PROGRAMA DE MONITOREO PARTICIPATIVO DE BIODIVERSIDAD DEL PARQUE NACIONAL NATURAL LOS NEVADOS.
CIENCIA, GOBERNANZA Y CORRESPONSABILIDAD

1. Introducción

El Parque Nacional Natural (PNN) Los Nevados constituye un ecosistema de importancia estratégica global, al ser un eje central del complejo de páramos. Su valor trasciende lo ecológico al incluir los ámbitos culturales, económicos y su relevancia jurídica, tras su declaración como sujeto de derechos mediante la Sentencia STL-10716 de la Corte Constitucional de Colombia. Este estatus establece que el Parque "es titular de derechos a la protección, conservación, mantenimiento y restauración a cargo del Estado y la sociedad" (Corte Suprema de Justicia, 2020). Esta sentencia exige un nuevo panorama de gestión que no solo se base en la autoridad administrativa, sino que se nutra de conocimiento científico sólido e involucre una profunda legitimidad social.

Los ecosistemas altoandinos y de páramo que alberga el PNN Los Nevados son reconocidos por su alta biodiversidad y endemicidad, actuando como torres de agua fundamentales para la región (Buytaert et al., 2011). Sin embargo, estos frágiles sistemas se enfrentan a presiones sin precedentes, siendo extremadamente vulnerables a los efectos del cambio climático, como la alteración de regímenes de temperatura y precipitación, y a las amenazas antrópicas como la fragmentación del hábitat (Dangles et al., 2017; Cuesta et al., 2020). En este contexto, los programas de monitoreo de biodiversidad a largo plazo se convierten en herramientas científicas insustituibles, dado que no solo documentan cambios en la composición y abundancia de especies, sino que permiten evaluar la integridad de los ensamblajes ecológicos, entender las respuestas de los ecosistemas a perturbaciones y proveer una línea base para la gestión adaptativa (Lindenmayer & Likens, 2018).

Para que este monitoreo sea efectivo y sus hallazgos socialmente legítimos, es imperativo trascender un enfoque puramente técnico. El monitoreo participativo emerge como una estrategia clave, donde la colaboración estructurada entre instituciones, academia y comunidades locales incrementa la escala y la sostenibilidad de la recolección de datos, al tiempo que fortalece la gobernanza ambiental (Danielsen et al., 2009). La inclusión de múltiples actores como funcionarios y personal adscrito a Parques Nacionales, investigadores, estudiantes, grupos comunitarios y guías locales, permite integrar diferentes formas de conocimiento (científico, tradicional, local), lo cual es crucial para abordar problemas complejos como la pérdida de biodiversidad en un escenario de cambio climático (Constantino et al., 2012). Este modelo de co-producción de conocimiento no solo mejora la capacidad de detección de cambios, sino que fomenta la corresponsabilidad en la conservación del patrimonio natural, alineándose así con los principios del Marco Global de Biodiversidad post-2020 del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), que enfatiza la participación justa y equitativa de las comunidades (Convention on Biological Diversity, 2022).

El monitoreo participativo es fundamental para el PNN Los Nevados, primero, como herramienta clave que deriva de su condición de sujeto de derechos, pues genera la información científica necesaria para su conservación y construye, mediante la participación y la apropiación social, una gobernanza legítima. Segundo, permite una gestión efectiva basada en las dinámicas del Parque, monitoreando tanto los Valores Objeto de Conservación (VOC) como elementos ecológicos clave cuya evaluación permite medir el impacto del manejo y las visiones integrales de las comunidades al incluir aspectos biológicos, culturales y de gobernanza que fortalecen la resiliencia del territorio.

Este enfoque a partir de los VOC, asegura que el monitoreo no solo evalúe estrategias específicas de conservación, sino que también fortalezca la relación con las comunidades y la gobernanza. Sin embargo, la gestión integral del área también actúa sobre muchos otros elementos de biodiversidad y bienestar humano no

catalogados como VOC, cuya consideración es igualmente relevante para la toma de decisiones. En definitiva, el diseño y los indicadores de este monitoreo integrado son lo que permitirá saber si se avanza verdaderamente en la conservación, la restauración y la construcción de estrategias de gestión y manejo del Parque.

