



ROSA
Red de Observatorios
Socioecológicos Andinos

MONITOREO INTEGRADO y dinámicas territoriales en los Andes: una mirada continental



Luis Daniel Llambí, Nicolás Cuvi,
H. Ricardo Grau, Tatiana Ojeda Luna (Editores)



ROSA

Red de Observatorios
Socioecológicos Andinos

¿Cómo cambian los Andes? En esta vasta cordillera, la más larga del planeta, naturaleza y sociedad coevolucionan en un equilibrio frágil, desafiado por un cambio global acelerado. Este libro nos invita a recorrer la complejidad de los paisajes andinos —silvestres, rurales, urbanos— para entender que su sustentabilidad no es un destino alcanzado, sino un camino que debemos recorrer.

Más que un compendio cerrado, esta obra presenta un primer esfuerzo de síntesis de la Red de Observatorios Socioecológicos Andinos (ROSA). A través del estudio de siete observatorios nodales —desde las cumbres tropicales de Venezuela hasta los Andes centrales de Chile—, el texto rompe barreras disciplinarias para ensayar una mirada integrada. Fenómenos como el retroceso de los glaciares o las amenazas para la biodiversidad se analizan en diálogo con la historia ambiental, las dinámicas sociales y productivas y las nuevas formas de gobernanza territorial.

Este libro es una herramienta para quienes habitan, estudian o gestionan el territorio. Integrando variables ecológicas, climáticas, sociales, económicas, culturales e históricas, bajo un marco conceptual común, apunta a construir puentes entre ciencia y sociedad a lo largo de nuestra cordillera. Propone transformar el monitoreo técnico en un ejercicio de diálogo de saberes, para identificar, en conjunto, patrones de resiliencia y adaptación que serán vitales para la seguridad hídrica, alimentaria y climática de las próximas décadas.



ROSA
Red de Observatorios
Socioecológicos Andinos



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Agency for Development
and Cooperation SDC



CONDESAN
Consejo para el Desarrollo Sostenible
de la Ecorregión Andina



ADAPTACIÓN EN
LAS ALTURAS

En Acción por las Montañas



ISBN-e-ISSN: 978-9962-46-181-0



9 789942 461810

MONITOREO INTEGRADO
y dinámicas territoriales
en los Andes: una mirada
continental

Luis Daniel Llambí, Nicolás Cuvi,
H. Ricardo Grau, Tatiana Ojeda Luna
(Editores)

MONITOREO INTEGRADO y dinámicas territoriales en los Andes: una mirada continental



2026

MONITOREO INTEGRADO y dinámicas territoriales en los Andes: una mirada continental

© Editores: Luis Daniel Llambí, Nicolás Cuvi, H. Ricardo Grau y Tatiana Ojeda Luna

© CONSORCIO PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE
DE LA ECORREGIÓN ANDINA – CONDESAN
condesan@condesan.org
www.condesan.org
@CONDESANandes

LIMA – PERÚ
Av. Codornices 253 – Surquillo
+511 6189400

QUITO – ECUADOR
Calle Juan Ramírez 141 y Germán Alemán
+593 2248495

ISBN IMPRESO: 978-9942-46-181-0
ISBN DIGITAL: 978-9942-46-182-7

© Ediciones Abya-Yala
Av. 12 de Octubre N24-22 y Wilson
Quito, Ecuador
Teléfonos: 593 (02) 2506267 / (02) 3962899
editorial@abyayala.org.ec
abyayala.org.ec

Edición y revisión de textos y figuras: Alejandra Melfo y Ma. Andreína Salas-Bourgoin.

Fotografía de portada: Generada por Gemini IA.

Fotografías interiores: Archivo CONDESAN

Diagramación y diseño de cubierta: Ediciones Abya-Yala

Tiraje de la primera edición: 350 ejemplares

Primera edición, impreso en Quito, Ecuador, abril de 2026

Citar como:

Llambí, L.D., N. Cuvi, H.R. Grau y T. Ojeda Luna (Eds). 2026. *Monitoreo integrado y dinámicas territoriales en los Andes: una mirada continental*. Quito: ROSA, CONDESAN, COSUDE, Adaptación en las Alturas y Ediciones Abya-Yala.

