos perdidos o disminuidos, en términos de estructura, composición y funcionamiento de sus interacciones ecológicas.

El análisis de las perturbaciones naturales se presenta como un componente fundamental en el proceso de renovación o sucesión ecológica que presentan los bosques, para lograr estabilizarse y, de esta manera, aumentar su resiliencia ecológica (Gunderson, 2000; Thompson, 2011; Lloret, 2012). Dependiendo de la escala, ciertas actividades o intervenciones humanas, tales como tala selectiva y rasa, aclaramientos, plantaciones de enriquecimiento y la extracción de la oferta de productos, son acciones comparables con perturbaciones naturales como la caída de árboles por el viento, la creación de claros o la depredación de semillas por animales. En consecuencia, los bosques pueden adaptarse a estos tipos de manejo, dentro de ciertos límites permisibles (Ricker & Daly, 1998). En el cuadro 7 se presentan algunos indicadores biofísicos que representan el atributo de la composición y la estructura de las especies, por lo tanto, intervienen en la funcionalidad ecológica de un área protegida.

Poiani *et al.* (2000) señalan que la funcionalidad o integridad de un área de conservación pueda juzgarse mejor por el grado en que la composición y estructura de los ecosistemas y especies focales se encuentran dentro de sus rangos naturales de variabilidad (p. 138). En tal sentido, la composición y la estructura son componentes esenciales para que un área mantenga la conservación de la biodiversidad saludable y contribuye a la preservación de la dinámica natural. En otras palabras, la composición y la estructura son aspectos fundamentales que hacen posible que los sistemas biológicos persisten, mantengan la estabilidad interna, la productividad y la resiliencia del ecosistema en sí (Poiani *et al.*, 2000; Dubois *et al.*, 2016; Castillo *et al.*, 2020).

**Cuadro 7.** Indicadores biofísicos de la composición y estructura de las especies.

Atributo	Indicador	Cuantificador	Método de análisis
Composición	Coberturas vegetales	Área total o porcentual de cobertura nativa, endémica o introducida.	Cuantitativo: hectáreas, m <sup>2</sup> , %.
	Formas de vida	Árbol (individuo leñoso >5 m en adulto), arbusto (individuo leñoso <5 m y ramificación desde la base), herbazal (no leñosos <1 m).	Cuantitativo: Altura (m) DAP (cm).
	Número de especies	Índice de riqueza.	Cuantitativo: Taxonomía de las especies.
	Beta diversidad	Índice de similitud (Czekanoswski, Jaccard y Coeficiente de Sorensen).	Cuantitativo: Identificación de la composición de especies (Riqueza) vs. número de individuos .
	Indicador de Irreemplazabilidad de Especies (Le Saout <i>et al.</i> , 2013)	Grado de dependencia de las especies del área protegida.	
	Índice de cobertura espacial de especies (The Digital Observatory for Protected Areas - DOPA)	Número de especies y su endemidad entre el total de especies del área protegida.	Cuantitativo: Cálculo del Índice de cobertura de especies (ICE). Mientras mayor sea el valor del ICE, mayor será el número de especies endémicas en el área protegida.
Estructura	Índice de diversidad (densidad, abundancia proporcional, dominancia y equidad)	Índice de Margalef Índice de Simpson Índice de Shannon-Wiener	Cuantitativo: Muestreo de la vegetación y análisis de datos familias - especie: número de individuos, área basal.
	Índice de Valor de Importancia de las especies	IVI (abundancia relativa, dominancia relativa y frecuencia relativa).	Cuantitativo: Sumatoria de los valores relativos de densidad, frecuencia y dominancia de la especie.
	Índice de Predominio Fisionómico (IPF)	IPF (Área basal relativa cobertura relativa, densidad relativa)	Cuantitativo: Análisis de datos: densidad, altura, cobertura y DAP
	Diagramas estructurales	Cobertura (%) según los estratos (metros de altura) de las especies.	Cuantitativo - Cualitativo: Danserogramas o diagramas de formas de vida que ilustran la estratificación de la vegetación.
	Perfiles de la vegetación	Altura, diámetro de copa, DAP.	Cuantitativo - Cualitativo: Diagrama de la distribución vertical y horizontal de la vegetación.

**Fuente:** Elaborado a partir de Matteucci & Colma, 1982; Rangel & Velázquez, 1997; Figueroa, 2014; Le Saout *et al.*, 2013; Dubois, 2016.

## **Diversidad funcional y especies focales.**

La diversidad funcional se describe como el conjunto de características o atributos, como el valor, rango, distribución y abundancia relativa de los rasgos funcionales de las especies (Díaz *et al.*, 2007; Casanoves *et al.*, 2011), que permite comprender el potencial de respuesta que tienen éstas a las variables ambientales (físicas, químicas o biológicas) y socioeconómicas.

Por su parte, Díaz *et al.* (2007) mencionan que la diversidad funcional puede influir en el funcionamiento de los procesos de los ecosistemas, en virtud de la abundancia relativa de las especies, así como el valor de los rasgos de las especies clave (p. 20685).

En relación con lo anterior, diversos autores coinciden en que los rasgos funcionales son atributos morfológicos, fisiológicos y fenológicos, que han desarrollado las especies a lo largo de muchos siglos de evolución en el medio y, que posibilitan su crecimiento, reproducción, supervivencia y desempeño individual en los distintos hábitats (Lavorel & Garnier 2002; Violle *et al.*, 2007; Vargas, 2007). Los rasgos funcionales pueden considerarse como indicadores del esquema efecto-respuesta de ciertas especies "clave" en los ecosistemas, porque permiten comprender las reacciones y los impactos que presentan éstas ante factores bióticos y abióticos, lo que constituye un importante análisis para determinar el estado de conservación, perturbación o degradación en los sistemas ecológicos (Petchey & Gaston 2006; Casanoves *et al.*, 2011; Villéger *et al.*, 2013; Salgado, 2016).

Cairns *et al.* (1993) citado en Poiani *et al.* (2000) mencionan que existen ciertas especies indicadoras que se utilizan para indexar o representar las condiciones ambientales, en particular, las condiciones relacionadas con la degradación ecológica (p. 134). Adicionalmente, la pérdida o eliminación de las especies "clave" en los ecosistemas pueden tener un efecto en cascada sobre otras especies y procesos ecológicos (Poiani *et al.*, 2000, p. 134).

Los rasgos funcionales también pueden caracterizar adaptaciones de las especies para responder a presiones ambientales, con el cual les permite aumentar su dominancia en la comunidad local y, a su vez, impactar en el funcionamiento de los ecosistemas (Casanoves *et al.*, 2011; Salgado, 2016). No obstante, en los ecosistemas también se presentan ciertas especies clave que, aunque mantengan una baja dominancia, es innegable su importancia en el funcionamiento de los procesos ecológicos (Díaz & Cabido, 2001; Vargas, 2007; Villéger *et al.*, 2013; Salgado, 2016). Incluso, algunas investigaciones referencian el valor que tienen las especies con baja dominancia en los procesos de recuperación o resiliencia de los ecosistemas (Walker, 1992; Allison, 1996; Gunderson, 2000; Díaz & Cabido, 2001; Martín-López *et al.*, 2007; Díaz *et al.*, 2007; Herrera & Finegan, 2008; Thompson, 2011; Villéger *et al.*, 2013).

Los rasgos funcionales que tienen las especies pueden desempeñarse como indicadores para determinar la capacidad de resistencia, resiliencia y estabilidad de

los ecosistemas (Vargas, 2007; Casanoves *et al.*, 2011; Mason & De Bello, 2013), por ello, es posible identificar muchos de estos atributos directamente en campo, en laboratorio o a través de la literatura científica.

De esta manera, algunos rasgos funcionales pueden impactar directamente en las propiedades y servicios ecosistémicos de los bosques, tales como la productividad, resiliencia y el ciclo de nutrientes (Casanoves *et al.*, 2011), por lo tanto, algunos de estos atributos están relacionados con elementos de tipo vegetativo, foliar, hidráulico y biomecánicos del tallo, radicales y reproductivos (Díaz & Cabido, 1997; Weiher *et al.*, 1999; Díaz *et al.*, 2007; Casanoves *et al.*, 2011; Villéger *et al.*, 2013; Salgado Negret, 2016; Rodríguez & Santamaría, 2019) como se aprecia en el cuadro 8.

Los rasgos funcionales foliares cumplen con la función relevante en la adquisición y uso de los recursos por la especie, representan la cantidad de área y masa que destina una hoja a la captura de luz y al almacenamiento de nutriente (Montenegro & Vargas, 2008, p. 708).

En cuanto a los rasgos asociados al tallo, se incluyen indicadores que cumplen un papel central en el desempeño de las plantas, debido a su importancia para el soporte mecánico, transporte y reservorio de agua y nutrientes de los individuos y que, a su vez, influyen en las tasas de crecimiento, supervivencia y mortalidad de las especies (Poorter *et al.*, 2008; Salgado Negret, 2016).

Los rasgos radicales están vinculados con indicadores que permiten medir la capacidad de la planta para absorber agua y nutrientes, alcanzar el estado de cimiento y arquitectura; además de facilitar el rebrote y la recuperación radicular, mediante un mayor almacenamiento de carbono y una mayor penetración de las raíces en el suelo (Casanoves *et al.*, 2011; Paula & Pausas, 2011, citado en Salgado Negret, 2016).

Por su parte, los rasgos reproductivos intervienen en el proceso regenerativo de la planta, que facilitan la evolución de nuevos individuos a través de la propagación sexual y asexual (clonalidad), al igual que la producción de semillas y su capacidad de dispersión, colonización, calidad y sobrevivencia (Weiher *et al.*, 1999; Casanoves *et al.*, 2011; Salgado Negret, 2016; Arias *et al.*, 2018; Rodríguez & Santamaría, 2018).

**Cuadro 8.** Indicadores de la diversidad funcional para la evaluación de la resiliencia en ecosistemas terrestres.

Rasgo funcional	Indicador	Cuantificador
Vegetativo	Altura máxima (Hmax)	metro (m)
	Forma de crecimiento (FC)	Leñoso (>5m) Semi-leñoso (<5m) Herbazal (<1m)
Foliar	Área Foliar (AF)	milímetro cuadrado (mm <sup>2</sup> )

	Área Foliar Específica (AFE)	centímetros cuadrados por gramo (cm <sup>2</sup> /g)
	Contenido Foliar de Materia Seca (CFMS)	miligramos por gramo (mg/g)
	Densidad de estomas (DE) y Tricomas (DT)	Estoma/mm <sup>2</sup> Tricoma/mm <sup>2</sup>
	Espesor Foliar (ES)	milímetro (mm)
	Fenología Foliar (FF)	Caducifolio Semi-perennifolio Perennifolio
	Dureza Foliar	Newton por centímetro cuadrado (N/cm <sup>2</sup> )
	Longevidad Foliar (LF)	Meses
	Concentración de Nitrógeno Foliar (NF) y Carbono Foliar (CF)	CF (%) NF (%)
	Contenido en clorofila (concentración de clorofila por unidad de peso fresco foliar)	miligramos por gramo (mg/g)
	Tipo de hoja	Simple Compuesta
	Unidad Fotosintética Mínima (UM)	milímetro cuadrado (mm <sup>2</sup> )
	Tallo	Densidad de madera (DM)
Agrupación de los vasos (Av)		Solitarios Múltiplos radiales Arracimados
Contenido máximo de agua en el tallo (Ct)		miligramos por gramo (mg/g)
Diámetro (DIV) y Densidad de Vasos (DV)		micra (µm) milímetro cuadrado (mm <sup>2</sup> )
Diámetro de las punteaduras intervasculares (Dip)		micra (µm)
Grosor de la corteza (Gc)		milímetro (mm)
Longitud y dimensiones de la pared celular de las fibras (Lf; Df)		micra (µm)
Longitud de las traqueidas (Lt)		micra (µm)
Platinas de perforación (Pp)		Simple Escalariforme Reticulada Foraminada
Porosidad (P)		Circular Semicircular Difusa
Radicular	Contenido Radicular de Materia Seca (CRMS)	miligramos por gramo (mg/g)
	Densidad de la Raíz (DR)	gramos por centímetro cúbico (g/cm <sup>3</sup> )
	Extensión Lateral Máxima (ELM)	centímetros (cm)

	Longitud radicular específica (LRE)	centímetros por gramo (cm/g)
	Profundidad de Enraizamiento (PE)	centímetros (cm)
Reproductivo	Clonalidad	Bulbos Estolones Gemación Rizomas Esqueje Injerto
	Número de semillas por fruto	Miligramos (mm)
	Masa semilla	Porcentaje de germinación (%)
	Banco de semillas especies	Miligramos (mm)
	Agente dispersor	Autocoria Anemocoria Balistocoria Hidrocoria Zoocoria

**Fuente:** Elaborado a partir de Díaz & Cabido, 1997; Weiher *et al.*, 1999; Díaz *et al.*, 2007; Montenegro & Vargas, 2008; Casanoves *et al.*, 2011; Villéger *et al.*, 2013; Salgado Negret, 2016; Rodríguez & Santamaría, 2019.

### Regímenes ambientales y perturbaciones naturales y/o antrópicas

Son diversas las perturbaciones naturales y las amenazas antrópicas para evaluar la resiliencia ecosistémica de las áreas protegidas, sin embargo, sobresalen aquellas que están relacionadas con fenómenos geológicos, hidrológicos y meteorológicos, como el cambio climático, incendios forestales, ciclones, inundaciones, sequías, deslaves, cambios en el uso del suelo (cultivos y ganadería), presencia de especies invasoras, ecoturismo, entre otras.

En concomitancia con lo expuesto, Díaz (2002), citado en Simón *et al.* (2013) menciona que los procesos causantes de cambios en las áreas de conservación pueden ser naturales, de tipo general como específicos y, también, procesos derivados de las actividades humanas. Entre los procesos naturales generales se distinguen los que tienen que ver con los niveles de organización supraorganísmicos (comunidad, ecosistema o paisaje) y los niveles orgánicos (poblaciones e individuos). En cuanto a los específicos, se hace referencia a los que tienen que ver con las características físico-químicas y geomorfológicas que determinan el modo de entrada de energía y nutrientes en los seres vivos (p. 42).

Para Poiani *et al.* (2000), las perturbaciones naturales juegan un papel crítico en el proceso de fluctuación dinámica de la disponibilidad de hábitats y la diversidad biótica al interior de ecosistemas forestales (p. 139). Agrega además que, cuando los regímenes ambientales y las perturbaciones naturales son empujados fuera de sus rangos naturales de variabilidad, se producirán cambios sustanciales en los ecosistemas y las especies (Poiani *et al.*, 2000, p. 139). En línea con lo expuesto, Vargas (2007) sostiene que es posible que las condiciones generadas por las

perturbaciones del sistema sean tan extremas que generen restricciones permanentes para el restablecimiento del ecosistema original, no obstante, es necesario implementar estrategias para lograr la recuperación de algunas funciones del ecosistema (p. 36).

Por su parte, Simón *et al.* (2013) se refieren a que el análisis de las presiones y las amenazas, tanto naturales como antrópicas, son factores fundamentales para evaluar las perspectivas futuras del estado de conservación de los ecosistemas terrestres.

De esta forma, el criterio para el análisis de las perturbaciones y amenazas sobre las áreas de conservación es necesaria, toda vez que se requiere conocer los efectos y los riesgos que representa las distintas actividades humanas en los sistemas naturales, y la manera en que los ecosistemas pueden adquirir capacidades de recuperación o resiliencia después del disturbio.

En la actualidad, muchas áreas protegidas vienen sufriendo disturbios relacionados con incendios de tipo natural o antrópico, intervención de sus coberturas para el establecimiento de pastos y cultivos, procesos de erosión, invasión de especies exóticas y otros tipos de presiones que amenazan la pérdida de la biodiversidad y los hábitats naturales.

Algunas especies de plantas y animales poseen necesidades biológicas y ecológicas particulares, que las hace altamente sensibles a los cambios o disturbios en su hábitat, respondiendo de manera positiva o negativa a las actividades antrópicas que se presentan en los ecosistemas y, por lo tanto, responden a las transformaciones o degradaciones de los ecosistemas en los cuales habitan (Aguilar & Ramírez, 2015).

La importancia de analizar amenazas de origen natural y antrópico, tanto presentes como futuras en las áreas protegidas permite, por un lado, conocer los riesgos a los que están expuestas estas superficies y, en segundo lugar, plantear medidas de mitigación y/o reducción de los impactos negativos, para aportar a la construcción de la resiliencia ecosistémica y la reducción de las vulnerabilidades.

En razón a lo anterior, para abordar el análisis de los impactos ocasionados por los regímenes ambientales y las perturbaciones naturales y/o antrópicas, usualmente se recurre a insumos cartográficos, entre ellos, mapas, planos o fotografías aéreas, donde se evidencie las amenazas y los riesgos a la integridad ecológica de las áreas de conservación. De esta manera, es posible encontrar cartografía digital que muestra la clasificación de los distintos riesgos y amenazas que están presentes en un territorio, relacionados con eventos geológicos, regímenes hidrológicos superficiales y subterráneos, suelos inestables, eventos climatológicos extremos, coberturas intervenidas, explotación de los recursos naturales y otras amenazas antrópicas. El uso de Sistema de Información Geográfica (SIG) se constituye en una herramienta valiosa en el análisis de este atributo, pues aporta a la comprensión y la interpretación de datos a diferente escala y resolución espacial, que permite

relacionar fenómenos geográficos de cualquier tipo, facilitando la identificación de áreas que presentan alto riesgo en función de las presiones y los disturbios naturales o por actividades humanas.

Para el análisis de la resiliencia ecosistémica de este atributo en las zonas bioclimáticas de las áreas protegidas, es pertinente el uso de SIG para realizar el cruce y la intersección de capas de los mapas de riesgos y amenazas presentes en las áreas protegidas, para luego categorizar las zonas de vida según las amenazas y riesgos que presente y, así analizar el potencial de adaptación a las presiones bióticas y abióticas de tipo natural o antrópico.

### **Área dinámica mínima**

Poiani *et al.* (2000) sugieren que las áreas de conservación funcional también pueden evaluarse en consideración a su tamaño o extensión (p. 139). Muchos ecosistemas focales y especies funcionales requieren de áreas extensas para mantener sus procesos ecológicos y la provisión de servicios ecosistémicos. La reducción de las áreas de conservación funcional puede afectar significativamente a la biodiversidad, al no poder mantener los flujos biológicos entre individuos de la misma especie que se encuentran dispersos por la fragmentación de hábitats (Vargas, 2007).

Para Arroyave *et al.* (2006), la fragmentación del hábitat puede representar amenazas en la persistencia de las especies, que trae consigo fenómenos conocidos como el efecto barrera y el efecto de borde (p. 46). El efecto barrera impide la movilidad de los organismos o de sus estructuras reproductivas, lo que limita el potencial de los organismos para su dispersión y colonización y, por ende, puede generar una mayor probabilidad de extinción de especies (Arroyave *et al.*, 2006, p. 46). Por su parte, en el efecto de borde se cambian las condiciones bióticas y abióticas de los fragmentos y de la matriz circundante, cuyas consecuencias altera la distribución y abundancia de las especies, cambiando la estructura de la vegetación y, por tanto, la oferta de alimento para la fauna (p. 47).

Santos & Tellería (2006) coinciden con lo expuesto por lo anteriores autores, agregando que la fragmentación y destrucción de un hábitat producen cambios graduales en la configuración del paisaje, entre ellos, la pérdida regional de hábitat, insularización causada por la reducción y el aislamiento progresivo de los fragmentos de hábitat, efectos de borde, entre otros (p. 2).

De la misma manera, Vargas (2007) señala que la pérdida de hábitat como acción directa de la fragmentación y la consecuente pérdida de especies, son barreras para la recuperación natural de un ecosistema y lo van degradando gradualmente (p. 58).

En concordancia con lo expuesto, Bormann & Likens (1979), citado en Poiani *et al.* (2000) y Vargas (2007) precisan que las perturbaciones naturales y antrópicas afectan las áreas de conservación funcional a escala de paisaje o metapoblaciones como, los ecosistemas matriciales y de parches grandes, en consecuencia, se crea

un mosaico diverso y cambiante de etapas sucesionales y entornos físicos de diferente origen y tamaño.

Lo esbozado hasta el momento por los diversos autores refleja que las especies y los ecosistemas focales requieren de un área necesaria, para generar un equilibrio dinámico entre sus poblaciones y así asegurar la supervivencia o la recolonización. Este proceso ha sido denominada área dinámica mínima (Poiani *et al.*, 2000).

Desde esta lógica, el atributo “área dinámica mínima” representa un gran reto en los estudios de recuperación y resiliencia de las áreas de conservación funcional, pues permite conocer el impacto que pueden tener estos sistemas naturales ante los distintos eventos perturbadores de origen natural o antrópico (Vargas, 2007). El criterio científico sugiere el uso de modelos de predicción de datos, para así determinar el área mínima requerida por un sistema biológico en la absorción de disturbios, que puede ser analizada desde diferentes escalas espacio-temporales (Poiani *et al.*, 2000; Santos & Tellería, 2006; Simón *et al.*, 2013; Morán, 2013).

Por ello, algunos de esos factores tensionantes que más está afectando la superficie de los sistemas naturales a escala global es el cambio climático. Diversos estudios científicos han develado las posibles consecuencias que está causando este fenómeno en el área de distribución de muchas especies.

El carácter dinámico del clima es determinante en los sistemas ecológicos, de ahí que las variaciones climáticas están afectando la morfología, fisiología y fenología de las asociaciones vegetales, con resultados negativos en el crecimiento, la reproducción y la supervivencia de las especies (Menzel *et al.*, 2006; Lau *et al.*, 2011; Ramírez *et al.*, 2012; IPCC, 2019). Muchas poblaciones biológicas han logrado adaptarse a las condiciones del medio, que logran reproducirse y crecer con éxito cuando se tolera un rango específico de regímenes ambientales, aunque sufren modificaciones en su comportamiento o fenología. No obstante, las variaciones climáticas también están obligando a muchas especies a competir, desplazarse geográficamente, adaptarse o simplemente desaparecer (Walter *et al.*, 2002; IPCC, 2019).

La literatura científica ha registrado los impactos del cambio climático en el funcionamiento de los sistemas naturales y sus efectos sobre la biodiversidad, siendo probable que acciones como la polinización, la regulación del clima, el reciclaje de nutrientes y el control de plagas y enfermedades sean propensas a desequilibrios por las variaciones del clima. Estas alteraciones en los límites de tolerancia térmica están llevando a las especies a la muerte, por su intolerancia a los cambios en los regímenes climáticos, ocasionando pérdida de hábitat, fragmentación de las dinámicas de los ecosistemas, entre otros (Walter *et al.*, 2002; Møller & Lehikoinen, 2008; Feeley, 2012; Bellard *et al.*, 2012). Los cambios térmicos están provocando modificaciones en el rango de la distribución espacial de la vegetación, lo que a su vez afecta la funcionalidad biológica y, en consecuencia, los servicios ecosistémicos asociados de los que depende la vida humana (Herzong, 2010; Yáñez *et al.*, 2011).

Esto significa que los sistemas naturales son altamente vulnerables al cambio climático; por lo tanto, la acelerada transformación y la pérdida de hábitats provocan dinámicas negativas que afectan a todos los niveles de biodiversidad, desde el organismo hasta los niveles del bioma (Alvarado *et al.*, 2002; Yáñez *et al.*, 2011; Bellard *et al.*, 2012). En los niveles más básicos de biodiversidad, el cambio climático puede disminuir la diversidad genética de las poblaciones debido a la selección direccional y la migración rápida, que a su vez podrían afectar el funcionamiento y la resiliencia del ecosistema (Botkin *et al.*, 2007 citado en Bellard *et al.*, 2012); sin embargo, la mayoría de los estudios se centran en los impactos a niveles organizacionales más altos, y los efectos genéticos del cambio climático se han explorado solo para un número muy pequeño de especies.

Yáñez (2009) señala que cada especie vegetal se desarrolla en ámbitos geográficos determinados (latitudinal y altitudinalmente), y éstas tienden a reubicarse cuando algún cambio las afecta. Esto significa que es muy probable que algunas especies ya no se adapten al conjunto de condiciones ambientales en un área determinada, por consiguiente, queden por fuera de su nicho climático o, por otra parte, pueden experimentar alteraciones fisiológicas que no permiten la tolerancia a condiciones más cálidas o más húmedas, lo que las lleva a modificar conductas en sus hábitos alimenticios, actividades biológicas y presupuesto energético (Bellard *et al.*, 2012).

Lo anterior refleja los efectos biológicos del cambio climático, que amenaza con alteraciones significativas en las funciones ecosistémicas como la productividad, la polinización, la dispersión de semillas, la dinámica poblacional, la abundancia, la distribución de especies, entre otros (Hughes, 2000; Poiani *et al.*, 2000; Feeley, 2012).

Así mismo, el cambio climático y sus posibles escenarios futuros han despertado el interés de la comunidad científica, que buscan evaluar el comportamiento de la biodiversidad frente a las proyecciones de la variabilidad climática. De esta manera, en los últimos años la ciencia ha diseñado herramientas informáticas basadas en relaciones empíricas y métodos estadísticos que correlacionan variables climáticas y sistemas naturales (Hansen *et al.*, 2001; Bellard *et al.*, 2012) y, de esta forma, predecir los cambios o anticipar las posibles respuestas de los ecosistemas a los cambios climáticos, utilizando modelos de distribución geográfica a distintas escalas temporales (Yáñez *et al.*, 2011).

Las herramientas más empleadas en este tipo de análisis son los modelos de clima global (MCGs), regional, modelos de equilibrio dinámico de la vegetación, modelos bioclimáticos para especies y análisis de sensibilidad en sitios específicos, que reflejan la forma en que se podría modificar el clima del planeta como consecuencia de una variación en la composición atmosférica generada por las acciones humanas (Yáñez, *et al.*, 2011; Rocha, 2012).

Aunque los MCGs basado en escenarios de emisiones son los instrumentos más recientes para evaluar el posible comportamiento del clima en el futuro, también existen una variedad de modelos fitogeográficos y bioclimáticos que se vienen

aplicando para evaluar los efectos del cambio climático, en relación con la distribución espacial de la vegetación (Shuggart, 1998; Bellard *et al.*, 2012).

Se considera pertinente que uno de los criterios para evaluar el atributo de área dinámica mínima sería las posibles variaciones en la superficie de las zonas de vida de las áreas protegidas, con ocasión a las perturbaciones asociadas al cambio del clima.

Al respecto, es importante precisar que los conjuntos de asociaciones vegetales presentes en las áreas de conservación pueden agruparse en zonas de vida, las cuales están delimitadas por rangos climáticos definidos, lo que permite congregarse en unidades naturales o asociaciones vegetales, que pueden experimentar cambios en cuanto a su extensión y distribución geográfica al estar influenciadas por factores climáticos, como la precipitación y la temperatura.

La zonificación bioclimática de Holdridge es un modelo que permite explicar las correlaciones e interacciones clima-vegetación natural, siendo este modelo ampliamente estudiado en todo el mundo con la ayuda de datos obtenidos de estaciones climáticas (IGAC, 1977). De acuerdo con el CATIE (1973), “El sistema Holdridge es una herramienta valiosísima, entre otras cosas, para el ordenamiento territorial, la planeación del uso de la tierra, la delimitación de áreas protegidas y otros campos” (citado en Alvarado *et al.* s.f., p. 17).

De esta manera, la evaluación de la resiliencia a partir de este atributo se dirige a identificar en primera instancia, las zonas de vida presentes en las áreas protegidas y, posteriormente, conocer las variaciones y la distribución de la superficie de las zonas de vida, ante futuros escenarios de cambio climático. Este análisis permite generar el porcentaje de la superficie de las zonas de vida que permanecen, para luego compararlas con las correspondientes transiciones que podrían presentar las zonas de vida de las áreas protegidas en el futuro. El estudio de este indicador permite identificar la extensión geográfica y las posibles variaciones que podrían sufrir las zonas bioclimáticas, para así determinar si las zonas de vida en proceso de transición logran mantener un mínimo de su área actual en la distribución espacial futura, como consecuencia del cambio climático. De esta manera, el área actual de las zonas de vida puede favorecer la adaptación de las especies y, por tanto, es probable que las áreas generen resiliencia al cambio climático para el mantenimiento de su dinámica funcional, lo cual contribuye a su sostenibilidad y persistencia en el tiempo.

### **Conectividad ecosistémica**

Uno de los grandes problemas a los que se ven expuestos los sistemas biológicos en distintas partes del mundo, tiene que ver con la transformación de los hábitats y la pérdida de la conectividad de las especies focales y clave, aspectos que influyen en los procesos de resiliencia y funcionalidad ecológica de las áreas protegidas.

La conectividad del paisaje se refiere a las circunstancias en las que sus elementos permiten o restringen el intercambio de flujos para el movimiento de la biodiversidad focal a múltiples escalas y otros procesos ecológicos (Poiani *et al.*, 2000; Saura *et al.*, 2017; Moyano & Rusinque, 2020; Rico, 2021).

Rico (2021) menciona que la conectividad puede ser estructural o funcional. La primera describe la variedad y arreglo espacial de los elementos físicos del paisaje, como el tipo de cobertura vegetal y la distribución espacial de carreteras. La segunda tiene en cuenta el comportamiento que presentan los individuos en respuesta a los elementos del paisaje, bien sea porque éstos facilitan o impiden el movimiento y el flujo de genes entre parches de hábitat.

La conectividad de las áreas protegidas es primordial, pues facilita procesos ecológicos y evolutivos a gran escala, como el flujo de genes, la migración, los cambios de distribución de especies, la recuperación de las perspectivas de conservación, la provisión de servicios ambientales perdidos, la gestión eficaz de la biodiversidad, entre otros. Todos estos procesos son esenciales para la resiliencia y la estabilidad de las especies, sobre todo, cuando se presentan factores tensionantes como cambios climáticos y ambientales en paisajes cada vez más transformados y fragmentados (Vargas, 2007; Simón *et al.*, 2013; Le Saout *et al.*, 2013; Saura *et al.*, 2017; Castillo *et al.*, 2020).

Estudios científicos se refieren al papel fundamental que cumple la conectividad de las áreas protegidas colindantes en la evaluación del estado de conservación de determinados tipos de hábitats (Simón *et al.*, 2013; Saura *et al.*, 2017; Castillo *et al.*, 2020). Al respecto, Moyano & Rusinque (2020) señalan que, aunque algunos estudios realizan el cálculo de la conectividad del paisaje en función de las áreas protegidas o zonas de conservación, la mayoría se enfocan en función del movimiento de especies focales o claves como máximas representaciones de los flujos ecológicos (p. 11).

Por otra parte, la conectividad ecosistémica que se pueda generar con las áreas protegidas colindantes hace parte de los acuerdos y los objetivos adoptados por la mayoría de los países del mundo, para la conservación de la biodiversidad y su sostenibilidad.

De esta manera, el estudio de Saura *et al.* (2017) mencionó que, de la superficie terrestre mundial, solo el 7,5 % está protegido y conectado. Asimismo, el 30 % de las ecorregiones del mundo cumplen la meta 11 de Aichi<sup>8</sup>, de tener el 17 % del ámbito terrestre cubierto por sistemas de áreas protegidas y conectadas. Más

---

<sup>8</sup> De acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), las metas de Aichi para la diversidad biológica conforman un conjunto de 20 metas agrupadas en torno a cinco objetivos estratégicos que fueron planteados por los representantes de 196 países, para cumplirse en el año 2020. Forman parte del plan estratégico para la diversidad biológica 2011-2020, que fue aprobado en el 2010 durante la reunión de la Conferencia de las Partes (COP-10) en el marco del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB).

adelante, en el estudio realizado por Castillo *et al.*, (2020) se concluyó que Colombia y otros países andinos tropicales, no alcanzaron la meta 11 de Aichi en términos de conectividad y representatividad ecológica, lo que repercute en el papel que juegan las áreas protegidas en la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de los recursos naturales.

El estudio agrega, además, que los gobiernos se centran, principalmente, en ampliar la cobertura de las áreas protegidas, sin tener en cuenta otros aspectos que son fundamentales para el análisis de la integridad ecológica de estas áreas, como son la conexión, la influencia de los impactos humanos y la gestión ecológica, que son necesarios para una mejor planificación de la conservación (Castillo *et al.*, 2020). Adicional a esto, la investigación encontró que el 27 % de las ecorregiones en los países andino tropicales están protegidas y conectadas en más del 17% de sus superficies. Esto significa que, de las 67 ecorregiones evaluadas, solo 18 de ellas cumplen con criterios de conectividad ecológica (Castillo *et al.*, 2020, p. 7). En su análisis, el estudio también incluyó el efecto de las presiones humanas sobre estos ecosistemas, señalando que estudios anteriores han sobreestimado la conectividad de las áreas protegidas, por lo tanto, la representación de la conectividad en estas áreas es más bajo de lo que se estima.