De esta manera y con base en el ejercicio realizado en los talleres de concertación con diversos actores locales, La pregunta *"¿Qué recuerdo del PNN Los Nevados lleva siempre en su corazón?"*, revela una conexión profunda y sensorial con el territorio que fundamenta este programa (Fig.1). Las respuestas, ilustradas a continuación, configuran el vínculo con el PNN que es el verdadero motor de la corresponsabilidad:

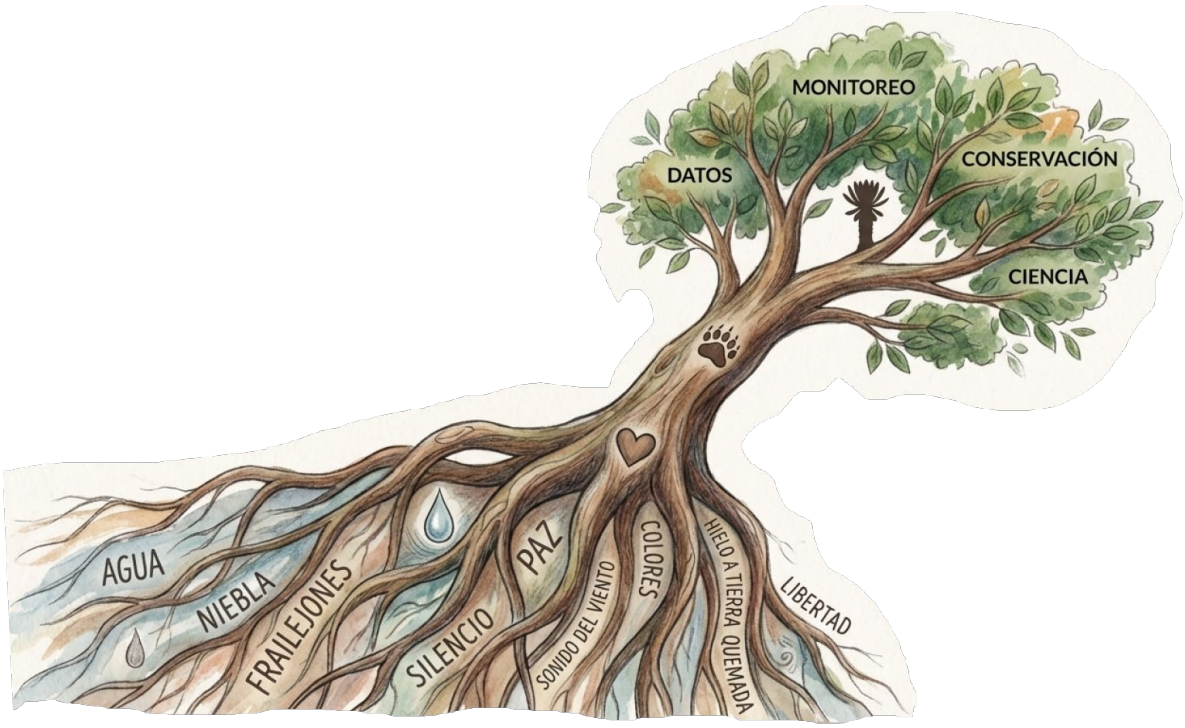


Figura 1. Memoria sensorial del PNN Los Nevados. Construida a partir de las respuestas de la comunidad a la pregunta "¿Qué lleva en su corazón del Parque?". Elaborada con NotebookLM a partir de la información suministrada por los participantes.

Este profundo vínculo, que incluye desde el avistamiento de fauna emblemática hasta la valoración del agua como recurso sagrado, es lo que este programa busca

honrar y transformar en acción. El monitoreo participativo se convierte en el puente metodológico para transformar esta memoria sensorial en apropiación a través de la investigación científica, alineada con los objetivos de conservación de la Dirección Territorial Andes Occidentales y la Dirección Nacional de Parques Nacionales (Parques Nacionales Naturales de Colombia, 2020).

Un modelo de monitoreo participativo es, en sí mismo, una importante herramienta de gobernanza ambiental ya que democratiza la ciencia al hacerla accesible y relevante para las comunidades, fomenta una corresponsabilidad activa y supera las limitaciones logísticas de un monitoreo exclusivamente técnico. Este enfoque colaborativo no solo mejora la cobertura y la calidad de la información, sino que también construye la legitimidad social indispensable para una gestión efectiva (Danielsen et al., 2009), alineándose con las directrices de la Convención sobre la Diversidad Biológica para la inclusión de comunidades locales (Convention on Biological Diversity, 2011).