Citar capítulos como:

Gutiérrez-Lagoueyte, M.E., E. Ángel-Sanint, J.J. Aguirre-Vélez, F. Díaz-Arriaga, D.M. Ortega-Puerta y M. Arbeláez-Alzate. 2026. "Observatorio Socioecológico Nevados, Colombia". En *Monitoreo integrado y dinámicas territoriales en los Andes: una mirada continental*, editado por L.D. Llambí, N. Cuvi, H.R. Grau y T. Ojeda Luna, 85-116. Quito: ROSA, CONDESAN, COSUDE, Adaptación en las Alturas y Ediciones Abya-Yala.

Publicación financiada por el Programa Adaptación en las Alturas de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE).

Las publicaciones de CONDESAN contribuyen con información para el desarrollo sostenible de los Andes y son de dominio público. Los lectores están autorizados a citar o reproducir este material en sus propias publicaciones. Se solicita respetar los derechos de autor de los investigadores y de CONDESAN, y enviar una copia de la publicación en la cual se realizó la cita o publicó el material a nuestras oficinas.



AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el apoyo, durante todo el proceso de consolidación de la red ROSA, al equipo del programa Adaptación en las Alturas de CONDESAN, y a María Argüello (Directora Ejecutiva) y Manuel Peralvo (Líder de Gestión del Territorio). Un agradecimiento especial a Alejandra Melfo por su trabajo y dedicación en la revisión de los textos y figuras, y su apoyo en la generación de las figuras síntesis de la historia ambiental de cada observatorio.

También a Ma. Andreína Salas-Bourgoin por su minuciosa revisión final de estilo del libro, y a Erick D. Angamarca por la generación de los mapas de los sitios de monitoreo en cada observatorio. Agradecemos el apoyo financiero a la red ROSA de A@A-Andes (CONDESAN, COSUDE), y del programa conjunto de la Agencia Espacial Europea (ESA) y Future Earth que financiaron los talleres para la consolidación de ROSA. La publicación de este libro fue financiada por el programa Adaptación en las Alturas (CONDESAN, COSUDE).



ACRÓNIMOS

CC	Cambio climático
CUdT	Cambios de Uso de la Tierra
ENSO	El Niño-Oscilación del Sur
GLORIA-Andes	Iniciativa Global de Investigación y Observación en Ambientes Alpinos, Andes
iMHEA	Iniciativa Regional de Monitoreo Hidrológico de Ecosistemas Andinos
MRI	Mountain Research Initiative
MST	Manejo Sostenible de la Tierra
NBI	Necesidades Básicas Insatisfechas
OS	Observatorio Socioecológico
RBA	Red de Bosques Andinos
ROSA	Red de Observatorios Socioecológicos Andinos
UdT	Usos de la Tierra

CONTENIDO



PREFACIO	19
CAPÍTULO 1	
Observatorios socioecológicos andinos	
y sus dinámicas territoriales: una síntesis comparativa	21
Introducción	22
Bases conceptuales: monitoreo socioecológico y la propuesta de ROSA	23
Observatorios socioecológicos y sus contextos nacionales: similitudes y diferencias	25
Historia ambiental comparada de los observatorios y sus contextos regionales	29
Iniciativas de monitoreo y principales tendencias de cambio identificadas	34
Cambio climático y sus impactos observados	35
Cambios en el uso de la tierra y sus impactos	36
Aprendizajes, avances y desafíos abiertos	39
Referencias bibliográficas	41
CAPÍTULO 2	
Observatorio Socioecológico Mérida, Venezuela	45
Características generales del Observatorio	46
Historia ambiental del sitio y su contexto regional	50
Sistemas de monitoreo existentes y tendencias de cambio	51
Conclusiones y recomendaciones: vacíos de investigación e implicaciones para la gestión territorial	63
Referencias bibliográficas	65
CAPÍTULO 3	
Observatorio Socioecológico Nevados, Colombia	69
Características generales del Observatorio	70
Historia ambiental del sitio y su contexto regional	79
Sistemas de monitoreo existentes y tendencias de cambio	80
Conclusiones y recomendaciones: vacíos de investigación e implicaciones para la gestión territorial	87
Referencias bibliográficas	88
CAPÍTULO 4	
Observatorio Socioecológico Reserva de Biosfera Chocó Andino	93
Características generales del Observatorio	95
Historia ambiental del sitio y su contexto regional	104