Para el caso de Colombia, el estudio de Castillo *et al.* (2020) destaca que la conectividad de las áreas protegidas en el territorio nacional es tan solo de 5,4 %, donde al incorporar el impacto de las actividades humanas, el registro final de la conectividad descendió al 4,2 %. Por su parte, el estudio de Moyano & Rusinque (2020) se basó en analizar el estado de la conectividad entre las áreas protegidas del departamento de Caquetá, a través de la agrupación de cinco sistemas planetarios (Atmosférico, hidrosférico, geosférico, biosférico y antroposférico) y la elaboración de una superficie de costo, con el fin de calcular el estado de la conectividad por medio del índice *Protected Connected Land* (ProtConn) propuesto por Saura *et al.* (2017). Los resultados mostraron que el 38,5 % del Caquetá se encuentra protegido bajo la figura de área protegida y el 38,45 % está protegido y conectado. Si se comparan estas cifras con el porcentaje mínimo del 17 % establecido en la meta 11 de Aichi, en términos de conectividad y representatividad ecológica, se establece que el departamento cumple con la meta, porque aun cuando se tuvo cuenta el análisis de las presiones antrópicas en el índice de la conectividad, se demostró que el departamento cuenta con un buen funcionamiento de la red de AP (Moyano & Rusinque, 2020, p. 85).

En términos generales, la mayoría de las investigaciones sugieren incorporar en el análisis de la conectividad del paisaje, las crecientes amenazas asociadas a presiones antrópicas como las prácticas agropecuarias intensivas, proyectos de infraestructura vial, asentamientos humanos, entre otros.

La resiliencia ecosistémica analizada a partir de la conectividad de las áreas protegidas colindantes a escala de sitio, paisaje o redes, puede ser evaluada en función de sus zonas de vida y de las transiciones presentes y futuras, siendo este atributo un referente importante para cuantificar la conexión espacial que pueden

presentar las zonas bioclimáticas de las áreas protegidas en distintos periodos de tiempo, considerando los escenarios de emisión de cambio climático.

Teniendo conocimiento de los cambios proyectados de las zonas de vida en el siglo XXI, es posible plantear rutas de conectividad que faciliten la transición y una mejor adaptación de las especies a los efectos del cambio climático. Este análisis permitirá, por un lado, conocer la conectividad espacial entre las zonas de vida y la manera en que están interrelacionadas en las áreas protegidas y, por otro, permite analizar si los cambios a futuro en las zonas de vida, facilitan o dificultan los flujos claves y los procesos ecológicos para el buen funcionamiento de las áreas protegidas.

## **Paso 2.2 Definición de indicadores para la calificación de los atributos ecológicos.**

La valoración de los atributos ecológicos proporciona información sobre las dinámicas ecológicas que presenta el área protegida seleccionada, siendo indispensable trazar indicadores que permitan medir el grado en el cual se encuentran los objetos de conservación priorizados. En este sentido, es importante determinar indicadores que resulten apropiados para evaluar la condición actual o los cambios que experimenten los objetos de conservación en el tiempo y el espacio.

Así, cada atributo ecológico priorizado será representado por un indicador fácilmente medible, efectivo y que resulte apropiado para evaluar el desempeño de los objetos de conservación de las áreas protegidas. Es importante considerar que los indicadores se formulan para la calificación de todos los atributos ecológicos que se hayan propuesto al momento de aplicación de la metodología, por tanto, es indispensable seleccionar indicadores que sean cuantificables, para así estimar el estado en el que se encuentran los objetos de conservación evaluados. Asimismo, es importante considerar indicadores a diferentes escalas y niveles de organización para generar análisis de resiliencia más integrales de las áreas de conservación. En los cuadros 7 y 8 del paso 2.1 se presenta, a manera de ejemplo, algunos indicadores biofísicos y cuantificadores para medir atributos como la composición y estructura de las especies, como también la diversión funcional.

Autores como Herrera & Corrales (2004); Vargas (2007) y Simón *et al.* (2013) plantean que los indicadores seleccionados deben reflejar características como: cuantificables, fácil de interpretar, relevantes ecológicamente para la problemática del área protegida, brindar el máximo de información acerca del área que se está evaluando, ser suficientemente sensible frente a alertas temprana de cambio provocados por influencia humana o ciclo naturales, entre otros.

Por su parte, Simón *et al.* (2013) sostienen:

Un indicador debe ser una medida sintética que informa sobre un sistema complejo, porque se le asocia un significado que va más allá del propio valor del parámetro (...). Un indicador debe estar asociado, en la medida de lo posible, a

un valor objetivo o a unos valores umbrales que permitan estimar el grado de realización alcanzado (p. 6).

En línea con lo anterior, los indicadores reflejan una forma cuantificable de medir la incidencia de ciertos atributos sobre los objetos de conservación (sistemas ecológicos, comunidades naturales o especies) y la manera en que éstos cambian, inciden o afectan al área protegida. Por consiguiente, se puede decir que el indicador corresponde a un valor de tipo cuantitativo o cualitativo, que puede obtenerse por medio de observaciones, registros y mediciones en campo o por medio del procesamiento de datos, que dependerá de la información disponible y de su nivel de detalle.

Por ello, la formulación de indicadores fácilmente medibles puede contribuir a dar respuesta al planteamiento de estrategias de gestión y de manejo adaptativo, para así alcanzar el éxito de un proceso de resiliencia ecosistémica y, a su vez, permita generar información para la toma de decisiones de políticas que refuercen los objetivos de conservación de las áreas protegidas.

Es pertinente aclarar que el éxito de la evaluación de la resiliencia ecosistémica se debe en parte a la identificación de indicadores que permitan medir y calificar los atributos ecológicos propuestos, ya que este paso metodológico consiste en la concreción de indicadores y su descripción. Al respecto, es importante establecer una escala de calificación para cada indicador, bien sea utilizando categorías cualitativas o cuantitativas para la evaluar el desempeño de los atributos propuestos. En el cuadro 9 se detalla un ejemplo de matriz para la identificación y descripción de indicadores.

**Cuadro 9.** Identificación y descripción de indicadores

<b>Nombre indicador</b>	<b>Descripción del indicador</b>	<b>Cuantificador</b>	<b>Unidad</b>

### **Paso 2.3 Determinación de los intervalos de variación permisibles de los atributos seleccionados.**

Luego de la identificación de los atributos ecológicos y sus indicadores, el paso siguiente corresponde a la determinación de los intervalos naturales de variabilidad de los atributos seleccionados, para así brindar claridad acerca del estado actual de los objetos de conservación priorizados en términos de resiliencia ecosistémica.

Granizo *et al.* (2006) establecen que la variación de los atributos puede darse dentro de los rangos naturales o fuera de éstos, donde en dichas fluctuaciones influyen procesos ambientales de tipo natural o antrópico.

Según lo anterior, las dinámicas naturales y humanas que inciden de manera directa sobre las áreas protegidas y sus zonas limítrofe pueden causar que los atributos

ecológicos evolucionen y cambien temporal y espacialmente, lo que a su vez puede llegar a afectar la salud ecológica de los objetos de conservación de un área protegida. De esta manera, en un proceso de evaluación de resiliencia ecosistémica es importante establecer intervalos de variación permisibles que pueden tolerar los atributos que se estén monitoreando, ya que estos umbrales influyen directamente sobre los objetos de conservación.

Autores como Herrera & Corrales (2004) y Granizo *et al.* (2006) mencionan que una forma de generar los rangos de variación permisible es a través de la revisión de registros históricos o de situaciones extremas que hayan presentado los atributos ecológicos evaluados, donde dicha información puede estar sistematizada en la literatura científica. Por tanto, la determinación de los intervalos de variación permisibles se refiere a las condiciones mínimas o los umbrales a los que puede llegar un objeto de conservación en su resiliencia para alcanzar su integridad, como también, para salvaguardar su potencial evolutivo (Parrish *et al.*, 2003). Si los indicadores de los atributos ecológicos se desvían de las condiciones de referencia o exceden los umbrales, es posible que se ponga en riesgo la persistencia de los objetos de conservación, debido a que puede cambiar su tamaño, estructura, composición y funcionamiento (Vargas, 2007; Granizo *et al.*, 2006).

En este sentido, es importante definir umbrales en los cuales los indicadores de los atributos ecológicos pueden mantenerse para ser viables. Para ello, se puede recurrir a la revisión de fuentes de información científicas, donde es posible encontrar estudios que tienen definidos intervalos naturales de variación para algunos objetos de conservación, como también, es posible que a criterio del equipo interdisciplinario se establezcan intervalos que permitan determinar los niveles de tolerancia de los objetos evaluados y así determinar valores en los cuales los objetos puedan persistir, recuperarse o estabilizarse, bien sea para retornar a condiciones ideales o para lograr trayectorias similares al estado pre-disturbio (Vargas, 2007; Granizo *et al.*, 2006; Aguilar & Ramírez, 2015).

Al respecto, Parrish *et al.* (2003) y Vargas (2007) señalan que la recuperación o funcionalidad de un sistema ecológico es posible cuando sus atributos ecológicos, como la composición, la estructura y las interacciones bióticas de sus objetos de conservación están dentro de sus rangos de variación aceptables y han sido capaces de resistir y recuperarse a las perturbaciones ambientales.

La obtención de este paso en la metodología es indispensable, ya que permite determinar los intervalos de variabilidad permisibles de los atributos ecológicos que se estén evaluando y que determinarán la permanencia de los objetos de conservación en el tiempo y en el espacio. En el cuadro 10 se observa una matriz que puede ser utilizada en este paso, donde se incluye la descripción de los intervalos de variación permisibles de los atributos e indicadores propuestos en los pasos 2.1 y 2.2, como fuente de análisis para facilitar la calificación de la resiliencia ecosistémica de los objetos de conservación que se describe en la siguiente fase del proceso metodológico.

**Cuadro 10.** Matriz para el análisis de los intervalos de variación permisibles de los atributos seleccionados

Atributos ecológicos	Indicadores	Descripción de los intervalos de variación permisibles de los atributos seleccionados		
		Alto	Medio	Bajo

#### **4.1.3 Fase 3. Procesamiento de datos para la determinación de la resiliencia ecosistémica de los objetos de conservación presentes en el área protegida seleccionada.**

Esta fase se refiere en sí al procesamiento de la información tras la aplicación de los indicadores, que permiten calificar el estado actual de los objetos de conservación priorizados. Este momento de la metodología pretende conocer de forma explícita, las condiciones de referencia que presenta el área protegida y que facilitarán el análisis de respuesta de los objetos de conservación a las presiones ambientales.

Esta fase incluye dos pasos metodológicos a seguir: 1) Aplicación de los indicadores para la estimación de los atributos ecológicos y 2) La calificación de los atributos ecológicos y determinación de la resiliencia de los objetos de conservación del área protegida.

##### **Paso 3.1 Aplicación de los indicadores para la estimación de los atributos ecológicos.**

Este paso comprende al desarrollo de los cálculos y la recolección de datos que son necesarios para estimar y cuantificar el estado en el que se encuentran los atributos ecológicos que influyen en los objetos de conservación del área protegida. Este paso corresponde básicamente a emplear los indicadores definidos en el paso 2.2, que pueden corresponder a indicadores cualitativos y/o cuantitativos. Los primeros, miden la percepción y la construcción de análisis descriptivos y los segundos, establecen una relación aritmética en la que el indicador proporciona información sobre los atributos evaluados que inciden en los objetos de conservación. De esta forma, en el presente paso se generan unos valores que son contrastados según los intervalos de variación aceptables definidos en el paso 2.3 y así encontrar valores deseados o, por el contrario, los resultados reflejan que pueden sobrepasar el umbral de los intervalos de aceptabilidad que influyen en la resiliencia del objeto de conservación evaluado.

##### **Paso 3.2 Calificación de los atributos ecológicos y determinación de la resiliencia de los objetos de conservación del área protegida.**

La calificación de los atributos ecológicos, al igual que el paso anterior, es un proceso operativo que consiste en limitar los datos generados en los cálculos, para

así simplificar o extraer la información más relevante, que aportará al análisis de la determinación de la resiliencia de los objetos de conservación del área protegida.

Este paso se constituye de dos acciones fundamentales. Por un lado, se debe reunir y analizar la información generada tras la aplicación de los indicadores que se establecieron para los atributos priorizados y, por otra, con base en los resultados del indicador se determina la escala de valoración en la que se encuentran los atributos. Para ello, es indispensable utilizar categorías que resulten apropiadas y muy claras para la escala de calificación que permitan valorar el nivel de resiliencia de los objetos de conservación del área protegida.

Se sugiere emplear escalas de valoración cuantitativas, cualitativas o mixtas, con el fin de obtener información de los atributos ecológicos a partir de los resultados de los indicadores aplicados. De este modo, se recomienda la construcción de una matriz de evaluación, donde su estructura esté conformada por unidades de análisis que incluyan la calificación cualitativa, numérica y la descripción del resultado del atributo evaluado (Ver cuadro 11).

La calificación cualitativa: Se obtiene a partir del resultado del indicador, cuya escala de valoración podrá ser: Resiliencia alta, media o baja.

La calificación cuantitativa: Se asigna a cada categoría una valoración numérica que podrá ser de tres (3) para resiliencia alta, dos (2) para media y una (1) para baja.

La descripción del atributo evaluado comprende el análisis en la que se encuentra los objetos de conservación, por cuanto refleja el nivel de resiliencia que han alcanzado éstos, como respuesta a sus posibilidades para absorber disturbios y capacidad adaptativa ante los diversos sucesos de variabilidad ambiental.

**Cuadro 11.** Matriz de calificación de los atributos ecológicos de los objetos de conservación evaluados en el área protegida seleccionada.

<b>Calificación cualitativa</b>	<b>Calificación cuantitativa</b>	<b>Descripción del estado actual del atributo ecológico</b>
<b>Resiliencia alta</b>	3	El atributo se encuentra en un estado de resiliencia deseable.
<b>Resiliencia media</b>	2	El atributo se encuentra en un estado de resiliencia aceptable.
<b>Resiliencia baja</b>	1	El atributo se encuentra fuera del intervalo de resiliencia aceptable, por tanto, se requiere la intervención para lograr su recuperación o resiliencia, frente a los distintos eventos de tipo natural o antrópico que lo afecta.

Así, este paso de la metodología es clave, porque evalúa la condición en la que se encuentran los atributos ecológicos y la estimación de la resiliencia ecosistémica de

los objetos de conservación. De esta forma, aporta resultados fundamentales que permiten precisar la condición actual del área de referencia y, al tiempo, aporta al análisis que se establece en el paso 4.1, el cual hace referencia a las estrategias de manejo adaptativo, para que los objetos de conservación adquieran estatus deseados.

Es importante considerar que un objeto de conservación puede tener uno o varios atributos, dependiendo de la información disponible y del nivel de especialidad que se tenga del objeto priorizado, para ello, es fundamental contar con el conocimiento de personal experto y conocedor del área protegida seleccionada.

#### **4.1.4 Fase 4. Análisis de resultados y planteamiento de estrategias de uso, conservación y manejo adaptativo que favorezca la capacidad de resiliencia del área protegida.**

Esta fase comprende el análisis de los resultados de la resiliencia ecosistémica del objeto de conservación y el planteamiento de estrategias de uso, conservación y manejo adaptativo de la resiliencia del área protegida evaluada. En esta fase se busca contrastar los resultados para evaluar el estado en el que se encuentran los atributos ecológicos y, en conjunto, la resiliencia de los objetos de conservación del área protegida seleccionada.

Simón *et al.* (2013) plantean que el éxito de la evaluación de los objetos de conservación depende del diseño de un sistema de indicadores que resulten más apropiados para informar acerca de la condición de los elementos que caracterizan la unidad de referencia que es objeto de evaluación.

En síntesis, la fase de evaluación de la resiliencia de los objetos priorizados se analiza en virtud de la condición de sus atributos identificados, pues estos últimos juegan un papel clave en el sostenimiento y la recuperación de los objetos de conservación presentes en el área de estudio. En los siguientes pasos se detalla la metodología para la evaluación de la resiliencia ecosistémica de los objetos de conservación seleccionados y el planteamiento de estrategias de uso, conservación y manejo adaptativo del área protegida evaluada.

En resumen, la fase 4 comprende tres pasos, a saber: 1) Obtención de resultados de la resiliencia ecosistémica de los objetos de conservación evaluados en el área protegida seleccionada, 2) Análisis e interpretación de resultados de la resiliencia ecosistémica de los objetos de conservación evaluados y 3) Planteamiento de estrategias de uso, conservación y manejo adaptativo del área protegida evaluada. Tales pasos se describen a continuación:

#### **Paso 4.1 Obtención de resultados de la resiliencia ecosistémica de los objetos de conservación evaluados en el área protegida seleccionada.**

Este paso se enfoca en la consolidación de resultados, luego de la aplicación de los indicadores, la calificación y estado de los atributos identificados y, finalmente, se

calcula el grado o nivel de resiliencia en la que se encuentran los objetos de conservación evaluados. Si los atributos identificados están dentro de los umbrales de variabilidad superior, alta o media significa que la resiliencia ecosistémica es buena; pero si los atributos están en los intervalos de variabilidad baja, esto significa que las acciones a emprender deben estar ligadas a la recuperación de los atributos, por cuanto se requiere el establecimiento de estrategias para la permanencia de los procesos ecológicos que permitan la persistencia y/o el mantenimiento de los objetos de conservación en el corto, mediano y largo plazo. Así mismo, en caso de que la resiliencia sea alta o media, también se requieren establecer medidas para evitar que descienda a bajo.

De esta manera, el análisis de la respuesta de los objetos de conservación será clave para determinar el proceso de establecimiento de medidas y estrategias de manejo adaptativo para mejorar la resiliencia de los objetos de conservación evaluados.

La operatividad de este paso se respalda en una matriz que consolide los resultados generados en los pasos anteriores, donde se incluyan los objetos de conservación seleccionados, sus atributos y calificación, indicadores evaluados, intervalos de variación de los atributos ecológicos y, por último, la evaluación del grado de resiliencia. La matriz arrojará un resultado que corresponde al valor promedio de las calificaciones de los atributos ecológicos que determinarán el nivel o la estimación de la resiliencia de los objetos de conservación que fueron evaluados.

En el cuadro 12 se presenta un modelo de matriz que detalla los componentes que la conforman y también resume el análisis de respuesta del objeto de conservación frente a las distintas dinámicas naturales o presiones humanas, que influyen en su capacidad de recuperación y/o resiliencia.

**Cuadro 12.** Matriz de evaluación de la resiliencia ecosistémica de los objetos de conservación priorizados en el área protegida.

Objeto de conservación	Atributo ecológico	Indicador	Cuantificador	Intervalos de variación permisibles de los atributos evaluados				Calificación cualitativa (Alta, Media, Baja)	Calificación cuantitativa Alta (3) Media (2) Baja (1)	Descripción del estado actual del atributo	Grado y/o nivel de resiliencia del objeto de conservación Resiliencia Alta (3), Resiliencia Media (2), Resiliencia Baja (1)
				Superior	Alta	Media	Baja				
Promedio ponderado de la resiliencia ecosistémica del objeto de conservación del área protegida											

**Fuente:** Elaborada a partir de la revisión de literatura de Parrish *et al.* (2003); Herrera & Corrales (2004), Granizo *et al.* (2006) y los aportes de los autores de la presente investigación.

#### **Paso 4.2 Análisis e interpretación de resultados de la resiliencia ecosistémica de los objetos de conservación evaluados.**

Teniendo en cuenta los datos obtenidos en el paso anterior, se procede a realizar el análisis y la interpretación de los resultados derivados de la matriz aplicada en el paso 4.1, para así establecer la evaluación general de la resiliencia de los objetos de conservación monitoreados y el estado de las presiones y/o amenazas de sus atributos. Con la información obtenida se procede a realizar el análisis para la toma de decisiones conjunta, que aportarán al planteamiento de estrategias de uso, conservación y manejo adaptativo de la resiliencia ecosistémica del área protegida y sus zonas colindantes definidas en el paso 4.4.

#### **Paso 4.3 Planteamiento de estrategias de uso, conservación y manejo adaptativo del área protegida evaluada.**

Con base en los resultados de la resiliencia calculada y el análisis de los resultados efectuados en los pasos 4.1 y 4.2, se procede al planteamiento de las estrategias de uso, conservación y manejo adaptativo del área protegida evaluada.

El planteamiento de estrategias de uso y manejo adaptativo en el corto, mediano y largo plazo, conforman un marco de referencia para la gestión y la implementación de medidas que buscan mitigar o controlar los factores adversos que interactúan sobre el área protegida y tratar de mantener la resiliencia ecosistémica de los objetos de conservación presentes en un área protegida.

Las estrategias propuestas deben partir desde una perspectiva integral e incluir, sobre todo, la colaboración y la participación de las comunidades locales, a fin de desarrollar un sentido de pertenencia hacia las acciones y las medidas que se deriven y que permitan mantener la resiliencia del área protegida.

En razón a esto, uno de los grandes retos que se busca con la formulación de estrategias es que sean incluidas en instrumentos de planificación territorial, para que realmente incidan en políticas públicas, programas y proyectos institucionales en el corto, mediano y largo plazo.

En los pasos anteriores se describe la forma en que se obtiene información del estado en el que se encuentran los objetos de conservación seleccionados que definen la situación del área protegida. Toda la información que se genere en las fases previas se constituye en insumos para proponer estrategias de adaptación y resiliencia ecosistémica de los objetos, comunidades o sistemas ecológicos presentes en el área protegida.

En este punto es necesario efectuar la comprensión y el análisis de toda la información generada hasta el momento (pasos 4.1 y 4.2) y que está relacionada con el estado de los atributos de los objetos de conservación, su viabilidad, amenazas, debilidades y oportunidades, ya que de esto depende la formulación de las estrategias, cómo plantearlas y viabilizarlas. Para el planteamiento de las

estrategias se puede recurrir a talleres, mesas temáticas o encuentros donde los actores que hacen parte del proceso puedan aportar en su construcción. En resumen, en este punto de la metodología se busca establecer las estrategias de manejo más adecuadas para el restablecimiento y/o la recuperación de los objetos de conservación, de manera que, las diversas dinámicas naturales o antrópicas que influyen sobre los objetos puedan ser reducidas, aumentadas o mejoradas y, de esta forma, se pueda incrementar la capacidad de adaptación y resiliencia del área protegida y sus zonas colindantes.

Es importante tener en cuenta que las estrategias sugeridas pueden generarse a partir de los atributos que resultaron más débiles y que requieren ser manejados para mitigarlos o minimizarlos, de los que resultaron moderados y de aquellos más fuertes que se necesitan mantener o maximizarlos. Por ello, la información que se genera en los pasos 3.1 y 3.2 de la presente metodología será clave para identificar el estado de los objetos de conservación y, por ende, la determinación de las medidas de adaptación para su resiliencia ecosistémica, lo cual implica un análisis a profundidad que permita seleccionar las acciones estratégicas de más alto impacto.

Hay que tener en cuenta que las estrategias corresponden a decisiones planeadas que van a permitir generar respuestas a factores que limitan, afectan o mantienen la resiliencia ecosistémica de los objetos de conservación que fueron evaluados, por consiguiente, es importante tener claridad que las estrategias que se formulen estarán orientadas a conseguir objetivos y metas que contribuyan a mitigar amenazas e identificar otras para mejorar la capacidad de resiliencia de los objetos de conservación y sus atributos, lo que a su vez incluye la definición de acciones o medidas de corto o mediano y largo plazo. Este proceso se puede consolidar en un plan de trabajo donde se consoliden las estrategias de uso y manejo adaptativo de la resiliencia ecosistémica de los objetos de conservación evaluados dentro del parque y en las áreas colindantes. En el cuadro 13 se presenta una propuesta de plan de acción para abordar la formulación y la gestión de las estrategias de uso y manejo adaptativo de la resiliencia ecosistémica de los objetos de conservación priorizados:

**Cuadro 13.** Plan de acción para la gestión de estrategias de uso y manejo adaptativo de la resiliencia ecosistémica de los objetos de conservación evaluados.

Objetivo	Medida estratégica	Responsables potenciales	Cronograma			Resultado esperado
			Corto plazo	Mediano plazo	Largo plazo	

#### **4.1.5 Fase 5. Socialización y retroalimentación del estado actual de la resiliencia ecosistémica del área protegida evaluada y generación de recomendaciones para su gestión y manejo efectivo.**

Esta fase hace referencia a la retroalimentación de los resultados generados con equipos interdisciplinarios y la divulgación de los resultados del estado actual de la resiliencia ecosistémica del área protegida (pasos 4.1 y 4.2) y las estrategias de manejo adaptativo generadas en el paso 4.3, utilizando distintos medios de comunicación de tipo convencional y digital, como radio, prensa, página web, publicación de artículos, cartillas, plataformas institucionales y la socialización directa a diferentes tipos de público (institucionales, académicos, sociales y comunitarios) a través de talleres, reuniones, eventos científicos como foros o ponencias, entre otros.

Lo anterior, con el fin de permitir el intercambio, la indagación y la consulta por parte de la ciudadanía que adelanta procesos investigativos o que desarrollan programas y proyectos en el área protegida evaluada. Adicionalmente, la promoción de la información en los diferentes canales servirá como fuente de consulta secundaria y a la vez, permite aportar lineamientos para fortalecer programas e iniciativas gubernamentales con destino a la formulación de políticas y proyectos que estén dirigidos a la gestión y conservación de las áreas protegidas. Esta fase incluye el desarrollo de tres pasos: Retroalimentación del estado actual de la resiliencia ecosistémica del área protegida con equipos interdisciplinarios y comunitarios, divulgación de resultados del estado actual de la resiliencia ecosistémica del área protegida evaluada y generación de recomendaciones para el fortalecimiento de la gestión y el manejo efectivo del área protegida evaluada. A continuación, se describen los pasos 5.1 retroalimentación del estado actual de la resiliencia ecosistémica del área protegida con equipos interdisciplinarios y comunitarios, 5.2 divulgación de resultados del estado actual de la resiliencia ecosistémica del área protegida evaluada y 5.3 generación de recomendaciones para el fortalecimiento de la gestión y el manejo efectivo del área protegida evaluada.

#### **Paso 5.1 Retroalimentación del estado actual de la resiliencia ecosistémica del área protegida con equipos interdisciplinarios y comunitarios.**

Este paso contempla la vinculación de personal técnico, científico, institucional y los actores sociales para la retroalimentación de los resultados generados y el análisis de la información obtenida en los pasos 4.1, 4.2 y 4.3.

Aunque este es un proceso de enfoque investigativo, en la práctica es muy importante involucrar alianzas técnico-científicas y la participación de las comunidades locales para enriquecer el análisis y el planteamiento de estrategias de manejo adaptativo que pueden aumentar la resiliencia de los ecosistemas. Estas sinergias contribuyen, por un lado, a la comprensión de la situación actual del área protegida y de su interrelación con factores de carácter ecológico, cultural e histórico y, por otro, se fortalece la discusión en torno a la relación histórica y actual entre el sistema natural y el sistema socioeconómico, siendo esta información muy

importante para la orientación de acciones de intervención y de manejo adaptativo que requiera el área protegida (Vargas, 2007; Aguilar & Ramírez, 2015).

En este sentido, es muy importante tener en cuenta que para emprender acciones de manejo y de conservación en las áreas protegidas, gran parte de su éxito radica en el apoyo que puedan brindar los pobladores locales que están asentados en inmediaciones de las áreas protegidas, por ello, se requiere vincularlos en varios de los procesos que se llevan a cabo en las distintas fases de la metodología.

Al respecto, Aguilar & Ramírez (2015) consideran que un proyecto puede estar bien concebido desde el punto de vista científico y puede estar respaldado por información biofísica sólida, pero si es percibido por la comunidad aledaña como ajeno, amenazante o inadecuado, es probable que carezca de apropiación por parte de ellos (p. 67).

La retroalimentación se puede llevar a cabo a través de reuniones y conversatorios con las comunidades, equipo de experto y entidades a cargo de la administración del área, de modo que se divulguen los resultados que se vayan generando y al tiempo, se establezcan análisis interdisciplinarios para direccionar intervenciones que estén dirigidas al manejo adaptativo y resiliente de los objetos de conservación evaluados. De ahí la importancia de sistematizar la información que se vaya generando a través del estudio, para así construir análisis gráficos, descriptivos y multivariados que aportarán al establecimiento de prioridades de intervención que requieren las áreas protegidas en relación con medidas de manejo adaptativo y resiliente.

También es importante tener en cuenta que las retroalimentaciones deben programarse de manera periódica para que participen todos los actores que hacen parte de la administración del área protegida. Estos ejercicios son apropiados durante el tiempo que demande el estudio, pues aportan a la reflexión y el análisis colectivo, siendo necesario que las discusiones técnicas, científicas y administrativas sean documentadas y puedan ser la base para la retroalimentación y la planeación de las estrategias de manejo adaptativo del área objeto de estudio. Es importante la consolidación de los procesos de retroalimentación en actas o ayuda memoria, donde se recojan los aportes de los actores participantes, de manera que los distintos planteamientos, recomendaciones, sugerencias y contribuciones puedan incluirse en el informe final del estudio.

En este paso, también es importante que los actores que influyen directamente en el área protegida contemplen la importancia de evaluar de nuevo la resiliencia ecosistémica del lugar, luego de ser aplicado el plan de acción para la gestión de estrategias de uso y manejo adaptativo, debido a que, pasado un tiempo, la resiliencia integral del área o de los objetos de conservación que fueron evaluados podrían cambiar naturalmente o debido a la efectividad de las acciones o estrategias de manejo que fueron implementadas.

## **Paso 5.2 Divulgación de resultados del estado actual de la resiliencia ecosistémica del área protegida evaluada.**

En este paso se aborda la divulgación de los resultados encontrados en los pasos 4.1, 4.2 y 4.3, con referencia al estado actual de la resiliencia ecosistémica del área protegida evaluada y del plan de acción, para ello se podrá emplear diversos medios de comunicación y divulgación offline y online.

La socialización de los resultados permite ampliar el espectro de conocimiento de las dinámicas que integran el área de estudio evaluada, pues la publicación de avances y resultados muchas veces despierta el interés de personal científico, académico y social para continuar profundizando en actividades investigativas del área y, al tiempo, permite la planificación de acciones estratégicas que se requieren en la misma.

La divulgación de los resultados se podrá llevar a cabo a través de eventos académicos como foros, simposios, seminarios, mesas temáticas, encuentros, discusiones técnicas o publicación de artículos de investigación, a fin de garantizar la apropiación del conocimiento por parte de los diferentes actores interesados, como también, permita enriquecer los ejercicios de planificación de las áreas protegidas.

## **Paso 5.3 Generación de recomendaciones para el fortalecimiento de la gestión y el manejo efectivo del área protegida evaluada.**

Con las estrategias y medidas que surjan en el paso 4.3, con ocasión de los resultados obtenidos en los pasos 4.1 y 4.2 de la resiliencia ecosistémica del área protegida, se debe garantizar que las estrategias y medidas se encuentren disponibles para proveer de información y conocimiento a las entidades público-privadas del sector, de modo que sirvan como fuente de consulta y referentes técnico-científico a nuevos estudios que se realicen en el área, al fortalecimiento de políticas públicas y a la adopción de planes, programas y proyectos que refuercen la planificación de los objetos de conservación.

En este sentido, la socialización de los resultados obtenidos por distintos medios permite no sólo alimentar análisis de la situación del área protegida, sino que, además, aporta información que sustenta la priorización de medida para el manejo adaptativo del área y, de esta manera, puedan ser articuladas a los diferentes instrumentos de gestión, ya sean éstos los planes de ordenamiento, planes de adaptación, planes de manejo de áreas protegida y/o planes de acción de la biodiversidad nacional. Por ello, la importancia de la divulgación, promoción y publicación de resultados, bien sea a través de medios virtuales o presenciales, ayudarán a enriquecer el análisis de la gestión del área, como también, de garantizar que se haga extensivo el conocimiento y la sensibilización a diversos públicos acerca de las medidas de adaptación que se contemplan para el área protegida. De ahí la importancia de trabajar en sinergia institucional y comunitaria con actores sociales y entidades territoriales que hacen parte de la administración y gestión de las áreas protegidas.

## **4.2 APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA PARA EVALUAR LA RESILIENCIA ECOSISTÉMICA, ESTUDIO DE CASO DEL PNN ALTO FRAGUA INDI WASI EN EL DEPARTAMENTO DE CAQUETÁ, COLOMBIA.**

Teniendo en cuenta los pasos metodológicos descritos en el capítulo anterior, en este apartado se presenta un estudio de caso semi-detallado para evaluar la resiliencia ecosistémica del área protegida PNNAFIW en el departamento de Caquetá, Colombia. Para la aplicación de la metodología se tuvo en cuenta el parque y sus reservas contiguas.

### **Fase 1. Identificación de la categoría de manejo del área protegida seleccionada y caracterización de sus objetos de conservación.**

#### **Paso 1.1 Definición del propósito y ámbito de aplicación de la metodología.**

El propósito central de este capítulo es determinar la capacidad de resiliencia ecosistémica del PNN Alto Fragua Indi Wasi y sus reservas contiguas, con el fin de proponer estrategias que favorezcan su adaptación a los cambios naturales o antrópicos, que permitan garantizar el cumplimiento de sus objetivos de conservación en el largo plazo.