PROPUESTA DE MONITOREO PARTICIPATIVO:

Objetivo General: Implementar un plan de monitoreo sistemático y estandarizado para evaluar los ensamblajes ecológicos del PNN Los Nevados, generando datos claves para la gestión y toma de decisiones del área protegida.

2. Modelo de gobernanza y co-construcción

Teniendo en cuenta que el éxito y la sostenibilidad del programa se sustentan en un modelo de gobernanza co-construido, este proceso se desarrolló en tres etapas participativas clave (Fig. 2).



Socialización **Maratón de biodiversidad** **Tejiendo redes**

Figura 2. Fases de la elaboración del plan de monitoreo participativo para el PNN Los Nevados. Elaborada con NotebookLM

1. **Socialización inicial:** Reuniones para diagnosticar capacidades e intereses.
2. **Maratón de biodiversidad:** Jornada práctica de inspección y muestreo que sirvió como reconocimiento de una de las áreas definidas por el Parque los Nevados (predio Romerales), para la implementación del monitoreo como referencia piloto para estandarizar y operativizar los métodos propuestos según las condiciones del área.
3. **Taller de co-construcción colectiva "Tejiendo Redes":** Espacio decisivo donde se validaron objetivos, se priorizaron ideas y se definió la matriz de roles y compromisos.

2.1. Matriz de actores, roles y compromisos

En el marco del taller “Tejiendo redes”, se realizaron actividades con el fin de considerar las estrategias para colecta de datos, tratamiento de la información y una proyección de elementos clave para el monitoreo (Fig. 3). Al final cada actor adquirió compromisos simbólicos con el fin de establecer estrategias de cooperación, responsabilidades y elementos claves para la línea base.

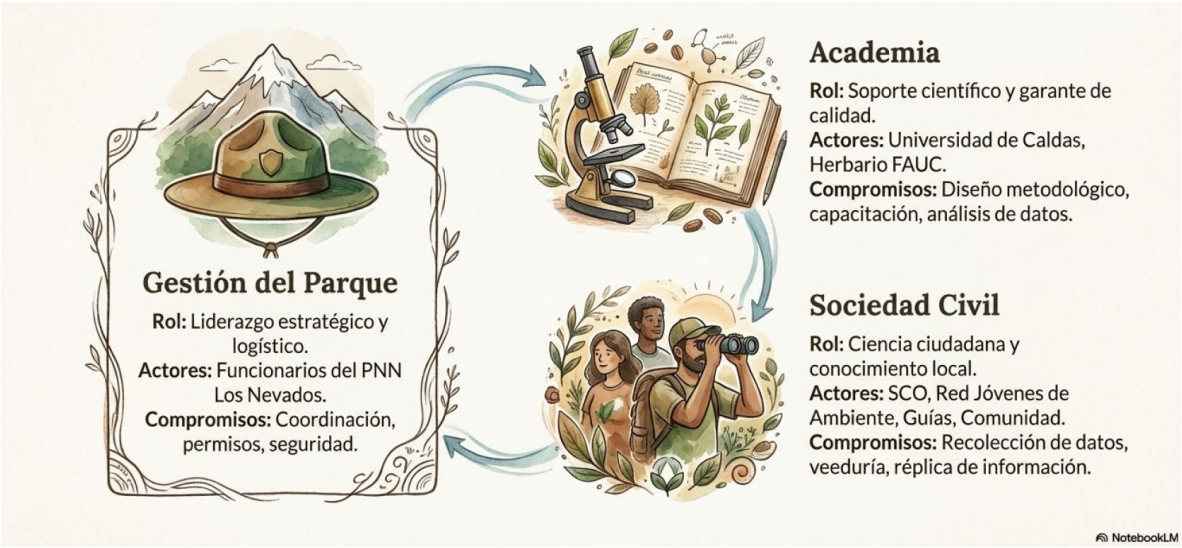


Figura 3. Actores y roles vinculados a la elaboración del plan de monitoreo participativo del PNN Los Nevados. Elaborada con NotebookLM

Tabla 1. Matriz de actores, roles y compromisos del programa de monitoreo.