Sistemas de monitoreo existentes y tendencias de cambio	107
Conclusiones y recomendaciones: vacíos de investigación e implicaciones para la gestión territorial	111
Referencias bibliográficas	142
CAPÍTULO 5	
Observatorio Socioecológico Loja, Ecuador	147
Características generales del Observatorio	148
Historia ambiental del sitio y su contexto regional	155
Sistemas de monitoreo existentes y tendencias de cambio	158
Conclusiones y recomendaciones: limitaciones, retos, oportunidades	168
Referencias bibliográficas	170
CAPÍTULO 6	
Observatorio Socioecológico San Andrés de Tupicocha, Perú	173
Características generales del Observatorio	174
Historia ambiental del sitio y su contexto regional	180
Sistemas de monitoreo existentes y tendencias de cambio	182
Conclusiones y recomendaciones: vacíos de investigación e implicaciones para la gestión territorial	190
Referencias bibliográficas	192
CAPÍTULO 7	
Observatorio Socioecológico Tucumán, Argentina	195
Características generales del Observatorio	196
Historia ambiental del sitio y su contexto regional	204
Sistemas de monitoreo existentes y tendencias de cambio	206
Análisis integrado de las dinámicas socioecológicas	217
Conclusiones y recomendaciones: vacíos de investigación e implicaciones para la gestión territorial	217
Referencias bibliográficas	233
CAPÍTULO 8	
Observatorio Socioecológico Santiago, Chile	237
Características generales del Observatorio	238
Historia ambiental del sitio y su contexto regional	247
Sistemas de monitoreo existentes y tendencias de cambio	249
Conclusiones y recomendaciones	255
Referencias bibliográficas	256



CAPÍTULO 1

Observatorios socioecológicos andinos

y sus dinámicas territoriales: una síntesis comparativa

Tabla I.1. Características generales de los observatorios socioecológicos de la red ROSA en Suramérica	26
Tabla I.2. Comparación de procesos clave de la historia ambiental de los observatorios	31

CAPÍTULO 2

Observatorio Socioecológico Mérida, Venezuela

Tabla II.1. Características generales del OS-Mérida, cuenca alta del río Chama	47
Tabla II.2. Principales iniciativas de investigación y monitoreo de largo plazo en el OS-Mérida	52
Tabla II.3. Cambios en el período 2012-2023 en la riqueza total de especies (St, áreas cimeras) y la cobertura promedio (Cp, parcelas de 1 x 1 m) de plantas vasculares en las cumbres de la red GLORIA-Andes en el OS-Mérida, entre la línea base (LB) y el 1er y 2do remuestreo (RM1, RM2)	58
Tabla II.4. Población del OS-Mérida, según unidades territoriales, 1990-2021	60
Tabla II.5. Variación porcentual del déficit en los hogares de los municipios Santos Marquina y Rangel, OS-Mérida, 2011-2021	61

CAPÍTULO 3

Observatorio Socioecológico Nevados, Colombia

Tabla III.1. Características generales del OS-Nevados	71
Tabla III.2. Características socioeconómicas y actividades productivas principales de la cuenca del río Claro	76
Tabla III.3. Principales iniciativas de investigación y monitoreo de largo plazo en la cuenca del río Claro	81

CAPÍTULO 4

Observatorio Socioecológico Chocó Andino, Ecuador

Tabla IV.1. Características generales del OS-Chocó Andino	96
Tabla IV.2. Línea de tiempo que consolida hitos relevantes relacionados con la conservación y la gestión sostenible en la RBCA	100
Tabla IV.3. Variables climáticas medidas con sensores locales entre 2015 y 2024 a lo largo del gradiente de elevación	103

Tabla IV.4. Datos demográficos y socioeconómicos de las once parroquias rurales ubicadas enteramente dentro de la RBCA	104
Tabla IV.5. Matriz de transición para tres clases de cobertura terrestre entre 2013 y 2023 en la RBCA y su área de influencia	108
Tabla IV.6. Principales iniciativas de investigación y monitoreo de largo plazo en el OS-Chocó Andino	114

CAPÍTULO 5

Observatorio Socioecológico Loja, Ecuador

Tabla V.1. Características generales del OS-Loja.....	149
Tabla V.2. Principales iniciativas de investigación y monitoreo de largo plazo en el OS-Loja	159
Tabla V.3. Morfometría general de las áreas evaluadas	163

CAPÍTULO 6

Observatorio Socioecológico San Andrés de Tupicocha, Perú

Tabla VI.1. Características generales del OS-Tupicocha	175
Tabla VI.2. Esquema del ciclo de amunamiento y de los espacios decisorios	179
Tabla VI.3. Principales iniciativas de investigación y monitoreo de largo plazo en el OS-Tupicocha	185