#### **Paso 1.2 Identificación de la unidad y categoría fundamental del área protegida seleccionada.**

El PNNAFIW es un área protegida pública de ámbito nacional, que fue declarado en el año 2002 como Parque Nacional Natural, desde entonces, hace parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Colombia y está integrado a la categoría de Parques Nacionales Naturales.

Tras la declaratoria del parque, a través de la Resolución número 0198 del 25 de febrero de 2002 emitida por el del Ministerio del Medio Ambiente, “Por la cual se reserva, alindera y declara el Parque Nacional Natural Alto Fragua Indi Wasi”, se le otorgó a la Unidad Administrativa Especial de Parques Nacionales Naturales (UAESPNN) en coordinación con las autoridades indígenas la función inter-administrativa y de manejo del PNNAFIW, para que de conformidad con lo dispuesto en el Decreto 3572 de 2011 se atiendan lineamientos institucionales que permitan velar por su uso y protección, en concordancia con las prácticas culturales del pueblo ingano y la conservación de la biodiversidad presente en el área.

#### **Paso 1.3 Identificación de las unidades y categorías de manejo complementarias y contiguas del orden local, regional, nacional e internacional del área protegida seleccionada.**

El PNNAFIW y sus reservas contiguas hacen parte de la Zona de Reserva Forestal de la Amazonia. Esta reserva fue constituida a través de la expedición de la Ley 2 de 1959 “por la cual se dictan normas sobre economía forestal de la Nación y conservación de recursos naturales renovables”, con el propósito de mantener los

procesos ecológicos necesarios para asegurar la oferta de servicios ecosistémicos, la protección de los suelos, las aguas y la vida silvestre. Con la declaratoria del PNNAFIW en el 2002, se contribuye al fomento de áreas de protección de carácter nacional.

De igual forma, el PNNAFIW está integrado a la Subregión del Piedemonte Andino-Amazónico de gran importancia ecológica, que se caracteriza por la confluencia y conectividad de ecosistemas Andinos y Amazónicos (Ver Mapa 1). En esta subregión convergen elementos biogeográficos que proveen una alta variedad de especies de flora y fauna que son consideradas de gran interés para la conservación de la diversidad biológica. A su vez, el PNNAFIW hace parte del corredor biológico Serranía de los Churumbelos Auka Wasi-Cueva de los Guácharos<sup>9</sup>, que se caracteriza por la transición de paisajes Andino-Amazónicos y donde la confluencia de estos ecosistemas no solo favorece la continuidad espacial y el fortalecimiento de procesos de conectividad entre zonas protegidas, sino que además, contribuye al aumento de la diversidad genética de fauna y flora, lo que la distingue como una de las áreas más importantes de Colombia para la conservación de especies a escala regional. Así lo ratifica la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (ACCEFYN)<sup>10</sup> al referirse de la importancia ecológica de esta zona como:

“... este complejo de parques se constituirá en una de las áreas de Colombia más importantes para la conservación de la biodiversidad ya que aquí confluyen las provincias Norandina y Amazónica con influencia de la Cordillera Central, la Cordillera Oriental, la Amazonía y el Valle del Magdalena. Al integrarse los tres parques mencionados se garantizará la posibilidad de flujo genético en una amplia área con variación altitudinal entre los 300 m.s.n.m. del piedemonte amazónico, en la Serranía de los Churumbelos y los más de 5000 m.s.n.m. de las nieves perpetuas del Nevado del Huila”.

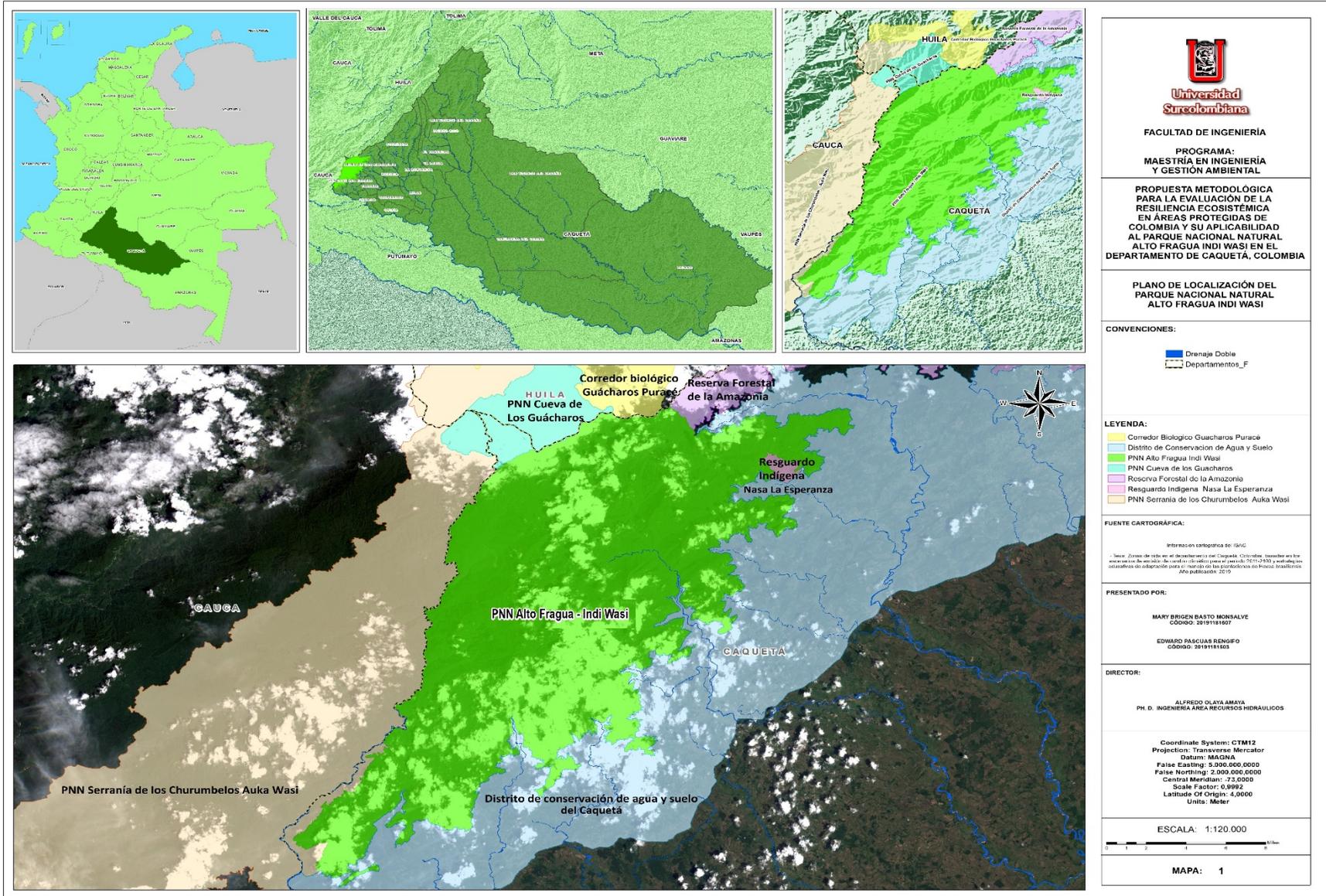
De esta forma, el PNNAFIW presenta traslape en la parte occidental con el PNN Serranía de los Churumbelos Auka Wasi y al norte (hacia los Andes) con el PNN Cueva de los Guácharos y la Reserva Forestal de la Amazonía. Es importante tener presente que el PNNAFIW fue proyectado por la UAESPNN como una propuesta de ampliación hacia la vertiente amazónica del PNN Cuevas de Los Guácharos, con el fin de incrementar el hábitat del guácharo (*Steatornis caripensis*), que corresponde a una de las especies focales y prioritarias de dicha área protegida (MADS-PNNC, 2012, p. 25).

---

<sup>9</sup> Corresponden a las áreas públicas protegidas como PNN Alto Fragua Indi Wasi, PNN Serranía de los Churumbelos Auka Wasi, PNN Cueva de los Guácharos en los departamentos de Putumayo, Caquetá y Cauca.

<sup>10</sup> Entidad científica de derecho privado que tiene por objeto el desarrollo de las ciencias exactas, físicas y naturales, sus aplicaciones y su enseñanza. Este organismo participa en la construcción y apropiación del conocimiento científico de las diversas regiones del país.

Mapa 1. Localización del PNN Alto Fragua Indi Wasi y sus reservas contiguas.



Así mismo, la creación del PNN Serranía de los Churumbelos Auka-Wasi en el 2007 contribuyó a favorecer la conservación de la biodiversidad del PNNAFIW, ya que esta última área alberga valores excepcionales de riqueza florística y faunística y que, a su vez, se encuentra amenazadas por el avance de los frentes de colonización (PNNC, 2005).

De igual forma, hacia el suroriente del parque se encuentra el Distrito de Conservación de Suelos y Aguas de Caquetá (DCSAC)<sup>11</sup> y cuya superficie ejerce predominio en el PNNAFIW. La superficie de este Distrito cubre parcialmente los municipios de San José del Fragua y Belén de Los Andaquíes con el 15,1 % (41.612 ha) y 15,4 % (42.028 ha), respectivamente.

Adicionalmente, el PNNAFIW se constituye en zona de amortiguación y de conectividad de los ecosistemas estratégicos que hacen parte del núcleo central de la reserva de la Biósfera del Cinturón Andino, contribuyendo a favorecer los procesos de conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que presta.

Es de tener en cuenta que el complejo de áreas protegidas circunvecinas al PNNAFIW son vistos como refugios biológicos que favorecen el desplazamiento de las especies en sus entornos naturales y, al tiempo, contribuye a generar condiciones de hábitats necesarios para la conservación de la diversidad biológica, por ende, se constituyen en núcleos fundamentales para mantener la resiliencia ecológica.

#### **Paso 1.4. Descripción de las características administrativas, biofísicas, ecológicas y socioeconómicas del área protegida seleccionada.**

##### **Aspectos administrativos y legales**

En el año de 1995, la Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales (UAESPNN) proyectó el PNNAFIW como una propuesta de ampliación del PNN Cueva de Los Guácharos, con el fin de incrementar el hábitat y preservar la existencia de la especie animal guácharo (*Steatornis caripensis*), que corresponde a uno de los objetos de conservación de dicha área de protegida (MADS-PNNC, 2012, p. 25).

En 1999, tras la firma de un convenio entre el Ministerio del Medio Ambiente, Amazon Conservation Team-ACT y la Organización Inga del Sur Colombiano-ORINSUC (actualmente asociación de cabildos Tandachiridu InganoKuna) se establece la necesidad de crear un área especial de manejo compartido en la región del Fragua, departamento de Caquetá, que comprende las cuencas de los ríos Fragua Grande y Yurayaco (MADS-PNNC, 2012, p. 25).

Entre el 2000 y 2001, el Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt (IAVH) adelantó estudios en la región de la cuenca alta del río Fragua, que conllevaron a catalogar esta zona como una de las más ricas en

---

<sup>11</sup> Este Distrito cuenta con un área total de 272.730 hectáreas.

biodiversidad de la Cordillera Oriental y en mejor estado de conservación, siendo un área propicia para la ampliación del rango de distribución geográfica de las especies presentes en el PNN Cueva de Los Guácharos (PNNC, 2005; MADS-PNNC, 2012).

Con base en los anteriores preceptos, nace la propuesta para la creación de un área especial de conservación en la región del Fragua Caquetá Piedemonte Amazónico colombiano, donde a partir de los resultados del estudio presentado por el IAVH, la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales emitió concepto favorable para la declaratoria del PNNAFIW en el 2002 (PNNC, 2005; MADS-PNNC, 2012).

La declaración del PNNAFIW se dio a través de la Resolución número 0198 del 25 de febrero de 2002 emitida por el del Ministerio del Medio Ambiente. Este parque se originó bajo el objetivo de establecer un área de manejo especial para la conservación biológica y cultural, en la región del Fragua, Caquetá, en el Piedemonte Amazónico colombiano, en la perspectiva de un pleno reconocimiento de los derechos territoriales indígenas y prácticas culturales del pueblo ingano.

### **Aspectos biofísicos y ecológicos**

El PNNAFIW se encuentra ubicado en el sur occidente del departamento del Caquetá. Su territorio cubre porcentualmente el 75 % el Municipio de San José del Fragua y el 25 % el municipio de Belén de los Andaquíes. Se ubica en una zona de transición de la Cordillera de Los Andes y la planicie Amazónica dentro de un rango altitudinal de los 900 y 2.895 m.s.n.m., por lo que hace parte de un importante corredor biológico que conecta dos ecosistemas altamente diversos y estratégicos para el territorio colombiano (PNNC, 2021). Al occidente (hacia Los Andes), el PNNAFIW se conecta con el PNN Churumbelos Auka Wasi; al norte (hacia Los Andes) con el PNN Cueva de los Guácharos, la Reserva Forestal de la Amazonía y el resguardo indígena Nasa la Esperanza; hacia el suroriente (hacia el Piedemonte y la planicie Amazónica) se encuentra con la zona rural y las cabeceras de los municipios de Belén de los Andaquíes y San José del Fragua, y la carretera troncal de oriente o marginal de la selva (MADS-PNNC, 2012) Ver mapa 1.

El parque tiene un área geográfica de 76.094,17 hectáreas (RUNAP, 2022). Se caracteriza por ser una zona de la Cordillera Oriental que se encuentra en buen estado de conservación, que la consolidan como un área potencial con alto grado de endemismos y esencial para la generación de bienes y servicios ambientales. El área se traslapa con el territorio ancestral del pueblo ingano y con el resguardo Nasa de la Esperanza (PNNC, 2021).

En cuanto a factores climáticos, el parque tiene una temperatura mínima de 12,2 °C, una máxima de 23,9 °C y promedio de 19,6 °C. Presenta una precipitación promedio de 2.689 mm/año, con intervalos mínimos de 2.083 mm/año y máximos de 4.045 mm/año. Registra una humedad relativa entre el 85 y 90 %, lo que permite caracterizar su clima como templado muy húmedo a frío muy húmedo (MADS-PNNC, 2012). Al respecto, el estudio realizado por Basto (2019) identificó dos bioclimas en

el PNNAFIW: El bosque muy húmedo Premontano Tropical (bmh-PMT) y el bosque muy húmedo Montano Bajo Tropical (bmh-MBT), que ocupan la mayor extensión de esta área protegida.

La red hidrográfica del PNNAFIW y sus reservas contiguas están rodeadas por seis cuencas que drenan su territorio, donde sus afluentes nacen en su mayoría en la montaña, entre los que sobresalen los ríos Fragua, Sabaleta, Fragueta, Yurayaco, Fragua Chorroso y Pescado (PNNC, 2005, p. 58).

Con relación a las pendientes, el 72 % de la superficie total del parque tiene pendientes de tipo escarpado (>60 %) y muy escarpado (>30 a 60 %). Así mismo, el 21,4 % de su relieve es colinado o lomerío (>16 a 30 %), el 5,6 %, presenta pendientes tipo muy ondulada (>3 a 8 %) y el 0,2 % de su superficie registra terrenos casi planos con pendientes ligeras de 0 a 3% (PNNC, 2005, p. 62).

Respecto a su fisiografía y suelos, en el área del parque predomina el gran paisaje de montaña fluvio-erosional, que corresponde al 98 % del área total del parque, mientras que los paisajes fisiográficos lomerío fluvio-erosional, colina fluvio-erosional y cresta fluvio-erosional ejerce predominio en el PNNAFIW (MADS-PNNC, 2012, p. 63).

De acuerdo con el MADS-PNNC (2012), en el parque se reportan seis tipos de coberturas: bosque, con el 98,7% de la extensión total del parque; bosque intervenido, con el 0,48%; rastrojo, con el 0,62%; pasturas, con el 0,20%; y espacios abiertos (áreas de derrumbes, cultivos y otros), con el 0,01%.

En lo que respecta a la vocación de usos del suelo, el área del parque está priorizada con aptitud de conservación, agroforestal y forestal, donde la zona de conservación no presenta ningún tipo de conflicto y las zonas forestal y agroforestal si presentan conflicto de uso (MADS-PNNC, 2012, p. 67). En relación con la categoría forestal, el uso principal recomendado es protección y producción, no obstante, la zona destinada a esta categoría se encuentra en un 60% cubierta por pastos y genera conflicto en relación con la alta pluviosidad que se presentan en el sector y que, sumado a la superficialidad y la baja fertilidad de los suelos, el área es afectada por procesos de moderado a alto grado de erosión (MADS-PNNC, 2012, p. 68).

El parque AFIW ha sido declarado área con fines de conservación de la biodiversidad, de provisión de servicios ecosistémicos y como un territorio de diversidad étnica y cultural, donde el pueblo ingano ha ejercido presencia en el Piedemonte Amazónico desde hace varios siglos, lo que ha contribuido a proteger la riqueza cultural y biológica de la zona. Con la declaratoria del PNN AFIW como área de manejo especial para la conservación de la región del Río Fragua-Alto Caquetá, también se reconoció como territorio ancestral y sagrados del Pueblo Inga.

Así mismo, el PNNAFIW hace parte del proceso de ordenación y conservación de la conectividad de los ecosistemas de la subregión del Piedemonte Andino-Amazónico,

que se encuentra en el suroriente del país y es considerado como uno de los sitios con la mayor diversidad en los Andes de Colombia (WWF, 2014).

Investigaciones realizadas en el parque y sus reservas contiguas indican que en el parque se presenta una alta diversidad florística y faunística, basada en los siguientes estudios:

La investigación de Franco-Rosselli *et al.* (1997) realizada en diferentes partes de la zona de transición Andino-Amazónica reportó que la mayoría de las especies florísticas se agrupan en las familias Rubiaceae, Melastomataceae y Sapotaceae.

Por su parte, el estudio de IAvH (2001) realizado en el alto río Yurayaco, en el rango altitudinal entre los 900 y 1400 msnm, jurisdicción del municipio de San José del Fragua (Caquetá) y zona de influencia del PNNAFIW, destacó la predominancia de plantas de las familias Melastomataceae y Cyclanthaceae en el sotobosque y, en estratos más altos, individuos de las familias Fabaceae y Rubiaceae y Arecaceae y Myristicaceae,

Al respecto, los resultados del estudio de Kairuz (2020) coincide con la reportado por IAvH (2001), al determinar que el PNNAFIW y sus reservas contiguas presentan una alta riqueza de especies pertenecientes a las familias Fabaceae, Arecaceae, Lauraceae, Rubiaceae, Euphorbiaceae, Moraceae, Melastomataceae, Myristicaceae, Sapotaceae y Burceraceae. Entre las especies que tuvieron un mayor índice de valor de importancia (IVI) se encuentran: *Iriartea deltoidea*, *Tapirira guianensis*, *Pseudosenefeldera inclinata*, *Annona* sp., *Virola elongata*, *Inga* sp., *Zigia* sp., *Pourouma bicolor*, *Protium heptaphyllum* y *Tovomitia weddeliana*.

La investigación de Gómez (2012) estudió la composición de la avifauna en la vertiente oriental de la Cordillera Oriental en jurisdicción del municipio de Belén de Los Andaquíes (Caquetá), en las veredas La Quisayá y La Resaca, que corresponde a zona de influencia del PNNAFIW. Los muestreos se realizaron en la zona comprendida entre el Piedemonte Amazónico (300-1000 m de altitud) y la cordillera (más de 1000 m de altitud), donde se entremezclan elementos bióticos de la Planicie Amazónica con los de las laderas andinas. El estudio determinó que la comunidad de aves estuvo conformada por 202 especies de 42 familias y 155 géneros, constituidos en 6 grupos funcionales básicos: Frugívoros, nectarívoros, carroñeros, insectívoros, piscívoros y carnívoros. Algunas de las especies más representativas fueron: *Phaethornis syrmatophorus* (Ermitaño leonado), *Doryfera johannae* (Pico de lanza), *Eutoxeres condamini* (Pico de hoz rabicanelo), *Phaethornis guy* (Ermitaño verde), *Thalurania furcata* (Ninfa norada), *Myromtherula axillaris* (Hormiguerito flauquiblanco), *Myrmoborus myiotherinus* (Hormiguero carinegro), *Pithys albifrons* (Hormiguero empenachado), *Willisornis poecilinotus* (Hormiguero escamado), *Lepidothix coronata* (Saltarín cabeciazul), *Xenopipo holochlora* (Manakín verde), *Campylopterus falcatus* (colibrí lazulita), *Urostitte ruficrissa* (colibrí puntablanca), *Heliodoxa schreibersii* (brillante ventrinegro), *Heliodoxa aurescens* (colibrí de cuello castaño). De total de aves identificadas algunas figuran en categorías de amenaza, como *Tinamus osgoodi*, *Chamaepetes goudotii*, *Aburria aburri*, *Geotrygon saphirina*,

*Pipreola chlorolepidota*, *Campylopterus villaviscensio*, *Phlogophilus hemileucurus*, *Heliodoxa gularis*, *Cephalopterus ornatus*. Algunas de esas especies no se conocían para la zona, por lo que la investigación permitió ampliar el rango de distribución de estas especies hacia el norte del río Caquetá.

Negret *et al.* (2015) publicaron los resultados del inventario preliminar de mamíferos no voladores en el PNNAFIW. Las estaciones de muestreo fueron localizadas en un rango altitudinal entre los 800 y 1.600 msnm. El estudio destacó especies terrestres andinas y amazónicas como: *Mustela felipei*, *Speothos venaticus*, *Leopardo tigrinus*, *Leopardo wiedii*, *Tremarctos ornatus*, *Lagothrix Lagotrichia*, *Dinomys branickii*, *Lagothrix lagotrichia lugens*, *Tapirus pinchaque* y *Dinomys branickii*. Dichas especies se encuentran en peligro de extinción, según la lista roja de especies amenazadas de la UICN. Otras especies avistadas en el área de estudio fueron: *Puma concolor*, *Puma yagouaroundi*, *Chironectes minimus*, *Saimiri sciureus*, y *Sciurus igniventris*, *Leopardus pardalis*. El estudio concluye que algunas de las especies representativas del parque se encuentran en condición de amenaza vulnerable, sobre todo, por factores asociados a actividades humanas.

La investigación de Lamus *et al.* (2020) documentó la biodiversidad de anfibios y reptiles presentes en la región geográfica Andino-Amazónica, en el flanco oriental de la Cordillera Oriental, jurisdicción del PNNAFIW. Las estaciones de muestreo fueron establecidas en el rango altitudinal entre los 450 a 1900 msnm, donde se encontraron especies de anfibios endémicos para el departamento de Caquetá, entre ellos: el *Chaunus marinus*, *Pristimantis epacrus*, *Hyloscirtus Phyllognathus*, *Rhinella cristinae*, *Pristimantis epacrus* y *Nymphargus nephelophilla*, *Hyloxalus itaoli*, *Hyloxalus maculosus*, *Pristimantis brevicrus*, *Pristimantis diadematus*, *Ameerega ingerí* y *Hyloscirtus torrenticola*. Estas dos últimas especies se encuentran dentro de la categoría vulnerable, según la Resolución 1912 de 2017 de Colombia y la lista roja de especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza de 1964. El estudio concluye que en la región se presenta un alto número de especies de anfibios que pertenecen, en su mayoría, a las familias Hylidae, Craugastoridae, Bufonidae, Centrolenidae, Dendrobatidae y Leptodactylidae, Caeciliidae, Hemiphractidae y Ranidae. En cuanto a reptiles, el mismo estudio reportó especies lagartos y serpientes, entre ellas, *Anolis fitchi*, *Anolis fuscoauratus*, *Anolis scypheus*, *Anolis ruizii*, *Hemidactylus angulatus*, *Hemidactylus frenatus*, *Alopoglossus atriventris*, *Alopoglossus buckleyi*, *Cercosaura argulus*, *Gelanesaurus* sp., *Loxopholis parietalis*, *Potamites eupleopus*, *Enyalioides microlepis*, *Gonatodes albogularis*, *Gonatodes riveroi*, *Lepidoblepharis* sp., *Ameiva praesignis* cf., *Boa constrictor*, *Corallus batesii*, *Epicrates cenchria*, *Atractus atratus*, *Atractus collaris*, *Atractus elaps*, *Chironius exoletus*, *Chironius fuscus*, *Chironius scurrulus*, *Dipsas catesbyi*, *Dipsas indica*, *Helicops angulatus*, *Helicops pastazae*, *Imantodes cenchoa*, *Leptodeira annulata*, *Ninia hudsoni*, *Oxyrhopus leucomelas*, *Oxyrhopus petolarius*, *Oxyrhopus vanidicus*, *Umbrivaga pygmaea*, *Bothrocophias hyoprora*, *Bothrops atrox*, *Lachesis muta* y *Paleosuchus trigonatus*.

Por otro lado, el estudio de Morales (2020) coincide con los resultados del muestreo de mamíferos no voladores publicado por Negret *et al.* (2015), al reportar que en el

PNNAFIW se encuentra un gran número de especies pertenecientes a las clases Aves y Mammalia. La mayor representación de especies mamíferas encontradas en el estudio de caracterización de fauna silvestre reportado por Morales (2020), la encabezan: *Dasybus C.f. novemcinctus* y *Cuniculus paca*, *Odocoileus virginianus*, *Tayassu pecari*, *Nasuella olivácea*, *Pecari tajacu*, *Ortalis guttata*, *Hydrochoerus hydrochaeris*, *Lagothrix lagotricha*, *Myrmecophaga tridactyla*, *Sapajus apella*, *Dasyprocta fuliginosa*, *Potos flavus*, *Leopardus tigrinus*. En cuanto a las aves, en la zona predominan especies como *Crax sp.*, *Penelope jacquacu* y *Ortalis guttata*. Es importante tener en cuenta que las especies *Leopardus tigrinus*, *Tayassu pecari* y *Lagothrix lagotricha* se encuentran categorizadas como vulnerables a la extinción local, según la lista roja de especies amenazadas de la UICN. Así mismo, la especie *Tapirus terrestris* se encuentra catalogada en peligro crítico por la UICN.

Así mismo, el estudio de Morales & Díaz (2020) evaluó la diversidad de murciélagos presentes en la vertiente Amazónica de la Cordillera Oriental en el interfluvio de los ríos Pescado y Bodoquero, que hacen parte del corredor biológico entre los Parques Nacionales Naturales Serranía de los Churumbelos, Cueva de los Guácharos e Indi-Wasi. Los muestreos se localizaron en el rango altitudinal entre los 500 y 1.900 m.s.n.m., donde las más abundantes correspondieron a: *Anoura peruana*, *Sturnira erythromos*, *Sturnira ludovici*, *Anoura caudifer*, *Carollia perspicillata*, *Carillia brevicauda*, *Platyrrhinus umbratus*, *Desmodus rotundus*, *Carollia castanea* y *Sturnira guianae*. De igual forma, la investigación aportó seis nuevos registros de especies de murciélagos en la vertiente Amazónica de los Andes, que corresponden a: *Anoura fistulata*, *Anoura peruana*, *Hsunycteris pattoni*, *Platyrrhinus incarum*, *Platyrrhinus nigellus* e *Histiotus humboldti*. También se confirmó la presencia de *Vampyressa melissa* en el área de estudio. Los resultados establecen que la vertiente Amazónica de los Andes alberga una diversidad de murciélagos, donde la mayor riqueza se encuentra por debajo de los 800 m.s.n.m.

Atuesta *et al.* (2020) realizaron un inventario de mamíferos medianos y grandes en el Parque Andakí, a lo largo de un transecto altitudinal entre los 470 y 1.900 m.s.n.m., en coberturas boscosas sobre las franjas de Piedemonte Amazónico y subandina, zona de confluencia del PNNAFIW. Algunas de las especies avistadas por debajo de los 1.100 m.s.n.m. correspondieron a: *Potos flavus*, *Cerdocyon thous*, *Pithecia milleri*, *Nasua nasua*, *Pecari tajacu*, *Cuniculus paca*, *Dasyprocta fuliginosa* y *Dasybus novemcinctus*. Especies encontradas en el rango altitudinal por encima de los 1.100 m.s.n.m. fueron: *Cabassous unicinctus*, *Dasybus kappleri*, *Tamandua tetradactyla*, *Panthera onca*, *Eira barbara*, *Lontra longicaudis*, *Nasuella olivácea*, *Procyon cancrivorus*, *Speothos venaticus*, *Mazama cf Rufina*, *Lagothrix lagothricha lugens*, *Leontocebus sp.*, *Sapajus apella*, *Microsciurus flaviventer*. El estudio también determinó que las especies *T. ornatus*, *L. longicaudis*, *P. milleri* y *L. lagothricha lugens* se encuentran reportadas en la lista de especies amenazadas por la UICN, por consiguiente, representan un especial interés para la conservación.

Chica & Espinosa (2020) llevaron a cabo el inventario de la avifauna en el Parque Andakí, ubicado en la región geográfica Andino-Amazónica en jurisdicción del municipio de Belén de los Andaquíes, departamento de Caquetá. Este parque hace parte

del corredor ecosistémico conformado por los Parques Nacionales Naturales Cueva de los Guácharos, Alto Fragua Indi-Wasi y Serranía de los Churumbelos. El estudio se realizó en un transecto altitudinal entre los 480 y 1900 m.s.n.m. En la zona se registraron 256 especies de aves, correspondiente a una tercera parte de las aves que han sido reportadas en el departamento de Caquetá, como también, entre el 60 y el 70 % del total de aves que pueden existir en el Parque (Chica & Espinosa, 2020, p. 213). Algunas especies de aves registradas por encima de 1.500 m.s.n.m. incluyen pavas, colibríes, gallinetas, carpinteros, horneros, atrapamoscas, águilas y tangaras, Muchas de éstas son endémicas en Colombia: *Colibri coruscans*, *Colibri delphinae*, *Coeligena coeligena*, *Stilpinia cyanicollis*, *Pionus chalcopterus*, *Anthocephala berlepschi*, *Drymophila caudata*, *Conopias cinchoneti*, *Creurgops verticalis*, *Anthocephala berlepschi*, *Drymophila caudate*, *Haplophaedia aureliae*, *Forpus conspicillatu*, *Leptopogon rufipectus*, *Setophaga petechia*, *Scytalopus atratus*, *Pipreola riefferii*, *Tinamus osgoodi*, *Aburria aburri* y *Spizaetus melanoleucus*. Entre los 1.300 y 1.500 m s. n. m. se registraron especies endémicas de Colombia, como también aves migratorias boreales y difíciles de observar en este rango altitudinal como: *Thamnophilus unicolor*, *Conopohaga castaneiceps*, *Premnoplex brunnescens*, *Thripadectes virgaticeps*, *Euphonia mesochrysa*, *Tinamus tao* y *Odontophorus gujanensis*, *Nothocercus bonapartei*, *Micrastur ruficollis*, *Conopophaga castaneiceps*, *Premnoplex brunnescens*, *Thripadectes virgaticeps*, *Calochaetes coccineus*, *Epinecrophylla spodionota* y *Pyriglena leuconota*, *Catharus ustulatus*, *Setophaga striata* y *Phlogophilus hemileucurus*. Entre la franja altitudinal de los 1.000 y 1.200 m s. n. m., se registraron aves como: *Eubucco bourcierii*, *Epinecrophylla spodionota*, *Pyriglena leuconota*, *Cinclus leucocephalus leuconotus*, entre otros. Algunas de las aves registradas entre 800 y 1.000 m.s.n.m. fueron: *Eutoxeres condamini*, *Chamaeza nobilis*, *Myiotriccus ornatus*, *Lanio fulvus*, entre otras. Finalmente, algunas de las especies de aves registradas se encuentran en alguna de las categorías de amenazada de la UICN y corresponden a *Tinamus osgoodii*, *Galbula pastazae*, *Phlogophilus hemileucurus*, *Anthocephala berlepschi*, *Setophaga cerulea*, *Hypopyrrhus pyrohypogaster*.

El estudio de diversidad florística realizado por Castaño *et al.* (2020) en el Parque Andakí, el cual se ubica en los límites del PNNAFIW y sobre el gradiente altitudinal de los 500 y 2.000 m.s.n.m., permitió la identificación de 1434 especies, 596 géneros y 198 familias, de las cuales, 40 fueron líquenes, 87 briófitos, 143 helechos, una gimnosperma y 1163 angiospermas. De todos los grupos de organismos muestreados, las familias con mayor número de especies fueron Rubiaceae, Melastomataceae y Araceae, mientras que los géneros más diversos fueron Miconia, Piper y Anthurium. El estudio registró 38 especies endémicas dentro de las cuales se encuentran especies importantes en la estructura de los bosques como *Colombobalanus excelsa*, *Aiphanes simplex*, *Geonoma wilsonii*, *Saurauia aromatica*, *Guatteria cargadero*, *Anthurium bogotense*, entre otras. También se identificó tres especies amenazadas todas en categoría Vulnerable (VU): *Micropterygium parvistipulum*, *Colombobalanus excelsa* y *Scutellaria cuatrecasasiana*. De otra parte, las 5 especies más abundantes correspondieron a *Wettinia praemorsa*, *Socratea rostrata*, *Arawakia weddelliana*, *Graffenrieda colombiana* y *Miconia trinervia*, que representaron el 24 % del total de individuos censados. El estudio concluye que la

alta diversidad de plantas encontrada corrobora la importancia biológica que tiene la transición Andino-Amazónica para la conservación de los recursos genéticos de la flora nacional.