Actor	Grupo/entidad	Rol principal	Compromisos
Gestión del Parque	Funcionarios del PNN Los Nevados, Fundación para la Conservación de la Vida Silvestre (FCV)	Liderazgo estratégico y logístico. Vínculo con la Dirección Territorial y Nacional.	Coordinación general, permisos, seguridad en campo, alineación con Planes de Manejo, facilitación de infraestructura.
Academia	Universidad de Caldas (Jardín Botánico, Semilleros: PHYTOS de plantas y afines, GEDAR de herpetofauna, SIO de ornitología, SIMAS de mastozoología y GEUC de entomología), Herbario FAUC	Soporte científico y técnico. Garante de la calidad metodológica. Sensibilización y educación ambiental	Diseño metodológico, capacitación técnica, supervisión de protocolos, toma y análisis de datos avanzados, identificación taxonómica, publicación científica.
Sociedad Civil	Sociedad Caldense de Ornitología (SCO), Red Jóvenes de Ambiente, guías turísticos, operadores, instituciones educativas, comunidad local.	Participación activa en la generación y divulgación de conocimiento. Apropiación social del conocimiento. Ciencia ciudadana.	Recolección de datos en campo, aporte de conocimiento local, veeduría, apoyo logístico local, réplica de información en sus comunidades.

2.2. Plan de capacitación

Para garantizar la calidad y seguridad de los datos, se debe implementar un plan de capacitación (Fig. 4) obligatorio antes de cada campaña anual.



Figura 4. Módulos de formación planteados para el plan de monitoreo participativo del PNN Los Nevados. Elaborada con NotebookLM

Tabla 2. Plan de capacitación para actores del monitoreo.

Módulo	Contenidos principales	Actores objetivo	Duración	Responsable
1. Fundamentos y Ética	PNN como Sujeto de Derechos. Objetivos del monitoreo. Bioseguridad y ética en investigación.	Todos	4 horas	PNN + FCV+ Academia
2. Herramientas Digitales	Uso de KoboCollect, iNaturalist, eBird. Georreferenciación y fotografía científica.	Comunidad, guías, estudiantes	6 horas	PNN + Academia
3. Protocolos Específicos	Talleres prácticos por grupo taxonómico (identificación, instalación de equipos, muestreo).	Según rol asignado	8 horas/grupo	Academia + Especialistas

Módulo	Contenidos principales	Actores objetivo	Duración	Responsable
4. Seguridad en Campo	Primeros auxilios en alta montaña, protocolos de emergencia, logística segura.	Todos	4 horas	PNN

Principio ético: El programa empleará exclusivamente métodos indirectos. Las colectas científicas serán las requeridas por la academia en concordancia con las políticas y normativa del Parque, justificadas y sujetas a Avales gestionados de manera coordinada con PNN. Las colectas serán realizadas exclusivamente por los semilleros, docentes y/o investigadores y deberán ingresar a las colecciones biológicas debidamente registradas.

3. Marco metodológico

3.1. Diseño general y frecuencia

Se establecerán parcelas y transectos permanentes georreferenciados en las tres localidades seleccionadas según las consideraciones de accesibilidad, seguridad y cercanía a todos los actores. Además, se identificaron coberturas en estas zonas para hacerlas comparables. Las áreas definidas por la oficina del Parque Nevados son: Romerales 1 con una extensión de 973 ha, El Volga con 1680 ha y zona de influencia y Potosí específicamente en el predio de la Alcaldía de Chinchiná. (Ver Fig. 5)