CAPÍTULO 7

Observatorio Socioecológico Tucumán, Argentina

Tabla VII.1. Características generales del OS-Tucumán	197
Tabla VII.2. Principales iniciativas de investigación y monitoreo de largo plazo en el OS-Tucumán	219

CAPÍTULO 8

Observatorio Socioecológico Santiago, Chile

Tabla VIII.1. Características generales del OS-Santiago	239
Tabla VIII.2. Principales iniciativas de investigación y monitoreo a largo plazo en el OS-Santiago	250
Tabla VIII.3. Listado de especies vegetales y su categoría de conservación, cuando corresponde, en el OS-Santiago	253
Tabla VIII.4. Listado de vertebrados y su categoría de conservación, cuando corresponde, en OS-Santiago	254



CAPÍTULO 1

Observatorios socioecológicos andinos

y sus dinámicas territoriales: una síntesis comparativa

Figura I.1. Observatorios socioecológicos de la red ROSA en Suramérica	23
Figura I.2. Evolución poblacional de las ciudades referentes de los seis observatorios	27
Figura I.3. Producto Bruto Interno (PIB) per cápita de los seis países que incluyen sitios de la red ROSA, entre 1990 y 2022	28
Figura I.4. Índice de desigualdad de Gini entre 1990 y 2023	29
Figura I.5. Porcentaje de la población nacional que vive en pobreza extrema entre 1980 y 2024 en seis países andinos; definida como ingresos promedio per cápita inferiores a tres dólares estadounidenses diarios (a valores de 2021)	30
Figura I.6. Densidad de población rural (hab/km ²) en los países que tienen sitios ROSA reportados en este volumen, entre 1960 y 2024	30
Figura I.7. Iniciativas de monitoreo identificadas en los OS de la red ROSA, clasificadas por las temáticas de trabajo	34

CAPÍTULO 2

Observatorio Socioecológico Mérida, Venezuela

Figura II.1. Mapa de ubicación del OS-Mérida indicando límites, principales centros poblados y sitios de trabajo de diferentes iniciativas de monitoreo	46
Figura II.2. Vistas representativas del OS-Mérida, Venezuela	47
Figura II.3. Unidades ecológicas y Parques Nacionales dentro del OS-Mérida	49
Figura II.4. Límites de los municipios y parroquias del OS-Mérida, y sus principales rasgos sociodemográficos	49
Figura II.5. Síntesis de los principales procesos vinculados con la historia ambiental del OS-Mérida	51
Figura II.6. Información de las tres estaciones climáticas con registros de largo plazo	54
Figuras II.7. Uso y cobertura de la tierra para los años 2000, 2010 y 2024 en el municipio Rangel de la cuenca alta del río Chama	55
Figura II.8. Transformaciones de uso y cobertura del área que está o ha estado intervenida por la agricultura en el municipio Rangel de la cuenca alta del río Chama, entre 2000, 2010 y 2024	56
Figura II.9. El área total y los tres cultivos principales sembrados en el municipio Rangel entre 2000 y 2023	56
Figura II.10. Modelo conceptual de análisis síntesis de los principales motores de transformación (en color rojo) y procesos/indicadores de cambio, identificados a partir de los resultados de la investigación y monitoreo de largo plazo de aspectos biofísicos (hacia la parte superior de la figura) y socio-económicos (hacia la parte inferior) en el OS-Mérida	62

CAPÍTULO 3

Observatorio Socioecológico Nevados, Colombia

Figura III.1. Mapa de ubicación del OS-Nevados indicando límites, principales centros poblados y sitios de trabajo de diferentes iniciativas de monitoreo	70
Figura III.2. Vistas del OS-Nevados, Colombia	71
Figura III.3. Ecosistemas (a) y áreas protegidas (b) del OS-Nevados	72
Figura III.4. Perfil altitudinal y ecosistemas presentes en la cuenca del río Claro	74
Figura III.5. Indicadores socioeconómicos para las veredas (zonificadas por altitud), en el OS-Nevados	74
Figura III.6. Coberturas en el OS-Nevados, 2010	77
Figura III.7. Síntesis de los principales procesos vinculados con la historia ambiental del OS-Nevados	80
Figura III.8. Sendero del cambio climático y cambio reciente en el glaciar Conejeras, Nevado Santa Isabel	83
Figura III.9. Crecimiento de vegetación en zonas de superpáramo	84
Figura III.10. Cambios en la cobertura de la tierra entre 1996 (a) y 2022 (b)	86