Los resultados de las investigaciones anteriores reflejan que el PNNAFIW y sus reservas contiguas representan una de las regiones *hotspot* más importantes para la conservación de la biodiversidad Andino-Amazónica, por ende, se requieren fortalecer el conocimiento científico de la zona para explorar la riqueza de sus recursos biológicos y, de esta forma, tomar decisiones argumentadas para formular acciones de conservación y de manejo efectivo de su diversidad biológica y cultural.

El conocimiento de la diversidad biológica presente en el PNNAFIW y sus reservas contiguas se constituye en un paso muy importante, a fin de generar estrategias efectivas de adaptación y resiliencia para la permanencia de los procesos ecológicos y el mantenimiento de la funcionalidad ecosistémica de las especies que habitan en estas áreas protegidas.

### **Aspectos socioeconómicos**

Tomando como base el Plan de Manejo del PNNAFIW (MADS-PNNC, 2012), los grupos socioculturales actuales que hacen presencia en la zona y sus reservas contiguas está compuesta por familias procedentes de distintas regiones de Colombia como el Tolima Grande (Huila y Tolima), el eje cafetero (Antioquia, Caldas, Risaralda y Quindío), cundiboyacense (Cundinamarca y Boyacá), los Santanderes, la costa Atlántica, el Cauca, el Valle del Cauca y Nariño.

De otro lado, el Piedemonte Amazónico ha sido albergue de diversos grupos indígenas que se asentaron hace varios siglos en la región, procedentes del Amazonas peruano y ecuatoriano, los cuales habitaban en el Bajo Putumayo, conocidos como Mocoas, y algunos últimos sobrevivientes de Los Andakies, combativos indígenas que nunca aceptaron someterse al dominio de los conquistadores (PNN, 2005, p. 12)

En la actualidad, la población indígena que se encuentra establecida en el PNNAFIW corresponde a las étnias Embera katío, Inga y Páez, provenientes de los departamentos de Chocó, Cauca y Putumayo, respectivamente. Las familias de estos grupos hacen parte de la Asociación Tandachiridu Inganokuna, los cuales están constituidos en cinco Resguardos: La Esperanza, El Portal, La Cerinda, San Miguel y Yurayaco (PNN, 2005 & MADS-PNNC, 2012).

En el contexto económico, el PNNAFIW y sus reservas contiguas por tratarse de una zona protegida carece de dinámica social activa. Su importancia socioeconómica es baja, ya que corresponde a una zona de especial significancia ambiental. Las familias campesinas e indígenas dependen, en gran medida, de una producción de subsistencia basada en una agricultura donde predominan los cultivos tradicionales como el plátano, yuca, maíz, cacao, caña panelera y otros. Así mismo, la actividad

económica se reduce a la entresaca de árboles maderables, actividades de pesca y cacería de subsistencia.

Aunque el proceso de ocupación humana al interior del parque es relativamente bajo, se debe considerar que para lograr una mayor efectividad en el manejo y la resiliencia del lugar es importante considerar su entorno, sobre todo, su población local colindante y las diversas dinámicas socioeconómicas y culturales que subyace alrededor del área, ya que podrían estar asociadas a factores de riesgos y amenazas que inciden en la sostenibilidad futura de las áreas protegidas.

### **Paso 1.5 Identificación y selección de los objetos de conservación prioritarios en el área protegida seleccionada.**

La legislación que declara la creación del parque brinda información relevante acerca de los objetos de conservación prioritarios para el área, tal como lo establece la Resolución 198/2002:

Que el área a declarar contribuye al aumento de la representatividad de los siguientes distritos biogeográficos dentro del Sistema de Parques Nacionales Naturales: Distrito Selvas Nubladas Orientales Caquetá - Cauca - Putumayo, en un 3,65 %; Distrito Selva Andina Huila – Caquetá, en un 1,62 % y al Distrito de Bosques Subandinos Orientales Cauca - Huila, 4,37 %, incluyendo elevaciones desde los 900 m.s.n.m. de la vertiente Amazónica de la Cordillera Oriental, los cuales se hallan cubiertos por selvas higrofiticas frecuentemente nubladas, así como el conjunto de los sectores de páramo que circundan los Picos del Fragua, incluyendo un supuesto centro de endemismo definido hacia los pisos térmicos fríos y de páramo (p. 3).

De igual forma, el Art. 1° de la Resolución 075 del 03 de noviembre de 2011, “Por medio de la cual se adoptan los objetivos de conservación de las 56 áreas protegidas del Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia” establece como objetivos de conservación del PNNAFIW los siguientes:

1. Proteger una muestra en buen estado de conservación de selva de la vertiente oriental de la Cordillera Oriental que constituye un corredor entre los ecosistemas andino-amazónicos al tiempo que alberga valores excepcionales de biodiversidad y que actualmente se encuentra amenazada por el avance de los frentes de colonización.
2. Conservar, en coordinación con el pueblo ingano, sus territorios ancestrales traslapados con el PNNAFIW para garantizar la protección de sus sistemas de conocimientos, de utilización y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.

Estos objetivos fueron propuestos en virtud de que el parque integra dos importantes ecosistemas que se ubican en la zona de transición Andino-Amazónica, por ende, diversos estudios consideran esta área como una de las regiones biogeográfica

*hotspot* de diversidad biológica, ecosistémica y cultural de Sudamérica, que requiere un mayor conocimiento de sus atributos y riqueza biótica.

A su vez, el plan de manejo del PNNAFIW también brindó información acerca de los objetos de conservación que fueron priorizados, a saber:

Proteger los ecosistemas Andino-Amazónicos presentes en el Parque Nacional Natural Alto Fragua Indi Wasí que contribuya a mantener la alta diversidad biológica y cultural, y la capacidad de regulación hídrica del Piedemonte Andino-Amazónico (MADS-PNNC, 2012, p. 114).

Al respecto, es importante tener en cuenta que el propósito central de este objetivo se dirige al reconocimiento de la singularidad que caracteriza al paisaje andino-amazónico, lo cual le otorga un carácter especial al parque y la distinción de ser una de las áreas más representativas en cuanto a diversidad ecosistémica y de riqueza de especies únicas.

Así mismo, partiendo de la caracterización biofísica descrita en el plan de manejo del PNNAFIW, es posible distinguir tres ecosistemas representativos dentro del parque y sus reservas contiguas: Bosque andino en montaña fluvio erosional, Bosque subandino en montaña fluvio erosional y Bosque basal en montaña fluvio erosional (MADS-PNNC, 2012, p. 115).

De esta manera, el plan de manejo del PNNAFIW ha priorizado a los ecosistemas Andino-Amazónicos como objetos de conservación, pues la heterogeneidad ecosistémica confiere una mayor riqueza biológica al área que a su vez, contribuyen a ofrecer una gran variedad de servicios ambientales al ser humano.

De igual forma, la revisión y el análisis de literatura científica considerada en el presente estudio de caso (1.4 del ítem aspectos biofísicos y ecológicos), establece que las investigaciones efectuadas en la región del Piedemonte Andino-Amazónico corroboran la importancia que representa el PNNAFIW y sus reservas contiguas para la conservación de la biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos. Este punto de encuentro entre la Cordillera de Los Andes y la selva Amazónica se caracteriza por presentar una dinámica climática muy fluctuante, con precipitaciones altas y permanentes, temperaturas variables y una cobertura vegetal densa, lo que podría indicar que la riqueza de especies y el endemismo en esta zona estaría correlacionada con las condiciones climáticas y los patrones altitudinales de distribución de la vegetación (Franco *et al.*, 1997; Gómez, 2012; Negret *et al.*, 2015; Castaño *et al.*, 2020; Chica *et al.*, 2020; Atuesta *et al.*, 2020; Morales & Díaz, 2020; Kairuz, 2020; Morales, 2020; Lamus *et al.*, 2020; Moyano & Rusinque, 2020).

De todos los criterios expuestos anteriormente, se identifican como objetos de conservación seleccionados las zonas de vida<sup>12</sup> o unidades bioclimáticas de Holdridge, teniendo en cuenta que, si se presentan variaciones del clima en el futuro, tanto en el PNNAFIW como en sus reservas contiguas, es probable que las zonas

---

<sup>12</sup> Basadas en el sistema de clasificación de zonas de vida desarrollado por Holdridge (1967).

experimenten cambios en su distribución, por ende, este proceso afectaría el funcionamiento de los tipos de ecosistemas que caracterizan dichas zonas. De esta forma, es posible que se generen impactos negativos (avance de la frontera agrícola, presión por ganadería, tala y quema, caza furtiva) que las acciones humanas puedan causar sobre la diversidad biológica del área, teniendo en cuenta que la mayoría de las especies estudiadas en la región Andino-Amazónica guardan una estrecha relación con los ecosistemas presentes y variables asociadas a la configuración del clima y la elevación sobre el nivel de mar (gradiente altitudinal).

Al respecto, es importante señalar que los objetos de conservación priorizados para el presente estudio de caso funcionan a escala geográfica gruesa o filtro grueso (Poiani *et al.*, 2000; Parrish *et al.*, 2003), lo cual significa que las zonas de vida presentes y futuras del PNNAFIW y sus áreas circunvecinas pueden concebirse como sistemas ecológicos, donde es posible encontrar ecosistemas matriciales de los que dependen pequeñas comunidades naturales, especies y diversidad genética que habita al interior de éstos (Granizo *et al.*, 2006).

### **Paso 1.6 Caracterización del estado actual de los objetos de conservación seleccionados en el área protegida.**

#### **Características de los objetos de conservación seleccionados**

El PNNAFIW y sus reservas contiguas se caracteriza por presentar temperaturas mínimas de 12,2 °C y máximas de 25.6 °C, con alturas que se extiende desde los 300 hasta los 2.856 m.s.n.m. y unas precipitaciones mínimas de 1.955 mm/año y máximas de 4.281 mm/año (MADS-PNNC, 2012, p. 57). Por debajo de los 3000 m.s.n.m. se pueden encontrar zonas de vida como el bosque húmedo Montano Bajo Tropical (bh-MBT), bosque húmedo Premontano Tropical (bh-PMT) y el bosque húmedo Tropical (bh-T), no obstante, por las condiciones climáticas del área y sus rangos altitudinales es posible identificar en el PNNAFIW las zonas de vida Holdridge correspondiente al bosque húmedo Tropical (bh-T), bosque húmedo Premontano Tropical (bh-PMT), bosque húmedo Montano Bajo Tropical (bh-MBT), bosque muy húmedo Tropical (bmh-T), bosque pluvial Premontano Tropical (bp-PMT), bosque muy húmedo Premontano Tropical (bmh-PMT) y bosque muy húmedo Montano Bajo Tropical (bmh-MBT). Ver cuadro 14.

De igual forma, el estudio realizado por Basto (2019) corrobora estos datos, al señalar que las zonas de vida bmh-PMT y bmh-MBT cubren la mayor parte del área geográfica del PNNAFIW.

Al respecto, es importante precisar que las zonas de vida de Holdridge explican las correlaciones e interacciones clima-vegetación natural, donde el sistema de clasificación bioclimática de Holdridge establece la relación de los ecosistemas con tres factores climáticos principales: la biotemperatura media anual, la precipitación total anual y la relación de la evapotranspiración potencial.

De esta manera, la determinación de una zona de vida a partir de datos climáticos puede establecerse solamente a partir de la biotemperatura promedio anual, la precipitación total anual, la elevación sobre el nivel del mar y la región Latitudinal, de tal forma, que el punto donde se cortan las líneas de precipitación y de biotemperatura demarca el hexágono o el punto que define la zona de vida (Holdridge, 1982, p. 26). A continuación, se realiza la descripción de las zonas de vida identificadas en el PNNAFIW y sus reservas contiguas, tomando como base el sistema de clasificación de Holdridge (Figura 4).

**Cuadro 14.** Objetos de conservación identificados para la evaluación de la resiliencia ecosistémica en el PNN Alto Fragua Indi Wasi y sus reservas contiguas.

<b>Objetos de Conservación</b>	<b>Descripción de los objetos de conservación</b>
<b>bosque húmedo Tropical (bh-T)</b>	En el bh-T predominan temperaturas iguales o superiores a 24°C, alturas de 0 a 1.000 m.s.n.m., y un promedio anual de precipitación de 2.000 a 4.000 mm (Holdridge, 1967). El clima es cálido húmedo, presenta un “relieve variable predominando las áreas planas y onduladas, con algunas zonas pendientes que corresponden a las estribaciones de las serranías y a las gargantas de ríos interandinos” (Espinal, 1990, p. 65).
<b>bosque húmedo Premontano Tropical (bh-PMT)</b>	El bh-PMT presenta alturas de 1.000 a 2.000 m s. n. m., la temperatura promedio oscila entre 18 y 24 °C y la precipitación anual entre 1.000 a 2.000 mm (Holdridge, 1967).
<b>bosque húmedo Montano Bajo Tropical (bh-MBT)</b>	El bh-MBT corresponde a un distrito más frío y más húmedo, donde los límites climáticos de esta franja altitudinal están determinados por temperaturas media anual entre 12 y 18 °C, un promedio de lluvias anuales entre 1.000 y 2.000 mm y un intervalo de elevación que oscila entre 2.000 y 2.600 m s. n. m. (Holdridge, 1967).
<b>bosque muy húmedo Tropical (bmh-T)</b>	El bmh-T tiene un clima cálido muy húmedo, con temperaturas anuales superiores a 24 °C y las precipitaciones son excesivas durante el año, en el intervalo entre los 4.000 y 8.000 mm (Holdridge, 1967).
<b>bosque pluvial Premontano Tropical (bp-PMT)</b>	Esta zona de vida presenta temperaturas promedio entre 18 y 24 °C promedio anual y lluvias en el intervalo de 1.000 a 2.000 por año (Holdridge, 1967).
<b>bosque muy húmedo Premontano Tropical (bmh-PMT)</b>	El bmh-PMT se caracteriza por presentar un clima medio muy húmedo, con un promedio anual de temperaturas entre 18 y 24 °C y lluvias anuales excesivas entre 2.000 a 4.000 mm (Holdridge, 1967).
<b>bosque muy húmedo Montano Bajo Tropical (bmh-MBT)</b>	La zona de bmh-MBT corresponde a un clima frío muy húmedo, localizada entre los 2.000 y 3.000 metros sobre el nivel del mar, con precipitaciones abundantes que fluctúan entre los 2.000 y 4.000 mm anuales y un promedio de temperatura entre los 12 y 18 °C (Holdridge, 1967).

Fuente: Basto (2019).

# Diagrama para la clasificación de zonas de vida o formaciones vegetales del mundo

Por L.R. Holdridge

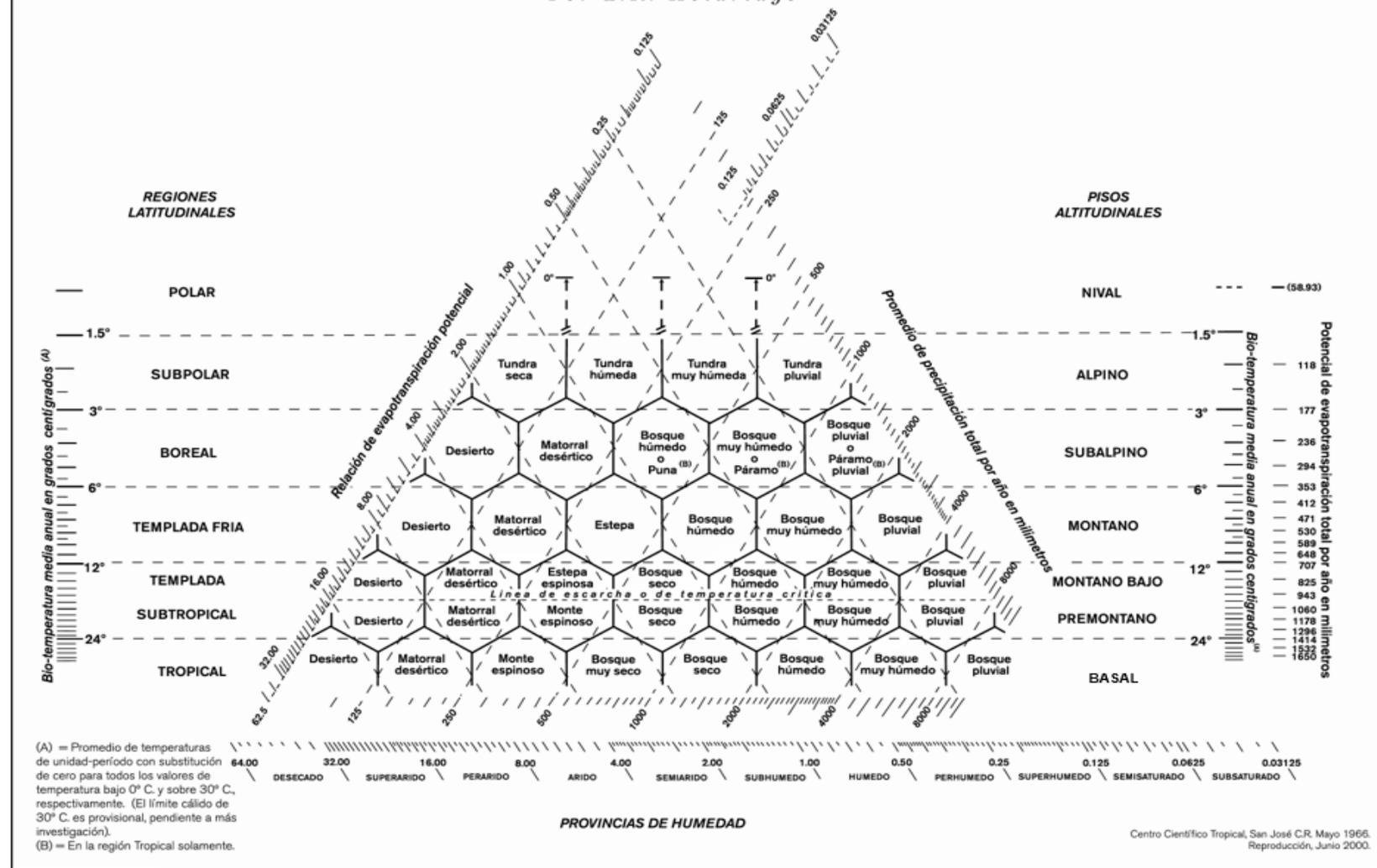


Figura 4. Diagrama bioclimático de clasificación de zonas de vida de Holdridge.  
Fuente: Holdridge, 1967.

Para efectos de la aplicación de la metodología al PNNAFIW, se tuvo en cuenta los resultados generados en el estudio de Basto (2019), donde se establecieron las zonas de vida, la variación y la distribución geográfica de las mismas en el departamento del Caquetá, según los escenarios de emisión de cambio climático para el periodo 2011-2100.

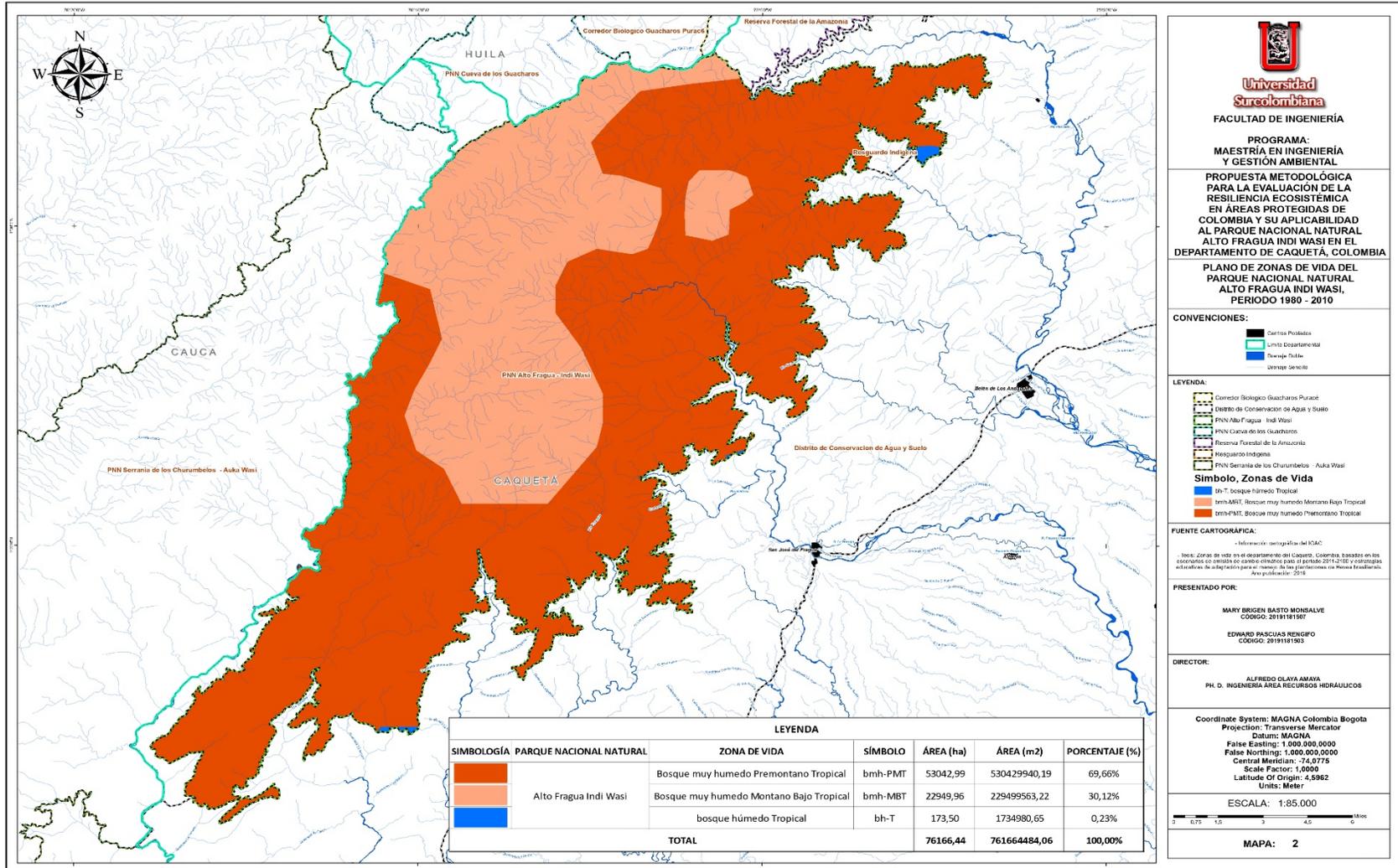
En el cuadro 15 y mapa 2 se observa las zonas de vida y la extensión de los pisos bioclimáticos del PNNAFIW.

**Cuadro 15.** Pisos bioclimáticos en el PNNAFIW basados en el sistema de clasificación de Holdridge.

<b>Bioclima</b>	<b>Elevación</b>	<b>Extensión (hectáreas)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Basal	0-500 msnm	173,5	0,23
Premontano	>500-2500 msnm	53.042,99	69,66
Montano Bajo	>2500-3000 msnm	22.949,96	30,12
<b>Total</b>		76.166,44	100

**Fuente:** Con base en los cálculos efectuados en el mapa 2.

**Mapa 2. Zonas de vida Holdridge en el PNN Alto Fragua Indi Wasi, periodo 1980-2010.**



**Fuente:** Con base en el mapa de zonas de vida del Caquetá elaborado por Basto (2019), para el periodo 1980-2011.

**Fase 2. Definición de los atributos, indicadores e intervalos permisibles para la determinación de la resiliencia ecosistémica de los objetos de conservación seleccionados.**

**Paso 2.1 Selección de los atributos ecológicos, indicadores e intervalos naturales de variación para la resiliencia ecosistémica de los objetos de conservación.**

Para la identificación y selección de los indicadores se efectuó una revisión y análisis de los objetos de conservación, con el fin de tener el suficiente conocimiento y criterio científico de la respuesta de los atributos a las zonas de vida Holdridge. De esta forma, se tuvieron en cuenta los atributos ecológicos propuestos por autores como Poiani *et al.* (2000) y Dubois *et al.* (2016), los cuales integran: la composición y estructura de la vegetación, regímenes ambientales y perturbaciones naturales y/o antrópicas, área dinámica mínima y conectividad de las áreas protegidas.

El análisis de los atributos incluye la calificación de los indicadores, con escala valorativa de 1 a 3, que representa una valoración de resiliencia baja, media o alta, según corresponda (Ver cuadro 16). Al final del análisis, se espera que los indicadores generen una calificación que permita establecer si los atributos priorizados se encuentran dentro de los intervalos naturales de variación, con el fin de determinar la capacidad de respuesta de las zonas de vida a las distintas alteraciones y disturbios naturales como antrópicos.

**Cuadro 16.** Matriz de valoración y calificación de los atributos ecológicos para la resiliencia ecosistémica de las zonas de vida de Holdridge.

Calificación	Escala de valoración	Descripción
Resiliencia alta	3.0	El atributo ecológico mantiene favorablemente su resiliencia, donde las zonas de vida conservan su funcionalidad y se encuentran dentro de los intervalos de variación natural deseable.
Resiliencia media	2.0	El atributo ecológico mantiene suficientemente su resiliencia, donde el área protegida conserva su funcionalidad y se encuentran dentro de los intervalos de variación natural aceptable.
Resiliencia baja	1.0	El atributo ecológico mantiene escasamente su resiliencia, donde el área protegida no conserva su funcionalidad y se encuentran dentro de los intervalos de variación natural no aceptable.

**Cobertura boscosa**

Respecto a la cobertura de la vegetación, a continuación, se presenta el indicador y los cuantificadores de este atributo para evaluar la resiliencia ecosistémica de las zonas de vidas en el PNNAFIW y sus reservas contiguas. Es importante tener en cuenta que el indicador de cobertura boscosa se eligió conforme a la información disponible del PNNAFIW, según su plan de manejo (ver cuadro 17).

Para la definición del cuantificador del cuadro 17, se tuvo como referencia el análisis de cobertura boscosa efectuado en el plan de manejo del PNNAFIW (2012), la cual abarcó para su estudio un total de 153.800 hectáreas que corresponde al área geográfica del PNNAFIW y su área de influencia (zona rural y las cabeceras de los municipios de Belén de Los Andaquíes y San José del Fragua, hasta la carretera marginal de la selva). En dicho análisis se reporta un total de 107.893 hectáreas de bosque denso en el parque y su área de influencia.

**Cuadro 17.** Indicador y cuantificadores para la evaluación de las coberturas vegetales en las zonas de vida del PNNAFIW y sus reservas contiguas.

<b>Atributo</b>	<b>Indicador</b>	<b>Cuantificador</b>	<b>Valoración de la resiliencia</b>
Cobertura boscosa y no boscosa en las zonas de vida en el PNNAFIW y sus reservas contiguas.	Área de cobertura boscosa en las zonas de vida del PNNAFIW y sus reservas contiguas.	Cobertura de bosque >100.000 hectáreas en las zonas de vida del PNNAFIW y sus reservas contiguas.	Resiliencia alta (3.0)
		Cobertura de bosque entre 50.000 y 100.000 hectáreas en las zonas de vida del PNNAFIW y sus reservas contiguas.	Resiliencia media (2.0)
		Cobertura de bosque <50.000 hectáreas en las zonas de vida del PNNAFIW y sus reservas contiguas.	Resiliencia baja (1.0)

### **Área dinámica mínima de las zonas de vida**

La evaluación de la resiliencia a partir de este atributo se dirige a identificar en primera instancia, las zonas de vida presentes en las áreas protegidas y, posteriormente, conocer las variaciones y la distribución de la superficie de las mismas, según los escenarios de cambio climático. Este análisis permite generar el porcentaje de la superficie de las zonas de vida que permanecen, para luego compararlas con las correspondientes transiciones que podrían presentar las zonas de vida en el futuro. De esta forma, el estudio de este indicador permite identificar la extensión geográfica y las posibles variaciones de las zonas bioclimáticas, para así determinar si las zonas de vida presentes en el PNNAFIW pueden mantener un mínimo de su área, ante las posibles variaciones del clima en el futuro.

Las zonas de vida influyen sobre los componentes que se encuentran en los ecosistemas, debido a que la distribución de las especies está delimitada por rangos climáticos definidos y regiones latitudinales, por tanto, las variaciones en el clima pueden impactar en los procesos ecológicos que mantienen la riqueza de la diversidad biológica en las áreas protegidas.

De esta manera, las áreas actuales de las zonas de vida pueden favorecer la adaptación de las especies y, por tanto, es probable que dichas áreas generen resiliencia al cambio climático para el mantenimiento de su dinámica funcional, sostenibilidad y persistencia en el tiempo. En el cuadro 18 se presenta el indicador propuesto para evaluar el atributo de área dinámica mínima, con su respectiva valoración de resiliencia, conforme a los posibles cambios porcentuales que presenten las zonas de vida en el PNNAFIW.

Para la selección de los cuantificadores propuestos en el cuadro 19, se tomó como base el estudio realizado por Basto (2019), donde se describe el área (hectárea) de las zonas de vida Holdridge encontradas en el departamento de Caquetá. En el cuadro 18 se aprecia el área ocupada por cada zona de vida en el PNNAFIW, según información climática del periodo 1980-2010.

**Cuadro 18.** Distribución de las zonas de vida Holdridge en el PNNAFIW, periodo 1980-2010

Símbolo	Zona de vida	Área (ha)	Porcentaje (%)
(bh-T)	bosque húmedo Tropical	173,50	0,23
(bmh-PMT)	bosque muy húmedo Premontano Tropical	53042,99	69,66
(bmh-MBT)	bosque muy húmedo Montano Bajo Tropical	22949,96	30,12

**Fuente:** Con base en el estudio de Basto (2019)

**Cuadro 19.** Indicador y cuantificadores para la evaluación del área dinámica mínima de la resiliencia de las zonas de vida del PNNAFIW, frente a los escenarios de cambio climático en el siglo XXI.

Atributo	Indicador	Cuantificador	Valoración de la resiliencia
Área dinámica mínima de las zonas de vida	Área (ha) de cada zona de vida que se mantiene frente a las proyecciones del cambio climático en el siglo XXI.	Zona de vida del PNNAFIW mantiene una proporción $\geq 70$ % de su área total actual, frente a las proyecciones de cambio climático en el siglo XXI.	Resiliencia alta (3)
		Zona de vida del PNNAFIW mantiene una proporción entre el 69 y 30% de su área total actual, frente a las proyecciones de cambio climático en el siglo XXI.	Resiliencia media (2)
		Zona de vida del PNNAFIW mantiene una proporción $< 30$ % de su área total actual, frente a las proyecciones de cambio climático en el siglo XXI.	Resiliencia baja (1)

**Fuente:** Con base en el estudio de Basto (2019).

### Regímenes y perturbaciones naturales y/o antrópicas en las zonas de vida

El criterio para evaluar este atributo comprende el análisis de las amenazas y riesgos naturales o antrópicos sobre la resiliencia de las zonas vida del PNNAFIW y sus reservas contiguas. Se usó como base la cartografía de pérdida de bosque por praderización en la región de la Amazonía colombiana del año 2018-2020 generada por el SINCHI y la cartografía de amenazas por erosión del año 2010-2011 suministrada por el Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC). Con el análisis de esta información se categoriza la capacidad de resiliencia de las zonas de vida (alta, media, baja), la cual cuenta con un indicador para su valoración en el cuadro 20.

**Cuadro 20.** Indicador y cuantificadores para la evaluación de los regímenes ambientales y perturbaciones antrópicas en las zonas de vida del PNNAFIW.

Atributo	Indicador	Cuantificador	Valoración de la resiliencia
Regímenes y perturbaciones naturales y/o antrópicas en las zonas de vida	Área total de cada zona de vida propensa a amenazas y perturbaciones naturales o antrópicas.	Zona de vida que presenta amenazas o perturbaciones <30% de su área total.	Resiliencia alta (3)
		Zona de vida que presenta amenazas o perturbaciones entre 69 y 30 % de su área total.	Resiliencia media (2)
		Zona de vida que presenta amenazas o perturbaciones ≥70% de su área total.	Resiliencia baja (1)

### Conectividad ecológica entre zonas de vida

Este atributo está relacionado con la fragmentación de paisajes, comunidades y sistemas ecológicos que puede generar la pérdida de hábitats para especies focales y clave, afectando así los patrones de distribución y la abundancia de muchas especies, especialmente, aquellas que requieren de un amplio rango espacial y que dependen de recursos a escala de paisaje (Bierregaard *et al.*, 1992; Vargas, 2007). La conectividad es un atributo indispensable para evaluar el nivel de resiliencia ecosistémica de las áreas protegidas, que para el estudio de caso que se está analizando, el PNNAFIW cumple una función importante en la conectividad de ecosistemas Andinos y Amazónicos. En el cuadro 21 se aprecia el indicador propuesto para evaluar el atributo de conectividad ecológicas en las zonas de vida del PNNAFIW y en las reservas contiguas.

**Cuadro 21.** Indicador y cuantificadores para la evaluación de la conectividad ecológica de las zonas de vida del PNNAFIW y sus reservas contiguas.