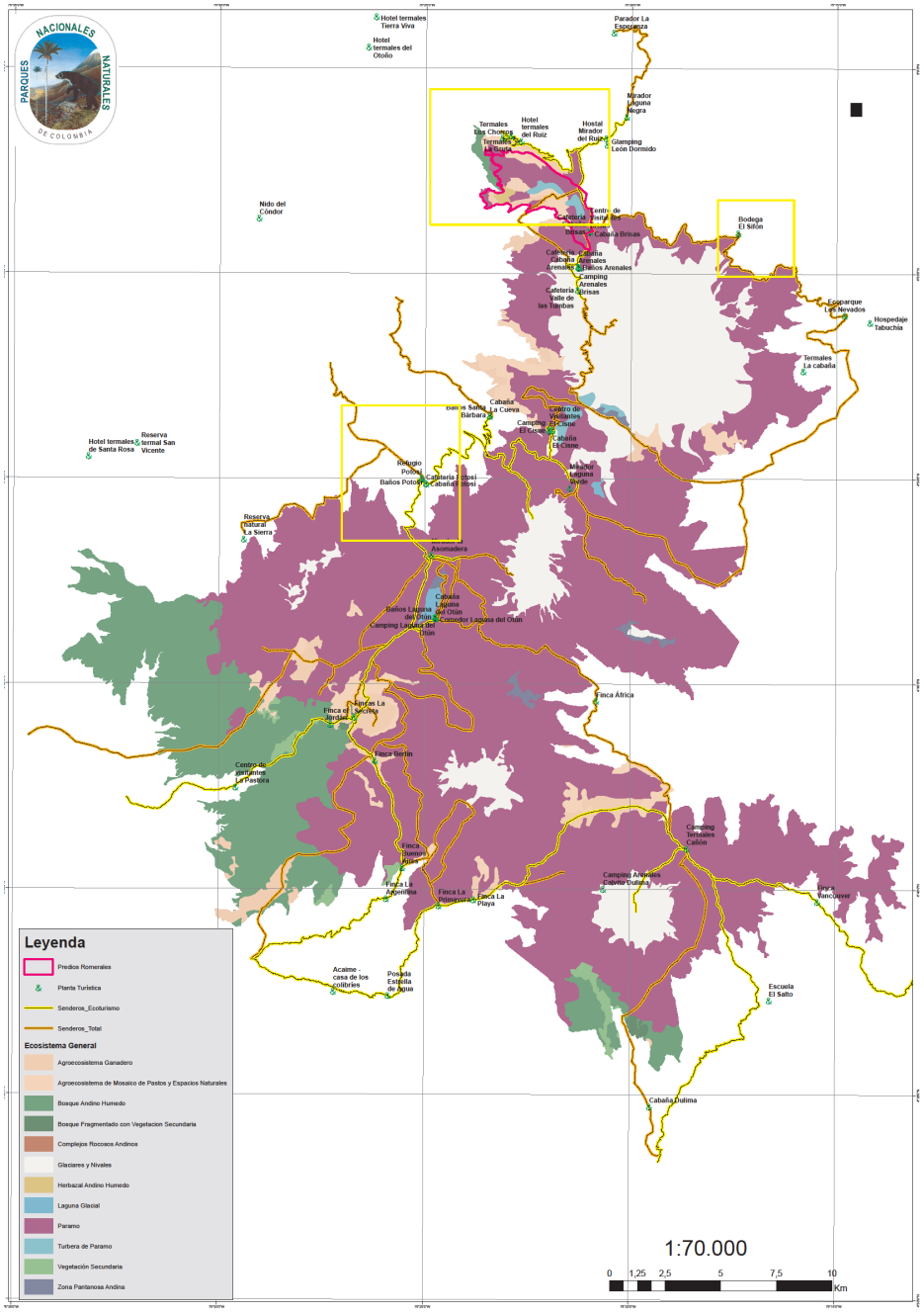


Figura 5. Áreas priorizadas para la implementación del plan de monitoreo participativo del PNN Los Nevados. Fuente: PNN Los Nevados-Juan Felipe García Román.

Con el fin de cumplir con los criterios de estacionalidad y continuidad, la dinámica de muestreo se plantea con tres campañas anuales correspondientes a las temporadas de sequía, transición y lluvia (Fig. 6), cada una entre con un esfuerzo de muestreo de 4 a 5 días.