CAPÍTULO 4

Observatorio Socioecológico Chocó Andino, Ecuador

Figura IV.1. Mapa de ubicación de la Reserva del Chocó Andino de Pichincha (RBCA)	94
Figura IV.2. Vistas representativas del OS-Chocó Andino, Ecuador	95
Figura IV.3. Perfil ecológico de los cuatro tipos de bosques presentes en las montañas tropicales andinas y la variación gradual de la altura de los árboles y el dosel, así como de los caracteres funcionales de las hojas, como su área foliar, en función de la elevación, desde el bosque piemontano hasta el bosque de ceja	97
Figura IV.4. Cobertura de la tierra al año 2023 para la RBCA y su área de influencia	98
Figura IV.5. a) Relación entre área de la parroquia (km ²) y crecimiento poblacional anual (%) en la RBCA, 2010-2022; b) Relación entre pobreza extrema (%) y crecimiento poblacional anual (%) en la RBCA, 2010-2022	105
Figura IV.6. Síntesis de los principales procesos vinculados con la historia ambiental del OS-Chocó Andino	106
Figura IV.7. Análisis anualizado del cambio en la cobertura boscosa para el período 2013–2023 en la RBCA y su área de influencia	107
Figura IV.8. Proyección de cambios de uso de la tierra en la RBCA y su área de influencia para cuatro momentos en el tiempo: 2028, 2033, 2038 y 2043	109

CAPÍTULO 5

Observatorio Socioecológico Loja, Ecuador

Figura V.1. Ubicación del OS-Loja indicando límites, principales centros poblados y sitios de trabajo de diferentes iniciativas de monitoreo	148
Figura V.2. Vistas representativas del OS-Loja, Ecuador: a) Sitio piloto perteneciente a la iniciativa GLORIA-Andes, en el sector de Cajanuma del Parque Nacional Podocarpus; b) Vista panorámica de la ciudad de Loja ; c) Mujer del pueblo Saraguro tejiendo con técnica tradicional; d) Paisaje con pastizales en San Lucas	150
Figura V.3. Superficie de las coberturas y usos de la tierra del OS-Loja para el año 2022	150
Figura V.4. Ecosistemas que conforman el OS-Loja	151
Figura V.5. Mecanismos de conservación y gestión del territorio en el OS-Loja	153
Figura V.6. Características demográficas del OS-Loja	154
Figura V.7. Síntesis de los principales procesos vinculados con la historia ambiental del OS-Loja	155
Figura V.8. Mapeo de actores vinculados al OS-Loja en el contexto de la colaboración científica	158
Figura V.9. Vulnerabilidad al cambio climático para las provincias de Loja, Zamora Chinchipe y El Oro, proyectada al 2050: a) Escenario RCP 2,6; b) Escenario RCP 8,5	160
Figura V.10. Dinámicas de cambio de uso de la tierra en el OS-Loja para 1990, 2008 y 2022: a) Distribución espacial de las coberturas y uso de la tierra; b) Superficie de las coberturas y uso de la tierra	162
Figura V.11. Flujos de cambios entre coberturas y usos de la tierra ocurridos en el periodo 1990–2022 en el OS-Loja	162
Figura V.12. Eventos de precipitación e hidrogramas para El Carmen	164

CAPÍTULO 6

Observatorio Socioecológico San Andrés de Tupicocha, Perú

Figura VI.1. Mapa de ubicación del OS-Tupicocha indicando límites, principales centros poblados y sitios de trabajo de diferentes iniciativas de monitoreo	174
Figura VI.2. Vistas representativas del OS-Tupicocha, Perú	175
Figura VI.3. Mapa del OS-Tupicocha con límites de la comunidad campesina de San Andrés de Tupicocha, información hidrográfica y principales ecosistemas	176
Figura VI.4. Perfil topográfico representativo del OS-Tupicocha	177
Figura VI.5. Síntesis de los principales procesos vinculados con la historia ambiental del OS-Tupicocha	182