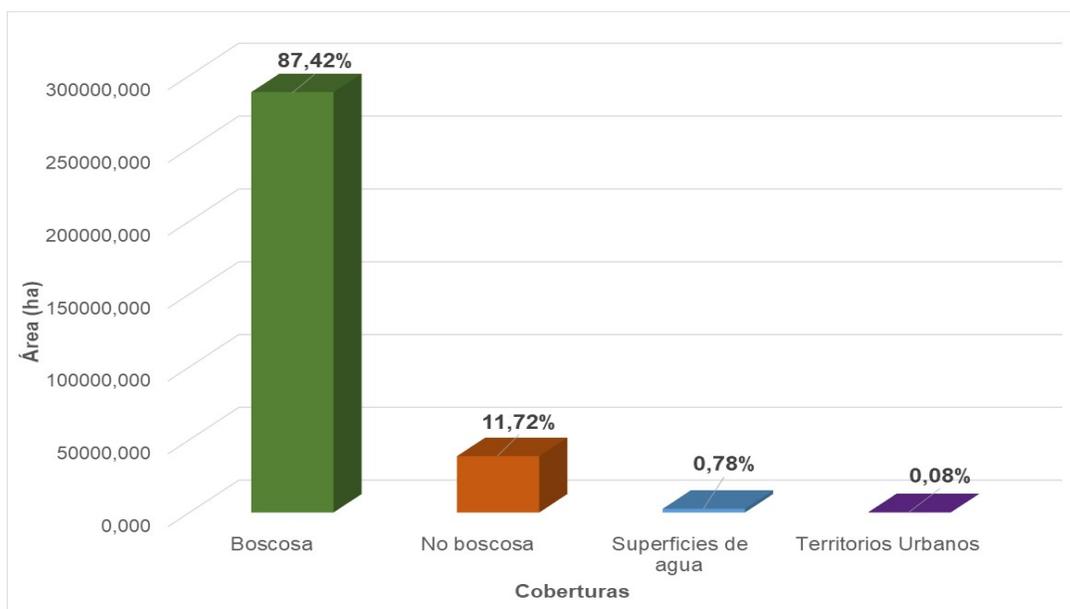
Atributo	Indicador	Cuantificador	Valoración de la resiliencia
Conectividad ecológica entre zonas de vida.	Conectividad ecológica entre zonas de vida del PNNAFIW y sus reservas contiguas.	Zona de vida con una distribución >40% sobre el perímetro total del PNNAFIW y con conectividad de la misma zona de vida en sus reservas contiguas.	Resiliencia alta (3)
		Zona de vida con una distribución entre el 40 y 30 % sobre el perímetro total del PNNAFIW y con conectividad de la misma zona de vida en sus reservas contiguas	Resiliencia media (2)
		Zona de vida con una distribución <30% sobre el perímetro total del PNNAFIW y con conectividad de la misma zona de vida en sus reservas contiguas.	Resiliencia baja (1)

### Fase 3. Procesamiento y análisis de datos para la determinación de la resiliencia ecosistémica del área protegida seleccionada.

#### Pasos 3.1 y 3.2 Aplicación de los indicadores y calificación de la resiliencia ecosistémica de los objetos de conservación del PNNAFIW.

#### Cobertura boscosa

Se estimó la superficie de cobertura boscosa disponible en las zonas de vida del PNNAFIW y sus reservas contiguas (ver Mapa 3). Este atributo permite analizar si las zonas de vida presentan mayor o menor área de bosque disponible y así determinar si en la actualidad se presenta una alta, media o baja resiliencia ecosistémica. Los resultados del presente estudio reflejan que la cobertura boscosa en el PNNAFIW y sus reservas contiguas abarcan 288.667 hectáreas de cobertura boscosa, que corresponde al 87,42 % del área total estudiada (Figura 5 y cuadros 22 y 23).

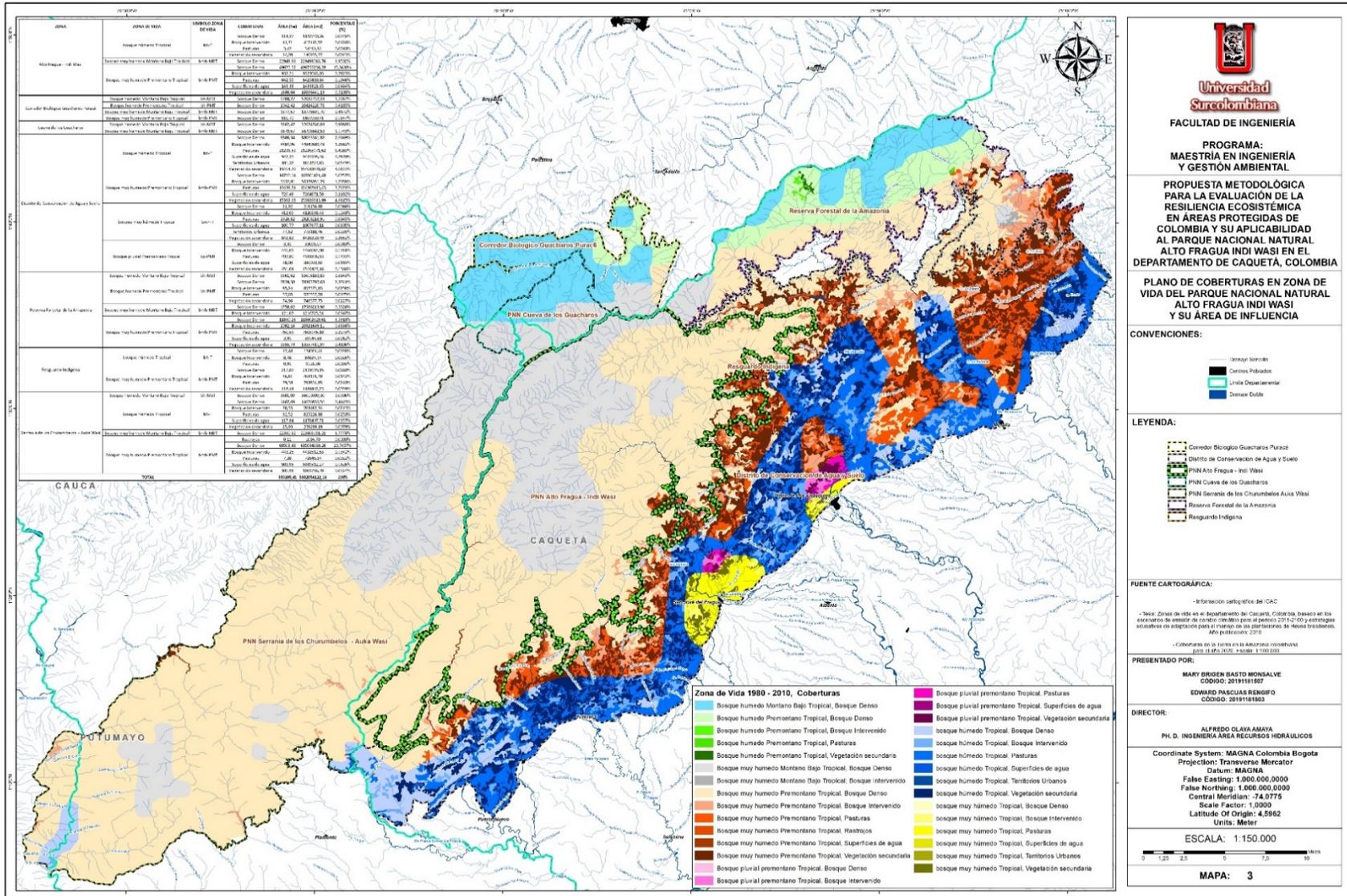


**Figura 5.** Cobertura boscosa y No boscosa en las zonas de vida presentes en el PNN Alto Fragua Indi Wasi y sus reservas contiguas.

**Cuadro 22.** Cobertura boscosa y no boscosa en las zonas de vida del PNN Alto Fragua Indi Wasi y sus reservas contiguas.

ZONA	COBERTURAS	ÁREA (ha)	PORCENTAJE (%)
<b>PNN Alto Fragua Indi Wasi y sus reservas contiguas.</b>	Boscosa	288.666,76	87,42%
	No boscosa	38.703,82	11,72%
	Superficies de agua	2.576,00	0,78%
	Territorios urbanos	258,84	0,08%
	<b>Total</b>	<b>330.205,41</b>	<b>100,00%</b>

**Mapa 3. Coberturas en las zonas de vida Holdridge del PNN Alto Fragua Indi Wasi y sus reservas contiguas.**



**Cuadro 23.** Coberturas presentes en las zonas de vida Holdridge del PNN Alto Fragua Indi Wasi y sus reservas contiguas.

ZONA	ZONA DE VIDA	SIMBOLO ZONA DE VIDA	COBERTURAS	ÁREA (ha)	PORCENTAJE (%)	
PNN Alto Fragua Indi Wasi	bosque húmedo Tropical	bh-T	Bosque Denso	114,27	0,03%	
			Bosque Intervenido	41,71	0,01%	
			Pasturas	3,42	0,00%	
			Vegetación secundaria	14,09	0,00%	
	bosque muy húmedo Montano Bajo Tropical	bmh-MBT	Bosque Denso	22.949,96	6,95%	
			Bosque Denso	49.675,52	15,04%	
	bosque muy húmedo Premontano Tropical	bmh-PMT	Bosque Intervenido	932,21	0,28%	
			Pasturas	642,55	0,19%	
			Superficies de agua	143,33	0,04%	
			Vegetación secundaria	1.686,64	0,51%	
Corredor Biológico Guácharos Puracé	bosque húmedo Montano Bajo Tropical	bh-MBT	Bosque Denso	5.708,27	1,73%	
	bosque húmedo Premontano Tropical	bh-PMT	Bosque Denso	2.042,42	0,62%	
	bosque muy húmedo Montano Bajo Tropical	bmh-MBT	Bosque Denso	1.377,67	0,42%	
	bosque muy húmedo Premontano Tropical	bmh-PMT	Bosque Denso	510,79	0,15%	
PNN Cueva de los Guácharos	bosque húmedo Montano Bajo Tropical	bh-MBT	Bosque Denso	3.262,47	0,99%	
	bosque muy húmedo Montano Bajo Tropical	bmh-MBT	Bosque Denso	3.879,67	1,17%	
Distrito de Conservación de Agua y Suelo	bosque húmedo Tropical	bh-T	Bosque Denso	8.806,34	2,67%	
			Bosque Intervenido	4.484,96	1,36%	
			Pasturas	21.226,52	6,43%	
			Superficies de agua	947,70	0,29%	
			Territorios Urbanos	181,32	0,05%	
			Vegetación secundaria	15.464,39	4,68%	
	bosque muy húmedo Premontano Tropical	bmh-PMT	Bosque Denso	16.760,14	5,08%	
			Bosque Intervenido	5.632,81	1,71%	
			Pasturas	12.439,24	3,77%	
			Superficies de agua	720,49	0,22%	
			Vegetación secundaria	15.392,68	4,66%	
			Bosque Denso	21,92	0,01%	
	bosque muy húmedo Tropical	bmh-T	Bosque Intervenido	412,09	0,12%	
			Pasturas	2.920,82	0,88%	
			Superficies de agua	100,77	0,03%	
			Territorios Urbanos	77,52	0,02%	
			Vegetación secundaria	842,82	0,26%	
			Bosque Denso	3,31	0,00%	
	bosque pluvial Premontano Tropical	bp-PMT	Bosque Intervenido	446,01	0,14%	
			Pasturas	492,89	0,15%	
			Superficies de agua	38,00	0,01%	
			Vegetación secundaria	451,04	0,14%	
			Bosque Denso	5.561,62	1,68%	
			Bosque Denso	7.839,38	2,37%	
Reserva Forestal de la Amazonia	bosque húmedo Premontano Tropical	bh-PMT	Bosque Intervenido	85,24	0,03%	
			Pasturas	57,65	0,02%	
			Vegetación secundaria	74,86	0,02%	
			Bosque Denso	1.758,62	0,53%	
	bosque muy húmedo Montano Bajo Tropical	bmh-MBT	Bosque Intervenido	121,07	0,04%	
			Bosque Denso	11.860,26	3,59%	
	bosque muy húmedo Premontano Tropical	bmh-PMT	Bosque Intervenido	2.092,16	0,63%	
			Pasturas	750,51	0,23%	
			Superficies de agua	3,91	0,00%	
			Vegetación secundaria	1.355,74	0,41%	
Resguardo Indígena	bosque húmedo Tropical	bh-T	Bosque Denso	12,40	0,00%	
			Bosque Intervenido	8,48	0,00%	
			Pasturas	0,91	0,00%	
			Bosque Denso	217,87	0,07%	
	bosque muy húmedo Premontano Tropical	bmh-PMT	Bosque Intervenido	46,81	0,01%	
			Pasturas	79,38	0,02%	
			Vegetación secundaria	118,44	0,04%	
			Bosque Denso	3.601,09	1,09%	
PNN Serranía de los Churumbelos Auka Wasi	bosque húmedo Montano Bajo Tropical	bh-MBT	Bosque Denso	1.467,69	0,44%	
			Bosque Denso	70,35	0,02%	
	bosque húmedo Tropical	bh-T	Pasturas	82,52	0,02%	
			Superficies de agua	117,84	0,04%	
			Vegetación secundaria	25,93	0,01%	
			Bosque Denso	22.380,82	6,78%	
	bosque muy húmedo Montano Bajo Tropical	bmh-MBT	Rastrojos	0,11	0,00%	
			Bosque Denso	68.503,48	20,75%	
			Bosque Intervenido	443,25	0,13%	
			Pasturas	7,28	0,00%	
			Superficies de agua	503,95	0,15%	
			Vegetación secundaria	106,98	0,03%	
	<b>TOTAL</b>				<b>330.205,41</b>	<b>100%</b>

Fuente: Con base en los cálculos efectuados en el mapa 3.

En cuanto a la cobertura boscosa en las zonas de vida del PNNAFIW, los resultados indican que de las 76.204,71 hectáreas que comprende el área total del PNNAFIW, el 99 % de esta superficie, es decir, 75.414,41 (ha) están cubiertas por bosque. El porcentaje restante, esto es, el 0,85 % del área de las zonas de vida presentan pasturas y el 0,19 % es ocupada por superficies de agua (Cuadro 24). La zona de vida que abarca mayor cobertura boscosa es el bosque muy húmedo Premontano Tropical (bmh-PMT) con 49.676 (ha) de bosque denso, 1.687 (ha) de vegetación secundaria y 932 (ha) de bosque intervenido. El bmh-PMT cubre la mayor área geográfica del parque con 53.080 (ha) que equivalen al 69,66 % de la superficie total del área protegida, seguido por el bosque muy húmedo Montano Bajo Tropical (bmh-MBT) que cubre 22.950 ha (30,12 %) y el bosque húmedo Tropical (bh-T) con 174 ha (0,23 %). Ver cuadro 23 y mapa 3.

**Cuadro 24.** Superficie de cobertura boscosa y no boscosa en el PNN Alto Fragua Indi Wasi.

ZONA	COBERTURAS	ÁREA (ha)	PORCENTAJE (%)
<b>PNN Alto Fragua Indi Wasi</b>	Boscosa	75.377,14	98,96%
	No boscosa	645,97	0,85%
	Superficies de agua	143,33	0,19%
	<b>Total</b>	<b>76.166,44</b>	<b>100,00%</b>

Los resultados reflejan un aspecto positivo en cuanto a la cobertura boscosa que está presente en las zonas de vida del PNNAFIW y sus reservas contiguas, lo que hace posible que los sistemas biológicos persistan y mantengan la estabilidad interna, su integridad y, por tanto, la resiliencia del ecosistema en sí (Poiani *et al.*, 2000).

Al contrastar los resultados, se establece que las zonas de vida del PNNAFIW y sus reservas contiguas alcanzan una resiliencia alta, al presentar una cobertura boscosa de 288.667 hectáreas. Lo anterior significa que la calificación de la resiliencia obtenida para este atributo es de tres (3,0), ya que el cuantificador establecido sobrepasa las 100.000 hectáreas de cobertura boscosa, según el cuantificador establecido (ver cuadro 25).

Esto indica que el atributo evaluado genera grandes beneficios para las especies que habitan las zonas de vida, lo que contribuye no solo a incrementar la capacidad de resiliencia ecosistémica de las comunidades y de los sistemas naturales presentes en las zonas de vida, sino que, además, favorece la adaptación de las dinámicas biológicas ante sucesos de variabilidad ambiental. Esta resiliencia alta y media se proyecta para las zonas de vida del PNNAFIW y sus reservas contiguas con bioclimas muy húmedos que se ubican en los pisos altitudinales Premontano Tropical y Montano Bajo Tropical.

**Cuadro 24.** Valoración de la resiliencia ecosistémica para el indicador de cobertura boscosa de las zonas de vida del PNNAFIW y sus reservas contiguas.

Objeto de Conservación	Atributo	Cuantificador	Valoración de la resiliencia		
<b>Zona de vida</b>	<b>Cobertura vegetal</b>	<b>Área (ha) boscosa por zona de vida</b>	<b>Resiliencia (3) para cobertura boscosa &gt;100.000 hectáreas en las zonas de vida del PNNAFIW y sus reservas contiguas.</b>	<b>Resiliencia (2) para cobertura boscosa entre 50.000 y 100.000 hectáreas en las zonas de vida del PNNAFIW y sus reservas contiguas.</b>	<b>Resiliencia (1) para cobertura boscosa &lt;50.000 hectáreas en las zonas de vida del PNNAFIW y sus reservas contiguas.</b>
bosque húmedo Tropical (bh-T)	Boscosa	30510,61	3		
bosque húmedo Premontano Tropical (bh-PMT)	Boscosa	10041,90			
bosque húmedo Montano Bajo Tropical (bh-MBT)	Boscosa	18133,46			
bosque muy húmedo Tropical (bmh-T)	Boscosa	1276,83			
bosque muy húmedo Premontano Tropical (bmh-PMT)	Boscosa	175.335,80			
bosque muy húmedo Montano Bajo Tropical (bmh-MBT)	Boscosa	52467,80			
bosque pluvial Premontano Tropical (bp-PMT)	Boscosa	900,36			
Total de cobertura boscosa en las zonas de vida del PNNAFIW y sus reservas contiguas.		288.666,76			

## Área dinámica mínima de las zonas de vida

Este atributo evalúa los cambios en la superficie de las zonas de vida conforme a las proyecciones del cambio climático en el siglo XXI. En los mapas 4, 5 y 6 se proyectan las zonas de vida del PNNAFIW, según los escenarios de cambio climática, por tanto, a través de este atributo se cuantifica y presenta las variaciones en la extensión de las mismas, para los periodos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100, en comparación con las zonas de vida identificadas en el periodo 1980-2010 (mapa 2).

Para el periodo 1980-2010 y todos los escenarios futuros (2011-2040; 2041-2070 y 2071-2100) se evidencia que se mantienen las zonas de vida en las provincias de humedad Húmedo (bh-T) y Per-húmedo (bmh-PMT y bmh-MBT). En cuanto a la zona bh-T, de la provincia Húmedo, aumentaría su área, pasando del 0,23 % en el periodo 1980-2010 a 7,73 % en el periodo 2071-2100, es decir, que de 173,5 (ha) se ampliaría a 5.893 (ha). Lo anterior, significa un 5.719,5 (ha) cuya ganancia se debe a que se disminuye el área de las zonas de vida de la provincia Per-húmedo, en donde se da un cambio del bmh-PMT hacia bh-T. Así mismo, los resultados revelan que las zonas de vida de la provincia Per-húmedo (bmh-PMT y bmh-MBT), en conjunto, disminuyen su área en un 8 %, si se compara el periodo 1980-2010 con el periodo 2071-2100 (Ver cuadro 26). Esto sucede, probablemente, por el cambio que sufren las zonas de vida bmh-MBT a bmh-PMT y el bmh-PMT hacia el bh-T, lo que significa una redistribución en las superficies de las zonas de vida.

Los resultados reflejan que la reducción del área de la zona de vida bmh-MBT en los escenarios futuros podría ocurrir por la alteración en las variables de precipitación y temperatura al suroriente del PNNAFIW para finales de siglo.

Estos resultados coinciden con lo reflejado en la tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático (CNCC) publicada por el IDEAM (2015) y el estudio de Basto (2019), donde se detalla que al suroriente del Caquetá se podrían presentar posibles disminuciones de los regímenes pluviales del 10 al 20 % para el último periodo del siglo XXI. De igual forma el IDEAM (2015) y el estudio de Basto (2019) coinciden en que la temperatura del departamento del Caquetá podría ascender 2,0°C en promedio, respecto a la temperatura del periodo 1980-2010.

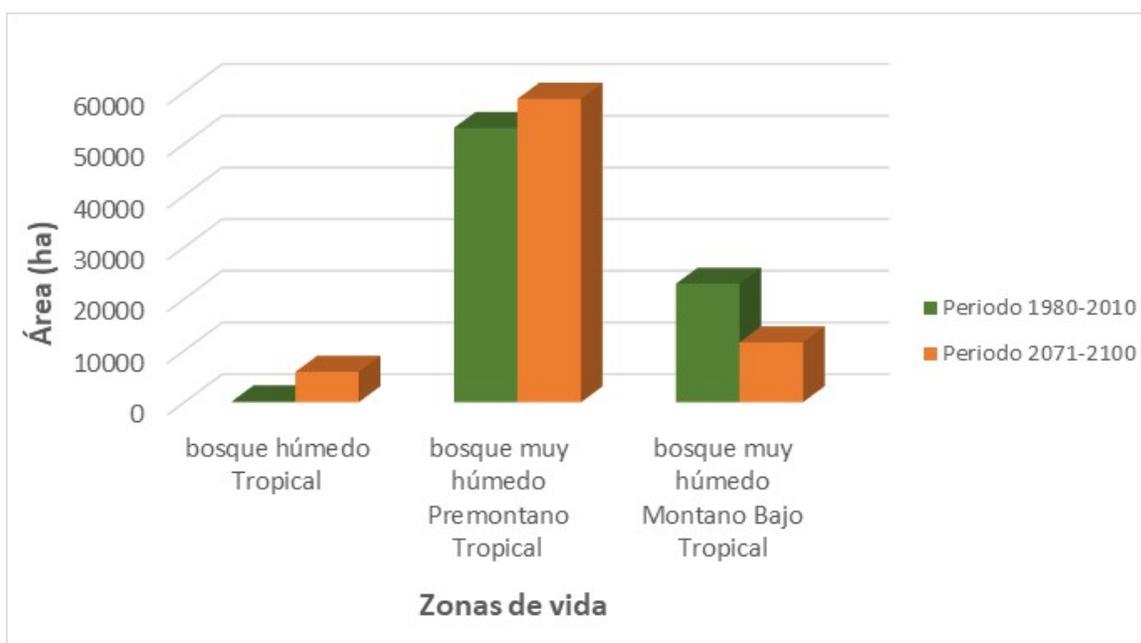
Al respecto, es importante tener en cuenta que las zonas de vida están delimitadas por rangos climáticos definidos, en especial, por factores como la precipitación y la temperatura. Por lo tanto, de presentarse cambios en las condiciones del clima en los escenarios futuros, es posible que se generen desplazamiento entre las zonas de vida actuales y sus distribuciones potenciales futuras.

En suma, al evaluar la resiliencia del área total de las zonas de vida del PNNAFIW para el escenario presente y frente a las proyecciones de cambio climático en el siglo XXI, los resultados establecen una calificación de resiliencia alta (3.0) y media (2.0) para las zonas de vida presentes en el PNNAFIW.

Los resultados indica que el bh-T y bmh-PMT presentan resiliencia alta, debido a que la superficie de estas zonas de vida mantiene una proporción  $\geq 70$  % de su área total actual, frente a las proyecciones de cambio climático del último periodo del siglo XXI. Por su parte, el bmh-MBT resultó con resiliencia media, ya que para el periodo 2071-2100 mantiene una proporción del 50,1 % de su área total actual (Ver figura 6 y cuadro 26).

La calificación de la resiliencia sugiere que el atributo de área dinámica mínima muestra cambios potenciales en la superficie de los bioclimas para cada escenario futuro, donde la biodiversidad que habita en estas zonas de vida podría ser susceptible a las variaciones climáticas, con efectos sobre aquellos sistemas biológicos que no logren adaptarse gradualmente a los nuevos escenarios del clima.

Al respecto, es importante tener en cuenta que el clima es un factor determinante para la biodiversidad y que mucha de la vida silvestre se desarrolla en límites geográficos latitudinal y altitudinal, es probable que algunas especies de plantas y animales que habitan en la zona de vida bmh-MBT experimenten alteraciones o modificaciones en sus ciclos de vida. Lo anterior en razón a que las especies que no logren tolerar las nuevas condiciones climáticas pueden presentar desplazamientos geográficos, adaptarse o simplemente desaparecer; no obstante, esto a su vez podría afectar el funcionamiento y la resiliencia de los ecosistemas. Con la disminución del área de la zona de vida bmh-MBT pueden ocurrir fenómenos con el efecto borde o efecto barrera, lo que llevaría a que muchas de las especies de este bioclima modifiquen sus estructuras reproductivas, afectando consigo su distribución, composición y abundancia de especies.



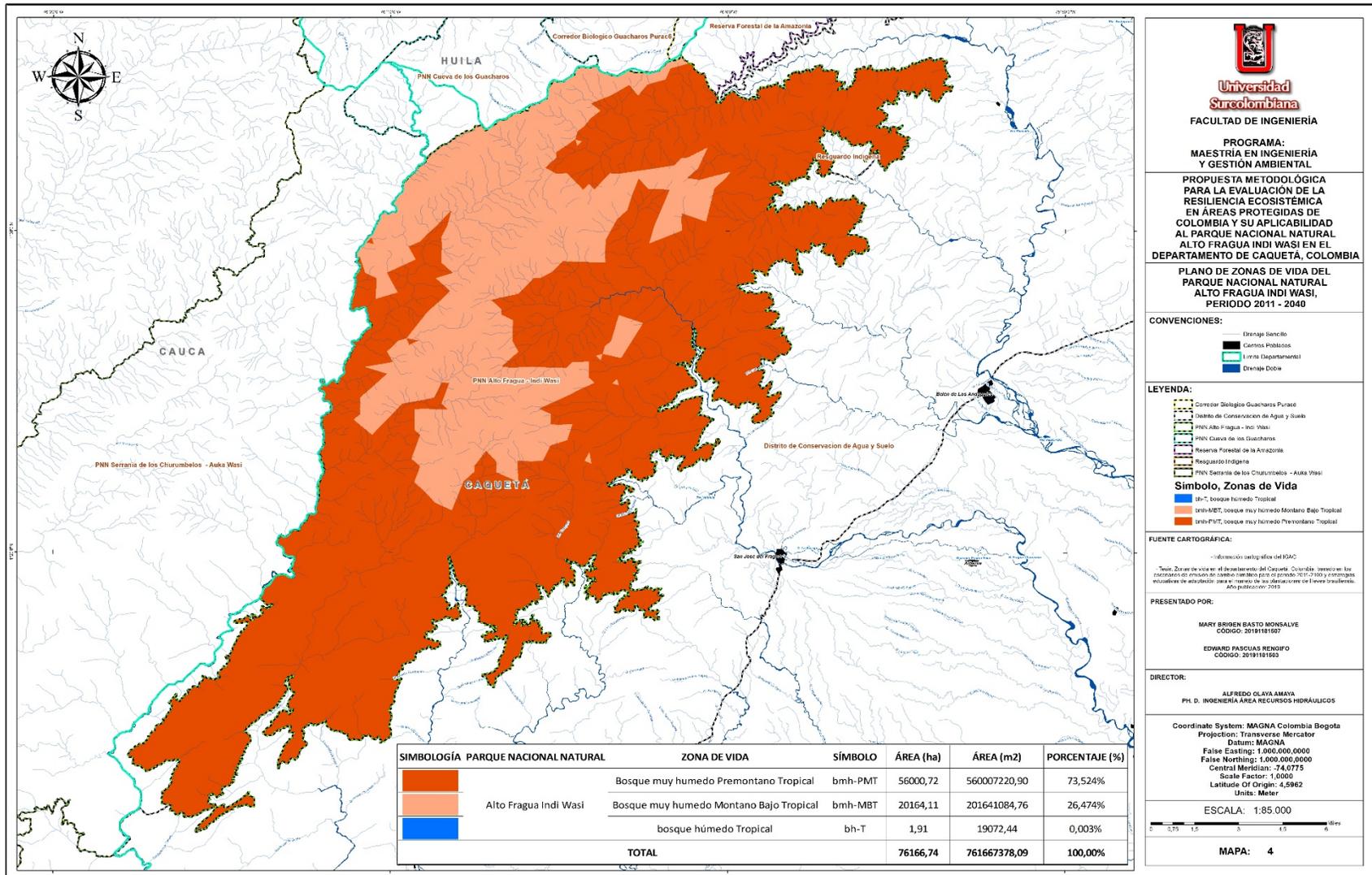
**Figura 6.** Distribución del área (ha) de las zonas de vida del PNN Alto Fragua Indi Wasi del periodo 1980-2010 vs. 2071- 2100.

**Cuadro 25.** Valoración de la resiliencia ecosistémica para el indicador de área dinámica mínima de las zonas de vida del PNNAFIW, según los escenarios de cambio climático en el siglo XXI.

Provincias de Humedad	Símbolo	Zona de Vida	1980-2010		2011-2040		2041-2070		2071-2100		Valoración de la resiliencia		
			Área (ha)	%	Resiliencia (3) para zona de vida del PNNAFIW mantiene una proporción $\geq 70$ % de su área total actual, frente a las proyecciones de cambio climático en el siglo XXI.	Resiliencia (2) zona de vida del PNNAFIW mantiene una proporción entre el 69 y 30% de su área total actual, frente a las proyecciones de cambio climático en el siglo XXI.	Resiliencia (1) zona de vida del PNNAFIW mantiene una proporción $< 30$ % de su área total actual, frente a las proyecciones de cambio climático en el siglo XXI.						
Húmedo	bh-T	bosque húmedo Tropical	173,5	0,23	191	0,003	674,3	0,89	5893,3	7,73	3		
Per-húmedo	bmh-PMT	bosque muy húmedo Premontano Tropical	53080	69,66	56000,7	73,52	60393,2	79,29	58707,8	77,04	3		
	bmh-MBT	bosque muy húmedo Montano Bajo Tropical	22950	30,12	20164,1	26,47	15099,2	19,82	11602,5	15,23		2	

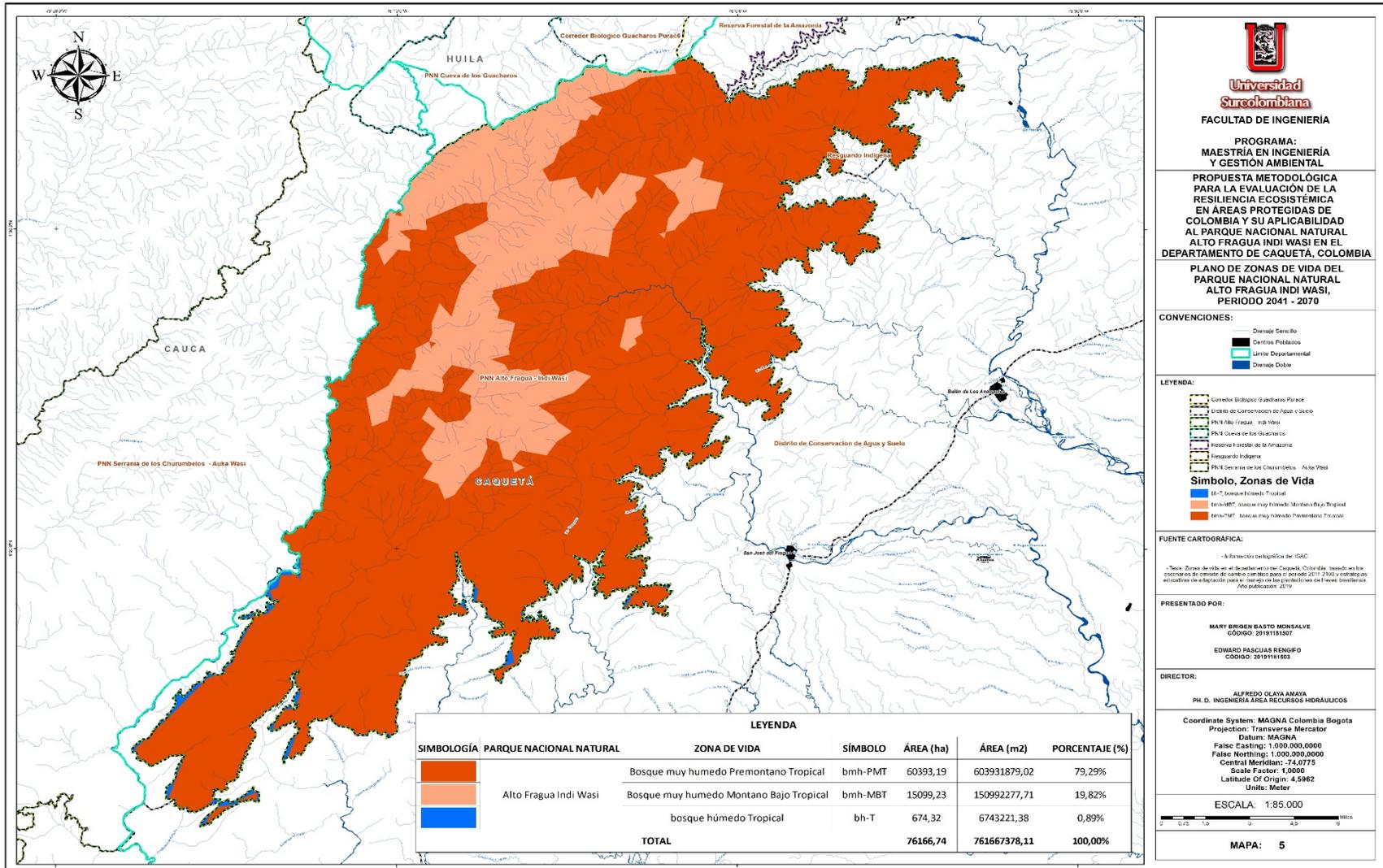
Fuente: Con base en los cálculos efectuados en los mapas 4, 5 y 6.