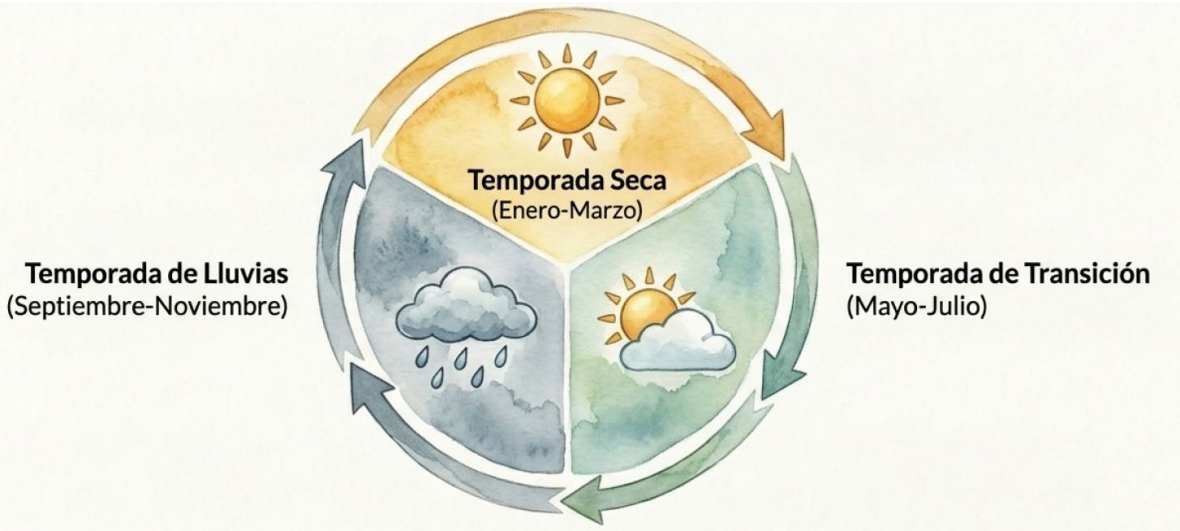


Figura 6. Estacionalidad para implementación del plan de monitoreo participativo del PNN Los Nevados. Elaborada con NotebookLM

3.2. Valores Objeto de Conservación (VOC)

En el Plan de Manejo adoptado en 2017, el Parque Nacional Natural Los Nevados definió como Valores Objeto de Conservación (VOC), asociados al segundo objetivo de conservación, las poblaciones de fauna y flora endémicas y amenazadas de extinción, asociadas a los ecosistemas de páramo y bosque altoandino del sistema centroandino colombiano. Este valor se abordó a partir de la priorización de especies focales, seleccionadas por su grado de amenaza, endemismo, representatividad ecológica y capacidad para reflejar el estado de conservación de los ecosistemas de alta montaña. Entre estas especies se incluyeron referentes de fauna como el Periquito de los Nevados (*Bolborhyncus ferrugeneigrons*) y el Pato Andino (*Oxyura ferrugínea*), así como especies de flora características de los ecosistemas altoandinos y de páramo, utilizadas como indicadores del estado de conservación y de la integridad ecológica del territorio, así como el siete cueros (*Polylepis serícea*) y la palma de cera del quindío (*Ceroxylun quindiensis*).

En el proceso de actualización del Plan de Manejo manteniendo la trazabilidad con el Valor Objetivo de Conservación, se conserva el enfoque en la protección de especies de fauna y flora, pero se incorpora un abordaje complementario a escala de ensambles biológicos de fauna. Esta ampliación metodológica reconoce que el

seguimiento exclusivo de especies individuales, si bien continúa siendo relevante, resulta insuficiente para capturar de manera integral las dinámicas ecológicas, los procesos de cambio ambiental y las respuestas de los ecosistemas frente a presiones antrópicas y climáticas.

En este marco, las especies focales de fauna previamente priorizadas se integran dentro del ensamble de aves altoandinas y de humedales de alta montaña, permitiendo evaluar no solo el estado poblacional de especies particulares, sino también la composición, diversidad y estructura funcional del conjunto de especies asociadas a los diferentes ambientes del parque. De manera análoga, las especies de flora se mantiene el siete cueros y se adiciona el *Gynoxys cf. tolimensis* donde se evalúa la estructura poblacional y su salud para evidenciar cambios en el tiempo y en el ambiente



Figura 2. Representación de los Valores Objeto de Conservación (VOC) del PNN Los Nevados. Elaborada con NotebookLM

1. **Ensamblaje de Aves Altoandinas y de Páramo:** Indicador de integridad ecosistémica. Se evaluarán cambios en la composición de gremios tróficos y la proporción de especies especialistas vs. generalistas.
2. **Especies de Flora Focal:** Seleccionadas por funcionarios del PNN por su valor ecológico y emblemático, *Gynoxis cf. tolimensois* y *Polylepis sericeae* (Sietecueros). Para la cual se evaluarán atributos poblacionales.

3.3. Protocolos de monitoreo por grupo taxonómico

Teniendo en cuenta los VOC del PNN Los Nevados, los sitios seleccionados para el muestreo, la maratón de biodiversidad realizada y el taller “Tejiendo Redes”, se proponen los siguientes métodos de muestreo por cada grupo taxonómico:

Tabla 3. Protocolos de monitoreo por grupo taxonómico.