Figura VI.6. a) Evolución de la regulación hídrica desde 1950 y cambios en el uso agropecuario de la tierra en la comunidad de SAT (Se evidencia la construcción del sistema hidráulico moderno con las dobles flechas); b) Evolución de la regulación hídrica desde el periodo Inca, sea natural, sea construida en la comunidad de SAT. Para ambos gráficos, consideramos que el volumen de agua disponible entre inicio de mayo y final de octubre representa un indicador apropiado de regulación hídrica (temporada sin lluvia, pero es un periodo donde se necesita regar en la actualidad)	183
Figura VI.7. Escala de microcuenca del OS-Tupicocha en Sansaré	187
Figura VI.8. Evolución pasada (1981-2016) de la evapotranspiración de referencia y del superávit hídrico anual en Sansaré	188
Figura VI.9. Evolución de la vegetación entre 4.300 y 4.400 m s. n. m., entre 1962 y 2020	190

CAPÍTULO 7

Observatorio Socioecológico Tucumán, Argentina

Figura VII.1. Mapa de ubicación del OS-Tucumán indicando límites, principales centros poblados y sitios de monitoreo	196
Figura VII.2. Vistas representativas del OS-Tucumán, Argentina	197
Figura VII.3. OS-Tucumán: a) Ecorregiones, principales ciudades y cordones montañosos. Perfil topográfico con dirección oeste a este (paralelo 26.5° a 26.8°); b) Cuencas hídricas; c) Áreas protegidas	198
Figura VII.4. Indicadores demográficos por departamento en el OS-Tucumán	201
Figura VII.5. Síntesis de los principales procesos vinculados con la historia ambiental del OS-Tucumán	204
Figura VII.6. Registros de temperatura promedio anual del aire (excepto Cumbres Calchaquíes que es temperatura del suelo) y precipitaciones anuales para varias estaciones meteorológicas en el OS-Tucumán	207
Figura VII.7. Tendencias de biomasa en las Yungas de Tucumán, comparando los pisos altitudinales de selva montana (SM) y bosque montano (BM) en bosques maduros (mature) y sucesionales nativos (S-Nativo) e invadidos por especies no nativas particularmente <i>L. lucidum</i> (S-Invasivo)	208
Figura VII.8. Red Bosque Clima para monitoreo de crecimiento de árboles usando dendrómetros	209
Figura VII.9. Distribución horaria, semanal y mensual promedio del material particulado (PM _{2.5}) en Yerba Buena resultado del monitoreo atmosférico, 2023	212
Figura VII.10. Cambios de cobertura y uso de la tierra en el OS-Tucumán, 1990-2020	213

Figura VII.11. Cambios de cobertura y uso de la tierra en el OS-Tucumán, 1960-2020	214
Figura VII.12. Población humana rural, urbana y total para el área del OS-Tucumán	215

CAPÍTULO 8

Observatorio Socioecológico Santiago, Chile

Figura VIII.1. Mapa de ubicación del OS-Santiago indicando límites, principales centros poblados y sitios de monitoreo	238
Figura VIII.2. Vistas representativas del OS-Santiago, Chile	239
Figura VIII.3. Representación cartográfica de las principales formaciones vegetales en el OS-Santiago	241
Figura VIII.4. Variación de la estructura por sexo de la población de la comuna de San José de Maipo, 1990-2020	242
Figura VIII.5. Producción pecuaria en la comuna de San José de Maipo y Lo Barnechea	243
Figura VIII.6. Síntesis de los principales procesos vinculados con la historia ambiental del OS-Santiago	247
Figura VIII.7. Imágenes tomadas en una coordenada específica (confluencia del río Maipo y río Colorado) siempre a las 10:30 de la mañana, para monitoreo de cantidad y color del agua del río Maipo	249
Figura VIII.8. Transectos T para el monitoreo de especies exóticas a lo largo de gradientes de elevación con base en el protocolo de la red MIREN	251
Figura VIII.9. Tendencia temporal y altitudinal de las especies nativas e introducidas en 16 años de evaluación en la cordillera de Chile Central en el marco de la red MIREN	252
Figura VIII.10. Resultados preliminares de registros de trampas cámara en el Santuario de la Naturaleza San Francisco de Lagunillas y Quillayal	255

PREFACIO



Las montañas andinas, con más de 8.000 km de extensión desde el trópico hasta el extremo austral del continente, constituyen no solo la cordillera más larga del planeta, sino también uno de los sistemas socioecológicos más diversos y complejos del mundo. Sus gradientes altitudinales, la variedad de climas, su notable riqueza biológica y cultural, y su rol como “torres de agua” de América del Sur hacen de los Andes un territorio estratégico para el bienestar de más de 90 millones de personas. Esta cordillera alberga tres puntos calientes de biodiversidad y una extraordinaria variedad de ecosistemas —glaciares, páramos, punas, estepas patagónicas, arbustales mediterráneos, bosques nublados, valles interandinos, desiertos altos y selvas de transición— que representan, en conjunto, la mayor diversidad ecológica del continente.