**Mapa 4. Zonas de vida Holdridge en el PNN Alto Fragua Indi Wasi, período 2011-2040.**



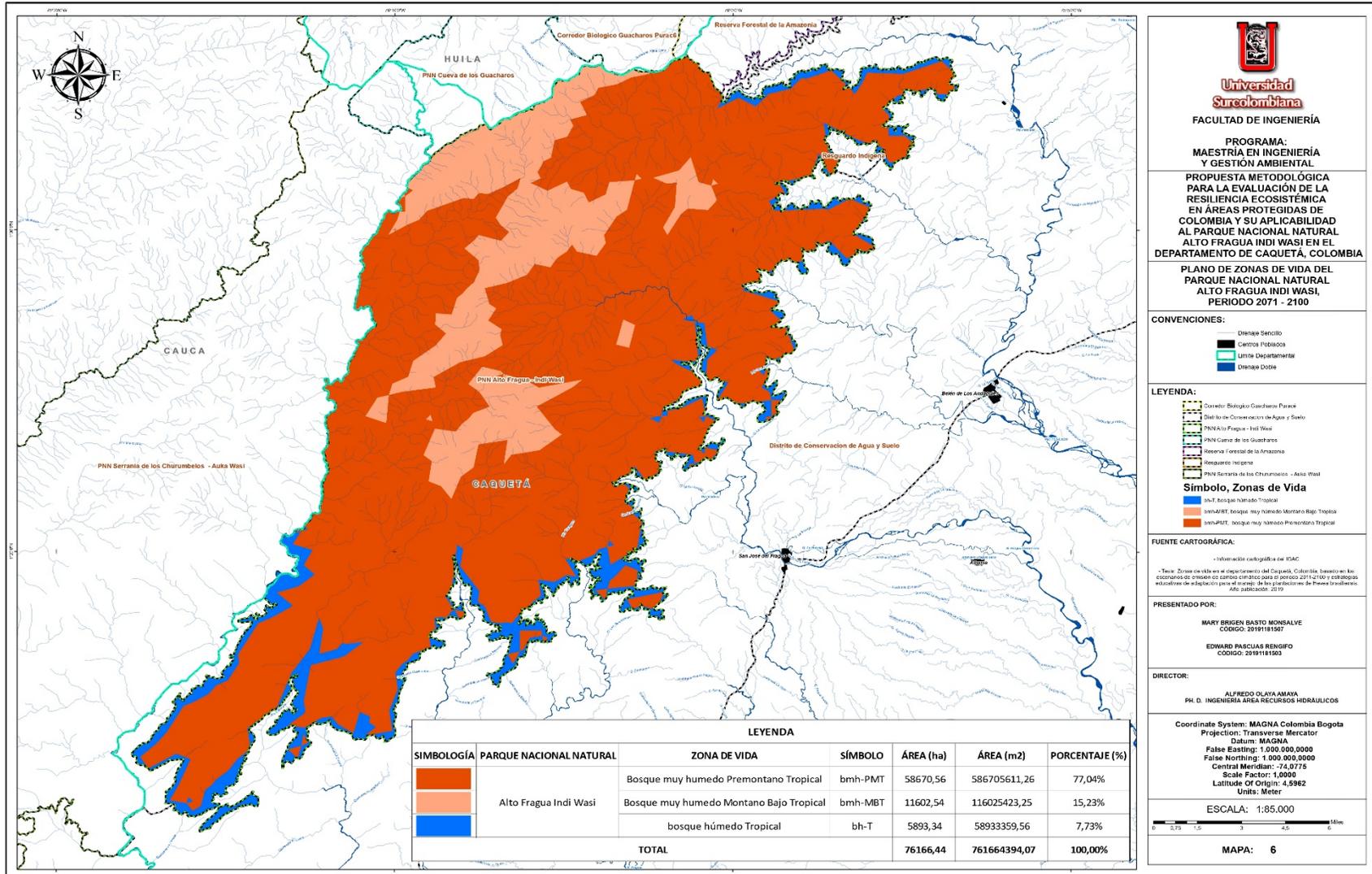
**Fuente:** Con base en el mapa de zonas de vida del Caquetá elaborado por Basto (2019), para el periodo 2011-2040.

Mapa 5. Zonas de vida Holdridge en el PNN Alto Fragua Indi Wasi, período 2041-2070.



Fuente: Con base en el mapa de zonas de vida del Caquetá elaborado por Basto (2019), para el periodo 2041-2070.

**Mapa 6. Zonas de vida Holdridge en el PNN Alto Fragua Indi Wasi, período 2071-2100.**



**Fuente:** Con base en el mapa de zonas de vida del Caquetá elaborado por Basto (2019), para el periodo 2071-2100.

## **Regímenes y perturbaciones naturales y/o antrópicas en las zonas de vida**

La estimación de la resiliencia ecosistémica del PNNAFIW basado en el análisis de las amenazas naturales o antrópicas, permiten identificar los principales factores que ejercer presión en las zonas de vida del parque y en sus dinámicas ecosistémicas. De esta forma, este atributo se evaluó tomando en cuenta variables como la degradación de los suelos por praderización y otras coberturas (Ver cuadro 27 y mapa 7).

Los resultados obtenidos de la evaluación de este atributo sugieren que las zonas de vida en su distribución actual presentan una resiliencia alta dentro del PNNAFIW. La zona de vida bh-T se encuentra mínimamente intervenida con 0,09 hectáreas de praderización que cubre el 0,083 % de su superficie total. En cuanto al bmh-MBT no presenta amenaza por praderización. Por su parte, el bmh-PMT registra 525,49 hectáreas de suelo que han sido erosionadas por procesos de praderización y 63,81 hectáreas de suelo erosionadas en bosques conservados. Al respecto, es importante considerar que en el bmh-PMT predomina el paisaje montañoso fluvio-erosional, que se caracteriza por presentar un clima medio y muy húmedo con lluvias anuales entre 2.000 a 4.000 mm, una altitud que varía entre los 1000 y 2500 msnm y un relieve escarpado a fuertemente quebrado; por ende, son suelos con alta susceptibilidad a la erosión y movimientos en masa por escurrimiento superficial, que los hace vulnerables a numerosos desprendimientos y deslizamiento. No obstante, el área que presenta esta zona de vida por amenaza de praderización es menor y su superficie se encuentra conservada en gran medida por cobertura boscosa.

La amenaza asociada a la degradación del suelo por pastos en el bmh-PMT se presenta más hacia el sector oriental del parque, en la zona donde limita con el Distrito de Conservación de Suelos y Aguas de Caquetá. Las pasturas dentro del PNNAFIW ocupan un área total de 3417,55 (ha), lo que demuestra que la ganadería ha sido fuertemente expandida en zonas aledañas al parque y cuya actividad productiva viene incidiendo en la destrucción de los bosques, el deterioro de los suelos y la pérdida de la biodiversidad dentro del parque (ver mapa 7A).

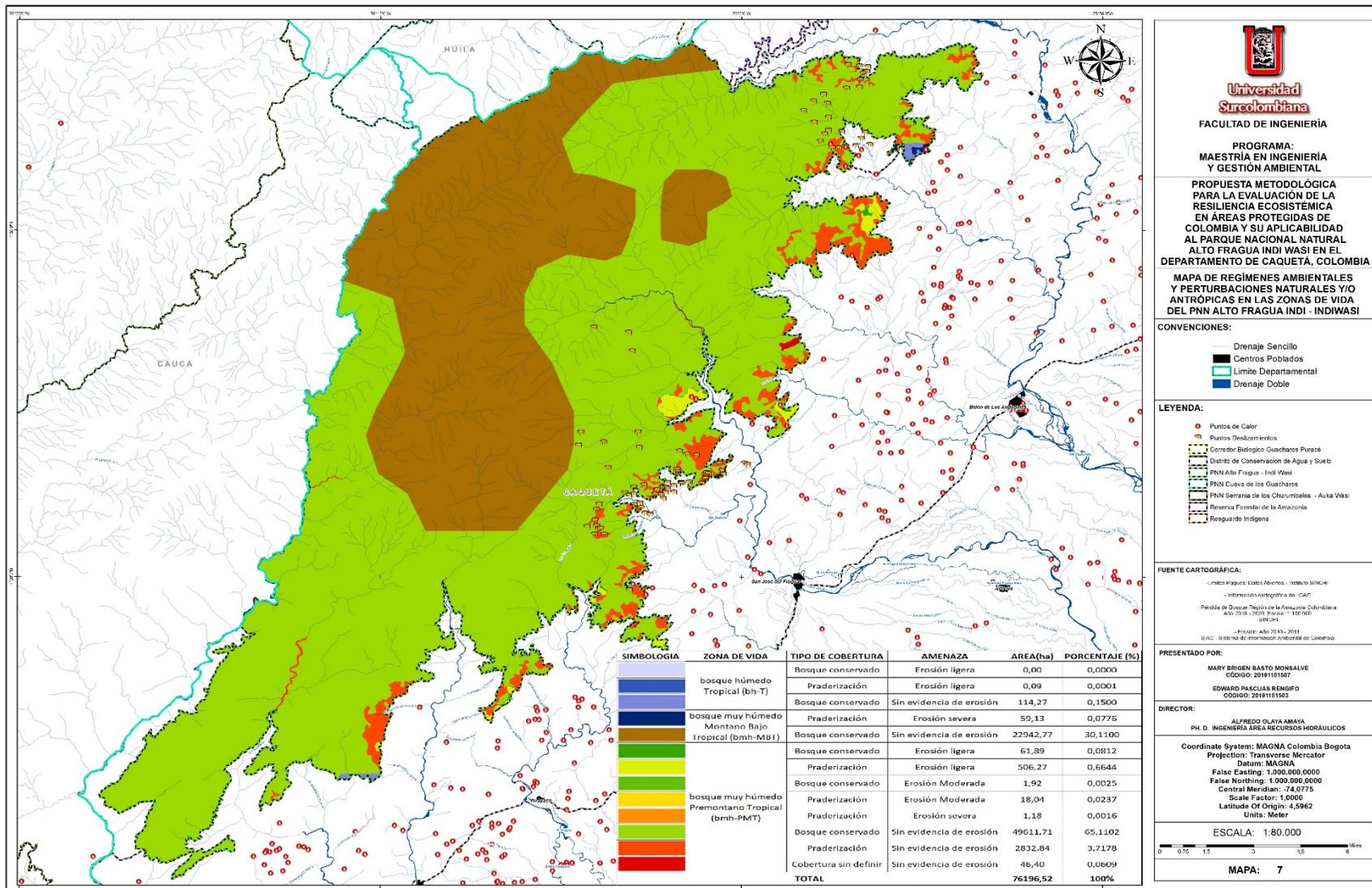
La praderización representa una alta amenaza potencial para el PNNAFIW, si se tiene en cuenta que esta actividad se ha incrementado paulatinamente en los últimos años, pues cerca de 37.000 hectáreas han sido transformadas de bosques a pastos en el Distrito de Conservación de Suelos y Aguas de Caquetá. Esta zona se constituye en un área crítica por la alta dinámica de cambios en el uso del suelo que han facilitado la ampliación de la colonización y, por ende, ampliación de la frontera agropecuaria (Ver cuadro 23 y mapa 3 de coberturas). Este tipo de presión se constituye en uno de los criterios de mayor análisis en el comportamiento presente y futuro de las zonas bioclimáticas en el PNNAFIW, ya que la pérdida de cobertura boscosa se constituye en una de las principales causas del cambio climático, de ahí que las zonas de vida podrían presentar afectaciones o modificaciones en su extensión y distribución geográfica en el futuro.

**Cuadro 26.** Valoración de la resiliencia ecosistémica para el indicador de amenazas y perturbaciones naturales y/o antrópicas en las zonas de vida del PNN Alto Fragua Indi Wasi.

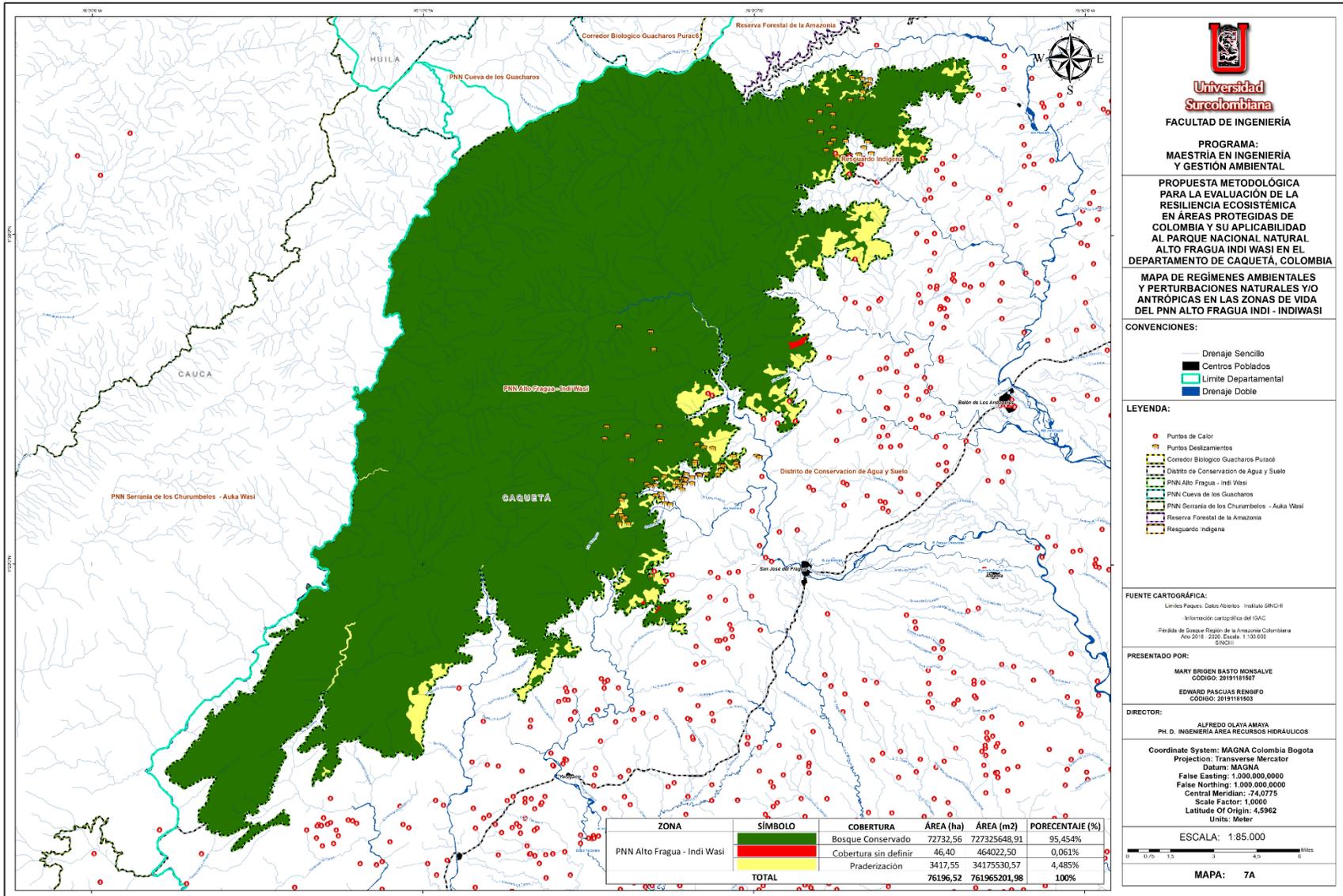
Objeto de Conservación	Atributo regímenes y perturbaciones naturales o antrópicas		Cuantificador		Valoración de la resiliencia		
	Cobertura	Amenaza	Área (ha) de la amenaza en la zona de vida	Porcentaje ocupación de su área total	Resiliencia (3) para zona de vida que presenta amenazas o perturbaciones <30% de su área total.	Resiliencia (2) para zona de vida que presenta amenazas o perturbaciones entre 69 y 30% de su área total.	Resiliencia (1) para zona de vida que presenta amenazas o perturbaciones ≥70% de su área total.
bh-T	Praderización	Erosión ligera	0,09	0,083 %	3		
bmh-PMT	Praderización	Erosión ligera	506,27	0,954 %	3		
	Praderización	Erosión moderada	18,03	0,034 %	3		
	Praderización	Erosión severa	1,18	0,002 %	3		
	Bosque conservado	Erosión ligera	61,89	0,117 %	3		
	Bosque conservado	Erosión moderada	1,92	0,004 %	3		
bmh-MBT	Praderización	Erosión severa	59,13	0,257 %	3		

**Fuente:** Con base en los cálculos efectuados en el mapa 7.

Mapa 7. Amenazas y perturbaciones naturales y/o antrópicas en las zonas de vida del PNN Alto Fragua Indi Wasi.



**Mapa 7A. Amenazas y perturbaciones naturales y/o antrópicas en el PNN Alto Fragua Indi Wasi.**



## Conectividad ecológica entre zonas de vida

Para evaluar este atributo se tomó como base la conectividad que presenta cada zona de vida, según su distribución en el perímetro total del PNNAFIW y su continuidad hacia otras reservas contiguas.

En el cuadro 28 y mapas 8, 9, 10 y 11 se detalla el perímetro que cubre cada zona de vida en el PNNAFIW para los escenarios presente y futuro como, también, la calificación de la resiliencia ecosistémica.

**Cuadro 27.** Valoración de la resiliencia para el indicador de conectividad ecológica de las zonas de vida del PNNAFIW y sus reservas contiguas, según escenarios presente y futuro.

Zonas de vida en el PNNAFIW	Perímetro (km)												Promedio de la resiliencia
	1980-2010	%	Valoración de la resiliencia	2011-2040	%	Valoración de la resiliencia	2041-2070	%	Valoración de la resiliencia	2071-2100	%	Valoración de la resiliencia	
bmh-MBT	30,26	7,62	1	26,79	6,75	1	22,5	5,67	1	18,16	4,58	1	1
bmh-PMT	356,53	89,84	3	369,7	93,15	3	296,4	74,7	3	33,79	8,51	1	2,5
bh-T	10,07	2,54	1	0,39	0,1	1	77,92	19,63	1	344,91	86,91	3	1,5
<b>Total</b>	<b>396,86</b>	<b>100</b>	<b>1,7</b>	<b>396,9</b>	<b>100</b>	<b>1,7</b>	<b>396,9</b>	<b>100</b>	<b>1,7</b>	<b>396,86</b>	<b>100</b>	<b>1,7</b>	<b>1,7</b>

Los resultados indican que el bmh-PMT es la zona de vida que ocupa el mayor perímetro del parque en el periodo presente y en las próximas décadas, no obstante, esta longitud se disminuye de manera drástica en los escenarios futuros, donde registra que para final de siglo se reduce casi en su totalidad, pasando de 346,53 Km en la época 1980-2010 a 33,79 Km en el periodo 2071-2100. El bmh-MBT también sigue esta tendencia al reducir gradualmente su perímetro en los escenarios futuros en comparación con el periodo 1980-2010. La zona de vida bh-T presenta un aumento muy significativo del perímetro, pasando de 10,07 Km en el periodo 1980-2010 a 344,91 Km en el periodo 2071-2100. Para el último periodo del siglo XXI, el bh-T abarca casi la totalidad del perímetro del PNNAFIW (Ver cuadro 28 y mapas 8, 9, 10 y 11).

Según los promedios, la zona de vida que presenta menos resiliencia es el bmh-MBT, seguido del bh-T y luego el bmh-PMT. Todas con promedios menores a tres (3), lo que significa una calificación entre media y baja resiliencia.

La evaluación de la conectividad ecológica de las zonas de vida para los escenarios presente y futuro indican niveles bajos de resiliencia. Esto se da principalmente por los cambios fuertes que presentan las zonas de vida en relación con la reducción de sus perímetros para los escenarios futuros. Estos resultados podrían estar relacionados con factores tensionantes de carácter natural o antrópico que influyen progresivamente sobre el atributo evaluado.

Así mismo, se debe considerar que, aunque las unidades bioclimáticas presentan una resiliencia baja en cuanto a la conectividad según su distribución en el perímetro total del PNNAFIW; es importante analizar la conectividad ecológica entre zonas de

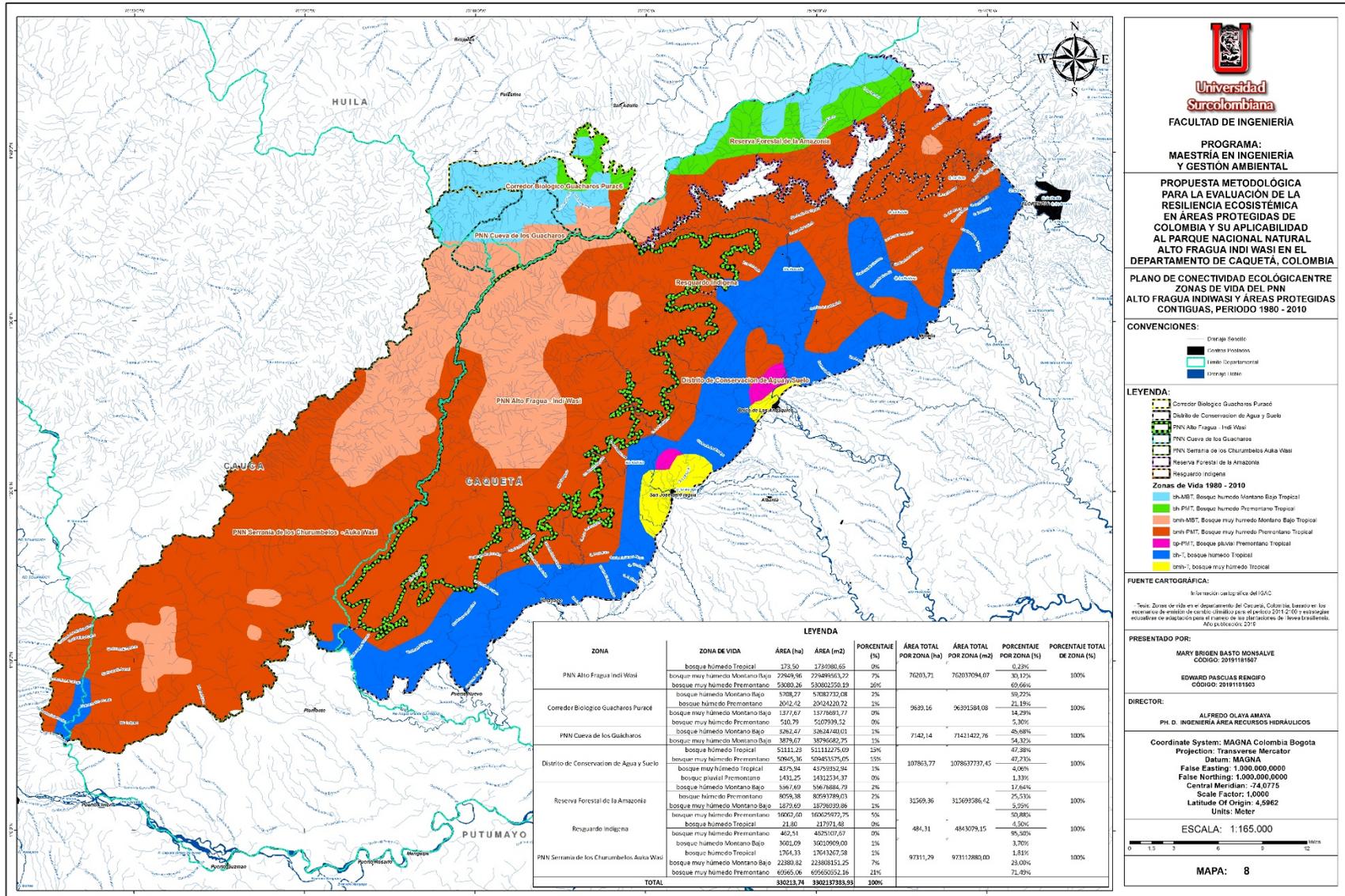
vida dentro y fuera del parque, ya que éstas prolongan su continuidad hacia otras áreas protegidas, lo que brinda una mayor posibilidad de obtener beneficios para la biodiversidad que habita en estos bioclimas. En lo que respecta a los escenarios futuros, la conectividad que tienen las unidades bioclimáticas del PNNAFIW y su extensión hacia otras reservas contiguas podría facilitar la transición entre zonas de vida que se encuentran en las provincias de humedad Per-húmedo para los distintos periodos del siglo XXI y, por lo tanto, esta tendencia favorecería la adaptación progresiva de la biodiversidad a las presiones ambientales futuras.

Con base en los anteriores resultados, es indispensable tener en cuenta que para que exista una mayor efectividad de la conectividad ecológica entre unidades bioclimáticas, es prioritario la conectividad de éstas a través de corredores biológicos al interior y fuera del PNNAFIW, sobretodo, para aquellas zonas de vida con desplazamientos potenciales en el futuro. Este es el caso del bmh-MBT y bmh-PMT, que se extienden hacia otras reservas contiguas, siendo de gran beneficio para mantener la conectividad entre ecosistemas Andino y Amazónico. Esto significa que las especies que habitan actualmente en estos bioclimas cuentan con áreas naturales extensas y con una mayor probabilidad de recuperación o de resiliencia. La información que se genera en el escenario presente refleja que, al existir una mayor conectividad entre zonas de vida que se prolongan hacia otras reservas contiguas, es probable que las especies que se encuentran en estos bioclimas cuenten con una distribución más amplia entre ecosistemas, favoreciendo así los flujos ecológicos, entre ellos, la dispersión y el movimiento de la biodiversidad, la migración para reproducción, la riqueza y la abundancia de especies, entre otros.

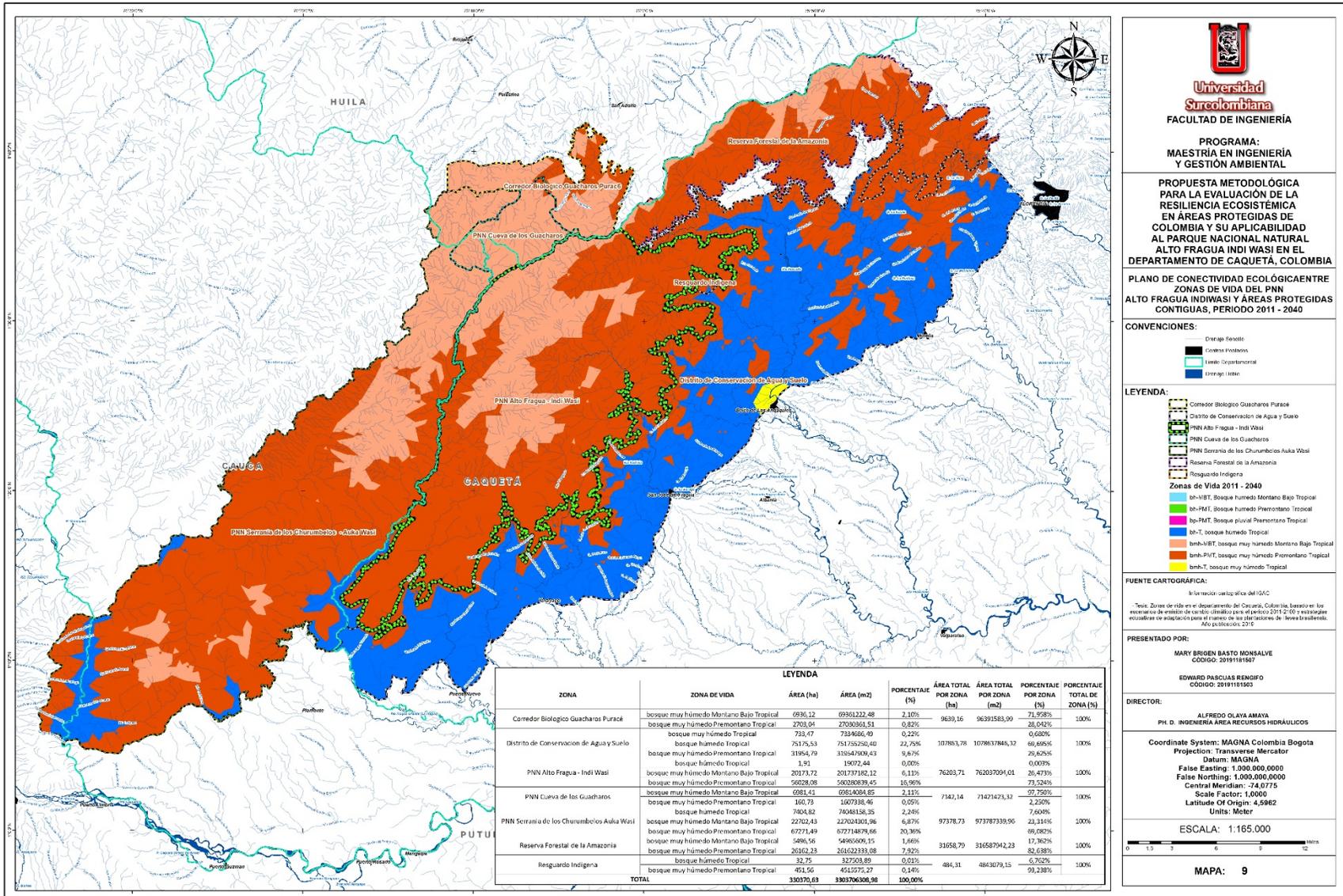
En relación con lo anterior, Yáñez (2009) señala que cada especie se desarrolla en ámbitos geográficos determinados (latitudinal y altitudinalmente), por tanto, cuando alguna especie no logra adaptarse al conjunto de condiciones ambientales en un sitio determinado, es posible que pueda quedar por fuera de su nicho climático o experimentar alteración en sus procesos ecosistémicos claves como modificaciones conductuales de su dieta, actividad y presupuesto energético, cambios en los patrones fenológicos y de productividad, entre otros (Loss *et al.* 2011; Bellard *et al.*, 2012; Feeley, 2012; Barborak *et al.* 2015).

Por otra parte, los corredores biológicos se constituyen en una estrategia de manejo ecosistémico que permiten interconectar zonas de vida sensibles a disturbios ambientales, y que podrían verse afectadas en el futuro por procesos como la praderización, la ampliación de la frontera agrícola, incendios, entre otros. Esto con el fin de implementar acciones en el corto y mediano plazo, que permitan mantener la conectividad entre zonas de vida y así reducir la fragmentación de hábitats y la pérdida de la biodiversidad en los bioclimas. Bierregaard *et al.* (1992) señala que, una disminución en el tamaño del hábitat por procesos de fragmentación podría afectar organismos o comunidades enteras y las interacciones tróficas entre estos, que conllevaría a modificar los patrones de abundancia de las especies y, la consecuencia sería la extinción de muchas de ellas.