Grupo taxonómico	Objetivo específico	Método (referencia)	Variables Clave (más allá de riqueza/abundancia)	Análisis estadístico posible
Flora (2 VOC)	Evaluar cambios en composición y función.	Parcelas permanentes (Gentry, 1982). Colecta libre, método de máxima variación	Cobertura por estrato, área basal, rasgos funcionales (área foliar específica), fenología.	Índices de diversidad funcional (FRic, FEve) (Laliberté & Legendre, 2010). Homogenización funcional.
Herpetofauna	Determinar dinámica estacional de anfibios (ej. *Pristimantis simoterus*).	Búsqueda por Encuentro Visual (VES) en transectos (Heyer et al., 1994).	Tasa de encuentro, estados fenológicos, detección de *Batrachochytrium dendrobatidis* (Bd).	Modelos de ocupación (MacKenzie et al., 2017). tasas de colonización/extinción local.
Aves (VOC)	Monitorear integridad del ensamblaje.	Puntos de conteo, transectos, redes de niebla (Ralph et al., 1996). Registro en eBird.	Composición de gremios tróficos, proporción de especies sensibles.	Índice de integridad biológica (IBI) adaptado (DeLuca et al., 2021). Salud ecosistémica.
Mamíferos	Estimar ocupación y	Cámaras trampa	Índice de Abundancia	Análisis de co-ocurrencia (Doraz

Grupo taxonómico	Objetivo específico	Método (referencia)	Variables Clave (más allá de riqueza/abundancia)	Análisis estadístico posible
	patrones de actividad.	(O'Connell et al., 2011), redes de niebla, bioacústica, trampas (diversas)	Relativa (IAR), patrones de actividad (diurno/nocturno), tasa de ocupación.	io & Royle, 2005). Interacciones entre especies.
Macroinvertebrados Acuáticos	Evaluar calidad del agua.	Red Surber/Kick-net (Roldán, 2016).	Índice BMWP/Col, proporción de gremios funcionales de alimentación (trituradores, depredadores).	Análisis de Redundancia (RDA) (Legendre & Legendre, 2012). Relación comunidad-variables ambientales.
Arácnidos & Edáficos	Evaluar biodiversidad y salud del suelo.	Trampas de caída (pitfall), extracción Berlese-Tullgren.	Riqueza de familias, composición de gremios (depredadores, detritívoros).	Análisis de similitud (ANOSIM). Diferencias entre hábitats o épocas.

4. Flujo de datos y generación de conocimiento



Figura 3. Ciclo de Gestión del Conocimiento. Los datos crudos se transforman en información para la acción.

Productos esperados (Año 1):

- **Dashboard público de indicadores:** Visualización en línea de tendencias clave.
- **Informe técnico de línea base:** Para la Dirección del PNN con recomendaciones de manejo.
- **Protocolos ilustrados de campo:** Material de capacitación y consulta accesible.
- **Artículo científico Coautorado:** Sobre el proceso de co-construcción o hallazgos iniciales.
- **Conjunto de datos abiertos:** Publicado en repositorio bajo estándar Darwin Core.
- **Creación de la biblioteca digital:** Una proyección con la información secundaria encontrada para la zona

5. Cronograma de Implementación (Año 1)

Tabla 4. Cronograma de actividades para el primer año del programa.

Fase	Actividad	Plazo (trimestre)	Responsables
Fase 1: Planeación	-Taller de capacitación general (Módulos 1,2,4). -Definición de sitios permanentes.	1	PNN, Academia, Comunidad
Fase 2: Ejecución	- **Campaña 1:** Temporada Seca. - **Campaña 2:** Transición. - **Campaña 3:** Lluvias.	1, 2, 4	Todos (según protocolo)
Fase 3: Análisis	-Validación y curación de datos. - Análisis estadístico.	Continuo / 4	Academia, Semilleros
Fase 4: Socialización	-Taller de socialización de resultados. -Diseño del dashboard y materiales.	4	Todos

6. Referencias

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. https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00585.x

Constantino, P. de A. L., Carlos, H. S. A., Ramalho, E. E., Rostant, L., Marinelli, C. E., Teles, D., Fonseca-Junior, S. F., Fernandes, R. B., & Valsecchi, J. (2012). Empowering local people through community-based resource monitoring: A comparison of Brazil and Namibia. *Ecology and Society, 17*(4), 22. https://doi.org/10.5751/ES-05164-170422

Convention on Biological Diversity. (2011). *Community protocols for environmental sustainability: A guide for policymakers*. Secretaría del CDB.

Convention on Biological Diversity. (2022). *Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework* (Decision CBD/COP/15/L.25). https://www.cbd.int/doc/c/e6d3/cd1d/daf663719a03902a9b116c34/cop-15-l-25-en.pdf

Corte Suprema de Justicia de Colombia, Sala de Casación Laboral. (2020, 25 de noviembre). *Sentencia STL10716-2020 (Radicación No. 90309): Parque Nacional Natural Los Nevados como sujeto de derechos*. https://www.cortesuprema.gov.co

Cuesta, F., Muriel, P., Llambí, L. D., Halloy, S., Aguirre, N., Beck, S., Carilla, J., Meneses, R. I., Cuello, S., Grau, A., Gámez, L. E., Irazábal, J., Jácome, J., Jaramillo, R., Ramírez, L., Samaniego, N., Suárez-Duque, D., Thompson, N., Tupayachi, A., … Gosling, W. D. (2020). Latitudinal and altitudinal patterns of plant community diversity on mountain summits across the tropical Andes. *Ecography, 43*(6), 838–851. https://doi.org/10.1111/ecog.04510

Danielsen, F., Burgess, N. D., Balmford, A., Donald, P. F., Funder, M., Jones, J. P., Alviola, P., Balete, D. S., Blomley, T., Brashares, J., Child, B., Enghoff, M., Fjeldså, J., Holt, S., Hübertz, H., Jensen, A. E., Jensen, P. M., Massao, J., Mendoza, M. M., … Yonten, D. (2009). Local participation in natural resource monitoring: A characterization of approaches. *Conservation Biology, 23*(1), 31–42. https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.01063.x

Dangles, O., Rabatel, A., Kraemer, M., Zeballos, G., Soruco, A., Jacobsen, D., & Anthelme, F. (2017). Ecosystem sentinels for climate change? Evidence of wetland cover changes over the last 30 years in the tropical Andes. *PLOS ONE, 12*(5), e0175814. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0175814

DeLuca, W. V., Studds, C. E., Rockwood, L. L., & Marra, P. P. (2021). Influence of land use on the integrity of marsh bird communities of the Chesapeake Bay, USA. *Wetlands, 41*(2), 1–13. https://doi.org/10.1007/s13157-021-01424-7

Dorazio, R. M., & Royle, J. A. (2005). Estimating size and composition of biological communities by modeling the occurrence of species. *Journal of the American Statistical Association, 100*(470), 389–398. https://doi.org/10.1198/016214505000000015

Gentry, A. H. (1982). Patterns of neotropical plant species diversity. *Evolutionary Biology, 15*, 1–84.

Heyer, W. R., Donnelly, M. A., McDiarmid, R. W., Hayek, L. A. C., & Foster, M. S. (Eds.). (1994). *Measuring and monitoring biological diversity: Standard methods for amphibians*. Smithsonian Institution Press.

Laliberté, E., & Legendre, P. (2010). A distance-based framework for measuring functional diversity from multiple traits. *Ecology, 91*(1), 299–305. https://doi.org/10.1890/08-2244.1

Legendre, P., & Legendre, L. (2012). *Numerical ecology* (3rd ed.). Elsevier.

Lindenmayer, D. B., & Likens, G. E. (2018). *Effective ecological monitoring* (2nd ed.). CSIRO Publishing.

MacKenzie, D. I., Nichols, J. D., Royle, J. A., Pollock, K. H., Bailey, L. L., & Hines, J. E. (2017). *Occupancy estimation and modeling: Inferring patterns and dynamics of species occurrence* (2nd ed.). Academic Press.

O'Connell, A. F., Nichols, J. D., & Karanth, K. U. (Eds.). (2011). *Camera traps in animal ecology: Methods and analyses*. Springer Science & Business Media.

Parques Nacionales Naturales de Colombia. (2020). *Plan de manejo Parque Nacional Natural Los Nevados 2020-2025*. Dirección Territorial Andes Occidentales.

Ralph, C. J., Sauer, J. R., & Droege, S. (Eds.). (1996). *Monitoring bird populations by point counts* (Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-149). U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station.

Roldán, G. (2016). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia* (3ª ed.). Universidad de Antioquia.