Los Andes son la fuente de las cuencas hidrográficas más importantes de Sudamérica. Se estima que aportan alrededor del 40 % del caudal del río Amazonas; sustentan la infraestructura energética del continente —el 46 % de la energía eléctrica de los países andinos proviene de centrales situadas en zonas montañosas—; han dado origen a más de 70 especies de plantas que hoy son pilares del sistema alimentario global; regulan procesos climáticos de escala continental; y constituyen el sustento vital de poblaciones urbanas y rurales cuya seguridad hídrica, alimentaria, energética y cultural depende directamente de sus ecosistemas. La importancia de las montañas para el desarrollo andino trasciende las fronteras nacionales: son esenciales para la resiliencia climática, la productividad agrícola, el mantenimiento de economías locales y regionales, y la estabilidad de los paisajes que sostienen la vida en el continente.

En este contexto, y reconociendo la relevancia estratégica de estos territorios, CONDESAN nació hace más de treinta años como una plataforma regional dedicada a comprender la complejidad de las montañas andinas. Con el tiempo evolucionó hacia una organización regional con la misión de promover el desarrollo sostenible en las montañas de los Andes y guiada por la convicción de que la diversidad ecológica y social de estos paisajes exige intervenciones integrales, basadas en evidencia científica y en la articulación de múltiples saberes. Nuestro enfoque promueve soluciones basadas en la naturaleza, la gestión sostenible de la tierra, la mirada de paisaje, el diálogo intercultural e intergeneracional, la gobernanza ambiental y la cooperación multinivel. Este enfoque se ha desplegado de manera prioritaria en los “sitios de aprendizaje” de CONDESAN: territorios estratégicos por su valor en biodiversidad, servicios ecosistémicos e importancia para las comunidades locales y los países andinos. En ellos, trabajamos

a largo plazo junto a actores territoriales para implementar un abordaje integrado y generar aprendizajes y evidencia que puedan ser escalados.

Trabajar en toda la extensión de los Andes implica una colaboración amplia y comprometida entre múltiples actores. Desde sus inicios, nuestra institución entendió que fomentar un desarrollo sostenible en estos territorios requería —junto con organizaciones aliadas— producir conocimiento riguroso, comparable y útil para la toma de decisiones. La investigación aplicada, el monitoreo de largo plazo y el diálogo de saberes se han mantenido desde entonces como pilares centrales de nuestra misión.

Fue precisamente esta convicción, junto con el interés de la Comunidad Andina y el apoyo de la Agencia Suiza para la Cooperación y el Desarrollo (COSUDE), a través del proyecto Generación de conocimiento y fortalecimiento de capacidades como respuesta de adaptación a los cambios ambientales en los Andes (CIMA), del proyecto GEF EcoAndes, y más recientemente del Programa de Bosques Andinos y Adaptación en las Alturas de COSUDE, lo que impulsó a partir de 2012 los esfuerzos para establecer y consolidar redes regionales de monitoreo. Entre ellas destacan el nodo andino de la Iniciativa Global de Investigación y Observación en Ambientes Alpinos (GLORIA-Andes), la Red de Bosques Andinos y la Iniciativa Regional de Monitoreo Hidrológico de Ecosistemas (iMHEA). Estas iniciativas congregan a 61 instituciones académicas, centros de investigación y organismos interregionales, logrando sostener 101 sitios de monitoreo a lo largo de la cordillera.

Estas redes respondieron a la necesidad de generar información comparable sobre dinámicas ecológicas y climáticas, y abrieron el camino para una colaboración científica a escala continental. Sin embargo, también evidenciaron un desafío persistente: la falta de integración entre variables ecológicas y sociales y la necesidad de un marco común para estudiar los sistemas socioecológicos andinos de forma coherente y comparativa.