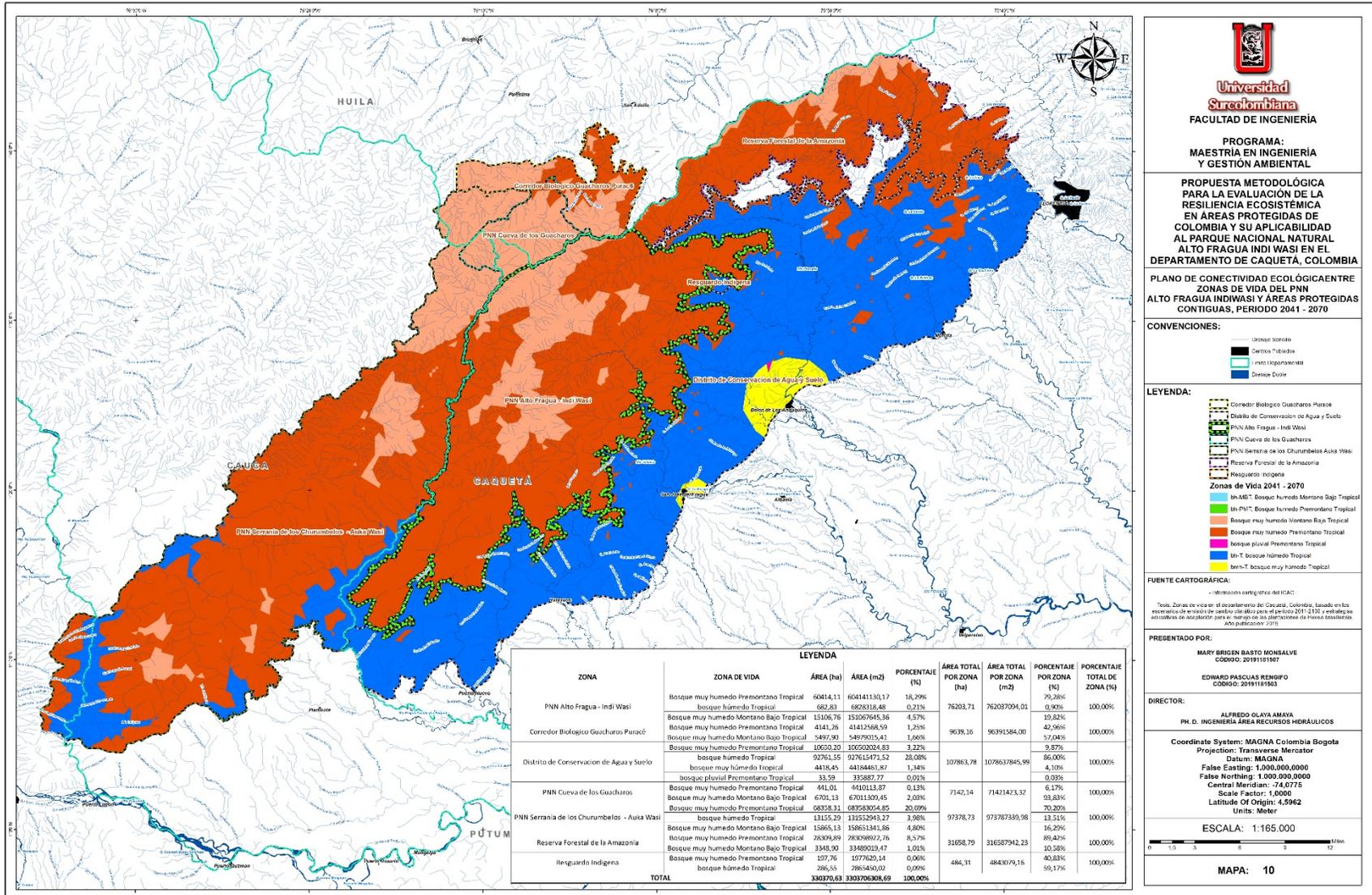
**Mapa 8. Conectividad ecológica entre zonas de vida del PNNAFIW y sus reservas contiguas, periodo 1980-2010.**



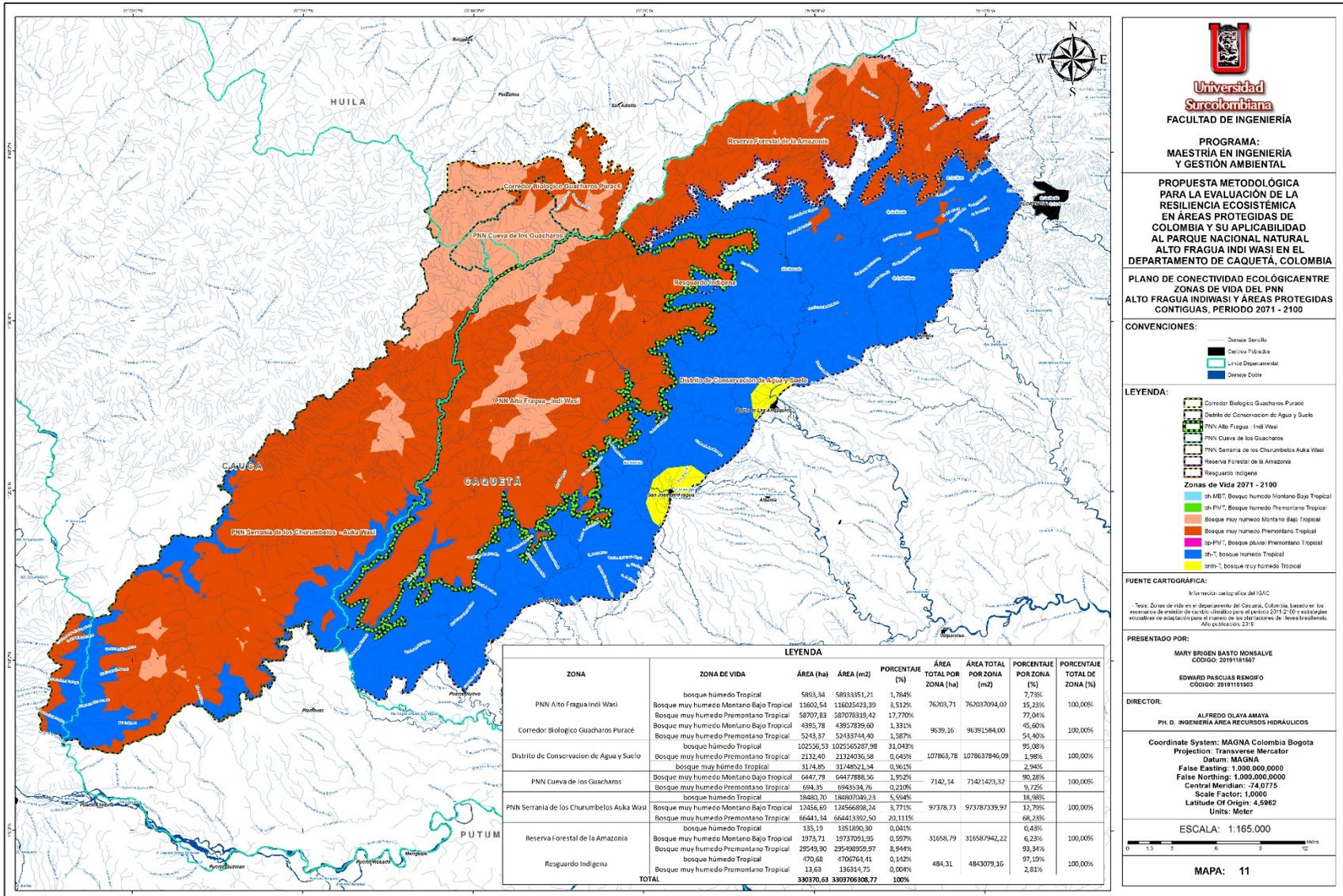
**Mapa 9. Conectividad ecológica entre zonas de vida del PNAFIW y sus reservas contiguas, periodo 2011-2040.**



Mapa 10. Conectividad ecológica entre zonas de vida del PNNAFIW y sus reservas contiguas, periodo 2041-2070.



**Mapa 11. Conectividad ecológica entre zonas de vida del PNNAFIW y sus reservas contiguas, periodo 2071-2100.**



#### **Fase 4. Análisis de resultados y planteamiento de estrategias de uso, conservación y manejo adaptativo que favorezca la capacidad de resiliencia del PNNAFIW.**

##### **Paso 4.1 Obtención de resultados de la resiliencia ecosistémica de los objetos de conservación evaluados en el área protegida seleccionada.**

Los resultados generados de la aplicación de la metodología para evaluar la resiliencia ecosistémica de las zonas de vida del PNNAFIW permiten concluir:

El PNN Alto Fragua Indi Wasi presentó, según el sistema de clasificación de Holdridge, tres zonas de vida para el periodo 1980-2010 y los escenarios futuros (2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100), que se ubican en las provincias de humedad Húmedo (bh-T) y Per-húmedo (bmh-PMT y bmh-MBT). El bh-T incrementó su área, pasando del 173,5 (ha) en el periodo 1980-2010 a 5.719,5 (ha) en el periodo 2071-2100. El bmh-MBT también presentó cambios significativos, debido a que su superficie disminuyó considerablemente para finales de siglo, pasando de 22.950 (ha) en el periodo 1980-2010 a 11.603 (ha) en el periodo 2071-2100. Finalmente, la zona de vida bmh-PMT ocupó la mayor área del parque para todos los periodos, con 53.080,26 (ha) en el periodo 1980-2010 y 58.707,8 (ha) para finales del siglo XXI. Esta ganancia se debe a que se disminuye significativamente el área del bmh-MBT en los escenarios futuros. Estos resultados indican que los cambios en las condiciones del clima influyen significativamente sobre las zonas de vida en los escenarios futuros, generando desplazamientos entre los bioclimas de las provincias de humedad Húmedo y Pér-húmedo, lo que ocasionaría una posible redistribución de las zonas de vida por la alteración de las variables de precipitación y temperatura al suroriente del PNNAFIW para finales de siglo (IDEAM, 2015; Basto, 2019).

En cuanto al atributo de cobertura boscosa, los resultados indican que el parque y sus reservas contiguas están cubiertas por 288.667 hectáreas de bosque, que corresponde al 87,4 % del área total de estudio. Dicha superficie cubierta de bosque corresponde a la zona de transición de ecosistemas Andino-Amazónicos que se caracteriza como una de las regiones biogeográfica *hotspot* de diversidad biológica en el mundo. Para el caso específico del PNN Alto Fragua Indi Wasi, el 99 % de su superficie está cubierta por masa vegetal arbórea y arbustiva, donde dicha condición favorece la conservación del parque. La zona de vida que abarca mayor cobertura boscosa es el bmh-PMT con 49.676 (ha) de bosque denso; esto quizás porque corresponde a la zona de vida con mayor extensión dentro del PNNAFIW. El bmh-MBT cubre 22.950 ha (30,12 %) de bosque y el bh-T con 174 ha (0,23 %). El análisis de este atributo indica que las zonas de vida presentes en el parque son factibles a los procesos de adaptación y resistencia ecológica.

En relación con el área dinámica mínima de las zonas de vida, el análisis sugiere que para el periodo presente (1980-2010) y todos los escenarios futuros (2011-2040; 2041-2070 y 2071-2100) se mantienen las unidades bioclimáticas de las provincias de humedad Húmedo (bh-T) y Per-húmedo (bmh-PMT y bmh-MBT). No

obstante, estas zonas de vida presentan cambios en su distribución futura, donde el bh-T y bmh-PMT presentan resiliencia alta, teniendo en cuenta que sus superficies se mantienen en una proporción  $\geq 70$  % para finales de siglo, en comparación con el área total actual. El bmh-MBT presentó una resiliencia media, donde su superficie se reduce cerca de la mitad para el último periodo del siglo XXI, si se compara con el periodo 1980-2010. Esta tendencia se explicaría en buena medida por los cambios entre zonas vida provocadas por el cambio climático.

Las zonas de vida presentaron resiliencia alto con respecto al grado de amenaza por praderización. Se requiere la intervención humana para el desarrollo de acciones que faciliten la restauración de muchas de las áreas que han sido transformadas en pastos en el Distrito de Conservación de Suelos y Aguas de Caquetá y que limitan con el PNNAFIW. Esto hará posible que se restablezcan las dinámicas ecológicas de estas áreas protegidas y el goce efectivo de los objetivos de conservación que tiene el PNNAFIW.

En cuanto a la conectividad ecológica entre zonas de vida teniendo en cuenta la distribución de éstas sobre el perímetro total del PNNAFIW y su continuidad hacia otras reservas contiguas, los resultados indican que las zonas de vida presentan niveles bajos de resiliencia para los periodos presente y futuro. Esto ocurre, principalmente, porque la longitud de las zonas de vida que más predominan en el periodo 1980-2010 corresponden al bmh-PMT con 356,53 km y el bmh-MBT con 30,26 km, las cuales disminuyen considerablemente en los escenarios futuros, con 33,79 km y 18,16 km, respectivamente. Por su parte, el bh-T abarca casi la totalidad del perímetro del PNNAFIW para el último periodo del siglo XXI, donde se registró un aumento muy significativo de la periferia del parque, pasando de 2,54 Km en el periodo 1980-2010 a 344,91 Km en el periodo 2071-2100. No obstante, la conectividad ecológica entre zonas de vida del PNNAFIW y las zonas de vida de sus reservas contiguas se mantiene, lo que redundaría en beneficios para la biodiversidad que habitan en estos bioclimas.

En el cuadro 29 matriz de evaluación de la resiliencia ecosistémica de las zonas de vida Holdridge en el PNNAFIW y sus reservas contiguas, se presenta el resumen de los promedios de la valoración de la resiliencia ecosistémica para los cuatro atributos evaluados y la resiliencia integral del parque y sus áreas circunvecinas.

#### **Paso 4.2 Análisis de los resultados de la resiliencia ecosistémica de los objetos de conservación evaluados en el PNNAFIW.**

Con base en los resultados obtenidos, la calificación de la resiliencia ecosistémica para las zonas de vida del PNNAFIW es de 2.6, la cual corresponde a una resiliencia media alta, por tanto, se requiere la intervención de acciones en el corto, mediano y largo plazo, que permitan el restablecimiento de los niveles de las dinámicas ecológicas para el funcionamiento del área protegida y sus servicios ecosistémicos. Esto hace posible que se faciliten las condiciones para que el PNNAFIW y sus reservas contiguas desarrollen capacidades de adaptación y resiliencia, para así afrontar diversos factores de alteración que puedan darse con el paso del tiempo.

No obstante, para que se mantenga el funcionamiento y la resiliencia ecosistémica en el PNNAFIW, es prioritario la adopción de medidas de adaptación y estrategias de manejo en el área protegida, por parte de las entidades y las comunidades que ejercen influencia directa sobre estas áreas. Esto con el fin de afrontar eventos perturbadores que se pueden presentar en los objetos de conservación para las próximas décadas.

Para el caso del bmh-MBT y bmh-PMT se proyectan cambios en la distribución de su superficie en los escenarios futuros. Por consiguiente, se requiere tener presente la información generada de los objetos de conservación evaluados, en lo que respecta a la cobertura boscosa/no boscosa, los cambios en la superficie del área y los factores de presión y amenaza, con el fin de establecer estrategias de resiliencia y de adaptación de las zonas de vida, para así afrontar fenómenos ambientales que vienen ejerciendo presión sobre la biodiversidad y que podrían derivar potenciales cambios en la transformación de los ecosistemas Andino-Amazónicos que están presentes en el PNNAFIW y sus reservas contiguas.

Con la información generada hasta el momento, el paso siguiente es el establecimiento de acciones y de medidas que permitan que las zonas de vida puedan mantener su funcionalidad y resiliencia en los próximos años. En el siguiente paso se plantean estrategias de uso, conservación y manejo adaptativo de la resiliencia de las zonas de vida presentes en el PNNAFIW.

**Cuadro 28.** Matriz de evaluación de la resiliencia ecosistémica de las zonas de vida Holdridge en el PNN Alto Fragua Indi Wasi y sus reservas contiguas.

Objeto de conservación	Atributo ecológico	Indicador del atributo	Cuantificadores del atributo			Zonas de vida	Resultado atributo ecológico	Descripción del estado actual del objeto de conservación	Valoración de la resiliencia Alta (3), Media (2) Baja (1)
Zonas de vida Holdridge	Cobertura boscosa (arbórea y arbustiva) en las zonas de vida del PNNAFIW y sus reservas contiguas.	Área de cobertura boscosa en las zonas de vida del PNNAFIW y sus reservas contiguas.	Resiliencia (3) para cobertura boscosa >100.000 hectáreas en las zonas de vida del PNNAFIW y sus reservas contiguas.	Resiliencia (2) para cobertura boscosa entre 50.000 y 100.000 hectáreas en las zonas de vida del PNNAFIW y sus reservas contiguas.	Resiliencia (1) para cobertura boscosa <50.000 hectáreas en las zonas de vida del PNNAFIW y sus reservas contiguas.	bh-T, bh-PMT, bh-MBT, bmh-T, bmh-MT, bmh-BT, bp-PMT.	Las zonas de vida del PNNAFIW y de sus reservas contiguas ocupan una cobertura boscosa de 288.667 hectáreas.	Las zonas de vida del PNNAFIW y sus áreas presentan una cobertura boscosa de 288.667 hectáreas. El cuantificador sobrepasa las 100.000 hectáreas, sobretudo, para los bioclimas muy húmedos que se ubican en los pisos altitudinales Premontano y Montano Bajo Tropical.	3
	<b>Promedio de la resiliencia del atributo de cobertura boscosa</b>								<b>3</b>
	Área dinámica mínima de las zonas de vida	Área (ha) de cada zona de vida que se mantiene frente a las proyecciónes del cambio climático en el siglo XXI.	Resiliencia (3) para zona de vida del PNN Alto Fragua Indi Wasi mantiene una proporción $\geq 70\%$ de su área total actual, frente a las proyecciones de cambio climático en el siglo XXI.	Resiliencia (2) para zona de vida del PNN Alto Fragua Indi Wasi mantiene una proporción entre el 69 y 30% de su área total actual, frente a las proyecciones de cambio climático en el siglo XXI.	Resiliencia (1) para zona de vida del PNN Alto Fragua Indi Wasi mantiene una proporción $< 30\%$ de su área total actual, frente a las proyecciones de cambio climático en el siglo XXI.	bh-T	Abarca una superficie de 173,5 hectáreas en 1980-2010 en el periodo 1980-2010 vs. 5.893,34 hectáreas en 2071-2100	El bh-T mantiene una proporción $\geq 70\%$ de su área total actual, frente a las proyecciones de cambio climático del último periodo del siglo XXI.	3
						bmh-PMT	Abarca una superficie de 53.080,26 hectáreas en el periodo 1980-2010 vs. 58.707,83 hectáreas en 2071-2100	El bmh-PMT mantiene una proporción $\geq 70\%$ de su área total actual, frente a las proyecciones de cambio climático del último periodo del siglo XXI.	3
					bmh-MBT	Abarca una superficie de 22.949,96 hectáreas en el periodo 1980-2010 vs. 11.602,54 hectáreas en 2071-2100	El bmh-MBT mantiene una proporción del 50,1% de su área total actual, en comparación con la superficie proyectada para el periodo 2071-2100.	2	
<b>Promedio de la resiliencia del atributo área dinámica mínima</b>								<b>2,7</b>	

Continuación cuadro 29.

Objeto de conservación	Atributo ecológico	Indicador del atributo	Cuantificadores del atributo			Zona de vida	Resultado atributo ecológico	Descripción del estado actual del objeto de conservación	Valoración de la resiliencia Alta (3), Media (2) Baja (1)
Zonas de vida Holdridge	Regímenes y perturbaciones naturales y/o antrópicas en las zonas de vida.	Área total de cada zona de vida propensa a amenazas y perturbaciones naturales o antrópicas.	Resiliencia (3) para zona de vida que presenta amenazas o perturbaciones <30% de su área total.	Resiliencia (2) para zona de vida que presenta amenazas o perturbaciones entre 30 y 69 % de su área total.	Resiliencia (1) para zona de vida que presenta amenazas o perturbaciones ≥ 70% de su área total.	bh-T	Se encuentra mínimamente intervenida con 0,09 hectáreas de praderización que cubre el 0,08 % de su superficie total.	La zona de vida presenta resiliencia alta para el atributo de amenazas por praderización, teniendo en cuenta que su superficie resultó mínimamente afectada por pasturas. Muchas de las áreas que han sido transformadas en pastos se encuentran en el Distrito de Conservación de Suelos y Aguas de Caquetá y limitan con el PNNAFIW.	3
						bmh-PMT	Registra 525,49 hectáreas que han sido erosionadas por procesos de praderización.	La zona de vida presenta resiliencia alta frente a procesos de degradación del suelo por praderización. Se evidencia mayor afectación hacia el sector oriental del parque, donde limita con el Distrito de Conservación de Suelos y Aguas de Caquetá.	3
						bmh-MBT	No presenta amenaza por praderización, ni geomorfológica.	La zona de vida no se encuentra expuesta a factores de perturbación, ni amenazas ambientales.	3
<b>Promedio de la resiliencia del atributo de regímenes y perturbaciones naturales y/o antrópicas en las zonas de vida.</b>									<b>3</b>

Continuación cuadro 29.

Objeto de conservación	Atributo ecológico	Indicador del atributo	Cuantificadores del atributo			Zona de vida	Resultado atributo ecológico	Descripción del estado actual del objeto de conservación	Valoración de la resiliencia Alta (3), Media (2) Baja (1)
Zonas de vida Holdridge	Conectividad ecológica entre zonas de vida.	Conectividad ecológica entre zonas de vida del PNNAFIW y sus reservas contiguas, periodo 1980-2010.	Resiliencia (3) para zona de vida con una distribución >40% sobre el perímetro total del PNNAFIW y con conectividad en sus reservas contiguas.	Resiliencia (2) para zona de vida con una distribución entre el 40 y 30% sobre el perímetro total del PNNAFIW y con conectividad en sus reservas contiguas.	Resiliencia (1) para zona de vida con una distribución <30% sobre el perímetro total del PNNAFIW y con conectividad en sus reservas contiguas.	bh-T	Su distribución es de 10,07 Km sobre el perímetro total del PNNAFIW en el periodo 1980-2010.	El bh-T ocupa un perímetro muy reducido en el parque para el periodo 1980-2010. Esta zona de vida cubre otras reservas contiguas que limitan al suroriente del parque.	1
						bmh-PMT	Su distribución es de 356,53 Km sobre el perímetro total del PNNAFIW en el periodo 1980-2010.	El bmh-PMT ocupa el mayor perímetro en el parque y se extiende hacia la mayoría de sus reservas contiguas que integran la transición de ecosistemas Andino-Amazónico. Esta zona de vida se percibe como relativamente estable, por consiguiente, podría favorecer la resiliencia de flujos biológicos, la conservación de la riqueza de la biodiversidad y el mantenimiento de la funcionalidad ecosistémica entre áreas protegidas.	3
						bmh-MBT	Su distribución es de 30,26 Km sobre el perímetro total del PNNAFIW en el periodo 1980-2010.	El bmh-MBT cubre parcialmente el perímetro del parque y se prolonga hacia el norte y occidente del país, abarcando reservas contiguas que se caracterizan por la confluencia de ecosistemas Andino-Amazónicos.	1
<b>Promedio de la resiliencia del atributo de conectividad ecológica entre zonas de vida</b>									<b>1,7</b>
<b>Resiliencia integral ecosistémica de las zonas del vida Holdridge en el PNNAFIW</b>									<b>2,6</b>

### **Paso 4.3 Planteamiento de estrategias de uso, conservación y manejo adaptativo de la resiliencia del PNNAFIW.**

Las áreas protegidas juegan un papel primordial en la conservación de la diversidad biológica, razón por la cual es imprescindible explorar y analizar los diversos factores y amenazas que inciden sobre los sistemas ecológicos y las especies que habitan en estos lugares. En este sentido, el propósito de este paso está dirigido a proponer estrategias de uso, conservación y manejo adaptativo de los objetos de conservación evaluados en el PNNAFIW, de manera que permitan la resiliencia de éstos en el tiempo.

Por esta razón, las estrategias y las acciones que se proponen están dirigidas a servir de base a los actores que influyen de manera directa sobre el área protegida, de manera que puedan tomar decisiones respecto a la adopción de programas o proyectos que permita reducir las amenazas y las afectaciones al PNNAFIW y sus reservas contiguas en las próximas décadas.

No obstante, cabe resaltar que los eventos de presión y amenaza son dinámicos en el tiempo y en el espacio, por lo tanto, las proyecciones de riesgo sobre los objetos de conservación evaluados en el presente estudio de caso pueden variar con los años, ya sea por transformaciones causadas por disturbios naturales o antrópicos.

A partir del ejercicio de resiliencia realizado en el PNNAFIW, el siguiente paso es analizar los posibles factores que pueden impactar sobre el área protegida y, por la cual puede verse afectados los atributos ecológicos que actúan como indicadores del estado de la resiliencia de los objetos de conservación evaluados.

En el cuadro 30, se presentan posibles acciones de manejo adaptativo en el PNNAFIW, con el fin de aumentar su capacidad de resiliencia ecosistémica y minimizar los riesgos existentes en las unidades bioclimáticas que se encuentran en el área protegida y sus reservas contiguas.

Para finalizar, es importante reevaluar la resiliencia ecosistémica de las zonas de vida del PNNAFIW, luego de culminar la implementación de las acciones de manejo adaptativo que se proponen en el cuadro 30, a fin de efectuar el análisis de la efectividad de las intervenciones realizadas.

**Cuadro 29.** Acciones de manejo adaptativo y de resiliencia ecosistémica en el PNNAFIW y sus reservas contiguas.

Objetivo	Acciones de manejo adaptativo	Responsables Potenciales	Plazo			Resultado esperado
			Corto (1-2 años)	Mediano (3-5 años)	Largo (más 5 años)	
Impartir conocimientos e información técnico-científica para la sensibilización pública de los posibles riesgos y amenazas futuras en el PNNAFIW por eventos perturbadores naturales y/o antrópicos.	Creación de un programa radial dirigido a la generación de conocimiento científico, tecnológico y de la problemática ambiental de los PNNAFIW, que permita la sensibilización pública en torno a la gestión y el manejo sostenible de las áreas protegidas en Colombia.	Gobernación de Caquetá.  Alcaldías de San José del Fragua y Belén de Los Andaquíes.  Corpoamazonia.  Dirección territorial del PNNAFIW.				Fortalecidos los conocimientos científicos y tecnológico en la ciudadanía para el empoderamiento de la gestión y el manejo sostenible de las áreas protegidas en Colombia.
Mantener la conectividad entre zonas de vida con transición proyectada y que hacen parte integral del gradiente altitudinal Andino-Amazónico.	Implementar una red de corredores biológicos en las áreas que presentan alta fragmentación de hábitats por acción humana, con el fin de amortiguar los efectos de borde para las especies que hacen parte de la zona de transición Andino-Amazónica que caracteriza el PNNAFIW y sus reservas contiguas.	Unidad Administrativa Especial Parques Nacionales Naturales de Colombia (UAESPNN).  Propietarios de predios que habitan en la zona de amortiguación del parque.  Corporación para el Desarrollo de La Amazonía (Corpoamazonia).				Establecida la red de corredores biológicos para albergar y proteger las diversas poblaciones de especies que hacen parte de la zona de transición Andino-Amazónica, afín de garantizar mejores respuestas adaptativas a las presiones ambientales.

Continuación cuadro 30.

Objetivo	Acciones de manejo adaptativo	Responsables Potenciales	Plazo			Resultado esperado
			Corto (1-2 años)	Mediano (3-5 años)	Largo (más 5 años)	
Restaurar la superficie de las zonas de vida que podrían experimentar cambios potenciales para asegurar la subsistencia de especies clave que habitan en el PNNAFIW y en sus reservas contiguas.	Restaurar hábitats de zonas de vida que podrían presentar cambios potenciales, a través del enriquecimiento de especies que cumplen funciones clave en estas áreas y que hayan logrado adaptarse con mayor facilidad a las condiciones del medio.	UAESPNN.  Propietarios de predios que habitan en la zona de amortiguación del parque.  Corpoamazonia.  Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI).  Alcaldías de San José del Fragua y Belén de Los Andaquies.				Restaurados los hábitats de zonas de vida con cambios potenciales para la preservación de especies clave que contribuye a la resiliencia ecosistémica del PNNAFIW y sus reservas contiguas.
Establecer programas de investigación, seguimiento y monitoreo a largo plazo que permita conocer el comportamiento de las zonas de vida del departamento de Caquetá, en función de las diversas presiones y amenazas ambientales.	Crear una línea investigativa en Universidades del departamento de Caquetá, que esté dirigida al análisis de la vulnerabilidad de las zonas de vida en las áreas protegidas de la región, en función de las presiones y amenazas ambientales y sus impactos sobre la biodiversidad que habitan en estos bioclimas.	Universidad de la Amazonia.  Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD).  Corporación Unificada Nacional de Educación Superior (CUN).				Creada línea investigativa en Universidades del departamento de Caquetá dirigida al análisis de la vulnerabilidad de las zonas de vida en las áreas protegidas de la región.

Continuación cuadro 30.

Objetivo	Acciones de manejo adaptativo	Responsables Potenciales	Plazo			Resultado esperado
			Corto (1-2 años)	Mediano (3-5 años)	Largo (más 5 años)	
Preservar la conectividad de las zonas de vida que representan núcleos de alta diversidad biológica e integridad ecosistémica y que se ubican en el área de transición Andino-Amazónica del cual hace parte el PNNAFIW y sus reservas contiguas.	Ampliar la superficie del PNNAFIW con el fin de favorecer la conectividad de zonas de vida que representan núcleos de alta diversidad biológica e integridad ecosistémica y que se ubican en el área de transición Andino-Amazónica del cual hace parte el PNNAFIW y sus reservas contiguas.	Presidencia de la República.  Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.  UAESPNN  Corpoamazonia.				Aprobado el acto administrativo de ampliación y alineamiento del área del PNNAFIW para la preservación de núcleos de alta diversidad biológica e integridad ecosistémica y que se ubican en el área de transición Andino-Amazónica del cual hace parte el PNNAFIW y sus reservas contiguas.
	Adquisición de terrenos por parte de los entes territoriales para la recuperación de áreas degradadas por actividades productivas, con destino a la restauración y conservación ecológica de las zonas amortiguadoras del PNNAFIW.	Gobernación de Caquetá.  Alcaldías de San José del Fragua y Belén de Los Andaquíes.				Adquiridos terrenos por parte de los entes territoriales para la recuperación de áreas degradadas por actividades productivas y la restauración y conservación ecológica de las zonas amortiguadoras del PNNAFIW.

Continuación cuadro 30.

Objetivo	Acciones de manejo adaptativo	Responsables Potenciales	Plazo			Resultado esperado
			Corto (1-2 años)	Mediano (3-5 años)	Largo (+5 años)	
Facilitar la adaptación y la resiliencia de biodiversidad a las posibles transiciones que experimenten las zonas de vida en los escenarios futuros, de manera que favorezca los flujos de dispersión de las especies entre parques de hábitats remanentes.	Implementar modelos agroforestales y silvopastoriles para la reconversión ganadera de zonas amortiguadoras al PNNAFIW, dirigidos a favorecer procesos de restauración ecológica y restablecimiento de los flujos biológicos entre zonas de vida con transición potencial en los escenarios futuros.	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.  UAESPNN.  Propietarios de predios que habitan en la zona de amortiguación del parque.				Implementados modelos de agroforestales y silvopastoril en áreas colindantes al PNNAFIW para favorecer la restauración ecológica y el restablecimiento de los flujos biológicos entre zonas de vida con transición potencial en los escenarios futuros.
	Brindar servicios de asistencia técnica y crédito dirigido a los productores que implementen modelos agroforestales y silvopastoriles para la reconversión ganadera de zonas amortiguadoras al PNNAFIW.	Alcaldías de San José del Fragua y Belén de Los Andaquíes.  Corpoamazonia.  Banco Agrario.				Brindados los servicios de asistencia técnica y crédito dirigido a los productores que implementen modelos agroforestales y silvopastoriles para la reconversión ganadera de zonas amortiguadoras al PNNAFIW.

	<p>Entregar a la Unidad Administrativa Especial del Sistema de PNN y a la Dirección Territorial del PNNAFIW la propuesta metodológica para la evaluación de la resiliencia ecosistémica de las áreas protegidas de Colombia y los resultados de su aplicabilidad al PNNAFIW en el departamento de Caquetá, para así contribuir al trabajo mancomunado en la conservación y gestión adaptativa de las áreas naturales protegidas.</p>	<p>Universidad Surcolombiana.  Investigadores.</p>				<p>Entregada la propuesta metodológica para la evaluación de la resiliencia ecosistémica de las áreas protegidas de Colombia y los resultados de su aplicabilidad al PNNAFIW en el departamento de Caquetá a la Unidad Administrativa Especial del Sistema de PNN y a la Dirección Territorial del PNNAFIW.</p>
--	--	--	--	--	--	---

## 5. CONCLUSIONES

Este estudio aporta un instrumento metodológico para la evaluación de la resiliencia ecosistémica de las unidades y categorías de manejo de las áreas protegidas de Colombia, de manera que su aplicación permita generar información científica acerca de los impactos que pueden presentar estas áreas ante eventos de perturbación ambiental, para así plantear medidas de adaptación que permitan su gestión y manejo sostenible. La selección de los atributos ecológicos son elementos clave dentro de la metodología, ya que permiten establecer la condición en la que se encuentran los objetos de conservación presentes en las áreas protegidas. En este sentido, es relevante determinar indicadores que resulten apropiados para medir los atributos ecológicos, con el fin de obtener una valoración aproximada y efectiva de la resiliencia ecosistémica de los objetos de conservación evaluados.

Esta propuesta metodológica representa un referente de base que podría ser aplicada a cualquier área protegida en Colombia u otros países, atendiendo los aspectos ecológicos, legales, políticas y socioculturales de cada sitio. Con ello se espera que la aplicación de estos lineamientos sirva de orientación para apoyar la toma de decisiones y el desarrollo de una gestión adaptativa que fortalezca la resiliencia de estas áreas de importancia ecológica. Por tanto, el establecimiento de sinergias gubernamentales, sectoriales y comunitarias es muy significativo antes, durante y después de estos procesos, ya que desde la corresponsabilidad se debe guiar la planeación, la gestión y el manejo adaptativo de las AP. No solo con la intención de priorizar la conservación de los recursos naturales, sino también su uso sostenible y el bienestar de las comunidades rurales. Aunque esta metodología puede aplicarse a cualquier categoría de manejo del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Colombia, no obstante, está supeditada a la información que exista sobre el área estudiada. De esta manera, esta metodología se concibe como un proceso abierto y en evolución, donde es posible adicionar nuevos elementos que fortalezcan su uso y empleo, por tanto, la incorporación de atributos e indicadores deben priorizarse aquellos que sean aplicables al área de estudio o al análisis de los objetos de conservación que se identifiquen como relevantes para las áreas protegidas.