En paralelo, varias síntesis regionales del conocimiento sobre los Andes producidas en los últimos años por varios investigadores de la región con una participación activa de CONDESAN—sobre hidrología, biodiversidad, impactos del cambio climático y, más recientemente, sobre conectividad Andes-Amazónica— demostraron el valor de organizar, integrar y comunicar conocimiento a escala regional, así como la existencia de brechas críticas para una gestión sostenible. Estas síntesis no solo han enriquecido procesos académicos, sino que se convirtieron en insumos clave para espacios de gobernanza como la Iniciativa Andina

de Montañas (IAM), y para procesos de diálogo y fortalecimiento como los Diálogos Andinos, Saber Andino, diversas comunidades de práctica y programas internacionales de capacitación como el IPROMO Latinoamericano, que cada año forman a cientos de profesionales en gestión sostenible de montañas.

Todo este proceso de trabajo conjunto en la región —las redes temáticas, las síntesis regionales, la articulación entre ciencia y política, la identificación de vacíos— llevó naturalmente a la creación de la Red de Observatorios Socioecológicos Andinos (ROSA). Concebida en 2023 por un colectivo de investigadores e instituciones académicas de los países andinos, y apoyada por organizaciones internacionales como el Global Land Programme (nodo Latinoamérica), Future Earth, y el Programa Adaptación en las Alturas de COSUDE, ROSA persigue un objetivo urgente y ambicioso: llenar el vacío de conocimiento socioecológico comparado en los Andes mediante una red continental de observatorios de largo plazo.

Sus nueve sitios —Mérida (Venezuela), Nevados y Sabana de Bogotá (Colombia), Chocó Andino y Loja (Ecuador), Tupicocha (Perú), Cochabamba (Bolivia), Tucumán (Argentina) y Santiago (Chile)— abarcan una diversidad territorial que va desde zonas áridas hasta bosques húmedos y ecosistemas con fuerte estacionalidad hídrica. Su enfoque reconoce que comprender las dinámicas territoriales exige integrar historia ambiental, cambios de uso del suelo, variabilidad climática, transformaciones sociales y económicas, y los procesos de gobernanza local y nacional que determinan la sostenibilidad de los ecosistemas y de las comunidades.

ROSA se nutre de la experiencia acumulada por las redes regionales, pero representa una innovación profunda en varios sentidos: integra ciencias naturales y sociales bajo un marco conceptual común; articula múltiples escalas de análisis —desde parcelas de monitoreo hasta síntesis continentales—; promueve el co-diseño y el diálogo de saberes con actores locales; fomenta la cooperación regional para asegurar comparabilidad y robustez; y se sustenta en un compromiso de largo plazo, indispensable para detectar tendencias y transiciones socioecológicas.

Este libro, primer esfuerzo de sistematización regional de la red, reúne la historia ambiental, las dinámicas territoriales, los procesos de monitoreo y las principales evidencias del cambio socioambiental en siete de los observatorios de ROSA distribuidos en seis países andinos. Sus capítulos ofrecen no solo información técnica organizada y comparable, sino también una visión continental que identifica patrones comunes, divergencias significativas y oportunidades para fortalecer la gestión sostenible de los sistemas socioecológicos de montaña. Son, además, relatos integrados de territorios vivos donde comunidades, ecosistemas, instituciones y actores científicos coevolucionan en procesos de adaptación y transformación.

Para CONDESAN, esta publicación reafirma un compromiso histórico: generar conocimiento estratégico para los Andes y fortalecer alianzas duraderas con las organizaciones que lo hacen posible. ROSA no es simplemente una red técnica; es un proyecto de largo aliento que expresa una forma de entender la sostenibilidad andina como un proceso que requiere evidencia sólida, cooperación multinivel, ciencia abierta y aprendizaje continuo. Los desafíos de las montañas —pérdida de biodiversidad, transformación del uso del suelo, retroceso glaciar, tensiones por el agua, conflictos socioambientales— no pueden enfrentarse sin información confiable, ni sin una comprensión profunda de las interacciones entre naturaleza y sociedad.

Con este libro, la red ROSA da un paso significativo hacia la consolidación de una mirada socioecológica integrada para los Andes. Invitamos a tomadores de decisiones, investigadores, comunidades y redes regionales a utilizar y ampliar este conocimiento, a fortalecer ROSA y a seguir construyendo, colectivamente, la base científica que nuestras montañas necesitan para avanzar hacia un futuro más resiliente y sostenible.

María Argüello
Directora Ejecutiva de CONDESAN
Quito, abril de 2026