La aplicación de la metodología propuesta se constituye en un importante aporte para proveer de información oportuna a los tomadores de decisiones que tienen injerencia sobre estas áreas, quienes tendrán las bases para presentar y sustentar propuestas de ordenamiento y planeación estratégica que requieren estos lugares para un manejo más efectivo y resiliente en el futuro. En este sentido, es fundamental que las propuestas de ordenamiento estén alineadas a procesos de planificación territorial, de tal manera que se tenga en cuenta aspectos causantes de transformación del paisaje que podrían afectar negativamente el propósito de los objetivos de conservación de las áreas protegidas.

Es conveniente vincular a las comunidades locales en actividades de seguimiento y procesos de investigación que se desarrollen en el área protegida, de manera que permita no solo fortalecer los conocimientos acerca de los beneficios y el potencial que guardan estos refugios biológicos, sino que, además, contribuya a una mejor comprensión de las múltiples amenazas que enfrenta el área, para que las acciones que se adelanten en materia de manejo y adaptación se realicen con responsabilidad, compromiso y apropiación, con miras a garantizar su éxito.

Con la aplicación de la metodología en el PNNAFIW se concluye que las zonas de vida presentan niveles intermedios de resiliencia, debido a que el área viene siendo afectada por procesos de colonización y praderización, sobre todo, en zonas limítrofes que cumplen una importante función amortiguadora para el parque. De ahí que las acciones que se prioricen para el cumplimiento de los objetivos de conservación del área podrán enfocarse hacia el restablecimiento de la conectividad entre áreas protegidas, de manera que estos procesos faciliten la adaptación entre zonas de vida que se proyectan con desplazamientos potenciales en el futuro. Estas acciones contribuirán a fortalecer la capacidad de adaptación y de resiliencia del área protegida, aunque también es importante que los gobiernos locales definan políticas de gestión para las zonas de amortiguamiento y corredores de conectividad con límites bien claros, para así facilitar la recuperación y el mantenimiento de la funcionalidad ecológica que tienen las áreas protegidas. Esto implica que los entes territoriales asuman compromisos legales, financieros, técnicos y políticos para asegurar la restauración ecológica y la reducción de las amenazas y peligros que enfrenta el área.

Con la selección de zonas de vida Holdridge como objetos de conservación para la evaluación de la resiliencia ecosistémicas de las áreas protegidas, se provee información útil para identificar áreas climáticamente estables en los escenarios futuros. De ahí que la zonificación bioclimática de Holdridge representa un modelo de gran interés en el campo investigativo, con el cual se puede analizar las posibles respuestas de los ecosistemas ante fuentes de presiones y amenazas ambientales como, por ejemplo, el cambio climático, la deforestación y praderización, entre otros. Adicionalmente, la modelación bioclimática a partir de las zonas de vida de Holdridge también contribuye a determinar áreas susceptibles de conservación que requieren ser priorizadas para una reorganización de las áreas protegidas, en lo que respecta a procesos de ampliación, zonas de amortiguamiento y corredores de conectividad entre áreas protegidas.

Finalmente, los resultados establecidos en el presente trabajo permitieron responder satisfactoriamente a la pregunta de investigación, con lo cual se dio cumplimiento a los objetivos planteados en el estudio, tanto generales como específicos. De esta forma, se le entrega al país un marco de referencia metodológico para la evaluación de la resiliencia ecosistémica en las distintas unidades y categorías de manejo de las áreas protegidas de Colombia, de manera que permita valorar las dinámicas cambiantes de estos sistemas naturales, con el fin de apoyar la toma de decisiones y el desarrollo de una gestión adaptativa para así posibilitar el cumplimiento de los objetivos de conservación asignados a las áreas protegidas del país.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar-Garavito, M. & Ramírez, W (2015). *Monitoreo a procesos de restauración ecológica, aplicado a ecosistemas terrestres*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Aguilar, Z., Flóres, P., Lara, S., & Tapuy, M. (2020). Los bosques del Ecuador. Ecuador. Recuperado el 10 de agosto 2021, de file:///C:/Users/Mary/Downloads/LibroLosBosquesdeEcuador...pdf
- Allison, G. W. (1996). Predictability and uncertainty in community regulation: consequences of reduced consumer diversity in coastal rock ecosystems. *SCOPE 55: Functional Roles of Biodiversity: A Global Perspective*, 371-372.
- Alvarado, J. W., Rabanal, H. y Meléndez, R. (s.f). Evaluar y caracterizar el clima para la microzonificación ecológica y económica de la cuenca alta y media del río Sisa (Informe de consultoría).
- Andrade, A. (2010). Adaptación al cambio climático basada en ecosistemas. En Naranjo, G. (Ed.), *Cambio climático en un paisaje vivo: Vulnerabilidad y adaptación en la Cordillera Real Oriental de Colombia*, (pp. 65-74). WWF & Fundación Natura.
- Arias, E., Chacón, O., Herrera, B., Induni, G., Acevedo, H., Coto, M., & Barborak, J. R. (2019). Las redes de conectividad como base para la planificación de la conservación de la biodiversidad: propuesta para Costa Rica. *Recursos Naturales y Ambiente*, (54).
- Arroyave, M. D. P., Gómez, C., Gutiérrez, M. E., Múnera, D. P., Zapata, P. A., Vergara, I. C. & Ramos, K. C. (2006). Impactos de las carreteras sobre la fauna silvestre y sus principales medidas de manejo. *Revista Eia*, (5), 45-57.
- Atauri, J.A & García Ventura D. (2012). Planificación de la conservación del patrimonio natural en los espacios protegidos del estado español. Documento de trabajo.
- Atuesta Dimian, N., García-Villalba, J., & Morales-Martínez, D. M. (2020). Mamíferos medianos y grandes de la transición Andino-Amazónica del Parque Andakí, municipio de Belén de los Andaquíes, Caquetá, Colombia. *Revista Colombia Amazónica*, 12, 112-123.
- Barborak, J., Cuesta, F., Montes, C., & Palomo, I. (2015). Planificación en áreas protegidas: Territorio y cambio climático. GIZ.
- Barrena, S. (2014). El pragmatismo. *Factótum*, 12(2014), 1-18.
- Barreto-Silva, J. S., Cárdenas López, D., & Duque Montoya, Á. J. (2014). Patrones de distribución de especies arbóreas de dosel y sotobosque a escala local en bosques de tierra firme, Amazonia colombiana. *Revista de biología tropical*, 62(1), 18-28.
- Basto Monsalve, M. B. (2019). *Zonas de vida en el departamento del Caquetá, Colombia, basadas en los escenarios de emisión de cambio climático para el periodo 2011-2100 y estrategias*

*educativas de adaptación para el manejo de las plantaciones de Hevea brasiliensis en el departamento de Caquetá, Colombia.* [Tesis doctoral, Universidad Surcolombiana].

- Begon, M., Harper, J. L., & Townsend, C. R. (1999). *Ecología: individuos, poblaciones y comunidades* (No. 04; QH541, B43y 1999.). Barcelona: Omega.
- Bellard, C., Bertelsmeier, C., Leadley, P., Thuiller, W., & Courchamp, F. (2012). Impacts of climate change on the future of biodiversity. *Ecology letters*, 15(4), 365-377.
- Bellwood, D. R., Hughes, T. P., Folke, C., & Nyström, M. (2004). Confronting the coral reef crisis. *Nature*, 429(6994), 827-833.
- Bierregaard Jr, R. O., Lovejoy, T. E., Kapos, V., dos Santos, A. A., & Hutchings, R. W. (1992). The biological dynamics of tropical rainforest fragments. *BioScience*, 859-866.
- Blois, J. L., Zarnetske, P. L., Fitzpatrick, M. C., & Finnegan, S. (2013). Climate change and the past, present, and future of biotic interactions. *Science*, 341(6145), 499-504.
- Buytaert, W., Cuesta-Camacho, F., & Tobón, C. (2011). Potential impacts of climate change on the environmental services of humid tropical alpine regions. *Global Ecology and Biogeography*, 20(1), 19-33.
- Cardona, L. M. F., & Cantillo, F. A. (2008). Objetos de conservación de la flora y la vegetación de los cerros calizos costeros de la reserva de la biosfera Baconao, Santiago de Cuba. *Foresta Veracruzana*, 10(2), 9-16.
- Caro, T. M., & O'Doherty, G. (1999). On the use of surrogate species in conservation biology. *Conservation biology*, 13(4), 805-814.
- Casanoves, F., Pla, L., & Di Rienzo, J. A. (2011). Valoración y análisis de la diversidad funcional y su relación con los servicios ecosistémicos. *Serie Técnica. Informe Técnico (CATIE); Número 384*.
- Castillo, L. S., Correa Ayram, C. A., Matallana Tobón, C. L., Corzo, G., Areiza, A., Serrano, F. & Godínez-Gómez, O. (2020). Connectivity of Protected Areas: Effect of Human Pressure and Subnational Contributions in the Ecoregions of Tropical Andean Countries. *Land*, 9(8), 239.
- Castaño, N., Cárdenas, D., Marín, N., Daly, D., Betancur, J., Álvaro, W., Barona, A., Sua, S. & Peña, M. (2020). Diversidad florística del Camino Andakí, municipio de Belén de los Andaquíes (Caquetá, Colombia). *Revista Colombia Amazónica*, 12, 260-268.
- Catalá, E. I. (2011). Los conceptos de especies indicadoras, paraguas, banderas y claves: su uso y abuso en ecología de la conservación. *Interciencia*, 36(1), 31-38.
- Céspedes, M. V., Finegan, B., Herrera, B., Delgado, D. L., Velásquez, S. & Campos, J. J. (2008). Diseño de una red ecológica de conservación entre la Reserva de Biosfera La Amistad y las áreas protegidas del Área de Conservación Osa, Costa Rica. *Recursos Naturales y Ambiente*, (54), 44-50.
- Chica, E. C., & Espinosa, X. C. (2020). Avifauna del Parque Andakí, piedemonte andino-amazónico, Caquetá-Colombia. *Revista Colombia Amazónica*, 12, 207-230.

- Clark, D. B., Clark, D. A., & Read, J. M. (1998). Edaphic variation and the mesoscale distribution of tree species in a neotropical rain forest. *Journal of ecology*, 86(1), 101-112.
- Cuevas Reyes, P. (2010). Importancia de la resiliencia biológica como posible indicador del estado de conservación de los ecosistemas: implicaciones en los planes de manejo y conservación de la biodiversidad. *Biológicas Revista de la DES Ciencias Biológico Agropecuarias*, 12(1), 1-7.
- Cuesta, F. (2015). Las áreas protegidas como una estrategia planificada de conservación a los cambios ambientales globales. En Planificación en áreas protegidas (Ed.), *Territorio y cambio climático. Cooperación Alemana al Desarrollo*, (pp. 25-40).
- Daza, S. J., & Figueroa Casas, A. (2014). Factores que determinan la resiliencia socio-ecológica para la alta montaña andina. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 13(25), 45-55.
- Delgado, D., Ramos Z. & Bouroncle, C. (2008). Evaluación de la efectividad de estrategias de conservación en tierras privadas. Una propuesta de estándar para los principales mecanismos utilizados en Latinoamérica. *Recursos Naturales y Ambiente*, (54), 59-65.
- Díaz, S., & Cabido, M. (1997). Plant functional types and ecosystem function in relation to global change. *Journal of vegetation science*, 8(4), 463-474.
- Díaz, S., Lavorel, S., De Bello, F., Quétier, F., Grigulis, K., & Robson, T. M. (2007). Incorporating plant functional diversity effects in ecosystem service assessments. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(52), 20684-20689.
- Doak, D. F., Bigger, D., Harding, E. K., Marvier, M. A., O'malley, R. E., & Thomson, D. (1998). The statistical inevitability of stability-diversity relationships in community ecology. *The American Naturalist*, 151(3), 264-276.
- Dourojeanni, M. J., & Quiroga, R. E. (2006). Gestión de áreas protegidas para la conservación de la biodiversidad. Evidencias de Brasil, Honduras y Perú Banco Interamericano de Desarrollo, Departamento de Desarrollo Sostenible, Washington, DC.
- Dubois, G., Bastin, L., Bertzky, B., Mandrici, A., Conti, M., Saura, S. & Graziano, M. (2016). Integrating multiple spatial datasets to assess protected areas: lessons learnt from the Digital Observatory for Protected Areas (DOPA). *International Journal of Geo-Information*, 5(12), 242.
- Dudley, N. (2008). Directrices para la aplicación de las categorías de gestión de áreas protegidas. Gland, Suiza: UICN.
- Duque, Á., Cárdenas, D., & Rodríguez, N. (2003). Dominancia florística y variabilidad estructural en bosques de tierra firme en el noroccidente de la Amazonía colombiana. *Caldasia*, 139-152.
- Feeley, K. J. (2012). Distributional migrations, expansions, and contractions of tropical plant species as revealed in dated herbarium records. *Global Change Biology*, 18(4), 1335-1341.
- Figueroa Pianda, S. (2014). *Evaluación de estructura horizontal y la diversidad florística en un bosque lluvioso del Magdalena medio, hacienda San Juan del Carare, Cimitarra, Santander*. [Trabajo académico, Universidad del Tolima].

- Franco-Rosselli, P., Bentancur J., Fernández-Alfonso J. (1997). Diversidad florística en dos bosques subandinos del sur de Colombia. *Caldasia*, 19, 205-234.
- Gadow, K. V., Sánchez, O. S., & Álvarez, J. G. (2007). Estructura y crecimiento del bosque. *Göttingen*, Alemania: Universidad de Göttingen.
- Gentry, A. H. (1986). Endemism in tropical versus temperate plant communities.
- GEMA. 2000. Caracterización biológica del Territorio Ingano, municipio de San José de Fragua, Caquetá. Informe Técnico. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Granizo, T., Molina, M. E., Secaira, E., Herrera, B., Benítez, S., Maldonado, O., Libby, M., Arroyo, P., Isola, S. & Castro, M. (2006). Manual de Planificación para la Conservación de Áreas, PCA. Quito: TNC y USAID.
- Gómez Bernal, L. G. (2012). *Demografía de aves de sotobosque en un paisaje fragmentado del piedemonte amazónico colombiano*. [Tesis doctoral, Universidad Nacional de Colombia].
- Guerra-Martínez, F., García-Romero, A., & Martínez-Morales, M. A. (2020). Evaluación de la resiliencia ecológica de los bosques tropicales secos: una aproximación multiescalar. *Madera y bosques*, 26(3).
- Gunderson, LH (2000). Ecological resistance: in theory and application. *Annual ecology and systematic review*, 31(1), 425-439.
- Gunderson, L. H., & Holling, C. S. (2002). *Panarchy: understanding transformations in human and natural systems*. Island Press.
- Guo, Y., & Liu, Y. (2017). Connecting regional landscapes by ecological networks in the Greater Pearl River Delta. *Landscape and Ecological Engineering*, 13(2), 265-278.
- Hansen, L. J., Biringer, J. L., & Hoffman, J. R. (2003). *Buying Time. A User's Manual for Building Resistance and Resilience to Climate Change in Natural Systems*. WWF, Washington.
- Hernández Sampieri, R. y Mendoza, C. P. (2008, noviembre). El matrimonio cuantitativo cualitativo: el paradigma mixto. En J. L. Álvarez Gayou (Presidente), 6º Congreso de Investigación en Sexología. Congreso efectuado por el Instituto Mexicano de Sexología, A. C. y la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Tabasco, México.
- Herrera, B., & Corrales, L. (2004). Midiendo el éxito de las acciones en las áreas protegidas de Centroamérica: Manual para la evaluación y monitoreo de la integridad ecológica en áreas protegidas. PROARCA/APM.
- Finegan, B., Herrera Fernández, B., Delgado, D., Campos Arce, J. J., Céspedes, M. V., & Velásquez, S. (2008). Diseño de una red ecológica de conservación entre la Reserva de Biosfera La Amistad y las áreas protegidas del Área de Conservación Osa, Costa Rica. *Recursos Naturales y Ambiente Número 54 (Agosto 2008)*, páginas 44-50.
- Herzog *et al.* (2010). Efectos del cambio climático en la biodiversidad de los Andes tropicales: el estado del conocimiento científico. Resumen para tomadores de decisiones y responsables

de la formulación de políticas públicas. Sao José dos Campos, Brasil: Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Climático Global (IAI).

- Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Annual review of ecology and systematics*, 4(1), 1-23.
- Holling, C. S. (2001). Understanding the complexity of economic, ecological, and social systems. *Ecosystems*, 4(5), 390-405.
- Hodgson, D., McDonald, J. L., & Hosken, D. J. (2015). What do you mean, 'resilient'?. *Trends in ecology & evolution*, 30(9), 503-506.
- Holdridge, L. R. (1967). Life zone ecology. *Tropical Science Center edition*. San José, Costa Rica.
- Holdridge, L. R. (1987). *Ecología basada en zonas de vida* (No. 83). Agroamérica.
- Hooper, D. U., Chapin, F. S., Ewel, J. J., Hector, A., Inchausti, P., Lavorel, S. & Schmid, B. (2005). Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecological monographs*, 75(1), 3-35.
- Hughes, L. (2000). Biological consequences of global warming: is the signal already apparent? *Trends in Ecology & Evolution*, 15(2), 56-61.
- Kairuz Fonseca, M. P. (2020). *Diversidad florística en el piedemonte amazónico: efectos del grado de fragmentación y la conectividad*. [Trabajo académico, Uniandes].
- Krebs, C. J. (2001). *Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance: hands-on field package*. San Francisco.
- IDEAM *et al.* (2015). Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. Escenarios de cambio climático para Colombia 2011-2100. Nivel Nacional, Departamental. Herramientas científicas para la toma de decisiones.
- IGAC (1977). Zonas de vida o formaciones vegetales de Colombia. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico, 13(11).
- IAvH - Instituto de investigación biológica de recursos biológicos Alexander von Humboldt (2001). Informe final: caracterización biológica del territorio indígena ingano, municipio San José del Fragua, departamento del Caquetá, Colombia. Villa de Leyva
- IPCC (2014). Cambio climático. Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resúmenes, preguntas frecuentes y recuadros multicapítulo. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.
- Jiménez Méndez, M. (2009). *Resiliencia de los ecosistemas naturales terrestres de Costa Rica al cambio climático*. [Trabajo académico, CATIE].
- Lamus, D. L. G., Osorno-Muñoz, M., Lynch, J. D., & Caicedo-Portilla, J. R. (2020). Herpetofauna de la transición andino-amazónica entre los departamentos de Huila y Caquetá, Colombia. *Revista Colombia Amazónica*, 12, 168-189.

- Lau, C., Jarvis, A., & Ramírez Villegas, J. (2011). Agricultura colombiana: Adaptación al cambio climático.
- Lavorel, S., & Garnier, E. (2002). Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail. *Functional ecology*, 16(5), 545-556.
- Le Saout, S., Hoffmann, M., Shi, Y., Hughes, A., Bernard, C., Brooks, T. M., Bertzky, B., Butchart, S.H.M., Stuart, S.N., Badman, T. & Rodrigues, A. S. (2013). Protected areas and effective biodiversity conservation. *Science*, 342(6160), 803-805.
- Locatelli, B., & Imbach, P. A. (2010). Migración de ecosistemas bajo escenarios de cambio climático: el rol de los corredores biológicos en Costa Rica. *Serie Técnica. Manual Técnico; Número 99*.
- Lloret, F. (2012). Vulnerabilidad y resiliencia de ecosistemas forestales frente a episodios extremos de sequía. *Revista Ecosistemas*, 21(3), 85-90.
- Loss, S. R., Terwilliger, L. A., & Peterson, A. C. (2011). Assisted colonization: integrating conservation strategies in the face of climate change. *Biological conservation*, 144(1), 92-100.
- Lorente, I., Gamo, D., Gómez, J. L., Santos, R., Flores, L., Camacho, A. & Navarro, J. (2004). Los efectos biológicos del cambio climático. *Ecosistemas*, 13(1).
- Manchado Garabito, R., Tamames Gómez, S., López González, M., Mohedano Macías, L., & Veiga de Cabo, J. (2009). Revisión sistemática exploratoria. *Medicina y seguridad del trabajo*, 55(216), 12-19.
- Martín-López, B., González, J. A., Díaz, S., Castro, I., & García-Llorente, M. (2007). Biodiversidad y bienestar humano: el papel de la diversidad funcional. *Revista Ecosistemas*, 16(3).
- Mason, N. W., & De Bello, F. (2013). Functional diversity: a tool for answering challenging ecological questions. *Journal of Vegetation Science*, 24(5), 777-780.
- Matteucci, S. D., & Colma, A. (1982). *Metodología para el estudio de la vegetación* (Vol. 22). Washington, DC: Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos.
- Mayr, J. (2002). Nuevo Parque Nacional Natural. Alto Fragua Indi Wasi. *Revista La Tadeo*, 67, 80-88.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenibles-Parques Nacionales Naturales de Colombia (2012). Plan de Manejo Parque Nacional Natural Alto Fragua Indi Wasi. Recuperado el 15 de julio 2021, de <https://sinchi.org.co/files/gef/ANEXOS/Anexo%2010%20Plan%20manejo%20PNNAFIW.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2019). Marco Conceptual Visión 2020-2030.
- Møller, A. P., Rubolini, D., & Lehikoinen, E. (2008). Populations of migratory bird species that did not show a phenological response to climate change are declining. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(42), 16195-16200.

- Montenegro, A. L., & Vargas, O. (2008). Atributos vitales de especies leñosas en bordes de bosque altoandino de la Reserva Forestal de Cogua (Colombia). *Revista de Biología Tropical*, 56(2), 705-720.
- Morales-Martínez, D. M., & Díaz, D. (2020). Evaluación rápida de la diversidad de murciélagos (Mammalia: Chiroptera) en un gradiente altitudinal andino-amazónico en el Parque Andakí (Caquetá, Colombia). *Revista Colombia Amazónica*, 12, 96-107.
- Morán Ordóñez, A. (2013). Modelado espacio-temporal de los servicios que proporciona la biodiversidad en los matorrales de la Cordillera Cantábrica (NO España). Efectos de los cambios socioeconómicos a varias escalas. *Ecosistemas*, 22(3), 124-127.
- Moyano Molano, A. L., & Rusinque Quintero, L. L. (2020). *Conectividad de las áreas protegidas a través del paisaje del departamento de Caquetá*. [Trabajo académico, Universidad de Ciencias Ambientales y Aplicadas].
- Negret, P. J., Garzón, O., & Stevenson, P. (2015). First preliminary inventory of non-flying mammals of the Alto Fragua Indi-Wasi National Park, Colombia. *Mammalogy Notes*, 2(1), 32-35.
- Olaya Amaya, A. (2019). Taller método de documentación y síntesis bibliográfica para la identificación y selección de impactos ambientales. Curso Electivo Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos de Ingeniería. Maestría en Ingeniería y Gestión Ambiental, USCO.
- Ospina Moreno, M., Chamorro Ruiz, S., Anaya García, C., Echeverri Ramírez, P., Atuesta, C., Zambrano, H., Abud, M., Herrera, C., Ciontescu, N., Guevara, O., Zarrate, D. y Barrero, A. (2020). Guía para la planificación del manejo en las áreas protegidas del SINAP Colombia. 159 pp. Cali - Colombia.
- Paaby, P. (2019). Vacíos en los esfuerzos de conservación de la biodiversidad en aguas continentales de Costa Rica. *Recursos Naturales y Ambiente*, (54).
- Paine, R. T. (1969). A note on trophic complexity and community stability. *The American Naturalist*, 103(929), 91-93.
- Parker, V.T. & S.T.A. Pickett. 1997. Restoration as an ecosystem process: implications of the modern ecological paradigm. En K.M. Urbanska, N.R. Webb y P.J. Edwards (Ed.), *Restoration Ecology and sustainable development*. Cambridge University Press. Cambridge, Inglaterra.
- Parques Nacionales Naturales de Colombia (2005). *Línea base para la planeación del manejo Parque Nacional Natural Alto Fragua Indi Wasi*. Recuperado el 10 noviembre 2020, de [https://www.parquesnacionales.gov.co/portal/wp-content/uploads/2020/10/pm-altofragua\\_2007.pdf](https://www.parquesnacionales.gov.co/portal/wp-content/uploads/2020/10/pm-altofragua_2007.pdf)
- Parques Nacionales Naturales de Colombia (2014a). Plan de acción del Sistema Nacional de Áreas Protegidas SINAP de Colombia. informe de implementación 2010-2014.
- Parques Nacionales Naturales de Colombia (2014b). Insumos para una estrategia sostenibilidad financiera del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP).
- Parques Nacionales Naturales de Colombia (2015). Informe de Rendición de Cuentas 2014-2015.

- Parques Nacionales Naturales de Colombia (2018). Informe de Rendición de Cuentas 2017-2018.
- Parques Nacionales Naturales de Colombia (2020). Parque Nacional Natural Alto Fragua Indi Wasi. Recuperado el 25 de septiembre 2021, de <https://www.parquesnacionales.gov.co/portal/es/parques-nacionales/parque-nacional-natural-alto-fragua-indi-wasi/>
- Parrish, J. D., Braun, D. P., & Unnasch, R. S. (2003). Are we conserving what we say we are? Measuring ecological integrity within protected areas. *BioScience*, 53(9), 851-860.
- Petchey, O. L., & Gaston, K. J. (2006). Functional diversity: back to basics and looking forward. *Ecology letters*, 9(6), 741-758.
- Peterson, G. D. (2002). Estimating resilience across landscapes. *Conservation Ecology*, 6(1).
- Poiani, K. A., Richter, B. D., Anderson, M. G., & Richter, H. E. (2000). Biodiversity conservation at multiple scales: functional sites, landscapes, and networks. *BioScience*, 50(2), 133-146.
- Poorter, L., Wright, S. J., Paz, H., Ackerly, D. D., Condit, R., Ibarra-Manríquez, G. & Wright, I. J. (2008). Are functional traits good predictors of demographic rates? Evidence from five neotropical forests. *Ecology*, 89(7), 1908-1920.
- Power, M.E.; Tilman, D.; Estes, J.A.; Menge, B.A.; Bond, W.J.; Mills, L.S.; Daily, G.; Castilla, J.C.; Lubdenco, J.; Paine, R.T. 1996. Challenges in the quest for keystones. *BioScience*, 46(8), 609-620.
- Ramírez, J., Salazar, M., Jarvis, A., & Navarro, C. E. (2012). A way forward on adaptation to climate change in Colombian agriculture: perspectives towards 2050. *Climatic Change*, 115(4), 611-628.
- Rangel-Ch, J. O., & Velázquez, A. (1997). Métodos de estudio de la vegetación. Colombia diversidad biótica II. Tipos de vegetación en Colombia, 59-82.
- Redford, K. H., & Richter, B. D. (1999). Conservation of biodiversity in a world of use. *Conservation biology*, 13(6), 1246-1256.
- Ricker, M., & Daly, D. C. (1998). *Botánica económica en bosques tropicales. Principios y métodos para su estudio y aprovechamiento*. Diana, México.
- Rico Mancebo del Castillo, Y. (2021). La conectividad del paisaje y su importancia para la biodiversidad. Saber más. Recuperado el 12 de julio 2021, de <https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/291-numero-34/526-la-conectividad-del-paisaje-y-su-importancia-para-la-biodiversidad.html>
- Rincón Ruíz, A., Echeverry Duque, M., Piñeros, A. M., Tapia, C. H., David, A., Arias Arévalo, P. y Zuluaga, P. A. (2014). *Valoración integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos: Aspectos conceptuales y metodológicos*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).
- Rocha Camargo, Y. D. (2012). Biodiversidad y cambios climáticos según el conocimiento científico tradicional. En La percepción social del cambio climático (Ed.), *Estudios y orientaciones*

para la educación ambiental en México. Universidad Iberoamericana Puebla, (pp. 40-55).

Rodríguez Duarte, W. A., & Santamaría Caro, C. T. (2019). Identificación de rasgos funcionales de especies vegetales del bosque Altoandino y Páramo relacionados con su respuesta regenerativa postfuego.

Ruiz S. L., Sánchez E., Tabares E., Prieto A., Arias J. C, Gómez R., Castellanos D., García P., Rodríguez L. (2007). *Diversidad biológica y cultural del sur de la Amazonia colombiana*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Corpoamazonia, Instituto Sinchi, Parques Nacionales Naturales.

Salgado Negret, B. (2016). *La ecología funcional como aproximación al estudio, manejo y conservación de la biodiversidad: protocolos y aplicaciones*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Pinillos, M. S. (2019). *Forest resilience and post-disturbance dynamics: the role of species composition and structure* (Doctoral dissertation, Universitat de Lleida).

Sánchez, P. H., & Castaño Uribe, C. (1994). Aproximación a la definición de criterios para la zonificación y ordenamiento forestal en Colombia. *Ministerio del Medio Ambiente/OIMT/PNUD. Santafé de Bogotá*.

Santos, T., & Tellería, J. L. (2006). Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. *Revista Ecosistemas*, 15(2).

Saura, S., Bastin, L., Battistella, L., Mandrici, A., & Dubois, G. (2017). Protected areas in the world's ecoregions: How well connected are they? *Ecological indicators*, 76, 144-158.

Seekell, D. (2016). Passing the point of no return. *Science*, 354(6316) 1109-1109.

Simón, J.C., García, R., Del Barrio, G., Ruiz, A., Márquez, S., Sanjuán, M.E. (2013). Diseño de una metodología para la aplicación de indicadores del estado de conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid, España.

Simula, M & Mansur E. (2011). Un desafío mundial que reclama una respuesta local. *Unasylva*, 62(238), 3-7.

Sistema Nacional de Áreas Protegidas (2019). Marco conceptual Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP): Visión 2020-2030.

Shuggart, H. (1998). *Terrestrial Ecosystems in changing environments*. United Kingdom, Cambridge University Press.

Thompson, I. (2011). Biodiversidad, umbrales ecosistémicos, resiliencia y degradación forestal. *Unasylva*, 62(238), 25-30.

The Nature Conservancy (2000). Esquema de las cinco S para la conservación de sitios: un manual de planificación para la conservación de sitios y la medición del éxito en conservación. Arlington, VA: The Nature Conservancy.

- Tuomisto, H., Ruokolainen, K., Kalliola, R., Linna, A., Danjoy, W., & Rodriguez, Z. (1995). Dissecting amazonian biodiversity. *Science*, 269(5220), 63-66.
- Vargas, O. (2007). Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino.
- Villéger, S., Mason, N. W., & Mouillot, D. (2008). New multidimensional functional diversity indices for a multifaceted framework in functional ecology. *Ecology*, 89(8), 2290-2301.
- Violle, C., Navas, M. L., Vile, D., Kazakou, E., Fortunel, C., Hummel, I., and Garnier, E. (2007). Let the concept of trait be functional! *Oikos*, 116(5), pp. 882-892.
- Vélez, L. V., & Sal, A. G. (2008). Un marco conceptual y analítico para estimar la integridad ecológica a escala de paisaje. *Arbor*, 184(729), 31-44.
- Walker, B., Carpenter, S., Anderies, J., Abel, N., Cumming, G., Janssen, M. y Pritchard, R. (2002). Gestión de la resiliencia en los sistemas socioecológicos: una hipótesis de trabajo para un enfoque participativo. *Ecología de la conservación*, 6(1).
- Weiher, E., Van Der Werf, A., Thompson, K., Roderick, M., Garnier, E., & Eriksson, O. (1999). Challenging Theophrastus: a common core list of plant traits for functional ecology. *Journal of vegetation science*, 10(5), 609-620.
- WWF (2014). Primer boletín informativo del piedemonte Andino Amazónico. Protegemos el lugar con la mayor diversidad biológica y cultural de los Andes colombianos. Recuperado el 11 de agosto 2021, de Recuperado de [https://wwflac.awsassets.panda.org/downloads/boletin\\_informativo\\_piedemonte\\_andino\\_amazonico\\_junio\\_2014.pdf](https://wwflac.awsassets.panda.org/downloads/boletin_informativo_piedemonte_andino_amazonico_junio_2014.pdf)
- Yáñez, P. (2009). La zona transicional páramo-bosque nublado: un elemento paisajístico móvil en el espacio tiempo. *Revista semestral de Ciencias de La Granja*, 9(1), 16-22.
- Yáñez, P., Núñez, M., Carrera, F., & Martínez, C. (2011). Posibles efectos del cambio climático global en zonas silvestres protegidas de la zona andina de Ecuador. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 14(2), 24-44.
- Zambrano, H., Pardo, M., & Naranjo, L. G. (2007). Evaluación de integridad ecológica, propuesta metodológica. Herramienta para el análisis de efectividad en el largo plazo en el área del Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia.