



FCA
Facultad de Ciencias
Agropecuarias



FACULTAD
DE CIENCIAS
ECONÓMICAS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales

Facultad de Ciencias Económicas

Escuela para Graduados FCA UNC

Quillinzo: Agua, paisaje y comunidad en busca de una gestión regenerativa.

Un estudio sociohidrológico para una gobernanza participativa de las cuencas serranas. Córdoba, Argentina.

Ing. Agr. Daniel Ulla

Director: Dr. (MSc) Ing. Agr. César Omar Núñez

Córdoba, 2025

TRABAJO FINAL INTEGRADOR

Para optar al Grado Académico de

Especialista en Gestión de Cuencas Hidrográficas

Aprobada en estilo y contenido por la Comisión Académica de la EGCH

Tribunal Examinador de TFI

- Miembro del Tribunal Evaluador: Ing. Agr. (Dr.) M. Alejandro Becerra
- Miembro del Tribunal Evaluador: Ing. Civil (Mg.) Mariana Reneé Pagot
- Miembro del Tribunal Evaluador: Ing. Agr. (Dr.) Susana Hang

Presentación formal académica: Fecha (Córdoba, 12 de diciembre 2025)

La Especialización en Gestión de Cuencas Hidrográficas es una instancia de capacitación integral para atender la problemática que urge en las cuencas hidrográficas, principalmente en los ambientes modificados e intervenidos por el hombre. Este programa de posgrado y formación conjunta surgió del trabajo integrado entre las Facultades de Ciencias Agropecuarias, Ciencias Exactas Físicas y Naturales y de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Córdoba, y cuenta con el apoyo del Gobierno de la Provincia de Córdoba a través del Ministerio de Agricultura y Ganadería, Ministerio de Servicios Públicos y Ministerio de Obras Públicas, a través del Convenio Marco de Cooperación Académica (RD N° 447/2021) y sus respectivos Convenios Específicos (RD N° 475/2021, 465/2021 y 474/2021).

La Especialización en Gestión de Cuencas Hidrográficas fue acreditada por CONEAU con Res. 517/19 y Res. Ministerio de Educación de la Nación (ME) 938/2020



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons
Atribución – No Comercial – Sin Obra Derivada 4.0 Internacional.

AGRADECIMIENTOS

Universidad Nacional de Córdoba

Facultad de Ciencias Agropecuarias

- Dra. (MSc) Ing. Agr. Susana Hang

Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales

Facultad de Ciencias Económicas

Escuela para Graduados FCA UNC

Universidad Nacional de Río Cuarto

Facultad de Agronomía y Veterinaria

- Dr. (MSc) Ing. Agr. César Omar Núñez

Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales

DEDICATORIA

A mi padre Alberto que me enseñó a mirar el mundo con ojos de justicia y a mi madre Rumi por su fortaleza y vocación de servicio.

A Virginia, mi compañera de sueños y de caminos.

A mis hijos, que aman el río Quillinzo. Que este lugar siga siendo para ellos y para sus hijos un espacio de encuentro, donde puedan beber sus aguas con gratitud y respeto.

A mis compañeros de Monterita del Quillinzo con quienes tejemos una misión.

A César Núñez por su pasión, serenidad y sabiduría.

A mi amigo y compañero de cursado Eduardo Zacchi.

A la Universidad Pública, formadora de pensamiento crítico y promotora de la curiosidad como fundamento del saber. Desde la gratitud me convoca a retribuirla con vocación comunitaria.

A todos los que aman las Sierras de Córdoba.

Y a las futuras generaciones, que heredarán los dilemas que no supimos resolver. Les dejo este aporte con la esperanza de que contribuya a comprender, cuidar y amar este territorio.

RESUMEN

El presente trabajo se propuso caracterizar integralmente el sistema socioambiental y paisajístico de la cuenca del río Quillín, a fin de aportar fundamentos técnicos, normativos y éticos para el diseño de estrategias de gestión sustentable.

Se describió y cartografió sus componentes biofísicos, identificando sus elementos vulnerables, analizando las dinámicas sociales e históricas que lo atraviesan.

Se relevó el marco normativo vigente, se modeló su comportamiento hidrológico ante eventos extremos.

Con la información reunida se elaboró un árbol de problemas con el fin de categorizar los principales problemas que afectan a la cuenca.

Finalmente se elaboró un conjunto de lineamientos para una gestión integrada y participativa, orientada a la construcción de un nuevo sistema de gobernanza territorial. Se pretende que este trabajo aporte ideas para un modelo colaborativo, adaptativo y multiactoral que articule saberes locales, evidencia técnica y marcos normativos para la protección de los bienes comunes.

Palabras clave: Vulnerabilidad hídrica; Sociohidrología; Gestión regenerativa; Gobernanza participativa; Ética del cuidado; Río Quillín; Cuencas serranas (Sierras de Córdoba); Restauración de paisajes; Servicios ecosistémicos; Soluciones basadas en la naturaleza.

Keywords: Water vulnerability; Social hydrology; Regenerative water management; Participatory governance; Ethics of care; Quillín River; Mountain catchments; Landscape restoration; Ecosystem services; Nature-based solutions.

Índice

1. Introducción	15
2. Objetivos	17
2.1. Objetivo General	17
2.2. Objetivos Específicos	17
3. La cuenca como territorio hidrosocial	18
4. Descripción biofísica	20
4.1. Área de estudio	20
4.2. Delimitación de la cuenca	23
4.3. Red hídrica	24
4.4. Dimensiones y parámetros	25
4.5. Subcuencas	27
4.6. Geomorfología	29
4.7. Suelos	36
4.8. Dinámica erosiva	38
4.9. Climatología	39
4.9.1. Temperatura	39
4.9.2. Precipitaciones	40
4.9.3.1. Estaciones meteorológicas	41
4.9.4. El clima en los últimos 1000 años	43
4.9.5. Cambio climático y eventos extremos	48
4.9.6. Clima, vulnerabilidad y perspectiva desde el tiempo profundo	49
4.10. Vegetación: Caracterización fisonómica y ecológica	51
4.10.1. Bosque de altura	52
4.10.2. Estepa gramínea de altura	53
4.10.3. Arbustal	56
4.10.4. Bosque serrano	58
4.10.5. Pedemonte	60

4.11. Los mallines: ecosistema fundamental en el paisaje de la cuenca	61
4.11.1. Origen de los mallines en las sierras centrales	63
4.11.2. Funciones de los mallines	64
4.11.3. Caracterización de los mallines	65
4.11.4 El proceso de degradación de los mallines	67
4.11.5. Importancia de la visibilización de los mallines	69
4.11.6. Distribución y descripción en la cuenca del río Quillínzo	69
4.11.7. Los mallines serranos en la ley de humedales	78
4.12. El agua	79
4.12.1. La minería y el agua	80
4.12.2. El río Quillínzo y el turismo en Córdoba	85
4.12.3. Impacto de la ganadería y la urbanización en la calidad del agua	85
4.12.4. Resultados del monitoreo de las aguas del río Quillínzo	86
a) Análisis fisicoquímicos	87
b) Análisis microbiológicos	91
c) Estudios de ecología acuática	95
5. Historia del territorio y sus transformaciones	101
5.1. Los primeros habitantes	101
5.2. El origen del nombre Quillínzo y su significado	101
5.2.1. La época colonial	103
5.3. Sitios arqueológicos y patrimonio a conservar	106
5.4. El cambio del uso del suelo en los últimos 4 siglos	110
6. Infraestructura, población y gobernanza en el espacio de cuenca	114
6.1. Demografía	114
6.2. Pedanías	115
6.3. Política	115
6.4. Red vial	116
6.5. Salud	117
6.6. Educación	118

6.7. Tratamiento de los residuos sólidos urbanos	120
7. Economía	121
7.1. Ganadería	121
7.1.1. Stock ganadero	124
7.2. Forestación	129
7.3. Minería	135
7.4. Turismo	138
8. Intervención humana e impacto de especies exóticas invasoras	139
8.1. Plantas exóticas invasoras	139
8.1.1. Alternativas de manejo y aprovechamiento forestal	143
8.2. El jabalí	145
8.3. La trucha	147
8.4. La rana toro	150
8.5. La vizcacha: especie nativa con declive poblacional	152
8.6. Las aves de la cuenca: oportunidades y amenazas	155
9. Los incendios	159
10. Marco normativo vigente aplicado a la cuenca	168
10.1. Gobernanza interjurisdiccional de la cuenca del río Quillín	168
10.2. Áreas naturales protegidas en el territorio de la cuenca	168
10.2.1. Reservas naturales privadas como alternativa a la conservación	171
10.3. Autoridad de cuencas	172
10.4. Ley de Ordenamiento Territorial de Bosque Nativo 9814 y su aplicación en la Cuenca	174
10.4.1. El conflicto del desarrollo inmobiliario y la Ley de OTBN	176
11. Modelación hidrológica	182
11.1. Estudio de un evento extraordinario	183
11.2. Modelación de la cuenca del río Quillín	187
12. El árbol de problemas	200
12.1. El problema: la vulnerabilidad hídrica	201
13. Lineamientos para una gestión integrada y participativa	205

13.1. Actores sociales	206
13.2. Semillero de propuestas para la gestión colaborativa del río Quillínzo	210
14. Conclusión: Reflexiones finales.....	215
15. Bibliografía	216

Lista de figuras

Figura 1: Cuenca del río Quillínzo.....	19
Figura 2 Mapa de ubicación de la cuenca del río Quillínzo	20
Figura 3: Mapa de la Cuenca de Calamuchita.	21
Figura 4: Mapa de la Cuenca del Río Paraná.....	22
Figura 5: Delimitación de la cuenca del río Quillínzo. Elaboración propia.....	23
Figura 6: Red hídrica del río Quillínzo. Elaboración propia	24
Figura 7: Mapa de altitudes. Elaboración propia	26
Figura 8: Histograma de altitudes frecuentes de la cuenca del río Quillínzo.....	26
Figura 9: Curva hipsométrica de la cuenca del río Quillínzo.....	27
Figura 10: Mapa de subcuencas.....	28
Figura 11: Geomorfología Cuenca del Quillínzo. Elaboración propia	30
Figura 12: Geología de la cuenca del río Quillínzo. Fuente: IDECOR.....	31
Figura 13: Dinámica erosiva de la cuenca del río Quillínzo.....	39
Figura 14: Isohietas	41
Figura 15: Estaciones meteorológicas.....	42
Figura 16: Fluctuaciones climáticas de los últimos 1000 años.....	45
Figura 17: Escenario del Segundo Pulso Frío de la Pequeña Edad de Hielo. (Cioccale, 1999)	46
Figura 18: Mapa jesuítico de 1760	47
Figura 19: Vegetación de la cuenca del río Quillínzo.	51
Figura 20: Dinámica hídrica de un mallín	67
Figura 21: Mapa de NDVI.	71
Figura 22: Mapa PDF geoposicionado para App Avenza.....	71
Figura 23: Ubicación de la mina de fluorita Cerros Negros.....	81

Figura 24: Puntos de muestreo en Cañada del Sauce	88
Figura 25: Primer mapa oficial de Córdoba (1866).	102
Figura 26: Carte provinces Cordova et San Luis. Martín de Moussy.....	103
Figura 27: Sitios y área de protección arqueológica.	107
Figura 28: Relevamiento de pircas en Cañada del Sauce	109
Figura 29: Relevamiento de pircas con vista de toda la cuenca del Quillínzo	109
Figura 30: Pedanías	115
Figura 31: Red vial	116
Figura 32: Establecimientos educativos	119
Figura 33: Evolución anual del stock ganadero en E.V. (2006–2025)	126
Figura 34: Carga ganadera por superficie (has/E.V.) (2006–2025)	127
Figura 35: Stock ganadero (E.V.) y producción de terneros (2006–2025)	128
Figura 36: Porcentaje de destete (2006–2025).....	128
Figura 37: Forestaciones en la cuenca del río Quillínzo.....	131
Figura 38: Areas de cateo, parcelas, pertenencias mineras y minas.....	135
Figura 39: Distribución anual de incendios en Córdoba (2022–2024).....	164
Figura 40: Áreas incendiadas en la cuenca (2020–2024).....	165
Figura 41: Reservas Hídrica y Recreativa Natural Calamuchitana	170
Figura 42: Zonificación de uso del suelo (Ley 9814 de OTBN)	176
Figura 43: Mapa de loteos en la cuenca del río Quillínzo	178
Figura 44: Área del conflicto	179
Figura 45: Precipitaciones del 22/3/2023 en estaciones meteorológicas de la cuenca	184
Figura 46: Subcuencas determinadas por HEC-HMS.....	188
Figura 47: Definición de 7 subcuencas.....	188
Figura 48: Mapa de cobertura del suelo.....	193
Figura 49: Curva IDF de la estación meteorológica La Suela	195
Figura 50: Hidrograma - Pico de caudal modelado en condición de suelo humedo y suelo seco...	196
Figura 51: Componentes de la vulnerabilidad hídrica.....	201
Figura 52: Árbol de problemas	204

Figura 53: 4 núcleos estratégicos para la gestión regenerativa.....	215
---	-----

Lista de Tablas

Tabla 1: Caracterización de los parámetros de la cuenca del río Quillínzo	25
Tabla 2: Dimensiones y aportes de las subcuencas	28
Tabla 3: Aptitud forestal de los suelos	37
Tabla 4: Variabilidad de las propiedades del horizonte superficial	38
Tabla 5: Precipitaciones medias mensuales en subcuencas altas	40
Tabla 6: Régimen Pluviométrico Río de los Sauce	41
Tabla 7: Contenido de materia orgánica y carbono orgánico total de los mullines	87
Tabla 8: Estadísticos descriptivos de parámetros físico-químicos	88
Tabla 9: Porcentaje de muestras según su clasificación geoquímica	86
Tabla 10: Resultados de los análisis microbiológicos	92
Tabla 11: Juicios de calidad del agua basados en índices IBC y BMWP	97
Tabla 12: Órdenes, familias y especies de peces que habitan el río Quillínzo	99
Tabla 13: Historia del cambio del uso del suelo en la cuenca.	114
Tabla 14: E Demografía en el área de la cuenca del río Quillínzo	114
Tabla 15: Estructura de salud en la zona de la cuenca del río Quillínzo	117
Tabla 16: Escuelas rurales primarias y secundarias en el territorio de la cuenca	118
Tabla 17: Oferta educativa a nivel primario, secundario y superior	120
Tabla 18: Stock ganadero en la cuenca de río Quillínzo. Serie 2006-2025.....	125
Tabla 19: Especies exóticas invasoras presentes en la cuenca	141
Tabla 20: Especies de interés para la conservación.....	157
Tabla 21: Categorías de zonificación de la Ley 9814.....	175
Tabla 22: Hidrograma de la Estación Aprhi.....	186
Tabla 23: Grupos hidrológicos y sus características.....	190
Tabla 24: Condición hidrológica, escurrimiento y Número de Curva	191
Tabla 25: Conversión del NC a las condiciones de humedad antecedente I y III.....	191
Tabla 26: NC para suelos de distintas características y usos no agrícolas	192

Tabla 27: Uso de suelo proporcional para cada subcuenca (AMC II).....	194
Tabla 28: NC de cada subcuenca ajustado a su condición de humedad antecedente.....	194
Tabla 29: Planilla de cálculo de tránsito.....	195
Tabla 30: Resultados HEC-HMS para una lluvia de diseño de 103.7 mm con AMC III	197

Lista de Fotografías

Fotografía 1: Vista del Cerro Áspero.....	32
Fotografía 2: Paisaje de la cuenca alta.....	32
Fotografía 3: Salto del Tigre. Arroyo del Tigre.....	32
Fotografía 4: Paisaje de la cuenca alta norte.....	33
Fotografía 5: Nacimiento del río Quillín.....	33
Fotografía 6: Afloramiento de cuarzo en el Cerro Blanco.....	33
Fotografía 7: Complejo de rocas metamórficas de la cuenca media.....	34
Fotografía 8: Cerro Colorado.....	34
Fotografía 9: Vista aérea del río Quillín.....	35
Fotografía 10: Cauce del río Quillín.....	35
Fotografía 11: El río Quillín en su desembocadura.....	36
Fotografía 12: Característica de suelo somero y susceptible a la erosión.....	36
Fotografía 13: Estación meteorológica APRIH Rodeo de los Caballos.....	43
Fotografía 14: “Doppler on wheels” y equipamiento de RELAMPAGO.....	50
Fotografía 15: Bosque de tabaquillo y maitén. Arroyo del tigre.....	52
Fotografía 16: Tabaquillo (<i>Polylepis australis</i>)	53
Fotografía 17: Maitén (<i>Maytenus boaria</i>)	53
Fotografía 18: Pastizal de <i>Poa Stuckertii</i>	54
Fotografía 19: Festuca de las sierras (<i>Festuca hieronymi</i>) en pastizal de altura.....	55
Fotografía 20: Rebrote de <i>Poa stuckertii</i> después de un incendio	55
Fotografía 21: Espartillo amargo (<i>Elionorus muticus</i>), Flechilla (<i>Nassella neesiana</i>), Pasto aguja (<i>Piptochaetium montevidense</i>) y Paja colorada (<i>Paspalum quadrifarium</i>).....	55
Fotografía 22: El coco (<i>Zanthoxylon coco</i>)	56

Fotografía 23: Romerillo (<i>Baccharis linearis</i>)	57
Fotografía 24: Cola de quirquincho (<i>Lycopodium saururus</i>), Senecio (<i>Senecio ceratophilloides</i>), lagaña de perro (<i>Caesalpinia gilliesii</i>) y Tola tola (<i>Colletia spinossisima</i>).....	57
Fotografía 25: Arbustal de carquejilla (<i>Baccharis articulata</i>).....	57
Fotografía 26: El espinillo (<i>Vachellia caven</i>)	58
Fotografía 27: Sófora (<i>Sophora linealifolia</i>)	58
Fotografía 28: El molle (<i>Lithraea molleoides</i>)	59
Fotografía 29: Bosques prístinos en zona de Cañada del Sauce.....	59
Fotografía 30: : Relicto de quebracho blanco (<i>Aspidosperma quebracho-blanco</i>).....	60
Fotografía 31: Pedemonte en zona de Villa Quillinzo.....	61
Fotografía 32: Mallín de valle.....	62
Fotografía 33: Mallín de valle zona de Las Puchicanas.....	64
Fotografía 34: Mallín en Puesto el Tono.....	66
Fotografía 35: Mallín Las Vizcacheras.....	67
Fotografía 36: Mallín degradado. Huerta vieja.....	68
Fotografía 37: La hacienda al pisar amasa el ojo del mallín. Cerro Colorado.....	68
Fotografía 38: Toma de muestras de suelo	72
Fotografía 39: Fotografías satelitales de G. Earth Pro de los mallines previamente identificados...	73
Fotografía 40: La tierra de los mallines también se utilizó para la construcción.....	78
Fotografía 41: Mallín erosionado.....	79
Fotografía 42: Represa de decantación de arcillas.....	83
Fotografía 43: Represa de decantación de arcillas.....	83
Fotografía 44: Fitodepuración de aguas	83
Fotografía 45: Agua depurada para reutilización.....	84
Fotografía 46: Construcción de terraza con los escombros de la cantera.....	84
Fotografía 47: Viñedo Alma Minera.....	84
Fotografía 48: Río Quillinzo	91
Fotografía 49: Toma de muestras.....	94
Fotografía 50: Identificación y recuento de invertebrados bentónicos.....	96

Fotografía 51: Equipo de monitoreo.....	96
Fotografía 52: Muestreo de peces.....	99
Fotografía 53: Peces del río Quillinzo.....	100
Fotografía 54: Sitio arqueológico Cañada del Sauce.....	106
Fotografía 55: Pirca zona Pueblo Escondido.....	108
Fotografía 56: Refugio de los contrabandistas.....	108
Fotografía 57: Escuela 25 de Mayo- Cerro Colorado.....	118
Fotografía 58: Planta de tratamiento de RSU Cañada Grande.....	121
Fotografía 59: Ganadería de cría.....	123
Fotografía 60: Pastoreo en un mallín.....	123
Fotografía 61: Forestación en la zona de Rodeo de los Caballos.....	130
Fotografía 62: Forestación atacada por barrenadores del floema del pino.....	132
Fotografía 63: Forestación de álamos en Pasito hondo.....	134
Fotografía 64: Mina La Maga	138
Fotografía 65: Acacia negra y falso cafeto.....	143
Fotografía 66: Control de la pesca deportiva de trucha.....	150
Fotografía 67: Rana toro.....	152
Fotografía 68: Bar típico de la cuenca del río Quillinzo.....	155
Fotografía 69: Naranjero.....	158
Fotografía 70: Monterita cabeza negra.....	159
Fotografía 71: Adaptación de la Poa stucketti a los incendios.....	160
Fotografía 72: Incendio forestal.....	162
Fotografía 73: Conflicto del Loteo de Cañada del Sauce.....	181
Fotografía 74: Área demarca del Amparo ambiental.....	181
Fotografía 75: Cabañas destruidas.....	184
Fotografía 76: Destrucción del puente Videla	185
Fotografía 77: Vivienda destruida a la vera del río Quillinzo.....	185
Fotografía 78: Estación limnimétrica Aprhi Puente Ruta 23.....	186

Quillinzo: Agua, paisaje y comunidad en busca de una gestión regenerativa.

Un estudio sociohidrológico para una gobernanza participativa de las cuencas serranas. Córdoba, Argentina.

1. Introducción

“Del agua brotó la vida. Los ríos son la sangre que nutre la tierra, y están hechas de agua las células que nos piensan, las lágrimas que nos lloran y la memoria que nos recuerda.” (Galeano, 2012)

Con estas palabras, Galeano nos invita a pensar el agua no solo como recurso, sino como sustancia vital que atraviesa la biología, la emoción y la historia.

En un escenario cada vez más cercano, marcado por la progresiva escasez de agua potable y la intensificación de los efectos del cambio climático, las cuencas de montaña emergen como territorios estratégicos. Su rol como zonas de recarga hídrica, proveedoras de agua pura y reguladoras del ciclo hidrológico, las convierte en activos ecológicos de alto valor en un contexto donde el agua dejará de ser un recurso abundante para convertirse en bien escaso, disputado y clave en la gestión pública.

En la provincia de Córdoba, Argentina, esta lógica se expresa con particular intensidad en las cuencas serranas, donde la interacción entre relieve, vegetación nativa, diversos usos del suelo y dinámicas sociales complejas configura sistemas altamente sensibles y vulnerables. La cuenca del río Quillinzo (Fig. 1), como ejemplo paradigmático, debe ser comprendida como patrimonio hídrico estratégico y como un “banco de agua”, por su capacidad de acumular, regular y distribuir agua de calidad. Este territorio, como síntesis viva de procesos naturales, sociales y normativos, demanda una gestión compleja que articule saberes locales, evidencia técnica y marcos legales orientados a su protección como fuente de vida, memoria territorial y proyección intergeneracional. Su conservación resulta crucial para garantizar la disponibilidad futura, la equidad territorial (Bret, 2013) y su

sostenibilidad. La pureza del agua que fluye desde estos sistemas serranos es una expresión de la salud integral del ecosistema. Interpretar y valorar a la cuenca con este enfoque implica asumir una ética del cuidado que incorpore la responsabilidad intergeneracional, entendida como el deber de preservar los bienes comunes para las generaciones futuras. En contraposición al pensamiento cortoplacista que domina muchas decisiones públicas y privadas, el filósofo Roman Krznaric propone adoptar horizontes de al menos cien años como estándar mínimo para toda política que incida sobre las generaciones futuras, invitando a pensar desde una ética del legado y de responsabilidad intertemporal (Krznaric, 2020).

En palabras de Elinor Ostrom, Premio Nobel de Economía 2009, “los recursos comunes pueden ser gestionados de forma sostenible cuando las comunidades desarrollan instituciones robustas que se adaptan a sus condiciones locales” (Ostrom, 2000). En esta línea, se incorpora como referencia conceptual el recientemente propuesto Índice de Relación con la Naturaleza (IRN) (Ellis et al., 2025) dirigido por científicos de la Universidad de Oxford y donde participó la investigadora del CONICET Sandra Díaz, referente internacional en ecología funcional y justicia ambiental, que busca evaluar cómo prosperan juntas las personas y la naturaleza. Este índice no se limita a medir el daño ambiental evitado, sino que propone valorar la calidad del vínculo entre las sociedades humanas y el mundo vivo, integrando dimensiones como el acceso equitativo a ecosistemas saludables, el uso cuidadoso de los recursos y la protección institucional de la vida no humana.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General:

Caracterizar el sistema paisajístico y socioambiental de la cuenca del río Quillinzo, para contribuir al diseño de estrategias de una gestión sustentable.

2.2. Objetivos Específicos:

- Describir biofísicamente y cartografiar la cuenca del río Quillinzo.
- Identificar y caracterizar los elementos frágiles o vulnerables de la cuenca.
- Analizar aspectos socioeconómicos actuales y de la historia del territorio, y sus transformaciones.
- Releva el marco normativo vigente aplicado a la cuenca.
- Modelar el comportamiento hidrológico de la cuenca ante eventos extremos.
- Identificar y ordenar los problemas de la cuenca del río Quillinzo mediante la técnica de Árbol de Problemas.
- Proponer lineamientos para una gestión multiactoral integrada y participativa.

3. La cuenca como territorio hidrosocial

Una cuenca hidrográfica puede definirse como el territorio donde toda el agua proveniente de la lluvia, el deshielo o cualquier otra fuente fluye hacia un punto común, ya sea un río principal, lago, embalse o el océano, delimitado por divisorias de aguas como montañas o colinas que actúan como barreras naturales (Brichi y Degioanni, 2006). Esta configuración física, sin embargo, representa solo una dimensión del sistema.

Desde una perspectiva ecológica, la cuenca constituye una unidad territorial compleja, integrada por componentes interconectados que interactúan en el ciclo del agua. Según Chorley et al. (1984) estos componentes incluyen:

- Divisorias de aguas: fronteras naturales que delimitan el sistema.
- Vías de escurrimiento: vertientes, arroyos y ríos que canalizan el flujo hídrico.
- Lagos y embalses: cuerpos de agua que almacenan el recurso.
- Acuíferos: reservas subterráneas que regulan la disponibilidad hídrica.
- Suelo y vegetación: elementos que modulan infiltración, escorrentía y erosión.
- Zonas de recarga y descarga: áreas clave en la dinámica subterránea del agua.

El paisaje, entendido como matriz biofísica y cultural, desempeña un rol esencial en el funcionamiento de la cuenca. Las formas del relieve determinan los patrones de escurrimiento, mientras que la vegetación favorece la infiltración y la estabilidad del suelo. A su vez, el agua modela el paisaje, generando una relación de co-evolución entre procesos naturales y humanos.

En este sentido, la cuenca debe ser comprendida como un territorio hidrosocial, donde las dinámicas sociales, históricas y culturales se entrelazan con los procesos hidrológicos. Las actividades humanas (urbanización, uso del suelo, prácticas productivas) alteran el régimen hídrico original y la calidad del agua; al tiempo que el acceso y disponibilidad del recurso condicionan los modos de vida y las economías locales (Boelens et al., 2016).

En la Figura 1, se presenta la cuenca del río Quillinzo, la cual comprende un área de 611 km².

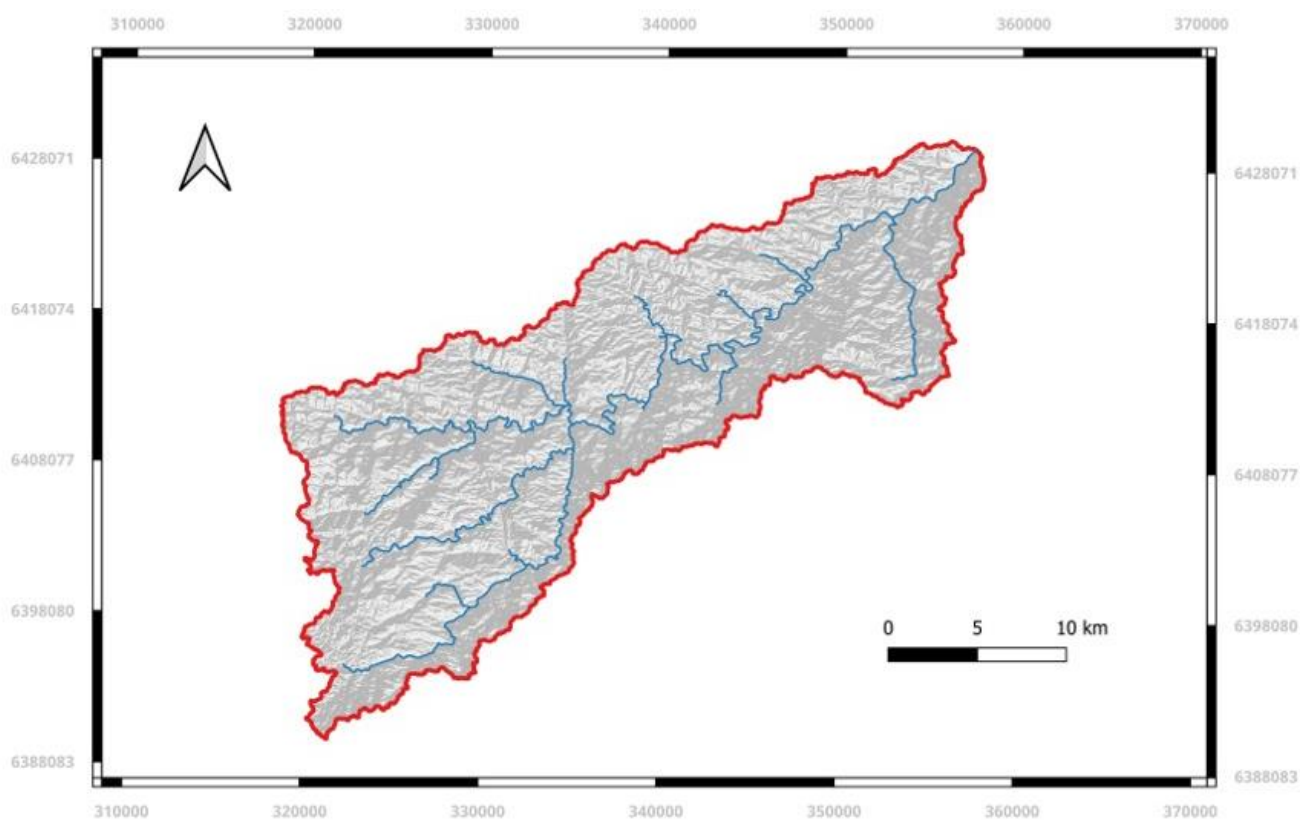


Figura 1. La cuenca del río Quillinzo. Elaboración propia

4. Descripción biofísica

4.1. Área de estudio

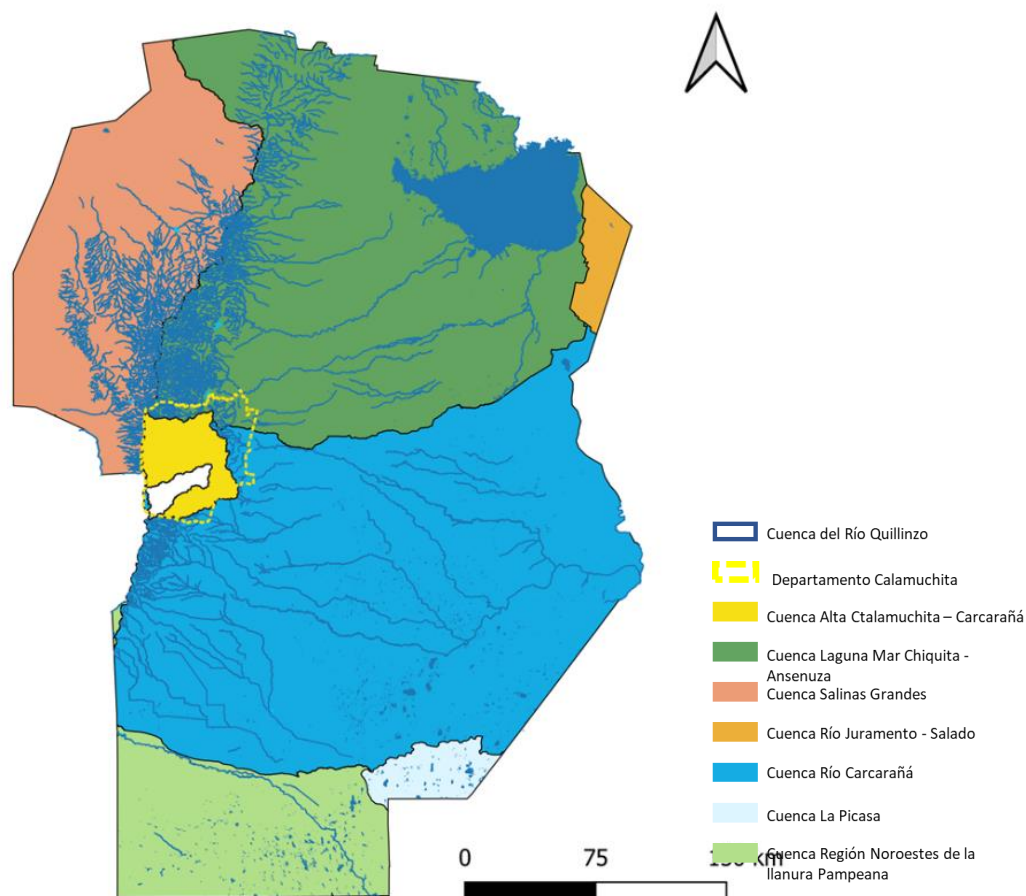


Figura 2: Mapa de ubicación de la cuenca del río Quillínz. Elaboración propia.

La Cuenca del río Quillínz se ubica en la provincia de Córdoba y en una pequeña porción en provincia de San Luis, en las Sierras de Comechingones, Calamuchita (Figura 2). Limita al oeste con la provincia de San Luis en el filo de las Sierras Grandes y al sur con la Cuenca del Río Cuarto. Tiene una superficie de alrededor de 62.000 has. Integra la naciente de la cuenca Ctalamuchita-Carcarañá junto a las subcuencas de los ríos De la Cruz, Río Grande, Santa Rosa, Las Vacas, Amboy y La Dormida. Es una cuenca interprovincial exorreica que desemboca en el Embalse

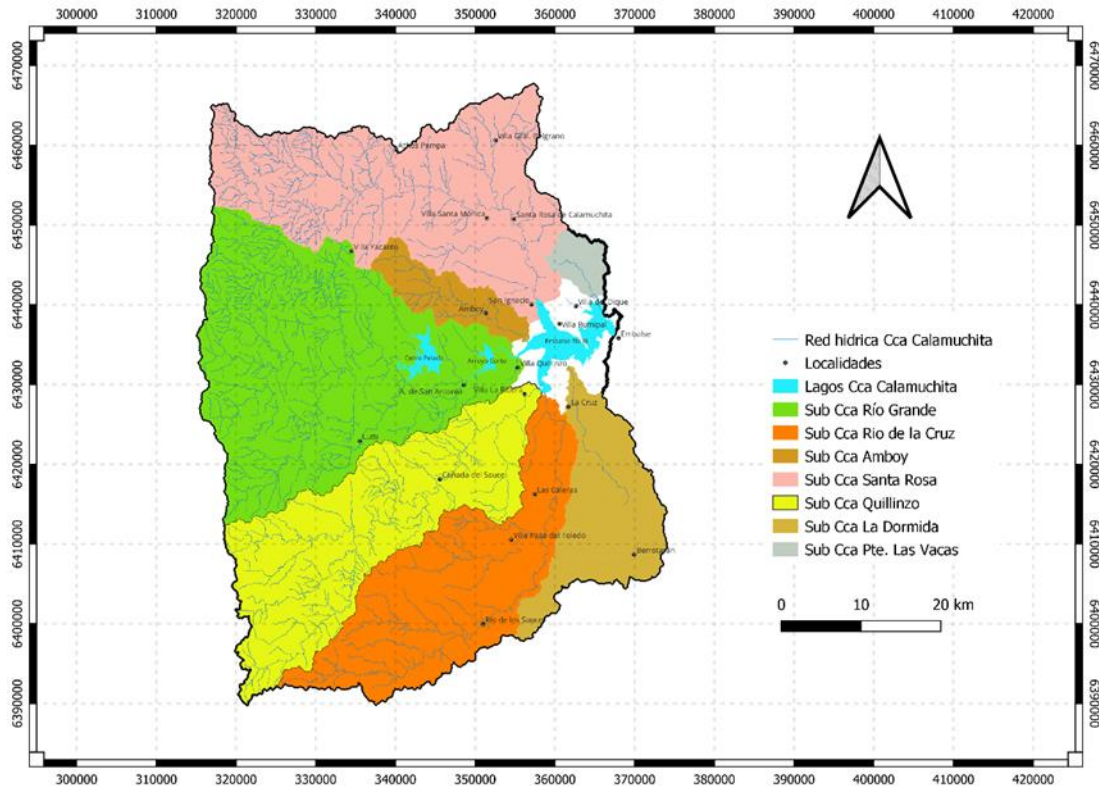


Figura 3: Mapa de la Cuenca de Calamuchita. Elaboración propia.

Su gestión global depende de la Comisión Interjurisdiccional de la Cuenca del Río Carcarañá (CIRC) creada en el año 2016 y conformada por las provincias de Córdoba (ley 10374), Santa Fe (ley 13656) y el estado Nacional a través del Consejo Hídrico Federal (COHIFe)

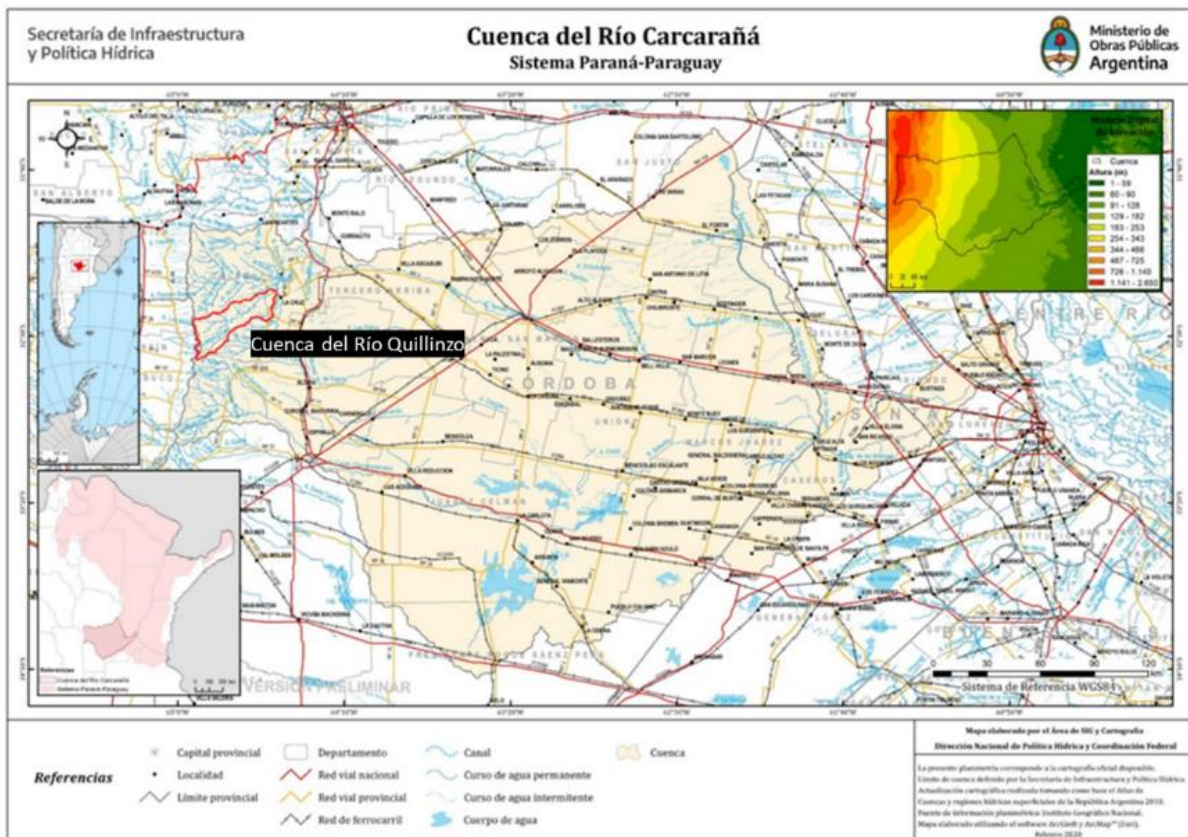


Figura 4: Mapa de la Cuenca del Río Paraná. Ministerio de Obras Públicas de la Nación.

Políticamente, el área pertenece al departamento Calamuchita, siendo la localidad de San Agustín su cabecera. Se encuentra comprendida por las pedanías Cañada del Álvarez y parte de Río de los Sauces, estructuras político-administrativas encargadas de organizar la jurisdicción territorial y la gestión local. Asimismo, integra la Comunidad Regional Calamuchita, creada en 2004 mediante la Ley Provincial N.º 9.206, entidad que reúne a los municipios y comunas del departamento con el propósito de coordinar acciones y promover el desarrollo regional.

4.2. Delimitación de la cuenca

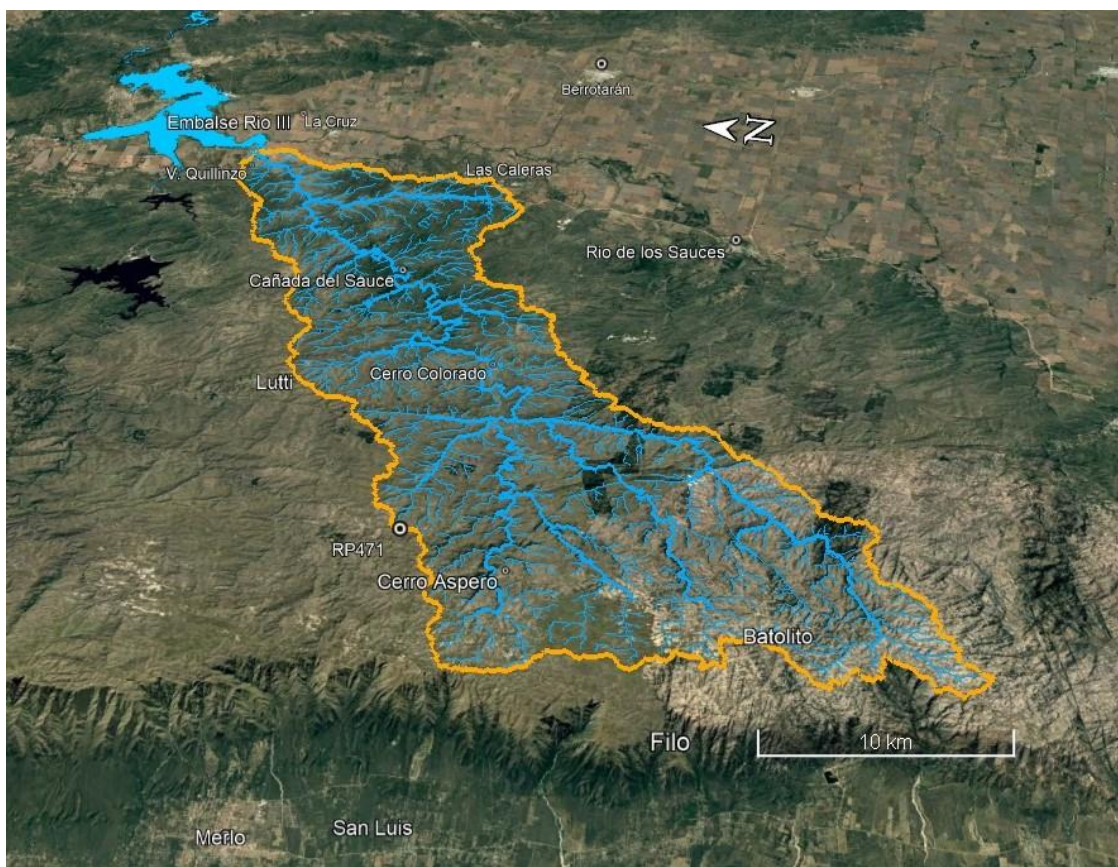


Figura 5: Delimitación de la cuenca del río Quillínz – Elaboración. Propia.

La cuenca del río Quillínz limita al oeste con la Provincia de San Luis en el Filo, donde está el punto más alto de toda la cuenca, 2255 m snm a 5,5 km al noroeste del Cerro Áspero. ($32^{\circ}24'34.8''S$ $64^{\circ}55'25.7''W$) cercano al Puesto de Tono Albornoz. Siguiendo por el Filo hacia el sur 22.1 km se encuentra el punto más lejano de la cuenca, en el Batolito del Cerro Áspero, ($32^{\circ}36'37.1''S$ $64^{\circ}53'18.0''W$) limitando con la cuenca alta del Río Cuarto. El límite norte está bien delimitado, ya que está atravesado casi en su totalidad por la Ruta Provincial 471, camino interprovincial sin pavimentar que une la localidad de Embalse con Merlo (San Luis). El límite Sureste va desde el Batolito del Cerro Áspero, el sur del Cerro Colorado hasta Las Caleras. La desembocadura se produce en el Embalse de Río III cercano a Villa Quillínz a 532 m snm ($32^{\circ}15'58.1''S$ $64^{\circ}29'55.3''W$) donde se une con el Río La Cruz.

4.3. Red hídrica

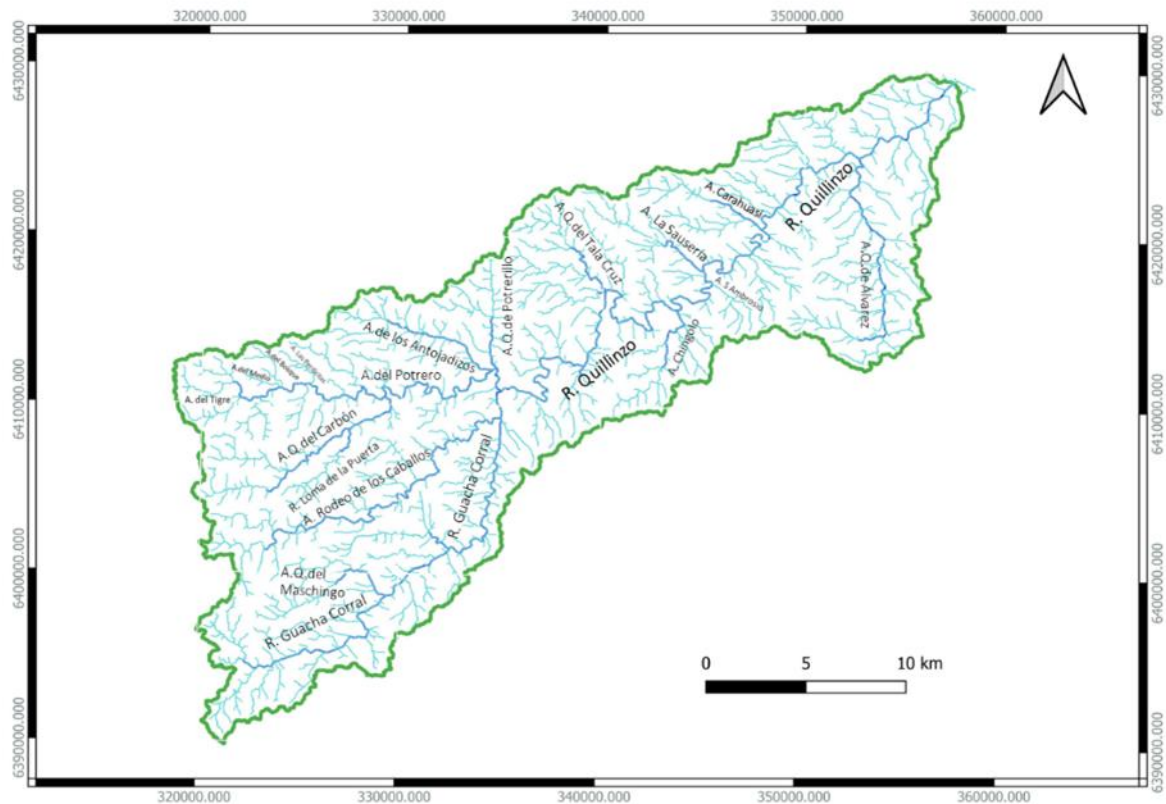


Figura 6: Red hídrica del río Quillínz. Elaboración propia.

En el libro Geografía Física de la Provincia de Córdoba en la página 167 (Vázquez, Miatello, & Roqué, 1979) se explica cómo se conforma el río Quillínz:

Las nacientes del río Quillínz abarcan el área de las pendientes orientales de la Sierra de Los Comechingones, comprendida entre unos cuatro kilómetros al sur del Cerro El Tren y el Cerro de Oro. De los flancos del noreste de este último bajan una serie de corrientes, que unidas a las que avenan el borde oriental del Cerro de Los Toros Muertos, como el arroyo de la Quebrada Maschingo, van a formar el río Guacha Corral. Corre hacia el noreste y a la altura del cerro La Aguada toma rumbo al norte por la Quebrada de Potrerillos y a seis kilómetros aumenta su caudal con el arroyo Rodeo de los Caballos. Un kilómetro y medio al norte, y luego de pasar el Pueblito, junta las aguas de la parte septentrional, por medio del arroyo del Potrero. A este concurren, entre muchos otros, los de la Quebrada del Potrerillo, de los

Atajadizos, Las Perdicitas, del Bosque, del Medio y el de la Quebrada del Carbón. Desde la confluencia del río de Guacha Corral con el arroyo del Potrero el colector corta la pendiente oriental y se dirige hacia el noreste hasta el arroyo Quebrada Rodeo Viejo, donde tuerce al este, incorpora el curso de la Quebrada de Tala Cruz, y unos tres kilómetros más adelante cambia de rumbo hacia el noreste, recibiendo por su margen izquierda al arroyo Carahuasi. A unos tres kilómetros, nuevamente sigue el rumbo noreste y tras de recoger el arroyo de la Quebrada de Álvarez por el sur, vuelca sus aguas en El Embalse.

4.4. Dimensiones y parámetros:

La cuenca presenta una morfología alargada (factor de forma), característica general de las cuencas de las Sierras de Córdoba. Esta configuración de mayor recorrido de los cauces, favorece crecientes de menor magnitud y más prolongadas en el tiempo, en comparación con cuencas de forma redondeada (aquellas con un factor de forma cercano a 1), donde los escurrimientos tienden a ser más abruptos. (Tabla 1)

Medidas y Parámetros de forma		
Area (A)	61170	has
Perímetro (P)	182	km
Longitud axial (La)	53	km
Ancho promedio (Ap)	11,5	km
Factor de forma	0,22	alargada
Coef. Compacidad de Gravelius (Kc)	2,06	rectangular oblonga
Parámetros de relieve		
Elevación máxima	2255	msnm
Elevación promedio	1071	msnm
Elevación mínima	532	msnm
Pendiente máxima	31	%
Pendiente promedio	8,2	%
Orientación	norte	
Parámetros de la red hidrográfica		
Longitud del río	99,7	km
Caudal medio	12	m ³ /s
Caudal máximo medido *	1040	m ³ /s
Pendiente media del cauce	14	%
Densidad de drenaje (Dd)	0,29	

* creciente 22 de marzo de 2023 -Estación AprHi Puente RP23

Tabla 1: Caracterización de los parámetros de la cuenca del río Quillínzo

El coeficiente de compacidad de Gravelius es adimensional (similar al anterior de forma) se compara con la forma de un círculo; también determina el tiempo de concentración.

La orientación norte le da a la cuenca mayor cantidad de horas de luz y mayor evaporación y evapotranspiración (Figura 7), determinado la vegetación. (Gáspari et. al, 2010).

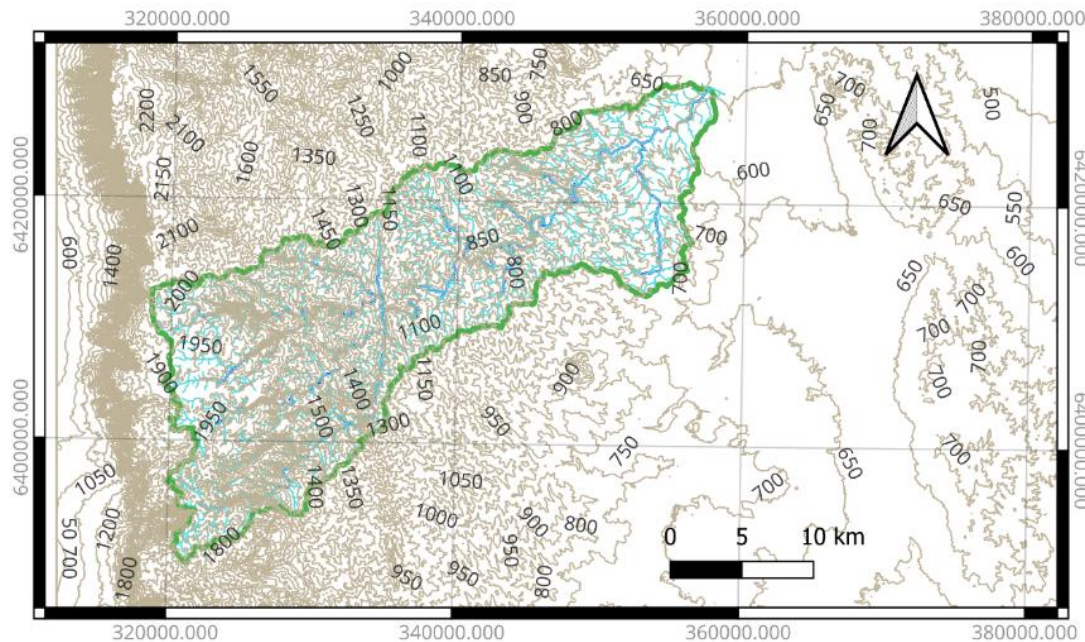


Figura 7: Mapa de altitudes de la cuenca del río Quillínz. Elaboración propia.

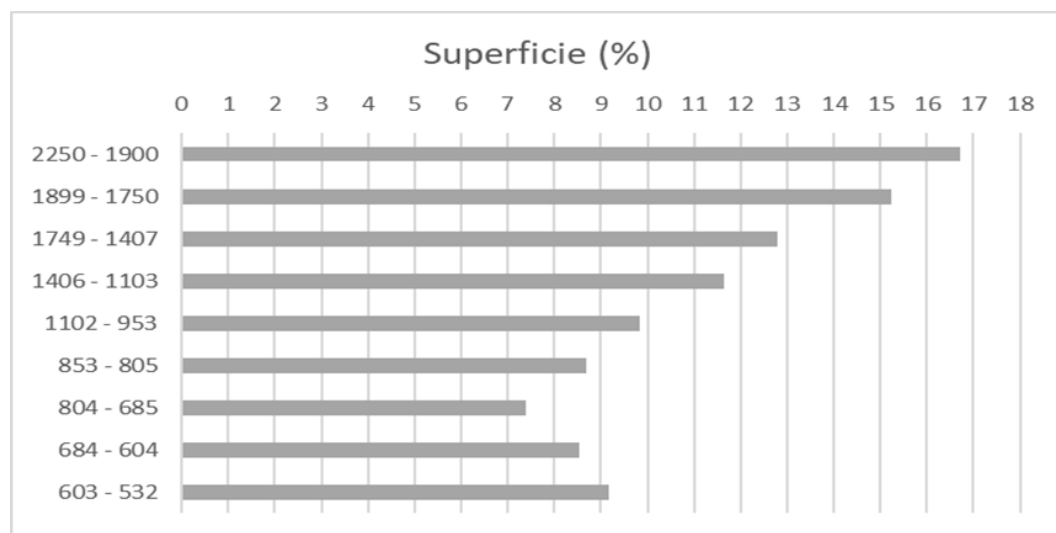


Figura 8: Histograma de altitudes frecuentes de la cuenca del río Quillínz.

El histograma de frecuencias altimétricas frecuentes y el gráfico de curva hipsométrica refleja que el 50 % del territorio superficie está por encima de los 1200 m s.n.m. (Figura 8).

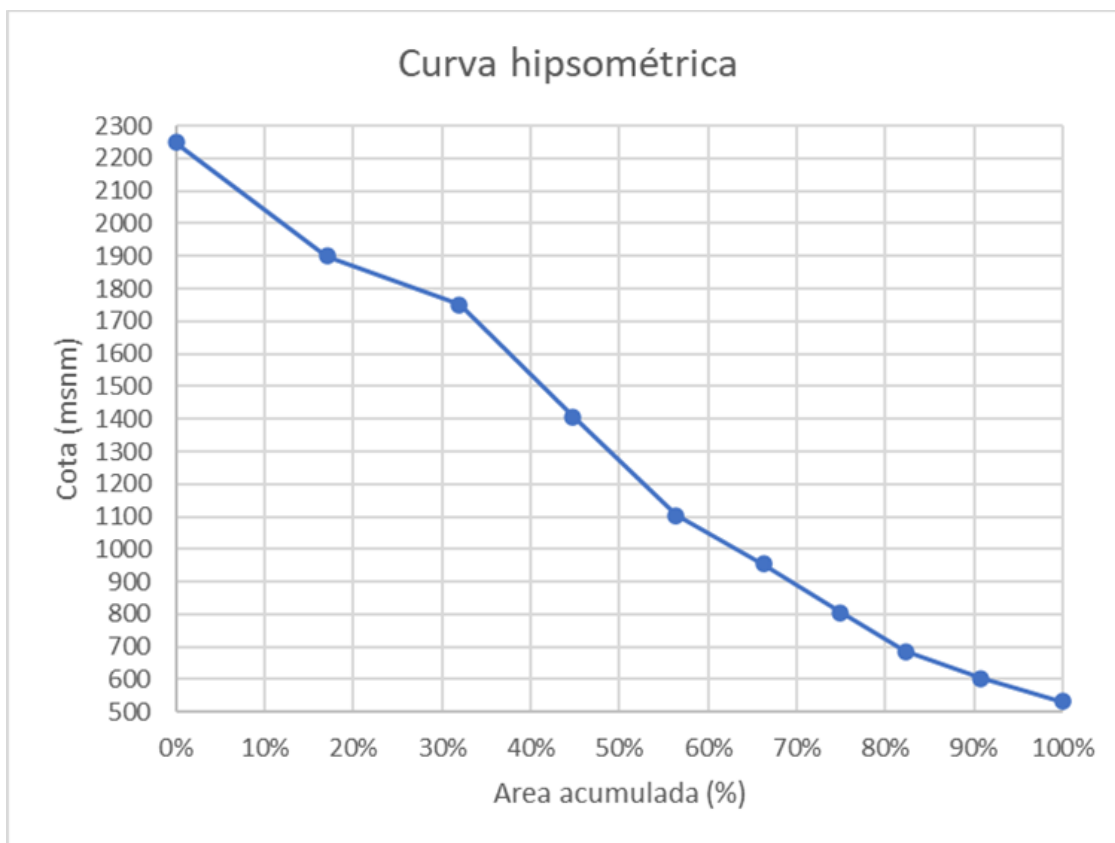


Figura 9: Curva hipsométrica de la cuenca del río Quillínz.

Al igual que el análisis anterior el gráfico de curva hipsométrica (Figura 9), refleja que el 50 % del territorio superficie está por encima de los 1200 m s.n.m.

4.5. Subcuencas

Con el propósito de facilitar su estudio y gestión, la cuenca del río Quillínz fue subdividida en siete subcuencas (Figura 10), delimitación realizada en función de criterios hidrológicos y geomorfológicos. Esta división constituye la base estructural para el desarrollo de la modelación hidrológica mediante el programa HEC-HMS, cuyos resultados se presentan en capítulos posteriores.

El aporte hídrico de cada subcuenca fue estimado a partir de dicha modelación. Tal como se expone en el Capítulo 11, dedicado específicamente a la modelación hidrológica, esta información ofrece una primera aproximación a la contribución relativa de cada subcuenca en el caudal del río Quillín y en su dinámica (Tabla 2).

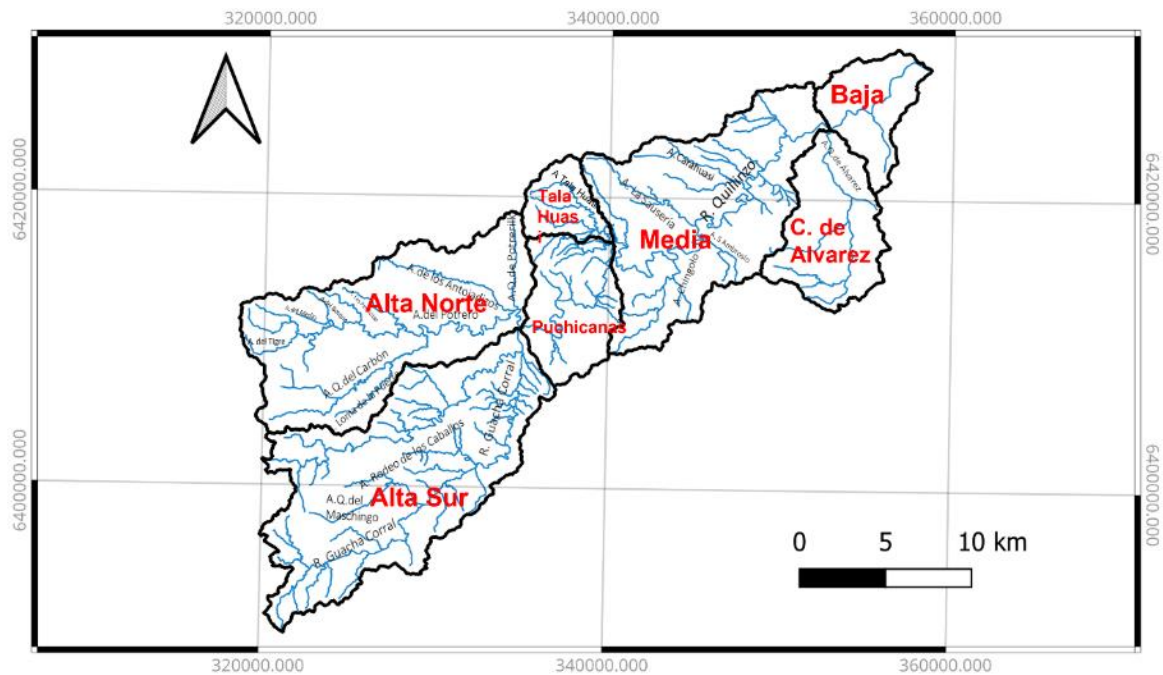


Figura 10: Mapa de subcuencas

Subcuenca	Superficie has	Superficie %	Aporte hídrico
A.Norte	14260	23%	21%
A.Sur	17320	28%	31%
C.Colorado	4620	8%	7%
Tala_Cruz	2020	3%	4%
Cca Media	13980	23%	21%
C.Alvarez	5590	9%	10%
Cca Baja	3360	5%	6%
Total	61140		

Tabla 2: Dimensiones y aportes hídricos de las subcuencas

4.6. Geomorfología

Las Sierras de Córdoba se formaron a lo largo de millones de años debido a procesos geológicos complejos. Su origen se remonta al Paleozoico, cuando movimientos tectónicos levantaron grandes bloques de roca metamórfica. A través del tiempo, la erosión y otros factores fueron moldeando el relieve actual (Baldo 2014). Como consecuencia de estos procesos la cuenca del río Quillín toma características típicas de cuenca alta montaña con grandes desniveles entre la cumbre de los cerros y los valles, con importantes procesos erosivos y afloramientos rocosos. Estas estructuras geológicas definen la red de drenaje, arroyos y ríos recorren los patrones generados por las fracturas del basamento (Figura 11).

Considerando las estructuras geológicas que definen en gran parte la cuenca, se identifican los siguientes elementos: Las pampas de altura, el Batolito Cerro Áspero, la Faja de cizalla Guacha Corral en las subcuencas Alta Norte y Alta sur, los complejos de rocas metamórficas a partir de la subcuenca del Cerro Colorado y el relleno sedimentario de origen fluvial y eólico en la subcuenca baja.

En la Subcuenca Norte se encuentran las altitudes más elevadas de la cuenca que oscilan entre los 1.800 y 2.150 m.s.n.m. Es la divisoria que delimita las aguas que fluyen hacia el este, hacia la cuenca del río Quillín, de aquellas que se dirigen al oeste, en dirección a la provincia de San Luis. Es un área de relieves semiplanos y cumbres suavizadas, comúnmente denominadas pampas de altura. En este sector, el basamento cristalino, compuesto por rocas graníticas y metamórficas, se encuentra parcialmente cubierto por finos sedimentos conocidos como loess; conformando una extensa zona de mallines que cumplen una importante función de retención de agua y recarga de acuíferos (Ulla, Prámparo y Núñez, 2025).

El Batolito Cerro Áspero, ubicado en la cuenca Alta Sur de las Sierras de Córdoba, constituye un cuerpo ígneo de aproximadamente 44.000 hectáreas, con una morfología semicircular. Su origen se remonta al lento enfriamiento profundo de magma durante procesos geológicos del Paleozoico, lo que dio lugar a un relieve caracterizado por crestas, domos y colinas onduladas, fuertemente influenciado por un intenso fracturamiento tectónico. La erosión del agua y el viento, han modelado formas graníticas distintivas como bloques apilados y cavidades. Las rocas

predominantes son monzogranitos y leucogranitos, compuestos de cuarzo, feldespatos y micas, con minerales accesorios como apatita y circón. (Pinotti, 2014).

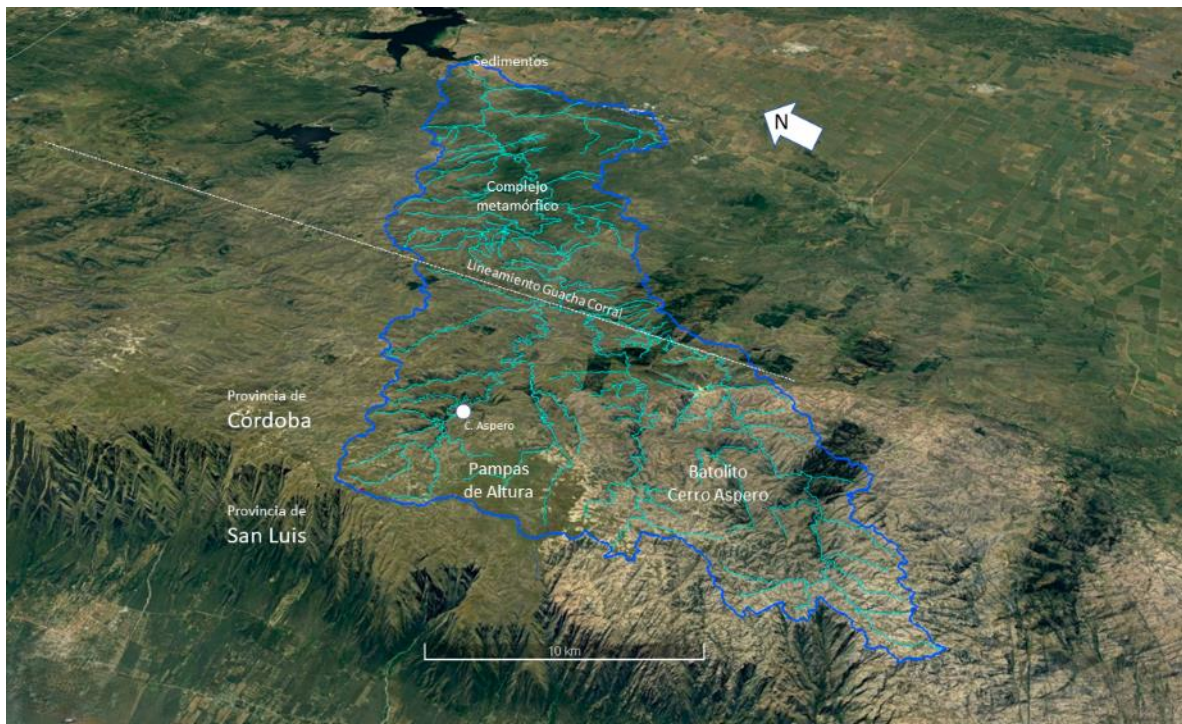


Figura 11: Geomorfología cuenca del río Quillínz - Elaboración propia

La falla de Guacha Corral, también conocida como faja de cizalla Guacha Corral, constituye una estructura geológica de gran relevancia en las Sierras Pampeanas Orientales, fundamental en la evolución tectónica regional, ya que generó espacios propicios para el emplazamiento de cuerpos magmáticos y condicionó la orientación de las rocas encastradas.

Su deformación progresiva ha sido clave en la disposición de minerales y estructuras geológicas en el área. Se extiende aproximadamente 120 km de largo y entre 10 y 15 km de ancho, con una orientación noroeste-sureste y un buzamiento (filón inclinado hacia el este de 25° a 50°). Esta faja de cizalla ha jugado un papel importante, marca un límite estructural que yuxtapone terrenos con historias metamórficas diferentes.

La falla de Guacha Corral tiene un impacto significativo en la red hídrica de la cuenca debido a su influencia en la disposición del relieve y a su estructura geológica. Al

actuar como una zona de fractura, puede modificar el flujo de agua subterránea y superficial, creando áreas de acumulación o desviación de corrientes (Figura 9). Además, su fragmentación facilita la infiltración de agua en el subsuelo, lo que puede afectar la recarga de acuíferos y la distribución de recursos hídricos en la región. (Ramos, 2000).

El Complejo Metamórfico La Falda se compone principalmente de gneises, esquistos y anfibolitas, con múltiples metamorfosis a lo largo de su historia geológica. Se lo encuentra asociado a otras unidades metamórficas.

A la salida de la cuenca encontramos un área de sedimentación con arena fina, limo y fango (Figura 12).

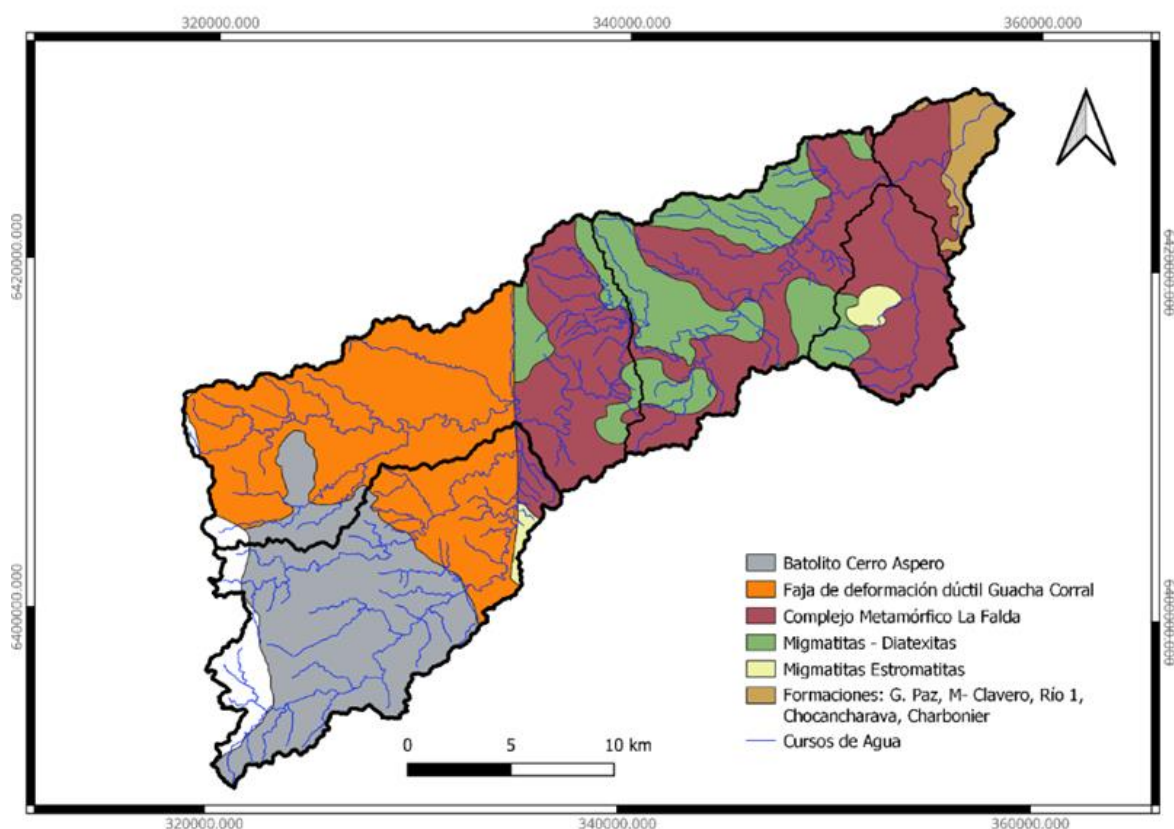


Figura 12: Geología de la cuenca del río Quillínzino- Elaboración propia. Fuente www.idecor.com.ar

En las fotografías del 1 al 11, ilustran para quienes no conocen el área de estudio, como es el paisaje, las nacientes de los arroyos, las aguas cristalinas, la vegetación, roquedales y la belleza del paisaje.



Fotografía 1: Vista del Cerro Áspero. Foto: Daniel Ulla.



Fotografía 2: Paisaje de la cuenca alta norte. Foto: Daniel Ulla.



Fotografía 3: Salto del Tigre. Arroyo del Tigre. Foto: Daniel Ulla.



Fotografía 4: Paisaje cuenca alta norte. Foto: Daniel Ulla.



Fotografía 5: Nacimiento del río Quillín. Unión del río Guacha Corral y del arroyo del Potrero. Se observa el lineamiento de la falla Guacha Corral. Foto: Daniel Ulla.



Fotografía 6: Afloramiento de cuarzo en el cerro Blanco. Foto: Daniel Ulla.



Fotografía 7: Complejo de rocas metamórficas de la cuenca media. Foto Monterita del Quillín.



Fotografía 8: Cerro colorado. Foto: Daniel Ulla.



Fotografía 9: Vista aérea del río Quillínz. Foto Monterita del Quillínz.



Fotografía 10: Vista de un tramo del cauce del río Quillínz. Foto: Daniel Ulla.



Fotografía 11: Río Quillín en su tramo final. Foto: Daniel Ulla

4.7. Suelos

Los suelos de la región a nivel general son entisoles y molisoles someros con alternancia de afloramientos rocosos (Fotografía 12).



Fotografía 12: Característica de suelo somero y muy susceptible a la erosión. Foto: Daniel Ulla.

Sus características se han reconocido en las Cartas de Suelo, Hoja 3366-12 Río de Los Sauces y Hoja 3366-18 Alpa Corral, donde se describen todas las unidades cartográficas señaladas en las cartas de suelo. Según su capacidad de uso (USDA) han sido inventariados como Clase VII_s y VII_{sc}, “suelos con muy graves limitaciones para el uso”, debido a factores como erosión extrema y pendientes, resultando también ineptos para cultivos. Su uso queda reducido exclusivamente como campos naturales de pastoreo, para bosques o refugio de fauna (Giayetto & Zak, 2019).

Son terrenos generalmente aptos solo para uso forestal o conservación.

En las mencionadas cartas de suelo se caracterizó la aptitud forestal (Tabla 3) a través de una escala tomando como base y adaptando el manual de Evaluación de Suelos de R. Earl Storie (1970); el cual propone una clasificación de la tierra para bosques maderables considerando fertilidad, profundidad del suelo y limitaciones físicas. Esta clasificación excluye las áreas de llanura de las cartas de suelo estudiadas. Esta clasificación excluye las áreas de llanura de las cartas de suelo estudiadas.

Clase	Clasificación	has	%
1	Excelente	1041	0,6
2	Buena	64727	36,4
3	Regular	68848	38,7
4	Baja	26738	15,0
5	No apta	16535	9,3

Tabla 3: Aptitud forestal de los suelos de las cartas de suelo Río de los Sauces y Alpa Corral (excluidas áreas de llanura).

A fines orientativos se elaboró este cuadro de variabilidad de las propiedades del horizonte superficial (Hang, Negro, Becerra, & Rampoldi, 2015) (Tabla 4).

	C. Alta	C. Media	C. Baja
Arcilla %	16 -24	< 8	8 - 16
Limo %	17 - 34	<17	17-34
Arena %	36 -54	> 72	36 -54
M.O. %	1,8 - 2,4	0,6 - 1,2	1,8 - 2,4
Nitrógeno total %	0,15 - 0,18	> 0,18	0,12 - 0,15
pH	6 - 6,5	6 - 6,5	6 - 6,5

Tabla 4: Variabilidad de las propiedades del horizonte superficial.

4.8. Dinámica erosiva

La cuenca alta se configura como una zona de recarga hídrica, con afloramientos de rocas cristalinas, fuertes pendientes y valles angostos. El escurrimiento superficial en esta área es rápido y concentrado, favorecido por las condiciones topográficas y la escasa retención del suelo.

Es una región donde los procesos erosivos son intensos, y donde el agua subterránea emerge a través de manantiales, indicando una estrecha interacción entre los sistemas superficial y subterráneo.

La zona de tránsito se caracteriza por pendientes moderadas y un ensanchamiento progresivo de los valles. Aquí, los cursos de agua adoptan un diseño meándrico, con tributarios más largos y anchos, lo que reduce la velocidad del escurrimiento y favorece el transporte de sedimentos. Esta área actúa como un corredor intermedio que modula la energía del flujo proveniente de la cuenca alta antes de alcanzar zonas de menor pendiente (Figura 13).

Finalmente, la zona de descarga está compuesta por extensas planicies aluviales con pendientes suaves. El escurrimiento superficial se vuelve más lento y se concentra en un único cauce colector, donde se registra el máximo caudal. Es en este sector donde predominan los procesos de sedimentación, especialmente de partículas finas como arenas, limos y arcillas, lo que la convierte en un área crítica para el control de inundaciones y la conservación de suelos (Ulla. Pramparo & Núñez, 2025).

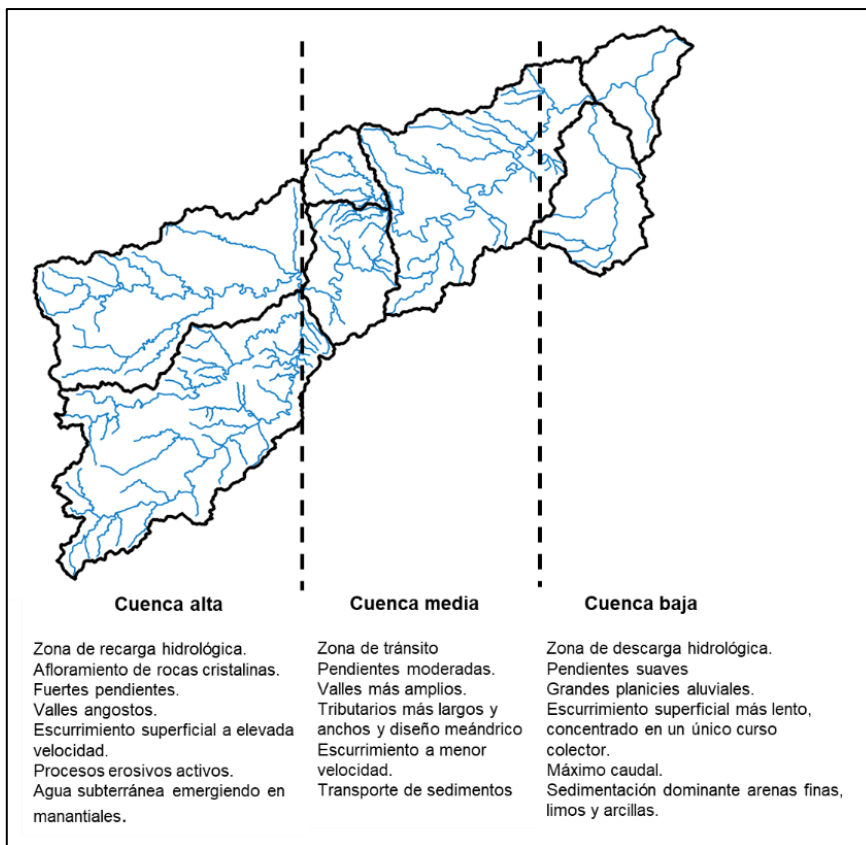


Figura 13: Dinámica erosiva de la cuenca del río Quillínz – Elaboración propia.

4.9. Climatología

4.9.1 Temperatura

El clima de la región puede caracterizarse como templado subhúmedo, con una marcada influencia orográfica y estacional. Presenta una temperatura máxima media anual de aproximadamente 20 °C, definida por una isoterma que atraviesa el área de norte a sur, con un gradiente térmico que aumenta hacia el este y disminuye hacia el oeste, en correspondencia con la altitud y la exposición solar. La temperatura mínima media anual se sitúa en torno a 9 °C en el sector sudeste, descendiendo progresivamente hacia el noroeste. Los veranos son cálidos y húmedos, con temperaturas que pueden alcanzar los 40°C, en contraste, los inviernos son fríos y secos, con temperaturas que pueden descender hasta -8°C, y

en las zonas más elevadas pueden registrarse nevadas ocasionales (INTA & MAGyRR., 1994).

En cuanto al régimen de heladas, se observa una marcada variabilidad altitudinal: en la mayor parte del área, el período de heladas se extiende desde la primera quincena de mayo hasta la primera quincena de septiembre, con un promedio de 240 días libres de heladas. Sin embargo, en sectores ubicados entre 1300 y 1800 m s.n.m., dicho período se amplía desde abril hasta octubre, reduciendo a 150 los días libres de heladas,

4.9.2 Precipitaciones

Las lluvias presentan un gradiente altitudinal. A partir de los 1000 m s.n.m, los registros meteorológicos indican un promedio anual superior a 1000 mm, de los cuales el 83% ocurre entre octubre y marzo.

En la serie de datos disponible en el Servicio de Información Hidrográfica del Instituto Nacional de Agua que comprende el período 1994 hubo picos de valores máximos que superan 50% la media (Tabla 5). En febrero de 2014 las estaciones del SNIH- INA registraron lluvias muy significativas: El Manzano 641 mm, La Puente 433 y Lutti 533 mm. En Rodeo de las yeguas hay registros de 492 mm en el mes de enero (INTA & MAGyRR., 1994).

Estación	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Med.	Max
La Puente ¹	1994-2019	183,5	193,8	163,5	94,2	30,3	14,3	8,1	10,7	33,3	88	145,1	180,7	1128	1781
Lutti ¹	1994-2019	171,6	167,3	152	86,6	29,1	13,3	8,8	8,8	29,1	77,4	145,9	147,8	1029	1512
El Manzano ¹	1994-2019	181,4	207,9	165,8	91,2	32,5	12,6	8,7	10,5	33,6	95,4	158,8	174,6	1157	1572
La Florida ¹	1994-2019	185,3	168,9	162,5	96,2	27,5	10,3	8,6	8,5	31,7	70,3	148,6	166,6	1077	1525
Rodeo de los Caballos ²	1970-1992	191	153	159	88	33	41	14	24	42	90	132	173	1140	1610

Tabla 5: Precipitaciones medias mensuales en subcuencas altas en mm. Fuentes 1: SNIH-INA. 2: Carta de suelo Hoja 3366-12

Por debajo de los 800 m se puede referenciar Río de los Sauces (Tabla 6).

MES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	ANUAL
Precip. Media (mm)	121	97	121	39	18	11	15	14	40	64	95	164	799
Máxima (mm)	224	188	286	107	69	49	120	41	137	158	194	316	1016
Mínima (mm)	35	22	31	5	0	0	0	0	6	2	28	32	412
Desv. Stand, (mm)	55	37	67	27	19	12	27	15	39	42	44	65	174
Coef. Variación (%)	45	38	55	69	106	109	180	107	97	66	46	40	22

Tabla 6: Régimen Pluviométrico Río de los Sauces. (INTA & MAGyRR., 1994)

A partir de los datos climáticos disponibles y del mapa de precipitaciones elaborado por Capitanelli (1979), es posible delinear un mapa de isohietas representativo de la cuenca (Figura 14).

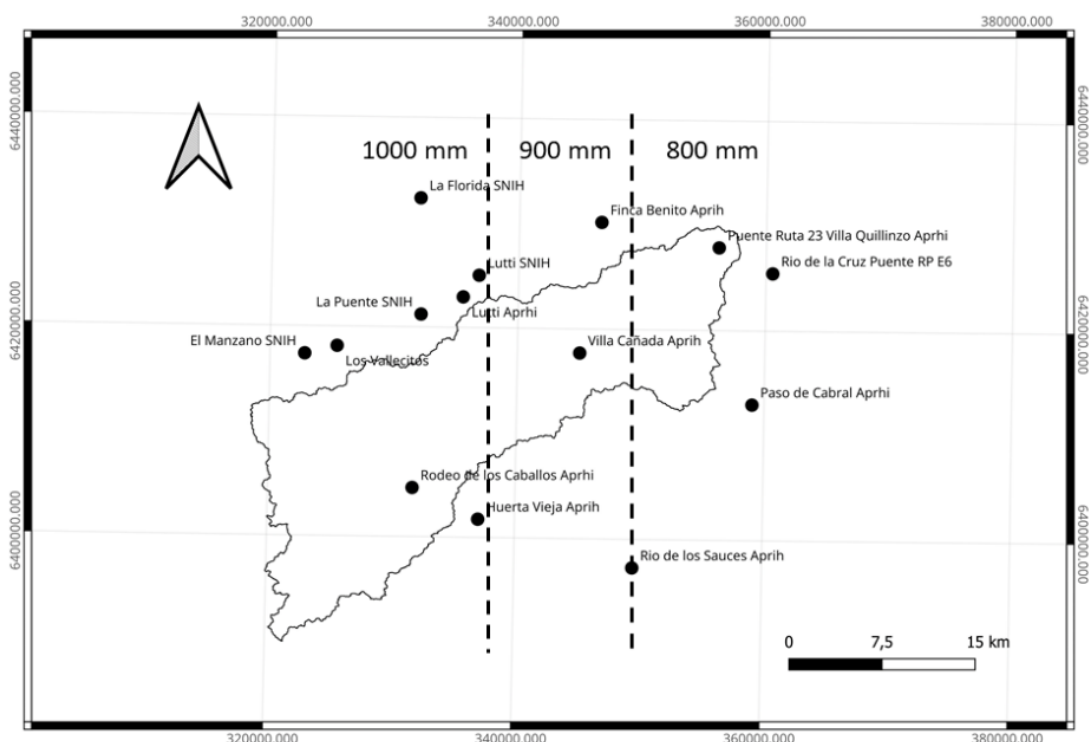


Figura 14: Isohietas aproximadas en base a datos de las estaciones meteorológicas de la región. Elaboración propia. Fuentes Aprih, SNIH-INA, INTA & MAGyRR y Capitanelli (1979).

4.9.3.1 Estaciones meteorológicas

El área de la cuenca cuenta con una buena infraestructura de monitoreo hidrometeorológico, conformada por redes nacionales, provinciales y locales. Por un lado, el Sistema Nacional de Información Hídrica (SNHI), dependiente del

Instituto Nacional del Agua (INA), opera estaciones en El Manzano, La Puente y Lutti (Instituto Nacional del Agua, 2025). Por otro lado, se destaca la red automática de la Administración Provincial de Recursos Hídricos (APRHI), que dispone de estaciones meteorológicas automáticas equipadas con sensores eléctricos y sistemas de telemetría que transmiten datos en tiempo real cada 10 minutos (Figura 15).



Figura 15: Estaciones meteorológicas.

Estas estaciones están distribuidas en área de estudio, incluyendo: Cuenca Letanías–Vallecitos, Cuenca Lutti, Rodeo de los Caballos, Cuenca Alta del Río de los Sauces–Huerta Vieja, Cañada del Sauce, Río de la Cruz–Paso Cabral y Finca Benito.



Fotografía 13: Estación meteorológica APRHI Rodeo de los Caballos. Foto: Daniel Ulla

Las variables registradas comprenden: temperatura del aire y del suelo, precipitación, humedad relativa, radiación solar (total e incidente), velocidad y dirección del viento, presión atmosférica, punto de rocío, sensación térmica y evaporación. Complementariamente, se cuenta con dos estaciones limnimétricas automáticas, de particular relevancia para la medición de caudales y el análisis de la dinámica hidrológica del río Quillínz, ubicadas en desembocadura de los ríos Río de la Cruz (Puente RP E61) y el río Quillínz (Puente RP 23) (Aprhi, 2025).

4.9.4 El clima en los últimos 1000 años

Las reconstrucciones paleoclimáticas nos explican cómo eventos climáticos previos al Antropoceno, han modulado los ecosistemas e influido en el desarrollo humano. Conocerlos es fundamental, no solo para comprender los patrones de distribución, sino que entender estas dinámicas resulta esencial para interpretar la distribución actual y pasada de los biomas, como también para anticipar sus posibles escenarios futuros y orientar con mayor precisión y a largo plazo, las estrategias de manejo y conservación a escala de cuenca. (Giorgis M. A., 2015)

A lo largo del último milenio, se registraron dos eventos climáticos de escala global que dejaron huella en la región central de Argentina: el Período Cálido Medieval y

la Pequeña Edad de Hielo. Ambos influyeron de manera significativa en la configuración de los ecosistemas y en las formas de ocupación y adaptación humana, tal como lo señala Cioccale (1999) en su análisis de las fluctuaciones climáticas en la región central de Argentina en el último milenio.

El Periodo Cálido Medieval (MWP sus siglas en inglés) ocurrió entre los años 1100 y 1400 DC con un incremento en la temperatura global de 0.3 °C respecto de la del año 1900. Se caracterizó por un clima más cálido y húmedo, lo que favoreció un mayor desarrollo de suelos y cobertura vegetal en las sierras, un incremento de la escorrentía superficial y la recarga de acuíferos, así como la posible expansión de humedales y cuerpos de agua temporales en los valles altos. En algunos casos pequeños cursos de agua cambiaron su dirección. Este calentamiento se explica, desde el punto de vista climatológico, como un aumento del Anticiclón del Atlántico Sur, desplazando el clima tropical hacia el sur.

El segundo evento más significativo en la alteración del clima fue la Pequeña Edad de Hielo (Little Ice Age) que ocurrió en el período 1450-1850 DC. No fue un fenómeno homogéneo, ya que se identifican dos pulsos fríos, el primero entre el siglo XV y fines del XVI, y el segundo y principal, entre el siglo XVIII y comienzos del XIX, ambos asociados a los mínimos solares de Spörer y Maunder (períodos de drástica disminución en la cantidad de manchas solares). Fue un severo deterioro climático de enfriamiento de alrededor de 6 °C, de avance de glaciares y de condiciones secas dominantes en la región central de Argentina.

Hubo un período intermedio, de mayor estabilidad climática, más benigno y húmedo; quizás mayor al de la actualidad. En estas condiciones, se estableció la colonización española (Figura 16)

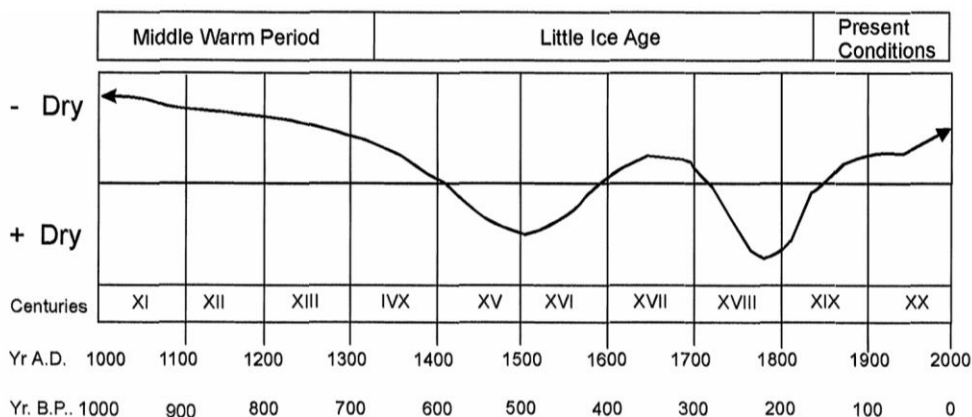


Figura 16: Fluctuaciones climáticas de los últimos 1000 años. (Cioccale, 1999)

Marcela Cioccale (1999) afirma que, durante la Pequeña Edad de Hielo, los ríos y arroyos serranos que descendían hacia el piedemonte de las Sierras de Córdoba, en la mayoría de los casos no alcanzaban la llanura oriental salvo en épocas de lluvias estivales excepcionales (Figura 15). En sus tramos finales, formaban abanicos aluviales por cambios frecuentes de cauce, hoy visibles como terrazas fluviales. En estos depósitos arenosos se hallan restos de fauna europea y evidencias de actividad humana, como cerámica y metales. En las Sierras de Córdoba, las lluvias torrenciales de verano y las intensas nevadas invernales fueron habituales, sobre todo por encima de los 1500 m s. n. m. La fisonomía de la vegetación se modificó por el deterioro climático, tomando la fisonomía del bosque chaqueño occidental, de tipo xerofítico, desplazando al chaqueño oriental de tipo subtropical húmedo.

Referente a lo antropológico, los grupos humanos que habitaban la región se vieron afectados, lo que implicó transformaciones significativas en sus patrones de comportamiento y en su organización económica.

Durante el período colonial, el sector de piedemonte se consolidó como el espacio más propicio para el asentamiento de nuevas poblaciones, debido a la disponibilidad y calidad del recurso hídrico. En esta región se establecieron ciudades y estancias jesuíticas como Córdoba, Alta Gracia y Jesús María.

La cartografía jesuítica y las crónicas coloniales describen al Río Tercero como el río principal de la región. A pesar de estas alteraciones, el sistema Carcaraná-

Tercero, que recibe aguas del río Quillinzo en su tramo alto, fue el sistema menos afectado en términos de continuidad hidrológica; mantuvo su dirección, pero experimentó un aumento en el contenido de sal, posiblemente asociado a una mayor evaporación relativa o a una menor recarga superficial.

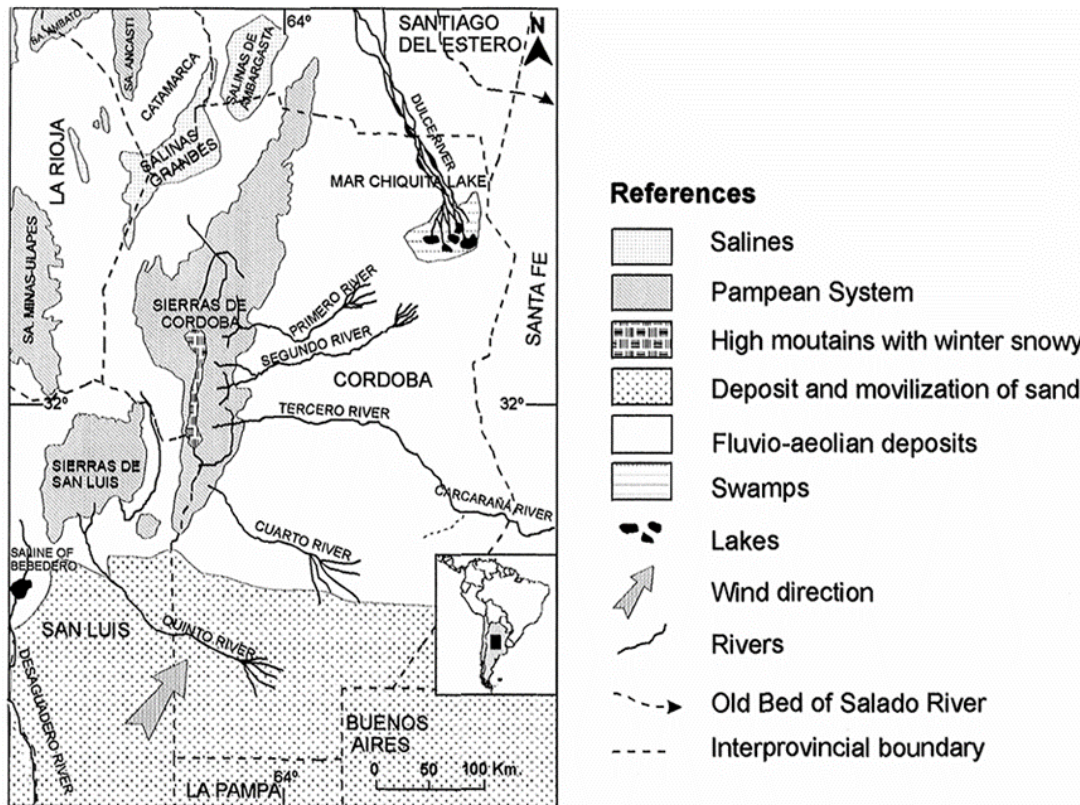


Figura 17: Esquema geomorfológico que muestra el escenario del Segundo Pulso Frío de la Pequeña Edad de Hielo (siglos XVIII y XIX). (Cioccale, 1999).

En contraste, el río Cuarto no formaba parte del sistema del Tercero en ese período. El río Carcarañá se originaba en la confluencia de los arroyos Tercero y Saladillo, mientras que el río Cuarto fluía de manera independiente hacia el sureste, infiltrándose en una depresión endorreica que ocasionalmente albergaba un lago (Figura 18). Esta configuración hidrográfica refleja una etapa de desconexión entre cuencas, hoy unidas, probablemente favorecida por la retracción de los sistemas fluvio-lacustres y la disminución de los caudales base durante la Pequeña Edad de Hielo

Referente al clima presente; a partir de mediados del siglo XIX se establecieron condiciones climáticas más benignas en la región central de Argentina, coincidiendo con el inicio del retroceso de los glaciares andinos. Este cambio marcó el fin de la Pequeña Edad de Hielo y replicó condiciones similares a las del Período Intermedio de dicha era. Desde entonces, se cuenta con registros climáticos continuos en el centro del país. Los datos de precipitaciones anuales en Córdoba muestran estabilidad entre 1860 y 1950, seguida por un ciclo progresivamente más húmedo a partir de la década de 1960 (Cioccale, 1999) (Carignano, 1999).

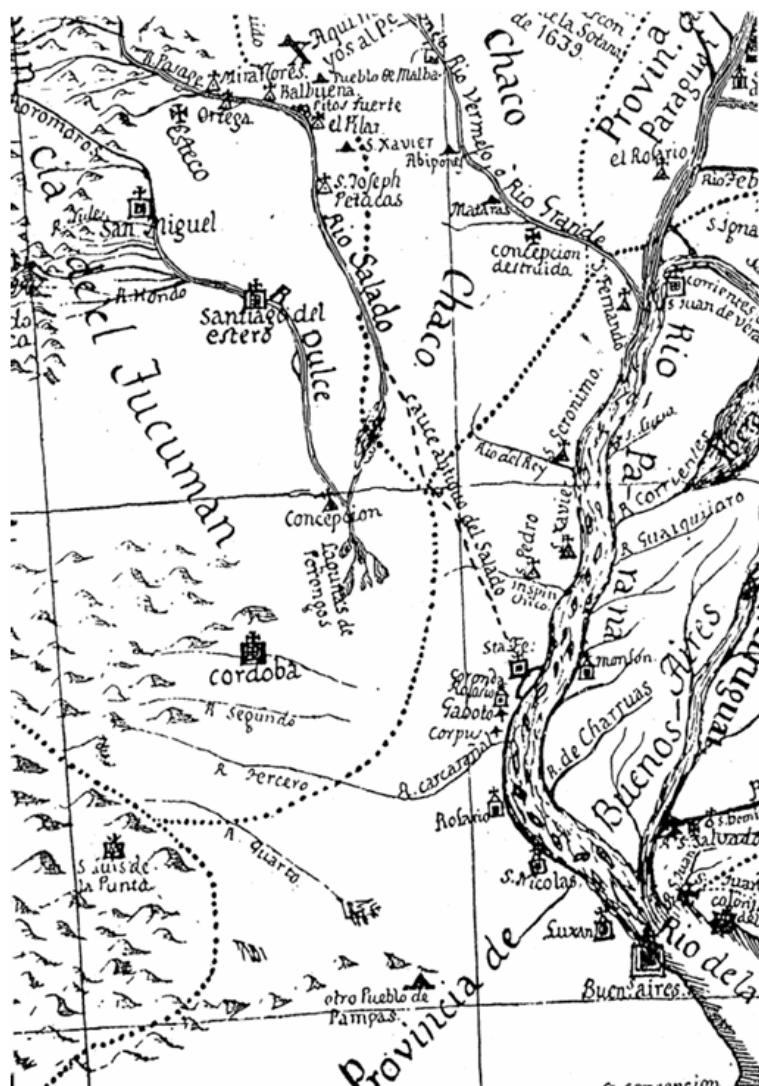


Figura 18: Reproducción de mapa jesuítico de 1760 (Furlong Cardiff, 1937)

La reconstrucción de las fluctuaciones climáticas en la región central de Argentina durante los últimos mil años, tal como lo expone Cioccale (1999), no solo permite comprender los patrones hidrológicos del pasado, sino que también ofrece una base crítica para anticipar escenarios futuros en la gestión de cuencas, sobretudo en el contexto del cambio climático antropogénico. Esta mirada de largo plazo resulta esencial para trascender el cortoplacismo que muchas veces domina las decisiones ambientales.

4.9 Cambio climático y eventos extremos

En las últimas décadas las Sierras de Córdoba han incrementado la frecuencia de eventos extremos, aunque no en la magnitud de las precipitaciones más intensas. Según el Tercer Informe del IPCC (2001), esta tendencia es consistente con lo esperado en un contexto de calentamiento global (Re, 2005).

En el caso de las cuencas serranas, esta mayor recurrencia de eventos extremos incrementa la vulnerabilidad hídrica, afectando el ecosistema y a la población.

Naturalmente, las estribaciones de las Sierras de Córdoba generan condiciones ideales para el desarrollo de tormentas convectivas extremas, algunas de las más profundas y potentes de la tierra (Zipser, 2006). Esto se debe a la combinación de varios factores atmosféricos y geográficos únicos en la región.

Cuando los vientos húmedos provenientes del Amazonas y del Atlántico chocan con las elevaciones de las sierras, se ven forzados a ascender, lo que potencia la convección profunda y promueve el desarrollo de tormentas con gran crecimiento vertical a lo que se suma el aporte de aire cálido y húmedo de la llanura que se, que actúa como el elemento clave para la convección. Esta combinación genera fuertes corrientes ascendentes capaces de sostener tormentas de gran tamaño.

Los vientos cambian de dirección y velocidad con la altura, formando “superceldas”, sistemas de tormenta con circulación organizada y gran potencial para producir granizo severo y lluvias torrenciales.

Otro elemento importante, es la presencia de la “corriente de Chorro de Bajo Nivel de Sudamérica” que transporta aire cálido y húmedo desde la región norte hacia el centro de Argentina, proporcionando, especialmente en verano, un flujo constante

de energía debido a la diferencia de presión atmosférica entre el Amazonas y el centro de Argentina, siendo su influencia fundamental en la generación de lluvias intensas y eventos meteorológicos severos (Repinaldo, 2017).

La Campaña RELAMPAGO fue un proyecto internacional de investigación meteorológica diseñado para estudiar las tormentas extremas en el sureste de Sudamérica, con un enfoque especial en la cuenca del Río Tercero.

Su objetivo principal fue comprender por qué esta región experimenta algunas de las tormentas más intensas del mundo, dimensionar el impacto de estas tormentas en la cuenca y construir un sistema de modelación hidrometeorológica. Durante esta campaña, que se llevó a cabo entre octubre de 2018 y marzo de 2019, los científicos desplegaron radares móviles, sensores atmosféricos y estaciones de observación para capturar datos en tiempo real, que son claves en la dinámica de estas tormentas (Figura 14). Se investigaron aspectos como la formación de superceldas, la influencia de la corriente de Chorro de Bajo Nivel de Sudamérica y la interacción entre la topografía y la convección profunda. Utilizaron modelos hidrometeorológicos, como WRF y WRF-Hydro y herramientas desarrolladas por la NASA (National Aeronautics and Space Administration) integrando la información de múltiples satélites para estimar la precipitación global.

Los resultados de la modelización hidrometeorológica de las mediciones de caudal y precipitación determinaron que el tiempo de respuesta de las inundaciones en los ríos Quillinzo, de la Cruz y Santa Rosa fue de 5 a 6 horas desde el pico de lluvia (Pal, 2021).

4.9.6 Clima, vulnerabilidad y perspectiva desde el tiempo profundo

El análisis de las fluctuaciones climáticas en la región central de Argentina durante el último milenio, como lo demuestra Cioccale (1999), revela una historia de alternancia entre períodos húmedos y secos que moldearon profundamente la dinámica de las cuencas. Sin embargo, el contexto actual presenta una ruptura cualitativa: el cambio climático antropogénico ha transformado el ciclo hidrológico global, generando eventos extremos más frecuentes y severos, como lluvias torrenciales, sequías prolongadas y transiciones abruptas entre ambos.



Fotografía 14: “Doppler on wheels” y equipamiento de RELAMPAGO - Fuente @RelampagoEdu

En este marco, la cuenca del río Quillínz se inscribe dentro de una de las regiones climáticamente más extremas del planeta, caracterizada por una alta variabilidad interanual y eventos de precipitación concentrados en cortos períodos. Esta condición, constituye un factor estructural de vulnerabilidad hídrica, especialmente en la parte alta de la cuenca, donde las lluvias intensas generan crecidas súbitas que comprometen tanto la infraestructura como los ecosistemas y las comunidades locales.

La gestión de esta vulnerabilidad no puede abordarse únicamente desde una lógica reactiva o de corto plazo. Requiere, como plantea Roman Krznaric (2020), una transformación cultural hacia el pensamiento de largo plazo, donde las decisiones actuales se evalúen por su impacto en las generaciones futuras. En este sentido, la gestión de cuencas debe concebirse con una perspectiva intergeneracional, que combine el conocimiento del pasado, la comprensión del presente y la imaginación del futuro.

4.10. Vegetación: Caracterización Fisonómica y Ecológica

La cuenca del río Quillinzo, ubicado en el sector centro-sur de las Sierras de Córdoba, constituye un mosaico de ecosistemas influenciados por gradientes altitudinales, variaciones climáticas y perturbaciones antrópicas (Figura 19). Su vegetación se organiza en unidades fisonómicas distintivas, asociadas a factores como la altitud, la exposición de laderas y la disponibilidad hídrica (Oyarzabal, 2018).

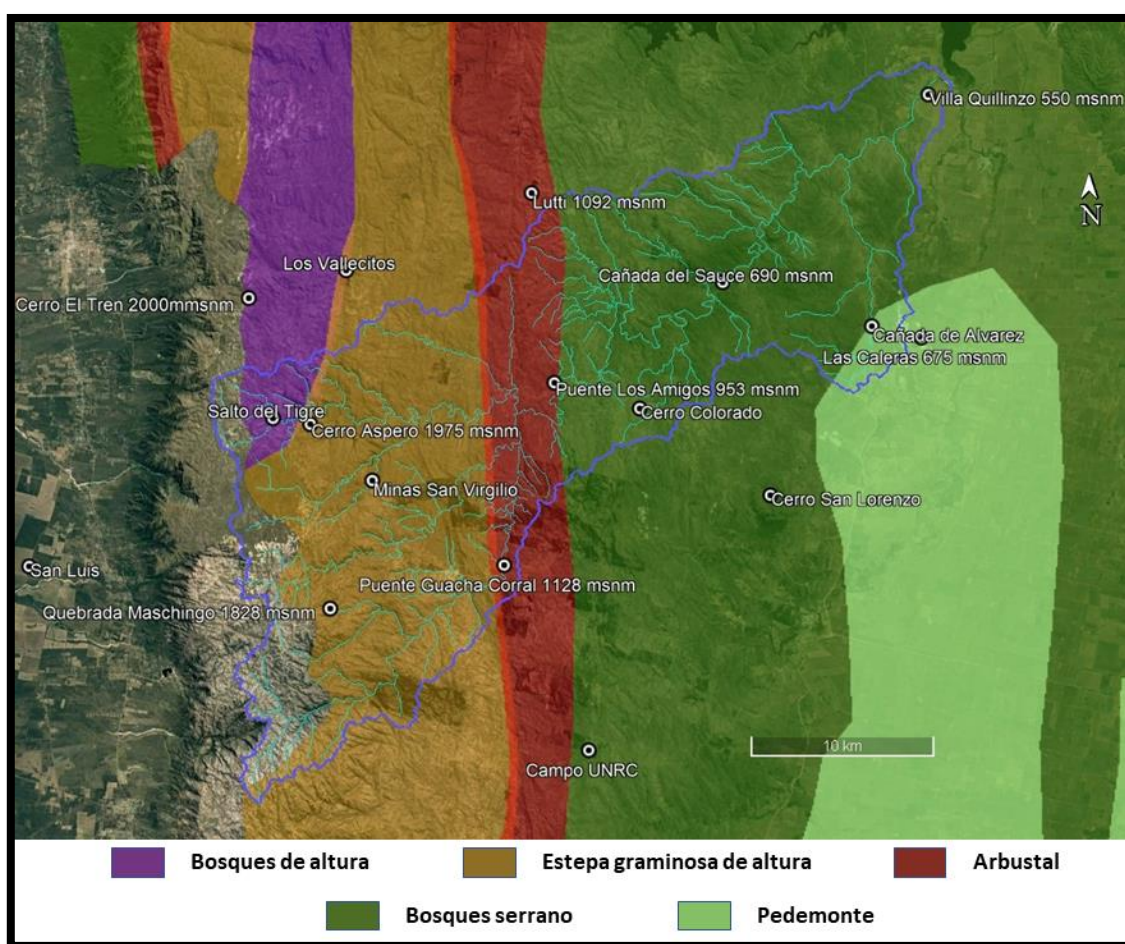


Figura 19: Vegetación de la cuenca del río Quillinzo. Elaboración propia. Adaptado de Ecorregiones IDECOR

Este capítulo sintetiza los principales tipos de vegetación de la región: Estepa Graminosa de Altura, Arbustal, Bosque Serrano y Pedemonte, integrando los aportes de Cabrera, (1953), Bianco, (1987), Morello. (2018), Zak., (2019) y

Oyarzabal, (2018), con énfasis en su composición florística. Los tipos fisonómicos de la vegetación con ligeras variaciones responden a las clasificaciones realizadas por Kurtz (1904) y por Luti, (1979).

4.10.1 Bosque de altura

Se desarrollan en las zonas más elevadas, especialmente en quebradas y riberas de arroyos, donde las condiciones climáticas y edáficas favorecen la presencia de especies adaptadas a la altitud. Estos bosques suelen estar dominados por el *Polylepis australis* (tabaquillo), una especie característica de los ambientes serranos altos, y en menor medida por el *Maytenus boaria* (maitén u horco molle) especies más identificadas a ambientes subandinos (Figuras 15, 16 y 17).



Fotografía 15: Bosque de tabaquillo y maitén. Arroyo del Tigre. 1950 m s.n.m. Foto: Daniel Ulla.



Fotografía 16: Tabaquillo (*Polylepis australis*). Foto: Daniel Ulla.



Fotografía 17: Maitén (*Maytenus boaria*) también conocido como horco molle. Foto: Daniel Ulla.

4.10.2 Estepa Graminosa de Altura

Distribuidas preferentemente en zonas “llanas”, denominadas “pampas de altura” o “mesadas”, con suelos profundos, ricos en materia orgánica, con cárcavas incipientes rara vez profundas. Va desde 1300 m s.n.m a 1.800 m s.n.m, donde

predomina un clima frío-templado con heladas invernales frecuentes y vientos intensos (Morello et al., 2018). Localmente los pastizales ocupan hábitats muy diversos en exposición, posición topográfica, profundidad de suelo y régimen hidrológico, creciendo en planicies (pampas) laderas escarpadas, laderas con pendientes moderadas, valles, fondos de valles y mallines. En general, la composición florística está relacionada al gradiente altitudinal de las sierras entre los 1000 y 2500 m s.n.m. Los pastizales por debajo de 1500 m s.n.m tienen un carácter típicamente chaqueño, mientras que a mayor altitud predominan los elementos andinos y patagónicos. Kurz (1904) había registrado esa diferencia y la denominaba “zona subandina”.

Dominan las gramíneas cespitosas adaptadas al frío, como *Deyeuxia hieronymi*, *Festuca hieronymi* (festuca serrana), *Nassella spp.* (flechillas) y *Poa stuckertii*. Una variante fisonómica es la aparición de “céspedes” que ocupan los lugares húmedos donde domina *Lachemilla pinnata* (yerba de la oveja) y *Azorella biloba* entre otras (Oyarzabal et al., 2018).



Fotografía 18: Pastizal de *Poa stuckertii*. Foto: Daniel Ulla.



Fotografía 19: Festuca de las sierras (*Festuca hieronymi*) en pastizal de altura. Foto: Daniel Ulla.



Fotografía 20: Rebrote de *Poa stuckertii* después de un incendio en la estepa graminosa de altura. Foto: D Ulla.



Fotografía 21: a) Espartillo amargo (*Elionorus muticus*) b) Flechilla (*Nassella neesiana*) c) Pasto aguja (*Piptochaetium montevidense*) y d) Paja colorada (*Paspalum quadrifarium*). Foto: Daniel Ulla.



Fotografía 22: El coco (*Zanthoxylon coco*) crece en áreas protegidas de las zonas altas. Foto: Daniel Ulla.

4.10.3 Arbustal

Distribución y ambiente: Se desarrolla en laderas medias (800–1.500 m s.n.m), asociado a suelos degradados por incendios recurrentes, sobrepastoreo o desmonte. Presenta alta exposición solar y baja retención hídrica (Zak et al., 2019). El estrato arbustivo, también denominado “romerillal” se manifiesta a partir de los 800 m s.n.m, presenta el aspecto de matorral apareciendo de forma continua o en mosaico en la “estepa de altura” o en el “bosque serrano”, ocupando sitios con rocas expuestas, laderas ventosas y secas, con suelos poco profundos o incipientes. Dominan estos sitios *Austroesparium buniifolium*, *Baccharis aliena*, *Baccharis cordobensis*, *Baccharis articulata* (Zak et al., 2019).

El estrato herbáceo compuesto por gramíneas anuales (*Poa resinulosa*, *Aristida spp.*) y herbáceas pioneras como *Glandularia spp.* (verbena) y *Eupatorium spp.* (Oyarzabal et al., 2018) (Fotos de la 23-27).



Fotografía 23: Romerillo (*Baccharis aliena*) a 850 m s.n.m. Foto: Daniel Ulla.



Fotografía 24: a) Cola de quirquincho (*Lycopodium saururus*) b) Senecio (*Senecio ceratophilloides*) c) lagaña de perro (*Erythrostemon gilliesii*) y d) Tola tola (*Colletia spinosissima*). Foto: Daniel Ulla.



Fotografía 25: Arbustal de carquejilla (*Baccharis articulata*). Foto: Daniel Ulla.



Fotografía 26: El espinillo (*Vachellia caven*) suele encontrarse hasta aproximadamente 1.000 metros sobre el nivel del mar. Foto: Daniel Ulla.

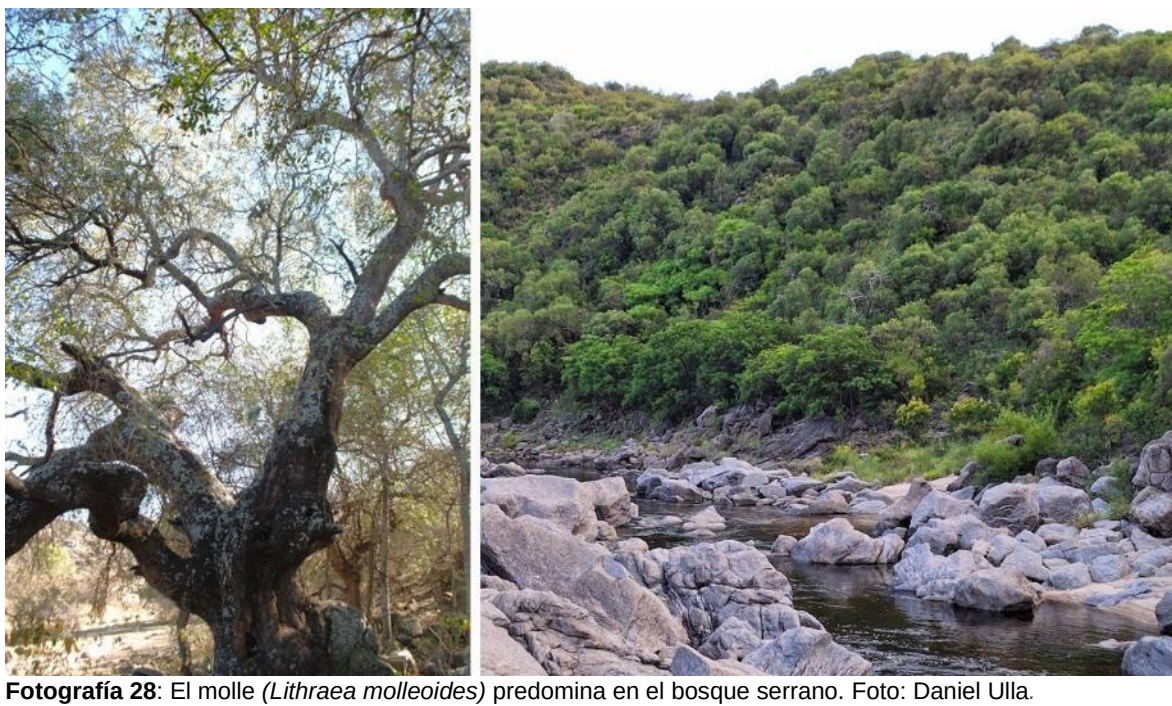
4.10.4 Bosque Serrano



Fotografía 27: Sófora (*Sophora linealifolia*), endémica de Córdoba. Foto: Daniel Ulla.

Ocupa ambientes húmedos y protegidos de los vientos como márgenes de cursos de agua, quebradas profundas. Los suelos profundos y bien drenados, con precipitaciones estivales (600–900 mm/año) y neblinas invernales que mitigan la sequía (Oyarzabal et al., 2018). Es un bosque abierto (Bianco, 1998) (Cabrera, 1953) dominado por *Lithraea molleoides* (molle de bebe), *Zanthoxylon coco* (coco), *Celtis ehrenbergiana* (tala).

El estrato herbáceo está compuesto por gramíneas como *Nassella spp.* (Flechillas) y *Melica macra*, junto con arbustos como *Aloysia gratissima* ((Poleo amarillo, usillo) (Morello et al., 2018). La fragmentación por desmontes y urbanización ha reducido su extensión histórica. La invasión de exóticas como *Gleditsia triacanthos* (acacia negra) y *Ligustrum lucidum* (ligustro) alteran la regeneración natural (Zak et al., 2019). (Fotos 27 a la 30).



Fotografía 28: El molle (*Lithraea molleoides*) predomina en el bosque serrano. Foto: Daniel Ulla.



Fotografía 29: Bosques prístinos en zona de Cañada del Sauce. Foto: Daniel Ulla.



Fotografía 30: Relicto de quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco*). Estancia Don Imano, zona del puente Videla. Foto: Daniel Ulla.

4.10.5 Pedemonte

La región se caracteriza por una transición ecológica entre las sierras y la llanura, en altitudes menores a 800 m s.n.m, con un clima semiárido que presenta precipitaciones anuales entre 400 y 600 mm, suelos limo-arenosos y una marcada evaporación (Oyarzabal et al., 2018). En este contexto, la vegetación dominante incluye especies como *Neltuma alba* (algarrobo blanco), *Neltuma nigra* (algarrobo negro), *Prosopis flexuosa* (alpataco), *Geoffroea decorticans* (chañar) y *Aspidosperma quebracho-blanco* (quebracho blanco), que se distribuyen preferentemente en zonas con mayor humedad edáfica (Morello et al., 2018), mientras que en ambientes más secos prevalece *Vachellia caven* (espinillo) (Fotografía 31).



Fotografía 31: Pedemonte en zona de Villa Quillinzo - 550 m s.n.m con presencia de chañar (*Geoffroea decorticans*), tala (*Celtis ehrenbergiana*), espinillo (*Vachelia caven*) y algarrobo (*Neltume* sp). Foto: Daniel Ulla.

4.11. Los mallines: ecosistema fundamental en el paisaje de la cuenca del río Quillinzo

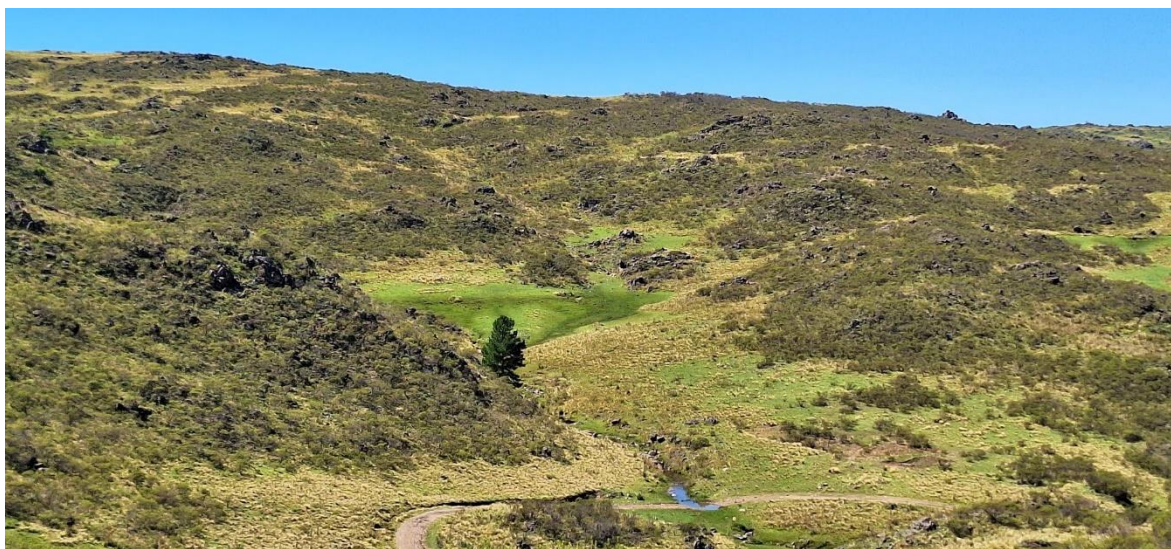
Los mallines son humedales de gran relevancia ecológica. Están distribuidos en distintos ambientes de la Argentina, desde los valles patagónicos y las laderas de los Andes hasta las Sierras Pampeanas (Andreazzini, 2020).

Su nombre proviene del mapudungun (idioma del pueblo mapuche), en el que la palabra mallín significa lago o estero y se utiliza para referirse a una pradera cenagosa, ambiente típico en la Patagonia (Cremona, 2016).

Los lugareños de las sierras lo denominan “cañada” o “el verde”.

Los mallines son un tipo de humedal conformado por espacios o manchones de suelos hidromórficos con alta disponibilidad de agua; generalmente asociados a vertientes permanentes o semipermanentes donde el agua se acumula o circula lentamente conformando una comunidad de pastizal de diferentes especies adaptadas a estas condiciones (Fotografía 32). Generalmente su dinámica es la saturación e inundación de baja profundidad por afloramiento de aguas subterráneas. Este componente imprime características distintivas en los suelos, ya que regula la dinámica de los microorganismos y condiciona la estructura de las

comunidades de flora y fauna que se desarrollan en estos ecosistemas. Su comportamiento contrasta significativamente con el ambiente predominante en las sierras, donde los suelos someros, arenosos y altamente permeables imponen restricciones hídricas generalizadas. Como resultado, emergen entornos transicionales que dan lugar a interacciones ecológicas particulares y adaptaciones específicas a estas condiciones (Cremona, 2016).



Fotografía 32: Mallin de valle. Zona de las Puchicanas. Foto: Daniel Ulla.

Sus tamaños son variables; desde 5000 m² a praderas extensas de alrededor de 1000 has en las pampas de altura. A pesar de representar un área pequeña de toda la cuenca, brindan servicios ecosistémicos fundamentales, actuando como amortiguadores hidrológicos, ayudando a mitigar sequías e inundaciones, debido a que su vegetación cumple un rol clave en la filtración y purificación del agua. Sin embargo, su reducido tamaño los hace vulnerables a la pérdida de cobertura vegetal a raíz del sobrepastoreo y de los incendios.

Cuando hablamos de humedales (wetlands, como se los denomina a nivel internacional), nos referimos a una diversidad de ecosistemas, tanto continentales como costeros y marinos, que comparten ciertas características clave. Existen múltiples definiciones del término, algunas enfocadas en su función ecológica y otras en su manejo y conservación (Cremona, 2016).

La Convención Ramsar los define como:

"Extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de agua, sean naturales o artificiales, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluyendo las áreas marinas cuya profundidad en marea baja no supere los seis metros" (Ramsar, 2025).

Esta es la definición más inclusiva y abarca todos los ecosistemas acuáticos, tanto continentales como costeros.

El documento Regiones de Humedales de la Argentina (Benzaquén, 2017), es una referencia clave para la caracterización de los humedales en el país. Presenta una clasificación detallada de las regiones y subregiones de humedales, abordando aspectos físicos, ecológicos y funcionales. Además, forma parte del proceso del Inventario Nacional de Humedales, contribuyendo a la implementación de la Convención de Ramsar. La cuenca del río Quillín, como todas las sierras de Córdoba está incluida en la denominada región 6: Región Humedales valliserranos y más específicamente en la subregión 6b: Subregión arroyos y mallines de las sierras centrales.

4.11.1 Origen de los mallines en las sierras centrales.

Nuestros mallines se desarrollaron a partir de sedimentos provenientes de la meteorización de las rocas y de la acumulación loésica, que asociado a la dinámica del agua se fue generando un ambiente palustre, con un suelo de profundidades que superan los 80 cm y con alto contenido de materia orgánica (Fotografía 33). Los niveles de altitud, el tipo de rocas subyacentes y su proximidad a vías de escurrimiento, establecen diferencias entre las mismas (Scopel, 2017).

El estudio de Andreazzini et al (2020) analiza la distribución de los mallines en la Sierra de Comechingones, destacando que su desarrollo está fuertemente condicionado por la geomorfología y la dinámica hidrológica de la región. Se observa que los mallines se encuentran principalmente en sectores de baja actividad morfodinámica, sobre rocas graníticas y depósitos loésicos, lo que favorece su estabilidad a lo largo del tiempo.



Fotografía 33: Mallín de valle. Zona de las Puchicanas. Foto: Daniel Ulla.

Este fenómeno está influenciado por factores topográficos, entre los que se incluyen pendientes suaves, que disminuyen la velocidad del escurrimiento superficial; suelos con alta cohesión, que reducen la susceptibilidad a la erosión y cobertura vegetal densa, que protege el suelo de la erosión.

4.11.2 Funciones de los mallines

Los mallines desempeñan un rol estratégico en el equilibrio hidrológico de las cuencas. Entre sus principales funciones destacan:

- **Regulación hídrica:** Capturan y almacenan el agua excedente durante la estación húmeda. Recargan los acuíferos. Regular los caudales de los arroyos mitigando crecidas súbitas derivadas de tormentas. Además, actúan como filtros naturales, reteniendo sedimentos y mejorando la calidad del agua. Son las “esponjas” de las cuencas.
- **Secuestro de carbono:** Gracias a su alto contenido de materia orgánica, los suelos de mallín contribuyen significativamente a la captura y almacenamiento de carbono, desempeñando un papel fundamental en la mitigación del cambio climático.

- **Diversidad biológica especializada:** Son el hábitat de numerosas especies hidrófitas adaptadas a condiciones de alta humedad, enriqueciendo la biodiversidad de la región.
- **Soporte para la fauna silvestre:** Proveen alimento y refugio a una amplia variedad de especies animales, favoreciendo la conservación de ecosistemas y corredores biológicos.
- **Reciclado de nutrientes:** Participan activamente en el ciclo de los nutrientes, asegurando su disponibilidad para la vegetación y contribuyendo a la fertilidad de los suelos (Cremona, 2016) (Andreazzini, 2020).
- **Valor productivo:** son muy importantes para la ganadería debido a su alta productividad de forraje de alta palatabilidad disponible todo el año. Estudios realizados en la Patagonia norte estiman que la producción de forraje, por unidad de superficie, es de 10 a 20 veces mayor que en la estepa circundante (Gaitán, s.f.). El uso ganadero tan intensivo es, por lo tanto, una de las causas de la degradación de los mallines, por lo que este recurso debe gestionarse para evitar impactos negativos en su equilibrio ecológico (Fotografía 34).

4.11.3 Caracterización de los mallines

De acuerdo a su forma y localización podemos distinguir estos tipos:

- De valle: Generalmente compactos rodeando una vertiente
- De ribera: alargados, siguiendo el curso de agua que a su vez pueden estar ramificados o dendríticos.
- De ladera: descendiendo del cerro, asociado a otro de ribera

Respecto a su zonificación o sectores del área del mallín:

- Zona central: Es el sitio donde aflora el agua que puede no ser el centro del mallín (“ojo del mallín”). Es la zona de mayor anegamiento, con presencia de especies hidrófitas juncáceas y ciperáceas sin valor forrajero. En áreas de

anegamiento permanente encontramos presencia de especies palustres como *Hydrocotyle bonariensis* (paragüitas).

- Zona periférica: llega a anegarse en verano y se mantiene con humedad en invierno con la napa muy cercana. Suelos muy fértiles. Predominan las especies de mayor valor forrajero con oferta forrajera todo el año.
- Zona de transición: en posición más elevada en transición con la estepa gramínea. (Ciari, 2009) (Luque, 1997).



Fotografía 34: Mallín en puesto del Tono - El Filo. Foto: Daniel Ulla.

Origen del agua de los mallines:

El agua de los mallines (Figura 20, fotografía 35) proviene de diversas fuentes, dependiendo de su ubicación y características hidrológicas:

- Esgurrimientos superficiales: Proviene de zonas cercanas, especialmente en regiones con pendientes (laderas) donde el agua fluye hacia áreas bajas.
- Por aguas del subálveo: Afloran en distintos puntos como falsa capa freática.
- Aguas subterráneas: Los mallines están conectados con acuíferos, aflorando en razón del desnivel, la presión hidrostática o el ascenso capilar del agua. (Ciari, 2009) (Luque, 1997).

- Precipitación directa: La lluvia contribuye a la recarga hídrica de los mallines, especialmente en épocas de mayor precipitación

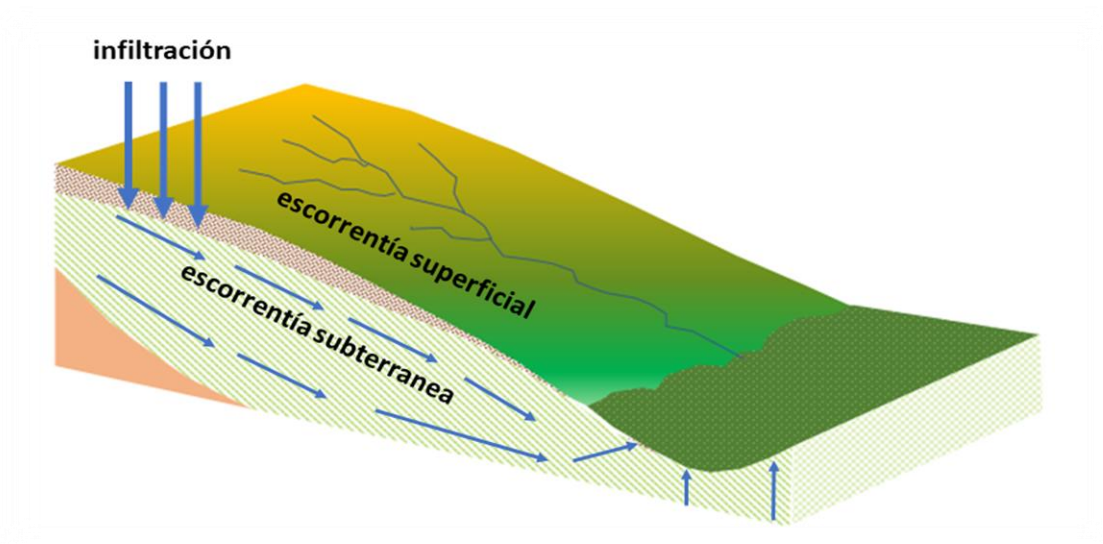


Figura 20: Dinámica hídrica de un mallín. Elaboración propia.



Fotografía 35: Mallín las vizcacheras. Zona de Las Puchicanas. Foto: Daniel Ulla.

4.11.4 El proceso de degradación de los mallines

La degradación de los mallines está directamente vinculada a la pérdida de cobertura vegetal, desencadenando procesos erosivos por acción del sobrepastoreo y los incendios forestales.

A menor cobertura estos ambientes se tornan más vulnerables. Ante precipitaciones intensas comienza una actividad erosiva denominada incisión fluvial, profundizando el cauce de la vía de escurrimiento y desestabilizando sus riberas (Fotografías 36 y 37). Este último proceso provoca el descenso del nivel freático, la superficie del mallín pierde humedad e incrementa su temperatura, iniciando una dinámica de aridización con cambios en la vegetación, alterando la circulación del agua subterránea, perdiendo de forma definitiva su funcionalidad. (Lord, 2011) (Andreazzini, 2020)



Fotografía 36: Mallín degradado. Huerta vieja. Cuenca del río La Cruz. Foto: Daniel Ulla..



Fotografía 37: La hacienda al pisar amasa el ojo del mallín. Cerro Colorado. Foto: Daniel Ulla.

4.11.5 Importancia de la visibilización de los mallines

La mayoría de los estudios sobre estos ambientes se han realizado en la región patagónica y andina, mientras que, en las Sierras Pampeanas, las investigaciones son aún escasas. Los estudios sobre su funcionamiento y dinámica siguen siendo insuficientes y parciales (Andreazzini, 2020), lo que resalta la necesidad de, en primer lugar, reconocer y poner en evidencia estos ambientes, y profundizar en su conocimiento y caracterización a los fines de generar bases para su gestión y manejo.

En este informe se presenta un trabajo de campo destinado a identificar las áreas de mallines en las subcuencas alta, media y baja, acompañado de una caracterización general, contenido de carbono y una evaluación de su estado de conservación. Además, se propone la generación de un mapa representativo de los mallines en toda la cuenca, con el fin de establecer una base para un futuro plan de monitoreo.

4.11.6 Distribución y descripción en la cuenca del río Quillinzo

Dentro de los objetivos específicos de este trabajo está identificar y caracterizar los elementos frágiles o vulnerables de la cuenca en estudio, siendo el ecosistema de los mallines uno de ellos.

Referente a la identificación, la hipótesis planteada fue que las áreas de mallines pueden ser reconocidas de manera sencilla observando áreas verdes de imágenes satelitales, generalmente aledañas a las vías de escurrimiento.

Para iniciar la tarea de identificación de áreas de posibles mallines se empleó Google Earth Pro. Se realizó un análisis visual a partir de imágenes satelitales de la primavera del año 2014, año de abundantes precipitaciones en los meses previos que marcaban mayor contraste de las áreas verdes. Se georreferenciaron 10 puntos de interés mediante coordenadas precisas de las subcuencas altas, medias y bajas. Por otro lado, se elaboró un mapa del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), lo que permitió reafirmar la localización de sitios en función de

su densidad de vegetación. El NDVI constituye un indicador ampliamente reconocido de biomasa fotosintéticamente activa, utilizado a nivel mundial en el monitoreo de la cobertura vegetal. Su cálculo se basa en la relación entre la reflectancia en el infrarrojo cercano (NIR) y en el rojo (RED) del espectro electromagnético, lo que permite discriminar áreas con mayor o menor actividad fotosintética.

Los datos obtenidos fueron exportados en formato KML/KMZ, compatibles con sistemas de información geográfica (SIG), para su posterior integración en herramientas de análisis espacial. Esos datos fueron importados en QGIS (QGIS.org, 2024) donde se elaboró un mapa en formato PDF georreferenciado. Este mapa incluyó los límites de la cuenca, caminos y puntos geográficos de interés.

Creación del Mapa Georreferenciado en QGIS

El mapa georreferenciado generado en QGIS se cargó en la aplicación móvil Avenza Maps (Avenza Systems Inc., 2025), permitiendo la navegación en campo mediante GPS desde un smartphone sin tener necesidad de conexión a internet. Este proceso facilitó la verificación de los puntos georreferenciados y la validación de las áreas verdes identificadas previamente.

Trabajo de campo:

Con el soporte de Avenza Maps se llegó a los 10 puntos previamente identificados. Todos los sitios eran mallines (Figuras 21 y 22).

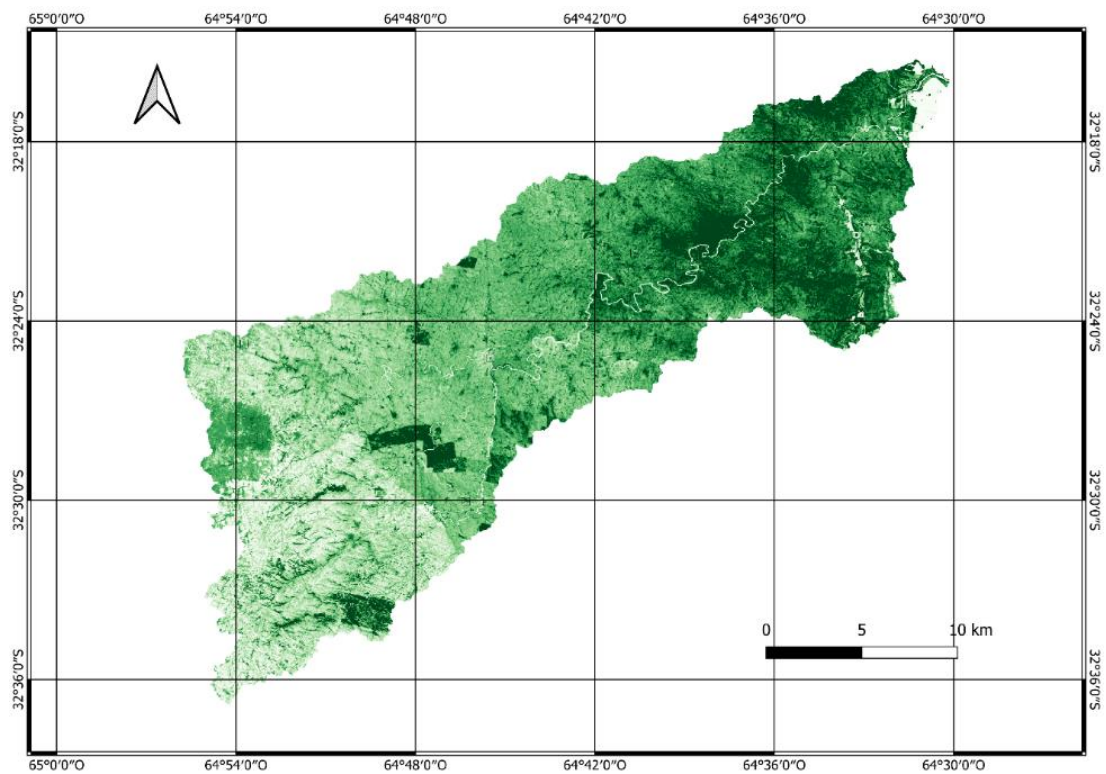


Figura 21: Mapa de NDVI - Elaboración propia.

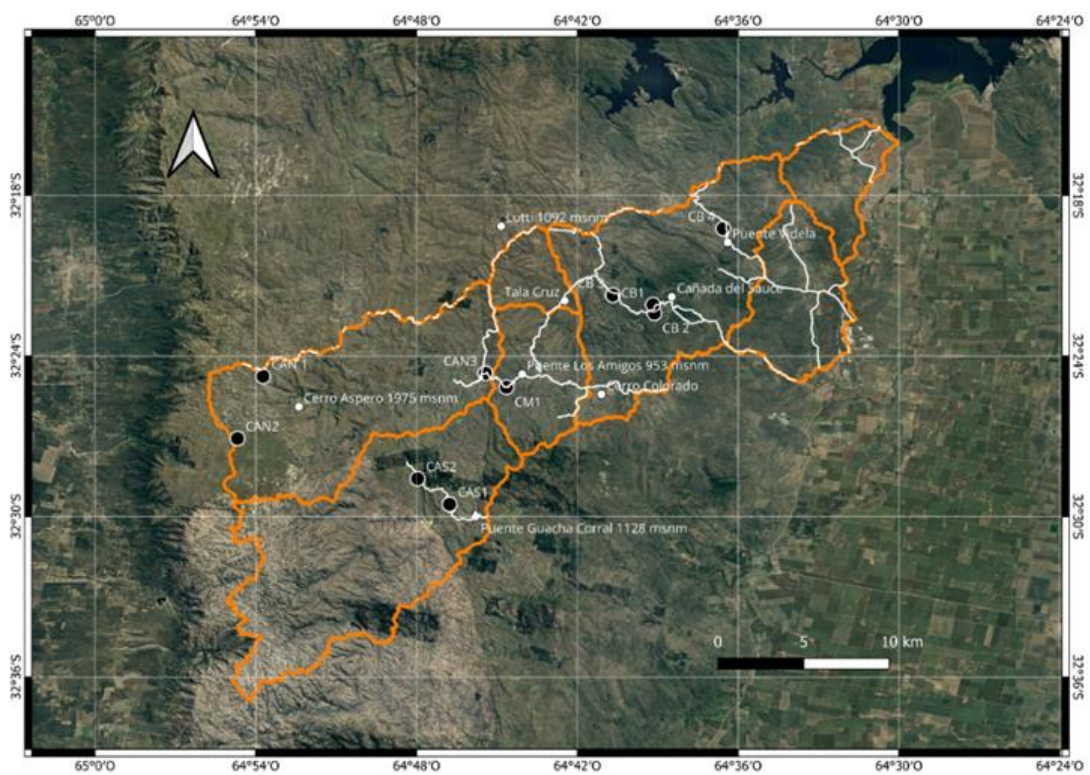


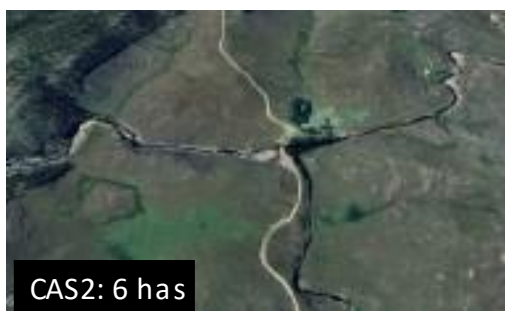
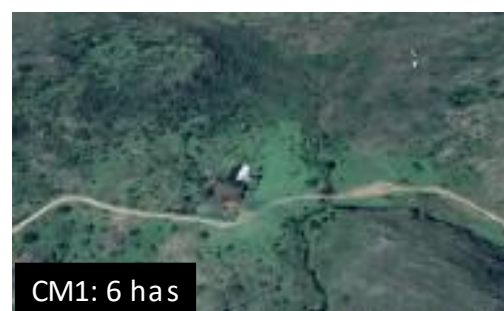
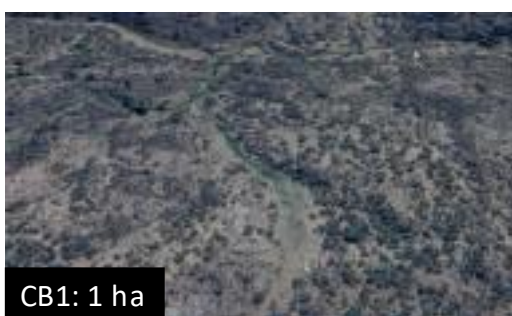
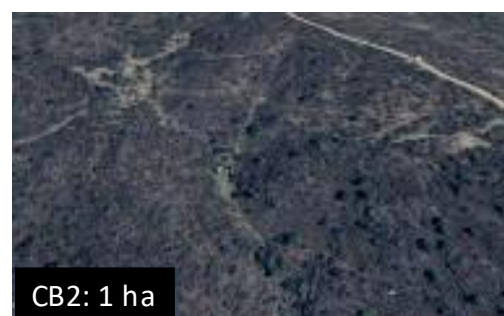
Figura 22: Mapa con identificación de mallines geoposicionado para utilizar en la App Avenza. Elaboración propia

Se tomaron muestras de suelo con un barreno tipo holandés, herramienta utilizada para realizar agujeros o pozos cilíndricos extrayendo el material sólido perforado por medio de un tornillo helicoidal rotatorio (Fotografía 38).



Fotografía 38: Toma de muestras de suelo. Fotos: Daniel Ulla.

Los resultados de los análisis de suelo se presentan en la tabla 7.



Fotografía 39: Fotografías satelitales de Google Earth Pro de los mallines previamente identificados

Mallín	Lugar	Altitud (msnm)	Geoposición	Profundidad	M.O. %	COT %
CAN1	Albornoz	2015	32°24'46"S 64°53'44"O	0-20	9,82	5,7
				20-40	8,49	4,93
				40-60	8,05	4,67
				60-80	5,03	2,92
CAN2	Pampa Alta	2012	32°27'5"S 64°54'41"O	0-20	9,08	5,26
				20-40	6,23	3,61
				40-60	3,55	2,06
				60-80	5,47	3,17
				80-100	5,54	3,22
CAS1	Guacha Corral	1258	32°30'2"S 64°46'19"O	0-20	7,28	4,22
				20-40	5,88	3,41
				40-60	5,25	3,05
CAS2	R. de los caballos	1382	32°28'35"S 64°47'57"O	0-20	5,81	3,37
				20-40	2,87	1,67
				40-60	4,88	2,83
				>60	1,23	0,71
CM1	Luis Pizarro	958	32°25'10"S 64°44'38"O	0-20	4,93	2,86
				20-40	2,73	1,59
				40-60	5,69	3,3
CB1	Arroyo Saucería	722	32°22'5"S 64°39'10"O	0-20	2,77	1,60
				20-40	0,85	0,49
				40-60	0,61	0,36
				60-80	0,42	0,24
				80-100	1,72	1,00
CB2	Sauce quebrado	736	32°22'24"S 64°39'7"O	0-20	5,10	2,96
				20-40	1,82	1,05
				40-60	1,56	0,91
				60-80	1,56	0,91
				80-100	1,55	0,90
CB3	Froilan Pizarro	890	32°21'43"S 64°40'40"O	0-20	3,64	2,11
				20-40	1,92	1,11
				40-60	1,64	0,95
				60-80	1,17	0,68
				80-100	0,81	0,47
CB4	Cejas	627	32°19'21"S 64°36'32"O	0-20	5,14	2,98
				20-40	3,54	2,05
				40-60	2,75	1,59
				60-80	2,08	1,20
				80-100	1,64	0,95

Tabla 7: Contenido de materia orgánica (M.O) y carbono orgánico total (C.O.T.) de los mallines

Interpretación de los resultados:

- Variabilidad de materia orgánica (M.O.) y carbono orgánico total (C.A.T.) con la profundidad:
 1. En general, los valores de M.O. y C.A.T. tienden a disminuir con la profundidad en la mayoría de los sitios.
 2. Algunas excepciones incluyen Luis Pizarro (CM1), donde los valores aumentan en la profundidad intermedia (40-60 cm).
 3. En Rodeo de los caballos (CAS2), la reducción es muy marcada en la profundidad >60 cm, con valores mínimos de M.O. (1.23%) y C.A.T. (0.71%).

- Impacto de la altitud:
 1. Los sitios de mayor altitud, como Albornoz (CAN1) y Pampa Alta (CAN2), presentan valores iniciales más altos de M.O. y C.A.T. en la superficie.
 2. En sitios de menor altitud, como Arroyo Saucería (CB1) y Cejas (CB4), los valores son significativamente más bajos en todas las profundidades.

- Diferencias entre mallines:
 1. Algunos mallines muestran patrones de acumulación de materia orgánica relativamente consistentes, mientras que otros tienen una mayor dispersión en los valores.
 2. Sauce quebrado (CB2) y Froilán Pizarro (CB3) presentan valores relativamente bajos en todas las profundidades.
 3. Cejas (CB4) tiene valores más altos en la superficie, pero muestra una fuerte disminución con la profundidad.

Caracterización de los mallines de las subcuencas

Los mallines de la subcuenca Alta Norte, CAN1 y CAN2, se encuentran a más de 2.000 metros de altitud, en las pampas de altura. Se accedió a ellos a través del camino del Alto (Ruta S471).

Estos mallines son de tipo valle, extensos, aunque en algunos sectores presentan discontinuidades debido a afloramientos rocosos. La exploración alcanzó hasta un metro de profundidad, límite establecido por la capacidad del barreno. Su textura es fina.

Mantienen agua en superficie durante todo el año, congelándose en invierno. Proveen forraje de calidad de manera constante. Su estado de conservación es bueno, con escasos signos de erosión.

Los mallines de la subcuenca Alta Sur se pueden acceder desde Río de los Sauces, cruzando el puente sobre el río Guacha Corral.

Se encuentran en zonas de mayor pendiente y, en general, corresponden al tipo de laderas, conectándose con mallines de riberas. Al ubicarse a una altitud menor que los de la Subcuenca Alta Norte, presentan un contenido más reducido de materia orgánica.

A la altura de los 1300 m s.n.m no se observa un cambio en la fisonomía del paisaje, pero si un cambio de especies vegetales. Especies de gramíneas austrobrasileras de metabolismo C₄ son reemplazadas por elementos pseudo alpinos. Las especies C₃ predominan en altitudes más elevadas, donde las temperaturas son más frescas y hay mayores precipitaciones. En cambio, las especies C₄ son más comunes en zonas bajas y cálidas, ya que su metabolismo es más eficiente en la fijación de carbono bajo condiciones de estrés hídrico y alta temperatura (Cabido et al., 1997). Las especies C₃, son pastos de mejor calidad y crecen todo el año. Este patrón de crecimiento continuo, les permite acumular más materia orgánica en suelos húmedos, una característica distintiva de los mallines de altura. Esto, sumado a la menor temperatura de los suelos, podría explicar por qué en los sitios de mayor altitud los valores de carbono orgánico son más elevados en superficie.

La importancia económica de los mallines de altura radica en esta transición de especies vegetales que ocurre a estas altitudes. En estos ecosistemas, las

gramíneas C₄, como *Paspalum quadrifarium*, son reemplazadas por gramíneas C₃, como *Poa stuckertii*, las cuales poseen una mayor palatabilidad y una oferta forrajera invernal más sostenida. Los mallines de altura presentan una mayor receptividad, lo que permite sostener una mayor carga animal por unidad de superficie durante períodos más prolongados. Este factor contribuye significativamente a la mejora de la productividad y rentabilidad de la actividad ganadera en estas áreas; de hecho, el valor inmobiliario de un campo en esa zona es mayor por la presencia de mallines.

En términos generales, el estado de conservación de los mallines en las subcuencas altas es superior al de los observados en las cuencas bajas. No se detectan cárcavas significativas, aunque sí se evidencia el "amasado" del ojo del mallín debido al pisoteo del ganado y el sobrepastoreo.

En la zona del Mallín CAN2, la circulación de vehículos "off-road" está causando daños considerables, generando procesos de erosión severa.

Los mallines de las subcuencas medias y bajas modifican su fisonomía debido a la mayor pendiente y la sinuosidad del relieve. Predominan los de tipo ribera o ladera, situados cerca de vías de escurrimiento y vertientes, que generalmente convergen en un arroyo.

Su contenido de arena es mayor debido a que proviene de la erosión de zonas altas. La cercanía a arroyos o zonas de depósito de aluviones influye en la composición granulométrica del suelo. Las partículas arenosas tienen menos superficie específica para la adsorción de compuestos orgánicos, lo que puede limitar la acumulación de materia orgánica. Esto podría explicar el menor contenido de esta y por lo tanto del carbono orgánico total.

En estas áreas, la fragmentación de los campos en unidades más pequeñas implica una mayor concentración de ganado en espacios reducidos, especialmente cerca de las viviendas y corrales. La constante presencia de animales disminuye la cobertura vegetal, dejando el suelo expuesto y vulnerable a la erosión. Además, la compactación del suelo por el pisoteo reduce la infiltración de agua, aumentando la escorrentía superficial. Además, el agua de los mallines es el bebedero de las

vacas, por lo que el proceso erosivo de incisión y formación de cárcavas es un proceso de varias décadas y constante.

4.11.7 Los mallines serranos en la ley de humedales

Argentina cuenta con más de 600.000 km² de humedales, ecosistemas esenciales para la regulación hídrica, la captura de carbono y la conservación de la biodiversidad (Benzaquén, 2017). Entre ellos, los mallines, verdaderos "bancos de agua", desempeñan un papel clave en la dinámica de las cuencas serranas. Aunque suelen recibir menos atención que otros humedales, su función como reservorios naturales resulta crucial para la disponibilidad de agua durante períodos de sequía así como en la mitigación de inundaciones.

En el marco del debate sobre la Ley de Humedales, cuyo objetivo es establecer presupuestos mínimos para la conservación y el uso racional de estos ecosistemas, es imprescindible incorporar los mallines serranos en los inventarios nacionales. Asimismo, es fundamental definir criterios de manejo sostenible que garanticen su protección, prevengan su degradación y fortalezcan su rol en el equilibrio ambiental (Fotografías 40 y 41).



Fotografía 40: La tierra de los mallines también se utilizó para la construcción. Foto: Daniel Ulla



Fotografía 41: Mallín erosionado. Foto: Daniel Ulla.

4.12 El agua

El agua dulce representa apenas el 2,5% del total de agua en el planeta, y de esta cantidad, el 68,7% está contenida en glaciares y casquetes polares. Esto deja una fracción mínima disponible en ríos y acuíferos, lo que acentúa la necesidad de una gestión sostenible del recurso (Bordino, 2024).

En este contexto, las cuencas de montaña, como la del río Quillín, debe ser consideradas fuentes de agua de alta calidad debido a su origen en áreas con baja intervención humana. Actualmente su calidad es muy buena, sin embargo, debido a la ausencia de manejo presenta un estado de vulnerabilidad preocupante. En este apartado se desarrollará el impacto de la presencia humana y las actividades económicas en la calidad del agua.

4.12.1 La minería y el agua

La minería a cielo abierto representa una de las principales tensiones ambientales en regiones ecológicamente frágiles, debido a su alto consumo de agua y sus efectos sobre la dinámica hidrológica. En áreas serranas, donde los cursos de agua tienen funciones vitales, los impactos pueden comprometer la calidad del recurso y afectar la biodiversidad. Analizar casos específicos permite comprender los riesgos e identificar estrategias de mitigación. En este sentido, la mina Cerros Negros, en la cuenca alta del río Quillín, ofrece un ejemplo relevante para reflexionar sobre la gestión hídrica en contextos mineros.

La mina Cerros Negros, ubicada en la subcuenca Alta Sur a 1300 m s.n.m es la más importante de la cuenca (Figura 23). Esta cantera pertenece a la empresa Fluorita Córdoba S.R.L. y es la única en Argentina que está en producción casi continua desde el año 1991, con un ritmo de 2500 ton/mes y leyes promedio de 32 % de fluorita cálcica (CaF_2). Por cada tonelada neta extraída la mina produce 13 toneladas de escombros (Sacchi, 2020).

Esa fluorita es molida y luego procesada en el mismo establecimiento por un método de flotación logrando altas concentraciones de CaF_2 . El resultado es un concentrado de fluorita con hasta 97% de pureza. Este mineral tiene múltiples usos en la industria química y en la metalurgia, principalmente en la fabricación de electrodos de soldadura.

En todo el proceso, se provee de agua del arroyo Vallecitos, tributario del río Guacha Corral, afluente principal del río Quillín.

Un incidente significativo ocurrió en el año 2005. Se produjo un derrumbe en la escombrera, lo que provocó el vertido de sedimentos arcillosos de coloración rojiza (debido a su alto contenido de hierro) provenientes de las piletas de decantación. A través del arroyo llegó al cauce del río Guacha Corral, efluente del Quillín. El episodio generó una alteración visible de las aguas, manifestándose en una turbidez coloración roja-anaranjada.

Aunque los estudios descartaron la presencia de agentes tóxicos (Pramparo, 2025), el evento constituyó una forma de contaminación sedimentaria con implicancias tanto ecológicas como paisajísticas. Por esa razón, la empresa responsable fue

sancionada. A partir de ahí, la empresa inició en 2009 un proceso de remediación del pasivo ambiental generado por la acumulación de escombros graníticos. Esta intervención consistió en la conformación de una terraza estabilizada construyendo suelos fértiles, sobre la cual se implantó posteriormente un viñedo de tres hectáreas, logrando una puesta en valor paisajística y económica (Sacchi, 2020).

En paralelo, se implementó un sistema de tratamiento de agua en la planta de procesamiento, con el objetivo de reducir el impacto hídrico. Durante el proceso de flotación, el agua adquiere una coloración anaranjada por el contenido de arcillas liberadas en la molienda. Para su depuración, se estableció un circuito cerrado en tres etapas: primero, el agua es conducida a una represa de decantación donde sedimentan las partículas arcillosas; luego, el efluente pasa a una laguna artificial con vegetación acuática que actúa como biofiltro natural, mejorando los parámetros físico-químicos; finalmente, el agua es derivada a un tanque de almacenamiento donde alcanza condiciones de transparencia y un pH en torno a 8.5, lo que permite su reutilización en el circuito industrial. Este sistema ha permitido reducir en aproximadamente un 70 % el consumo total de agua en la planta, según lo informado por el gerente comercial del establecimiento. En reconocimiento a esta mejora en la eficiencia hídrica, la empresa recibió el Premio Provincial a la Ecoeficiencia en el año 2014 (Bentivoglio, 2025) (Ver fotos 42,43,44,45,46 y 47).



Figura 23: Ubicación de la mina de fluorita Cerros Negros. Elaboración propia

Como se mencionó al comienzo del capítulo, la minería a cielo abierto requiere grandes volúmenes de agua, lo que puede afectar gravemente los sistemas hídricos, especialmente por la infiltración de metales pesados en las napas freáticas (Manosalvas Corrales, 2021).

No obstante, este tipo de afectaciones no se corresponde con el caso de la mina Cerros Negros. A diferencia de otros emprendimientos extractivos que emplean metales pesados como arsénico, cianuro, plomo o mercurio, compuestos altamente tóxicos que contaminan tanto aguas superficiales como acuíferos subterráneos, con efectos severos sobre la salud humana y los ecosistemas, el proceso de extracción y procesamiento de fluorita en esta cantera no involucra dichos agentes, en línea con la Ley Provincial N° 9526 que prohíbe la minería metalífera a cielo abierto y el uso de las mencionadas sustancias. Además, al tratarse la fluorita de un mineral no metálico presente naturalmente en las sierras de Córdoba, mantiene una interacción estable con el entorno hídrico, sin generar infiltraciones peligrosas ni residuos químicos persistentes (Coniglio et. al, 2010).

Por otro lado, estudios realizados por investigadores de la Universidad Nacional de Río Cuarto, aguas debajo de la mina Cerros Negros, advirtieron sobre niveles elevados de flúor debido a la geología de la zona y la influencia de la minería. (Otero, 2018). Favio Pollo en su doctoral analiza el impacto de la presencia de flúor sobre la biodiversidad de sistemas acuáticos influenciados por la actividad minera evaluando a dos especies de anfibios locales (*Rhinella arenarum* y *Hypsiboas cordobae*). Si bien el estudio se realizó en las piletas de decantación de la mina, un medio artificial, determinó que altos niveles de flúor es desfavorable para el desarrollo normal de los anfibios, demostrado alteraciones genéticas y morfológicas. Esto revela que la actividad minera puede representar un riesgo significativo para los sistemas acuáticos cercanos (Pollo F. E., 2017).

Considerando los avances en gestión hídrica y remediación ambiental en Cerros Negros, resulta fundamental mantener una actitud de vigilancia activa sobre los posibles impactos ambientales de la actividad minera en la cuenca. La presencia de flúor en cuerpos de agua cercanos, los efectos sobre la biodiversidad acuática y la sensibilidad ecológica del entorno serrano exigen monitoreos periódicos,

transparencia en los datos y participación comunitaria en la evaluación de riesgos.



Fotografía 42: Represa de decantación de arcillas. Foto: Daniel Ulla.



Fotografía 43: Represa de decantación de arcillas. Foto: Daniel Ulla.



Fotografía 44: Humedal artificial. Fitodepuración de aguas. Foto: Daniel Ulla.



Fotografía 45: Tanque de almacenamiento de agua depurada para su reutilización. Foto: D. Ulla.



Fotografía 46: Terraza que se construye con los escombros graníticos para ampliar la viña. Foto: Daniel Ulla.



Fotografía 47: Viñedo consolidado. Foto: Daniel Ulla.

4.12.2 El río Quillinzo y el turismo en Córdoba

El agua no es solo un recurso vital, sino también un motor económico en la provincia de Córdoba. La actividad turística está fuertemente ligada a los ríos serranos, que ofrecen espacios para el esparcimiento, la pesca y los deportes acuáticos. La percepción de pureza del agua es clave para sostener la actividad turística y garantizar su atractivo.

Sin embargo, los monitoreos realizados en los últimos tres años han revelado contaminación persistente por bacterias coliformes y presencia de *Escherichia coli* en ciertos momentos del año (Monterita del Quillinzo, 2025) (García & Lombardo, 2025). Esto plantea desafíos para la gestión de la cuenca y la regulación de las actividades humanas que podrían estar contribuyendo a la degradación de la calidad del agua.

4.12.3 Impacto de la ganadería y la urbanización en la calidad del agua

La calidad del agua en la cuenca del río Quillinzo se ve comprometida por diversas fuentes de contaminación de origen antrópico, entre las que se destacan la actividad ganadera, los asentamientos humanos y el desarrollo urbano no planificado. Uno de los indicadores más relevantes de este proceso es la presencia de la bacteria *Escherichia coli*, asociada a la contaminación fecal, en el agua del río. Asimismo, la carga orgánica, en particular los aportes de fósforo y nitrógeno en forma de nitratos, repercute directamente en la eutrofización del Embalse Río Tercero, donde la proliferación de cianobacterias evidencia la degradación progresiva de la calidad del agua.

Para dimensionar el impacto de la ganadería, puede estimarse que una vaca de cría de 390 kg produce alrededor de 30 kg de estiércol y orina por día (Espinosa Velázquez, 2021). En la cuenca del río Quillinzo existen aproximadamente 13.500 bovinos (ver Capítulo 7), lo que representa un aporte estimado de 475 toneladas diarias de excrementos. Debido a los procesos de escorrentía, estos desechos son transportados en alguna medida hacia los cursos de agua, generando alteraciones

en los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos que afectan su calidad.

En cuanto al impacto de los asentamientos humanos, el río Quillinzo atraviesa a lo largo de su recorrido la localidad de Cañada del Sauce, el paraje Sandialito y, en su tramo final, las poblaciones de La Riviera y Villa Quillinzo. La población estable de estos asentamientos es de aproximadamente 500 habitantes, sin presencia de industrias instaladas en la región, lo que sugiere un impacto ambiental relativamente bajo sobre la calidad de las aguas. Sin embargo, durante la temporada turística, el número de residentes temporales se incrementa significativamente, generando una presión adicional sobre los recursos naturales.

En este contexto, el desarrollo inmobiliario no planificado, la falta de delimitación adecuada de la línea de ribera, la ausencia de normativas estrictas en materia constructiva y, especialmente, la deficiencia en el tratamiento de efluentes domiciliarios, constituyen factores que amenazan seriamente la pureza de las aguas del Quillinzo. Esta situación, extensiva a toda la cuenca del río Tercero, se manifiesta con particular claridad en el proceso de eutrofización del embalse homónimo.

4.12.4 Resultados del monitoreo de las aguas del río Quillinzo

El monitoreo sistemático mediante análisis fisicoquímicos y microbiológicos es fundamental para evaluar la calidad del agua, detectar tendencias y orientar estrategias de conservación. Con este propósito, desde el verano de 2021, la ONG Monterita del Quillinzo, en colaboración con las Facultades de Agronomía y Veterinaria y la Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales de la Universidad Nacional de Río Cuarto, ha llevado a cabo monitoreos periódicos en el río Quillinzo, específicamente en la localidad de Cañada del Sauce.

Aunque se trata de una población pequeña, su extensión abarca 6 kilómetros a lo largo de la margen este del río. Para establecer un registro histórico de la calidad del agua, se recolectan muestras en tres puntos clave: el ingreso, el tramo medio y la salida del pueblo. Los análisis incluyen parámetros fisicoquímicos,

microbiológicos y estudios sobre la vida acuática, proporcionando información esencial para la gestión sostenible del recurso hídrico.

a) Análisis fisicoquímicos

Pramparo (2025) analizó los resultados de los monitores de agosto de 2022 y de marzo, junio y octubre de 2023, considerando 18 muestras representativas de cada una de las estaciones del año. Los resultados procesados se presentan a continuación (Tabla 8, Figura 24):

Parámetro	Unidad	Nº de muestras	Min.	Máx.	Media	Desviación típica
pH	—	18	6,5	7,7	7,2	0,27
CE	µS/cm	18	47,3	12,3	97,0	0,70
SDT	mg/L	18	33,1	103,0	67,6	63,5
CO ₃ ²⁻	mg/L	18	0,0	0,0	0,0	0,00
HCO ₃ ³⁻	mg/L	18	20,6	85,4	47,4	14,77
SO ₄ ²⁻	mg/L	18	1,4	9,8	3,4	2,42
Cl ⁻	mg/L	18	1,9	3,9	3,9	3,19
Na ⁺	mg/L	18	2,4	9,9	6,4	2,23
K ⁺	mg/L	18	1,7	3,8	2,1	0,41
Ca ²⁺	mg/L	18	5,2	16,0	6,5	2,48
Mg ²⁺	mg/L	18	0,8	2,7	1,5	0,52
NO ₃ ⁻	mg/L	18	0,5	0,5	0,5	0,00
F	µg/L	18	0,4	0,5	0,5	0,22
As	µg/L	18	0,004	2,1	1,2	0,73
As	—	18	0,004	0,5	1,2	0,73

Tabla 8: Estadísticos descriptivos de parámetros físico-químicos. Río Quillín. Cañada del Sauce. (Pramparo, 2025)

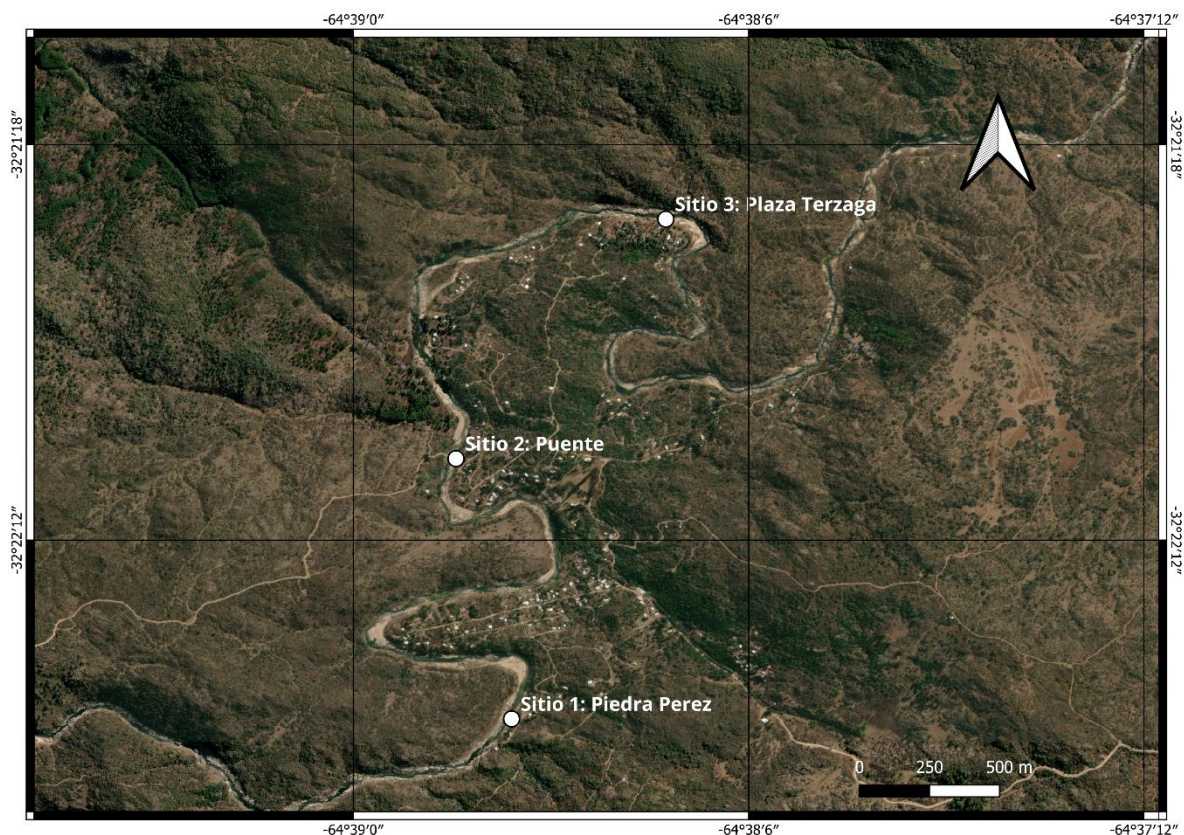


Figura 24: Sitios de muestreo en Cañada del Sauce. Elaboración propia.

Determinar el nombre geoquímico del agua de una cuenca permite caracterizar su composición iónica dominante, y permite interpretar los procesos químicos evolutivos que afectan al agua desde su recarga hasta su desembocadura. Esta clasificación facilita el análisis de la interacción agua-roca, la influencia del relieve y los materiales geológicos, la conexión con acuíferos subterráneos y la posible presencia de aportes antrópicos (Sanchez San Román, 2012).

Al respecto, todas las aguas muestreadas del río Quillinzo determinan que son bicarbonatadas. Respecto a los cationes, un 11,1% son cálcicas y las restantes mixtas: 61,1% cálcica-sódicas y 27,8% resultaron sódico-cálcicas (Tabla 9).

	Bicarbonatada			Total
	Cálcica	Cálcica-sódica	Sódica-cálcica	
Cantidad	2	11	5	18
Porcentaje	11,10%	61,10%	27,80%	100%

Tabla 9: Porcentaje de muestras según su clasificación geoquímica (Pramparo, 2025).

El análisis de los parámetros fisicoquímicos de pH y conductividad eléctrica (CE) permitió caracterizar la calidad natural del agua del río Quillinzo y detectar posibles alteraciones de origen antrópico.

Los valores de pH oscilaron entre 6,5 y 7,7, manteniéndose dentro del rango típico de las aguas naturales (6,5–8,5) y próximos a la neutralidad. A lo largo del recorrido del río, el pH se mantuvo relativamente estable, sin variaciones significativas entre los distintos sitios de muestreo ni entre estaciones del año. Esta estabilidad sugiere una baja influencia de fuentes contaminantes que puedan alterar la acidez del sistema.

En cuanto a la conductividad eléctrica, los valores registrados variaron entre 47,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 123 $\mu\text{S}/\text{cm}$, con un promedio de 97 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Estos resultados indican que el agua del río Quillinzo es dulce y de muy baja salinidad, con valores similares a los observados en aguas de lluvia de la región. Se observó un leve incremento de la conductividad eléctrica (CE) en dirección aguas abajo, desde el Sitio 1 al Sitio 3, lo que refleja una acumulación progresiva de sales disueltas. Este patrón se evidenció tanto en los valores máximos como en los promedios y medianas.

Con el objetivo de proteger la salud pública, tanto el Código Alimentario Argentino (CAA) como la Secretaría de Recursos Hídricos de Córdoba (SRH) establecen límites para arsénico (As) y flúor (F^-) en agua destinada al consumo humano. El CAA fija un máximo de 0,01 mg/L para As y 1,3 mg/L para F^- (ajustado a la temperatura media del sur de Córdoba), mientras que la SRH admite valores provisorios de hasta 0,05 mg/L para As y 1,5 mg/L para F^- .

En el río Quillinzo, las concentraciones de arsénico fueron extremadamente bajas, con un valor máximo registrado de 2,1 $\mu\text{g}/\text{L}$, muy por debajo de los límites establecidos. Esta presencia, aunque mínima, sugiere un aporte de aguas subterráneas enriquecidas en arsénico (As), posiblemente por la meteorización de vidrio volcánico en sedimentos loésicos.

En cuanto al flúor, las concentraciones también se mantuvieron por debajo de los umbrales, con registros no detectables en algunos casos y un máximo de 0,9 mg/L en abril de 2022. Pramparo (2025), menciona que la variabilidad observada se relaciona con la geología de la cuenca; los cursos que drenan el Batolito Cerro

Áspero (rico en fluorita y biotita) presentan mayores concentraciones de flúor (F^-) disuelto, en contraste con los que atraviesan litologías metamórficas.

El monitoreo de nitratos en el río Quillinzo evidenció concentraciones muy bajas, en su mayoría por debajo del límite de detección del método analítico. Los valores registrados en agosto de 2022, aunque levemente más altos, podrían atribuirse a un foco puntual de contaminación o a procesos naturales como la descomposición de materia orgánica del suelo. En todos los casos, las concentraciones se mantuvieron por debajo del límite establecido por el Código Alimentario Argentino para agua de consumo humano, lo que indica una baja carga de contaminación nitrogenada en el sistema.

El monitoreo fisicoquímico del río Quillinzo permitió evaluar la influencia de factores climáticos, geológicos y antrópicos sobre la calidad del agua a distintas escalas espaciales y temporales. Se observó que la conductividad eléctrica, vinculada a la salinidad, disminuye durante períodos húmedos por efecto de la dilución, mientras que en épocas secas aumenta debido al mayor aporte de agua subterránea, más mineralizada. Este comportamiento también se reflejó en las concentraciones de arsénico y flúor, que, aunque siempre por debajo de los límites permitidos, tienden a elevarse en condiciones de menor caudal superficial.

Las variaciones interanuales en la salinidad no dependen solo del régimen húmedo o seco, sino también de la cantidad, intensidad y distribución de las precipitaciones previas al muestreo. Además de la conductividad eléctrica (CE), se monitorearon pH, elementos mayoritarios y trazas como Arsénico (As), flúor (F^-) y nitratos (NO_3^-), sin detectarse alteraciones químicas significativas ni indicios de contaminación en la zona de Villa Cañada del Sauce (Pramparo, 2025).

Las aguas del río Quillinzo son aptas para uso humano previa potabilización.

Según normas FAO (Ayers, 1985) no es apta para uso de riego por severas limitaciones de infiltración, aunque agrónomicamente la estructura del suelo predominantemente arenosa no sería afectada. En cuanto a su utilización ganadera, el bajo contenido de sales las hace apropiadas como agua de bebida, aunque por sí solo no garantiza la cobertura de los requerimientos nutricionales de los bovinos. Pramparo (2025) concluye que el agua del río mantiene una calidad química estable

y se recomienda continuar con el monitoreo para detectar posibles cambios en la geoquímica del sistema y garantizar una gestión sostenible del recurso hídrico.

b) Análisis microbiológicos

La presencia de ciertos organismos microscópicos, como bacterias, virus y parásitos, constituye un indicador clave de posibles procesos de contaminación en cuerpos de agua superficial. La evaluación de su calidad microbiológica resulta fundamental para identificar riesgos sanitarios y, en caso de ser necesario, orientar la implementación de medidas correctivas que garanticen su disponibilidad, contribuyendo así a la mejora de la calidad de vida y la salud pública (Gambero et al., 2024) (Foto 48 y 49).



Fotografía 48: Río Quillinzo. Foto: Daniel Ulla.

Los resultados de los análisis microbiológicos de 25 muestras de los monitoreos realizados desde diciembre de 2021 a diciembre de 2024 realizados en tres sitios de muestreo y en diferentes estaciones del año son los siguientes (Tabla 10):

Parámetro	Fecha	unidad	Muestra			Límite tolerable Código Alimentario
			1	2	3	
Aeróbios mesófilos totales	19/12/2021	UFC/ml	330	310	250	< 500 UFC/ml
	17/5/2022		< 500	< 500	< 500	
	5/8/2022		2300	30	220	
	28/11/2022		660	1200	860	
	3/3/2023		2600	2900	1800	
	2/6/2023		3,3	35	81	
	1/10/2023		10	21	130	
	17/3/2024		290		470	
	15/12/2024		500		400	
Bacterias coliformes totales	19/12/2021	NMP/100 ml	1100	500	90	≤ 3 NMP 100 ml
	17/5/2022		< 3	< 3	< 3	
	5/8/2022		4	2,3	2,3	
	28/11/2022		9,3	9,3	240	
	3/3/2023		9,3	480	480	
	2/6/2023		2,1	240	4,3	
	1/10/2023		1,2	230	7	
	17/3/2024		480		75	
	15/12/2024		500		400	
Bacterias coliformes fecales	19/12/2021	NMP/100 ml	9	7	7	≤ 3 NMP/100 ml
	17/5/2022		< 3	< 3	< 3	
	5/8/2022		4	4	4	
	28/11/2022		9,3	4,3	4,3	
	3/3/2023		9,3	150	7,5	
	2/6/2023		3	240	2,3	
	1/10/2023		1,2	230	4	
	17/3/2024		s/d	s/d	s/d	
	15/12/2024					
Escherichia coli	19/12/2021	presencia / ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	en 100 ml
	17/5/2022		ausencia	ausencia	ausencia	
	5/8/2022		presencia	ausencia	presencia	
	28/11/2022		presencia	presencia	presencia	
	3/3/2023		ausencia	ausencia	ausencia	
	2/6/2023		presencia	presencia	presencia	
	1/10/2023		ausencia	presencia	ausencia	
	17/3/2024		presencia	s/d	ausencia	
	15/12/2024		presencia	s/d	presencia	
Pseudomona aeruginosa	19/12/2021	presencia / ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	en 100 ml
	17/5/2022		ausencia	ausencia	ausencia	
	5/8/2022		ausencia	ausencia	ausencia	
	28/11/2022		presencia	presencia	presencia	
	3/3/2023		presencia	ausencia	ausencia	
	2/6/2023		presencia	ausencia	ausencia	
	1/10/2023		ausencia	presencia	ausencia	
	17/3/2024		presencia		presencia	
	15/12/2024		presencia		ausencia	

UFC: Unidades formadoras de Bacterias CAA: Código Alimentario Argentino

Tabla 10: Resultados de los análisis microbiológicos. Monterita del Quillinzó - Laboratorio de Microbiología e inmunología. UNRC.

En general, los recuentos de los tres indicadores microbiológicos en todas las muestras analizadas son bajos, siendo el río un recurso hídrico superficial expuesto a contaminantes del ambiente y a aquellos provenientes de actividades humanas. Sin embargo, se observa que los valores más elevados de las bacterias aerobias mesófilas viables totales y de coliformes totales en los tres sitios de muestreo fueron registrados en verano de 2023, mientras que los coliformes termotolerantes mostraron recuentos similares o menores a los coliformes totales (García & Lombardo, 2025).

Con respecto al marcador de contaminación fecal, se observa la presencia de *Escherichia coli* en la mayoría de las estaciones y años muestreados y en casi todos los sitios de muestreo; pero se destaca su ausencia en todos los sitios muestreados en verano de 2023, donde se registraron los valores más elevados de los indicadores antes mencionados. La presencia de este microorganismo en distintas estaciones y años de muestreo puede deberse a contaminación fecal del ganado que se acerca a las orillas del río para beber agua o a alguna actividad humana de volcado de contaminantes en temporada turística alta.

De acuerdo a las Directrices Sanitarias para Uso Seguro de Aguas Recreativas elaboradas por el Ministerio de Salud de la Nación Argentina, los parámetros bacteriológicos y límites son los siguientes:

- Aeróbios mesófilos totales: límite tolerable < 500 UFC/ml.
- Bacterias coliformes totales: límite ≤ 3 NMP/100 ml.
- Bacterias coliformes fecales: límite ≤ 3 NMP/100 ml.
- *Escherichia coli*: presencia/ausencia, con ausencia en muestras indicadas como aceptable.
- *Pseudomona aeruginosa*: presencia/ausencia, con ausencia en muestras como criterio de calidad.



Fotografía 49: Toma de muestras en el río Quillínz. UNRC-Monterita del Quillínz

Análisis de los resultados:

- En varias muestras, los aerobios mesófilos superan ampliamente los 500 UFC/ml, alcanzando valores como 2300, 2600, 2900, etc., lo cual indica que en esas ocasiones no cumple con el estándar.
- Las bacterias coliformes totales y fecales en muchas muestras también superan los límites permitidos, con valores como 9,3, 480, 240, etc.
- La presencia de *Escherichia coli* y *Pseudomona aeruginosa* en varias muestras indica contaminación, ya que en algunas ocasiones se detectaron presencia de estas bacterias. (Organización Mundial de la Salud, 2021)

Conclusión: La mayoría de las muestras analizadas muestran niveles de bacterias y aerobios que exceden los límites aceptados por la OMS para aguas recreativas. Esto sugiere que, en las fechas analizadas, las aguas del río Quillínz no cumplen con los estándares de calidad para uso recreativo seguro; lo que plantea un gran interrogante para analizar las causas, magnifica la necesidad del ordenamiento

territorial y la necesidad de establecer normas de edificación que realicen el tratamiento eficiente de efluentes domiciliarios.

c) Estudios de ecología acuática

Los macroinvertebrados acuáticos constituyen una herramienta clave para la evaluación ecológica de los ecosistemas fluviales, ya que su diversidad, abundancia y sensibilidad a distintos tipos de perturbaciones permiten inferir el estado de salud ambiental de estos sistemas. Esta comunidad incluye una amplia gama de organismos (como moluscos, anélidos, nematodos, platelmintos) y, predominantemente, artrópodos (insectos, ácaros, camarones, cangrejos, entre otros) que habitan en el sustrato de ríos, arroyos, lagos y lagunas, así como entre la vegetación acuática.

Mientras que los análisis fisicoquímicos y microbiológicos proporcionan una caracterización puntual del estado del agua (una suerte de “instantánea” del momento de muestreo), el estudio de las comunidades biológicas, en particular de los macroinvertebrados, ofrece una visión integradora y temporalmente acumulativa de las condiciones ecológicas del ecosistema. En este sentido, los indicadores biológicos permiten detectar alteraciones ambientales que pueden pasar desapercibidas en análisis puntuales, funcionando como registros biológicos de las condiciones pasadas y presentes del sistema. Así, el enfoque ecológico complementa y enriquece la evaluación ambiental, aportando una perspectiva dinámica y temporal. (Montilla, Marquez, García-González, Baroso & Principe, 2025)

Entre 2022 y 2023 un equipo de investigadores del Departamento de Ciencias Naturales. Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales de la UNRC estuvieron trabajando en el río con una técnica de campo y laboratorio sencilla y efectiva que es el monitoreo de invertebrados en las cuatro estaciones del año. Recolectaron muestras de invertebrados bentónicos en los 3 sitios de muestreos descriptos anteriormente y fueron llevadas para ser identificadas y analizadas en laboratorio (Foto 50 y 51).



Fotografía 50: Técnica de campo y laboratorio. Identificación y recuento de invertebrados bentónicos



Fotografía 51: Equipo de Monitoreo. UNRC y Monterita del Quillinzo. Foto: Daniel Ulla.

Con la información obtenida procedieron a determinar la calidad el agua del río Quillinzo utilizando dos índices biológicos (Tabla 13):

- Índice Biótico Carcarañá (IBC). Este índice fue propuesto por investigadoras de la Universidad Nacional de Río Cuarto (Gualdoni y Corigliano, 1991). Consiste en asignar un puntaje a cada muestra en función de los macroinvertebrados presentes indicando qué tan limpia o contaminada está el agua (Tabla 11).
- Índice BMWP (Biological Monitoring Working Party). Desarrollado en Europa en 1983, clasifica la calidad del agua según las familias de macroinvertebrados presentes. En nuestra región, se ha adaptado para estudiar los arroyos serranos de Córdoba (Principe et al., 2022) (Tabla 11).

Puntaje IBC	Juicio IBC	Puntaje BMWP	Juicio BMWP	Calidad	Color
≥10	Ambiente no contaminado	> 100	Aguas muy limpias	Muy buena	Azul
8-9	Ambiente poco contaminado	61-100	Aguas con poca contaminación	Buena	Verde
6-7	Ambiente contaminado	36-60	Aguas contaminadas	Modorada	Amarrillo
4-5	Ambiente muy contaminado	16-35	Aguas muy contaminadas	Mala	Naranja
1-2-3	Ambiente fuertemente contaminado	≤ 15	Aguas extremadamente contaminadas	Pésima	Rojo

Tabla 11: Juicios de calidad del agua basado en la sumatoria de puntajes para los índices IBC y BMWP

Se encontraron 75 tipos diferentes de macroinvertebrados pertenecientes a cinco grandes grupos: gusanos planos (Platyhelminthes), nematodos (Nematoda), caracoles y almejas (Mollusca), lombrices acuáticas (Annelida) y artrópodos

(Arthropoda). Respecto de la estacionalidad observaron que el río estuvo más poblado en invierno con menor caudal del cauce, seguido del verano, primavera y, por último, otoño donde influyeron las crecidas.

Respecto de la calidad, los índices biológicos IBC y BMWP, demostraron una buena calidad ambiental a lo largo del año y en todos los sitios muestreados. El IBC siempre indicó que se trataba de aguas “no contaminadas”. Mientras que el índice BMWP clasificó el agua entre “buena calidad” y “muy buena calidad” (Tabla 13). Ambos índices mostraron puntajes altos y valores similares en todos los sitios y estaciones.

La variedad de insectos acuáticos encontrados, como efímeras, tricópteros y moscas de las piedras, es una señal positiva, ya que estos organismos son muy sensibles a la contaminación y los cambios en el ambiente. Su presencia nos indica que el río mantiene una buena calidad ambiental.

La ictiofauna

Los peces del río son también indicadores de la salud ecológica del sistema y su presencia y abundancia son indicadores de calidad del agua y o la presencia de especies invasoras. Su rol resulta clave para el mantenimiento del equilibrio de estos ecosistemas, cumpliendo funciones en las diversas redes tróficas y en el medio en el que habitan (Mancini, Marzuoli, Salinas, & Núñez, 2025)

En el año 2024, un equipo de investigadores de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UNRC, realizó un estudio preliminar de un día de en diferentes arroyos tributarios del río Quillinzo a la altura de la localidad de Villa Cañada del Sauce (Foto 52).

Utilizando redes, trampas y líneas con boyas y anzuelos “mosca”. La mayoría de los peces fueron contados y devueltos al agua.



Fotografía 52: Muestreos en el Nogal. Investigadores de INCIVET- CONICET- UNRC

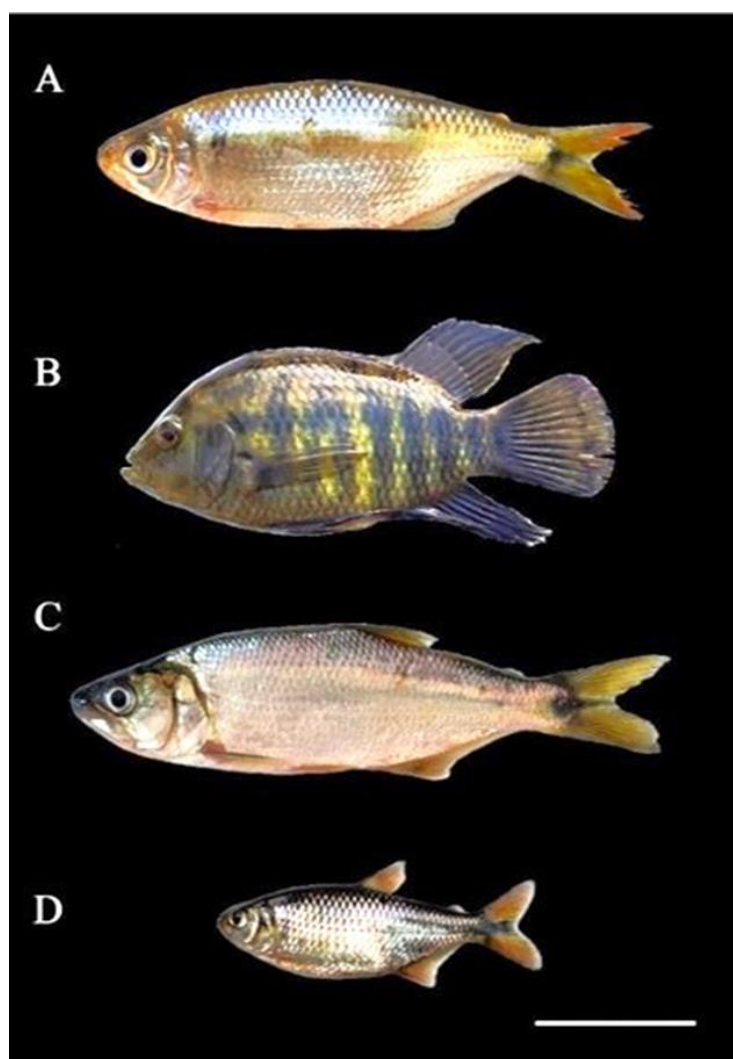
Se contabilizaron 308 peces de las siguientes especies como se ve en la tabla 12

Orden / Familia / Especie	Nombre común
ORDEN Characiformes	
FAMILIA Characidae	Dientudo
1. <i>Oligosarcus jenynsii</i>	Mojarra cola roja
2. <i>Pselliodon aff. eigenmanniioirum</i>	Mojarrón
3. <i>Psalliodon rutilus</i>	
ORDEN Siluriformes	
FAMILIA Heptapteridae	Bagre negro ¹
ORDEN Cichlidae	
<i>Gymnogeophagus australis</i>	Palometa
ORDEN Salmoniformes	
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha arco iris ^{1,2}

1. Presencia confirmada por referentes del lugar. 2. Presencia confirmada en arroyos y ríos aguas arriba de la zona muestreada del río Quillínz.

Tabla 12: Órdenes, familias y especies de peces que habitan el río Quillínz. Mancini et al. (2025)

La composición de la fauna ictícola de este estudio del río Quillinzo está dominada por la mojarra cola roja (78,9%), seguida por el mojarrón (10,1%), el dientudo (7,1%) y la palometa (3,9%) (Foto 53). En el río también habitan otros peces como viejas del agua y bagrecitos, pero debido a la imposibilidad de recolectar ejemplares no se pudo precisar a qué género y especie corresponden. Martín Acosta, informante local calificado menciona que además están presentes el bagre negro, el bagre del torrente, la vieja del agua y la trucha arco iris. A excepción de esta última, todas las especies son nativas de la provincia de Córdoba. (Mancini, Marzuoli, Salinas, & Núñez, 2025)



Fotografía 53: A: mojarrón, B: palometa, C: dientudo, D: mojarra cola roja. Mancini et al. (2025)

5 Historia del territorio y sus transformaciones

5.1.Los primeros habitantes

Las investigaciones confirman la presencia humana en las Sierras de Córdoba desde hace 11.000 años, a partir de hallazgos en Pampa de Achala (Rivero, 2012). Alberto Rex González (1972), en sus investigaciones arqueológicas, sugiere que la presencia de los comechingones, también conocidos como henia-kamiare en las Sierras Pampeanas se remonta a tiempos prehispánicos. Sus estudios en sitios como Ayampitín y la Gruta de Inti Huasi revelaron una ocupación humana que data de aproximadamente 6,000 a.C., aunque estos primeros habitantes no eran necesariamente comechingones.

Según el historiador local Carlos Pardo en su libro Villa Cañada del Sauce (Pardo, 2023), si bien no fue una cultura que desarrollara importantes construcciones líticas que quedaran en pie, ni tampoco piezas de alfarería de calidad refinada, en diferentes sitios de nuestra zona se han encontrado testimonios de aleros indígenas, que más que viviendas podrían haber servido como refugios de excursiones de caza, ya que sabemos que las viviendas colectivas de los comechingones eran semisubterráneas, construidas de palos y techos de paja, materiales fácilmente degradables con el paso del tiempo.

En diferentes sitios de la cuenca se han podido relevar morteros, pinturas rupestres y cerámicas rudimentarias en su técnica, pero que denotan el importante desarrollo de comunidades recolectoras y productoras.

5.2. El origen del nombre Quillinzo y su significado.

Quillinzo proviene de la lengua comechingón. No existe a un registro escrito del significado original ya que los comechingones no tenían escritura desarrollada. Se cree que “Quillinzo” podría estar relacionado con términos que describen características naturales del río o su entorno. Relatos locales dicen que significa “aguas que curan”.

Lo cierto es que en los antiguos mapas de la provincia de Córdoba se lo menciona de diferente manera. En el primer mapa oficial de la provincia de 1886 se la menciona “Quiyinxo” (Figura 25), y en el mapa de Córdoba y San Luis de 1885 se lo denomina “Quillincho”. En 1905 en el mapa del Ing. Ulrico Greiner publicado por la librería alemana se lo escribe “Quillinso”. El término “Quillinzo” aparece escrito en el mapa oficial de la Provincia de Córdoba aprobado en 1905.

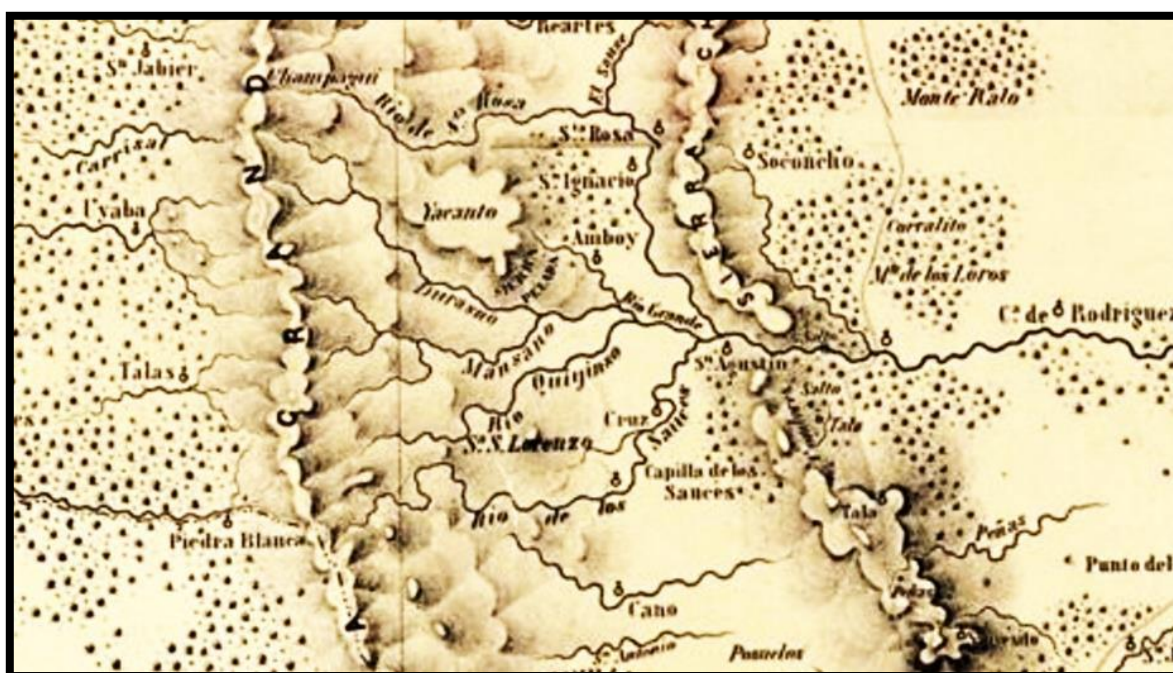


Figura 25: Primer mapa oficial de la Provincia de Córdoba del año 1886 (extracto)- Fuente IDECOR.

De este último mapa es importante destacar como el destacado naturalista, médico y geógrafo francés Jean Antoine Victor de Martin de Moussy (1810-1869) incorpora el concepto de cuenca, haciendo una delimitación bastante aproximada a la que obtenemos con la tecnología actual (Figura 26).

El nombre "Quimllinza" como denominación histórica del actual Río Quillinzo figura en registros relacionados con la Estancia de "La Cruz" en descripciones de los límites de la estancia durante las primeras conquistas españolas en Córdoba, posterior a 1570. (Bustos, 2024).



Figura 26: Carte provinces Cordova et San Luis. Martín de Moussy (extracto) Fuente IDECOR.

5.2.1. La época colonial

En tiempos coloniales, gran parte de la cuenca del Río Quillínz, formó parte de la Estancia del Sauce de San Lorenzo de Licsin o Lictin que se extendía desde la localidad de San Agustín hasta El Cano en el límite sur, abarcando todo el Valle de Calamuchita hasta el filo serrano (al poniente) y el Camino del Bajo o Camino Real (hoy, ruta 23 al naciente). La Estancia en cuyo casco es hoy el de la Estancia Los Cocos en Río de los Sauces, estaba dedicada a la producción mular y ovina, uno de los recursos más importantes de la Córdoba Colonial. Perteneció a la familia y descendientes de Jerónimo Luis de Cabrera, fundador de la Ciudad Capital de la provincia. (Pardo, 2023)

Fue así que la Ciudad de Córdoba se transformó en el punto nodal de los caminos, y comenzó a exportar aproximadamente 12.000 mulas anuales entre 1630 y 1650, insertándose en el mercado interno colonial e integrándose fuertemente a la economía minera del Alto Perú. En este sentido, la ocupación del suelo se localizó en los valles de la región serrana, pues se transformaban en excelentes resguardos de potreros con un solo cerco. Entre propiedad y propiedad, los límites quedaban

asegurados levantando pircas de piedras y arbustos. Ahí se establecieron los principales criaderos de mulas y potreros de invernadas, por lo que en el siglo XVII las tierras de las sierras fueron ocupadas (Pardo, 2023).

La mula es un animal que surge del cruzamiento entre dos especies: una yegua (hembra de los equinos) y un burro (macho). Este cruce produce un animal híbrido que no puede tener crías. Su origen se remonta a la antigüedad, posiblemente en Asia menor y Egipto. Las mulas son apreciadas porque combinan las mejores cualidades de sus padres: la fuerza y el tamaño del caballo con la resistencia, la capacidad de alimentarse con poco pasto y la fortaleza del burro. Se caracteriza por su capacidad de carga, capacidad de marcha en senderos escarpados, aptitud para alturas de más de 4000 m s.n.m, soportar condiciones climáticas extremas y su bajo requerimiento de alimentación. (Ventura, 2019)

Población y desarrollo de la infraestructura de caminos

Como para tener una referencia de la cantidad de habitantes de en la época colonial, según Celton (1994) y Carbonari y Cocilovo, (2004), en el primer censo poblacional de la provincia de Córdoba realizado en 1778, registró 43.764 personas (europeo, indio/mestizo, negro/mulato/pardo/ e ignorado).

El proceso de mestizaje de grupos étnicos con los descendientes originales comechingones, determinó un tipo físico con características diversas, teniendo en cuenta el aporte indígena. Las referencias describen a individuos altos, barbados y de ojos claros, mestizados con los criollos y con la población negra que hizo un importante aporte genético, dando un tipo físico especial que aún puede observarse en algunos rasgos de la población serrana descendientes de aquellas familias más tradicionales (Pardo, 2023).

En esta etapa colonial ya se definen caminos, muchos de los cuales usamos actualmente. Al irse consolidando la región como un importante polo productivo ganadero de ovejas y mulas (que desplazaron los camélidos originarios) integrado al Virreinato del Alto Perú, se necesitaron caminos para atravesar las sierras de norte a sur y de este a oeste vinculando la cuenca con el norte de Córdoba, San

Luis, Mendoza y Chile. Pardo, menciona que la Estancia del Sauce de San Lorenzo de Lictin llegó a tener más de 6000 ovejas; por lo que esos caminos fueron usados para el arreo para su comercialización o incluso para el contrabando, cuatreraje y malones de los indios.

Ya estaba el camino de piedemonte o Camino de la Costa (hoy RP 23), que desde la ciudad de Córdoba se dirigía hacia el sur pasando por la Cruz, Villa Quillín, Amboy, Villa Amancay y Santa Rosa. Hacia el sur continuando a Río de los Sauces, El Cano, Alpa Corral, San Bartolo y Las Tapias.

Menos conocido, se puede hacer referencia a lo que se denomina el Camino de las Mulas, que conectaba con la jurisdicción de la ciudad de San Luis por el de Luti y Merlo, lo que hace suponer una importante actividad productiva en la región vinculada a ambos lados de las sierras de comechingones. También se lo ha llamado Camino de las Arrias.

Por entonces se llegaba a Lutti desde Cañada del Sauce, por el camino que se extendía entre los campos que antiguamente pertenecieron a Jerónimo Rodríguez, hasta llegar al actual campo de Froilán Pizarro.

Es muy probable que esta región, con sus estancias productivas, tuviera una importante conexión con Chile (cabe recordar que, hasta 1776, tanto la jurisdicción de San Luis como la de Mendoza pertenecían a la Capitanía General de Chile).

Dentro de la región de la sierra se han mencionado tres caminos: el conocido como del Alto, que debe haber pasado por Luti (Límite oeste de la cuenca), el Camino del Medio, que venía desde San Ignacio, La Cruz. Río de los Sauces, etc., y el del Bajo, que venía por El Salto, Los Cóndores, La Dormida y Las Peñas. Asimismo, existían caminos alternativos que se usaban para desvío, ya que fuera por ataques de la población india o por desbordes de arroyos y ríos. En este punto hay que recordar que no existían deslindes definidos entre las propiedades privadas.

Con los cambios de la economía, las conexiones existentes se fueron perdiendo. Muchos de esos caminos dejaron de tener importancia, y pasaron a ser senderos de animales como los que circulan entre las pircas divisorias de campos y arroyos subsidiarios (Pardo, 2023).

5.3 Sitios arqueológicos y patrimonio a conservar

En 2023 una comisión de arqueólogos de la Dirección de Patrimonio Cultural dependiente de la Agencia Córdoba Cultura informa sobre un relevamiento realizado en el área de Cañada del Sauce, donde documenta aleros, pictografías, morteros y conanas determinando dos sitios arqueológicos: Cañada del Sauce 1 de una superficie de 214 has y Cañada del Sauce 2 de 224 has (Figura 24). A fin de la protección de estos sitios los arqueólogos definieron un área amortiguación de 893 has debido a su alto potencial arqueológico.



Fotografía 54: Sitio arqueológico - Cañada del Sauce. Córdoba Cultura (2023).

Es un elemento muy valioso a tener en cuenta para el ordenamiento territorial, ya que los mencionados sitios se encuentran en el ejido urbano de Cañada del Sauce. El informe declara que cualquier proyecto de intervención “deberá estar sujeto a estudios arqueológicos, constituyéndose como órgano de aplicación la Agencia Córdoba Cultura” (Agencia Córdoba Cultura, 2023). Finalmente, mencionan que lo relevado no agota la cantidad de sitios arqueológicos existentes en este enclave territorial, sino que, por el contrario, da cuenta de la potencialidad del mismo (Figura 27). (Agencia Córdoba Cultura, 2023)



Figura 27: Sitios y área de protección arqueológica. Córdoba Cultura (2023).

Las Pircas

Uno de los elementos culturales del paisaje serrano son las pircas, presentes en toda la cuenca. El origen de esta palabra proviene del quechua “pirqa,” que significa “pared”.

Si bien pertenecen al periodo rural y no fueron, como se cree construidas por los pueblos originarios, no es menos cierto que estas pircas reflejan una impecable técnica de construcción heredada de los comechingones, quienes sí la usaban para demarcar provincias dentro de su territorio en kilométricas paredes, y que, a su vez, las heredaron de la cultura preincaica del Valle Calchaquí, que extendió sus influencias culturales y técnicas hasta llegar a estas latitudes (Pardo, 2023).

Se estima que tienen una antigüedad entre 100 y 200 años, dado que en esa época no existía el alambrado (Fotografías 55 y 56).



Fotografía 55: Pirca en zona de Pueblo Escondido. Cerro Áspero. 1910 m s.n.m. Foto: Daniel Ulla.



Fotografía 56: Refugio de los contrabandistas. Pueblo Escondido – Cerro Áspero. 1880 m s.n.m.. Foto: D. Ulla.

Con el objetivo de monitorear para la preservación de las pircas, Espósito & Pardo, (2020) hicieron un relevamiento en un área de aproximadamente 2.000 has logrando identificar y medir 21.5 kilómetros de pircas entre líneas completas y fragmentadas (Figura 28 y 29)

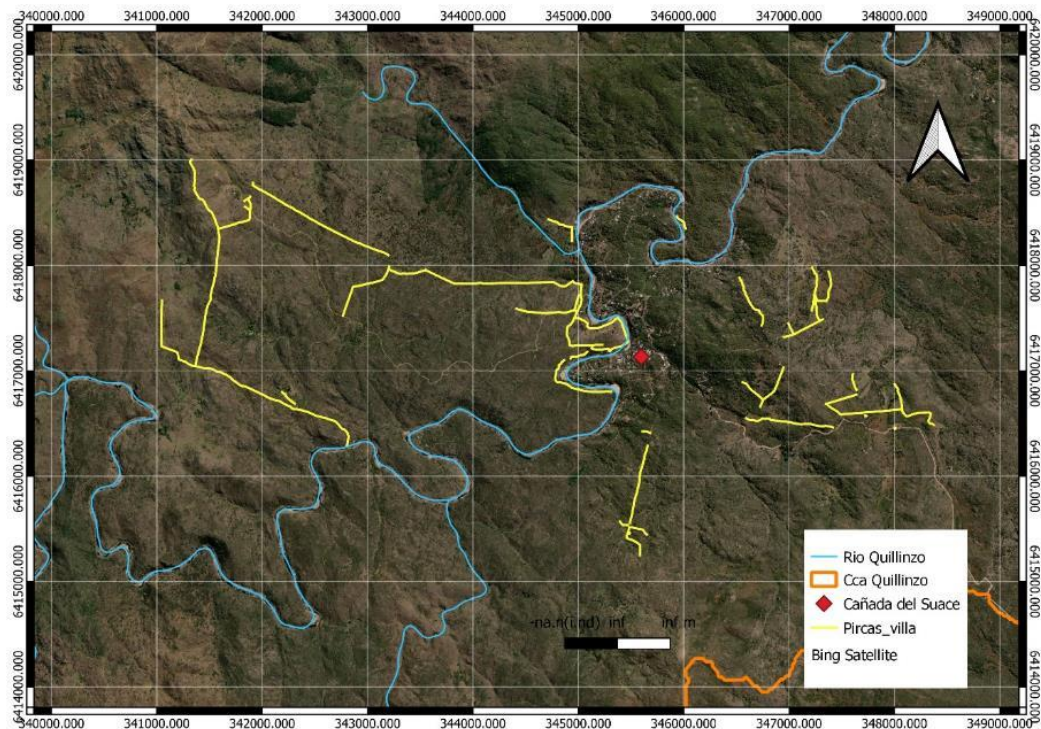


Figura 28 Relevamiento de pircas en Cañada del Sauce en el año 2020 con vista en toda la cuenca del Río Quillínz. Elaboración propia (tomado de Espósito y Pardo 2020).

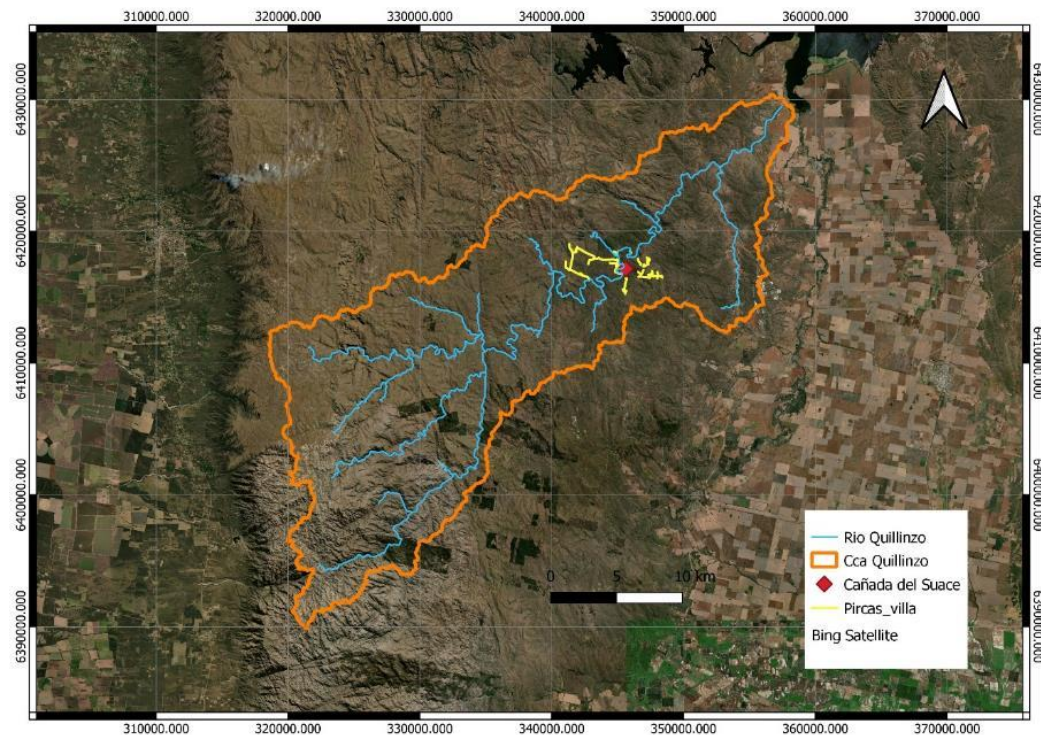


Figura 29: Relevamiento de pircas en Cañada del Sauce en el año 2020 con vista en toda la cuenca del Río Quillínz. Elaboración propia (tomado de Espósito y Pardo 2020).

Se puede observar su forma poligonal y en algunas esquinas con ángulos más cerrados lo que se presume serían lugares de encierre del ganado.

En base a lo relevado y tomando toda la superficie de la cuenca, podemos estimar un potencial de 650 km de pircas (Figura 25).

La comisión de arqueólogos de la Dirección de Patrimonio Cultural de Córdoba Cultura en el informe ya mencionado sobre los sitios arqueológicos, enuncia que ese sistema de pircas es de carácter histórico patrimonial posiblemente vinculadas al periodo colonial que habría formado parte de la antigua Estancia Los Sauces de San Lorenzo de Licsin (Agencia Córdoba Cultura, 2023).

Por lo tanto, es otro elemento del paisaje que necesita ser preservado con leyes que lo protejan.

5.4.1. El cambio del uso del suelo en los últimos 4 siglos

Al adoptar una mirada retrospectiva sobre el uso del suelo en la cuenca, puede afirmarse que su perfil productivo, centrado en la ganadería de cría, ha permanecido relativamente constante desde la llegada de los colonizadores. Desde entonces, las pasturas naturales y el fácil acceso al agua han constituido los principales atributos de estas tierras, facilitando en la época colonial la cría de mulas y ovejas, y actualmente la ganadería vacuna de cría (Tabla 15).

El estudio del paleoclima revela que el ambiente serrano ha experimentado modificaciones significativas en los últimos mil años, influenciado por el Período Cálido Medieval (1100–1400 d.C.) y la Pequeña Edad de Hielo (1450–1850 d.C.). Estos eventos climáticos fueron determinantes en la composición y distribución de la vegetación, condicionando las actividades humanas de cada época. En particular, el período colonial coincidió con una fase fría y seca, lo que habría favorecido la producción ganadera en las sierras por la disponibilidad de agua y un ambiente relativamente más húmedo (Cioccale, 1999).

Si nos situamos en la etapa anterior a la colonización, los pueblos originarios desarrollaban prácticas productivas orientadas al autoconsumo y al intercambio

local. Antonio Serrano (1945), en su obra *Los aborígenes del territorio argentino*, describe a los comechingones como un pueblo con una relación profunda y respetuosa con la tierra. Según el autor, el territorio era concebido como un recurso compartido, no como propiedad privada en el sentido moderno. La tierra era vista como una entidad viva, y su uso se orientaba hacia la sostenibilidad y el beneficio colectivo de la comunidad.

Estos pueblos desarrollaron una agricultura adaptada a las condiciones serranas, mediante terrazas y sistemas de riego para el cultivo de maíz, porotos y otros productos básicos. Complementaban su subsistencia con la caza de guanacos, venados y vizcachas (Serrano, 1945).

Un elemento transversal a todas las épocas es el uso del fuego en los pastizales. Según estudios del botánico César Núñez (Universidad de Río Cuarto), en las Sierras de los Comechingones ya en época prehispánica se realizaban quemazones itinerantes combinadas con pastoreo liviano, lo que favorecía la diversidad vegetal y la regeneración de brotes (Raggio, 2023).

Con la llegada de los españoles se introdujo el ganado mular, ovino, bovino y equino, iniciándose una explotación ganadera orientada a la exportación. Este proceso marcó el comienzo de la intensificación del pastoreo en la cuenca. En este contexto, puede afirmarse que tanto el fuego como el sobrepastoreo han estado presentes de manera continua durante los últimos cuatro siglos, dejando una huella en el paisaje serrano.

Otra actividad que impactó en el cambio del uso del suelo es la actividad minera. En la cuenca del río Quillinzo comenzó con las caleras.

La producción de cal en la provincia de Córdoba tiene raíces históricas desde los comienzos de la colonia. La documentación histórica hace referencia del uso de la cal ya desde finales del Siglo XVI, y aún existen vestigios de algunos hornos del período colonial en Córdoba, como las hornillas Jesuíticas de las Estancia de Alta Gracia, San Ignacio y Caroya o de la estancia La Lagunilla de Jerónimo Luis de Cabrera II. (GST – Grupo SpeleoTúnel, 2022)

Las canteras de cal en el área de influencia de la cuenca se establecieron en el pueblo de Las Caleras, en el extremo noreste. Hasta hace poco tiempo, las caleras

de Córdoba utilizaban como combustible para los hornos de cal la leña de los montes serranos. La leña se quemaba para alcanzar las temperaturas necesarias para la calcinación de la piedra caliza, transformándola en cal viva. Este proceso requería una gran cantidad de leña y un control constante del fuego para mantener la temperatura adecuada. Esta actividad implicaba la tala de árboles y el transporte de la madera hasta las caleras con un impacto muy significativo en la deforestación de los montes de las sierras de comechingones.

"Traían camionadas, solían venir troncos inmensos. Tenían, en una parte de la casa, un lugar donde había un cartel que decía 'prohibida la entrada', allí había dinamita". Se relata que, a los grandes troncos, les hacían un agujero y les ponían un cartucho de dinamita: "recuerdo que cuando él dinamitaba, estábamos todos escondidos. Iba mi tío y prendía la mecha, supongo, porque nunca pudimos estar cerca. Luego corría y explotaba, partiéndose el tronco". (Chirini, 2025)

A finales del siglo XIX en 1895 se inicia en el Cerro Áspero y en San Virgilio la extracción de wolframio, mineral utilizado en la industria bélica, especialmente durante la Segunda Guerra Mundial y la Guerra de Corea. Estas minas llegaron a albergar alrededor de 800 mineros y contaba con importantes instalaciones (Zolezzi, 2004). A fines de los años 60 perdieron competitividad y cesaron la explotación. Hoy en día, las ruinas de estas minas se han convertido en un atractivo turístico, como Pueblo Escondido, ideal para los amantes del trekking y la exploración.

En los 80 y 90 las Minas Cerros Negros y la Maga de la empresa Fluorita Córdoba inician la extracción de fluorita con métodos a cielo abierto, hoy en producción.

En 1936 se construyó el Dique Embalse de Río Tercero, también llamada Ministro Pistarini. Ahí se modificó el punto de desembocadura de la cuenca.

En 1940 se inicia el loteo de Villa Cañada del Sauce y de Villa Quillinzo

La introducción de la forestación de pinos se inicia en los años 60, con *Pinus radiata* que por sus problemas sanitarios se reemplazó por *Pinus elliottii* y *Pinus taeda*.

Las especies vegetales exóticas invasoras como el ligustro (*Ligustrum lucidum*), la acacia negra (*Gleditsia triacanthos*), la zarzamora (*Rubus ulmifolius*) y el piracanto (*Pyracantha spp.*) comenzaron a ser documentadas en áreas naturales más formalmente en la década del 90.

Período	Acontecimiento Principal	Impacto en el Uso del Suelo
Pre-Conquista	Cultura Comechingón: Agricultura adaptada al terreno (terrazas, riego de maíz, porotos), caza (guanacos, venados, vizcachas). Visión de la tierra como recurso compartido y vivo.	Uso del suelo enfocado en la sostenibilidad y el beneficio colectivo. Agricultura a pequeña escala integrada al entorno natural.
Siglo XVI en adelante	Llegada de los españoles: Otorgamiento de tierras (mercedes reales), introducción de ganado ovino, bovino y equino. Posible uso del fuego para manejo de pastizales.	Intensificación del pastoreo como principal uso del suelo. Inicio de cambios en la estructura de propiedad de la tierra.
Siglo XIX	Inicio más formal de la actividad minera de cal en Las Caleras.	Deforestación significativa en las canteras y bosques aledaños para hornos de cal.
Fines del Siglo XIX (1895)	Inicio de la actividad minera en Cerro Áspero y San Virgilio (extracción de wolframio).	Alteración del paisaje en zonas específicas por la minería y asentamientos mineros.
1936	Construcción del Dique Embalse de Río Tercero (Ministro Pistarini).	Modificación de la cuenca en su punto de salida impactando en los patrones hidrológicos y el uso del agua.
1940	Inicio del loteo de Villa Cañada del Sauce y de Villa Quillinzo.	Comienzo de la fragmentación del suelo para desarrollo urbano y asentamientos.
Años 60	Introducción de la forestación con pinos (inicialmente <i>Pinus radiata</i> , luego reemplazado por <i>Pinus elliottii</i> y <i>Pinus taeda</i>).	Transformación de áreas para la producción forestal, alterando la vegetación nativa y los ecosistemas.

Años 80 y 90	Inicio de la extracción de fluorita a cielo abierto en Minas Cerros Negro y La Maga.	Impacto paisajístico significativo y alteración del terreno por la minería a gran escala.
Década del 90 en adelante	Documentación formal de especies vegetales exóticas invasoras (ligustro, acacia negra, zarzamora, piracanta) en áreas naturales.	Degradación de ecosistemas nativos y alteración de la biodiversidad por la expansión de especies invasoras.

Tabla 13: Historia del cambio del uso del suelo en la cuenca.

6 Infraestructura, población y gobernanza en el espacio de cuenca

6.1. Demografía

Según el Censo Nacional 2022 el Departamento Calamuchita tiene 75911 habitantes con una densidad de 16.17 hab/km² con un crecimiento del 39 % desde el Censo realizado en 2010 (Tabla 14).

Las localidades incluidas en la cuenca el río Quillínz y recopiladas en el Censo Nacional 2022 son: Cañada del Sauce con 146 habitantes, Villa Quillínz 79 y Villa La Riviera 7.

Si se cuenta Lutti, muy cercano y la población rural estimada las personas que habitan de manera permanente en la cuenca es menor a 500 personas, lo que arroja una densidad de 0.8 hab/km².

Si bien el crecimiento demográfico en la última década es significativo desde lo estadístico, es un territorio con muy poca población, incluso si se consideran los pueblos más importantes de la zona como Río de los Sauces, Embalse y Berrotarán.

	Censo 2022	Censo 2010	Crecimiento
Dpto. Calamuchita	75911	54730	39%
Cañada del Sauce	146	61	139%
Villa Quillínz	79	79	0%
Villa La Riviera	6	6	0%
Lutti	91	20	355%
Las Caleras	288	192	50%
La Cruz	2378	1583	50%
Embalse	9660	8793	10%
Río de los Sauces	1629	1326	23%
Berrotarán	7380	6886	7%

Tabla 14: Demografía en el área de la cuenca del río Quillínz. Fuente INDEC

6.2. Pedanías

La cuenca del río Quillinzo está comprendida por las pedanías Río de los Sauces y Cañada de Álvarez pertenecen al Departamento Calamuchita en la Provincia de Córdoba, y su dependencia es administrativa y catastral, no política (Figura 30).



Figura 30: Pedanías. Fuente Idecor.

6.3. Política

El departamento Calamuchita en el período 2023–2027 tiene dos representantes en la Legislatura Unicameral: uno por distrito único; y otro por representación territorial directa.

Villa Quillinzo, Lutti, Las Caleras y Cañada del Sauce al ser poblaciones de menos de 2000 habitantes, tiene la categoría de Comuna a cargo de jefes comunales de acuerdo a la Ley Orgánica de Municipios y Comunas N° 8102. Cuentan con una Comisión Comunal como órgano asesor.

6.4. Red Vial

La RP 23, o “ruta de la costa” conecta Embalse con Alpa Corral. Ha sido recientemente asfaltada y es la manera de acceder a la cuenca por el este. El territorio cuenta con una red vial secundaria sin pavimentar que es la RP471 que conecta con la RP 1 de San Luis. Coincide con el límite norte de la cuenca. Es parte de una travesía serrana que conecta Embalse con Merlo, pasando por parajes como Pueblo Escondido y Cerro Áspero.

Internamente es atravesada por una red terciaria de caminos de ripio. Toda esta red incluida la RP471 es mantenida y gestionada por los consorcios camineros Sierra Grande-Lutti (181), Las Caleras (192) y Cerro Colorado (412) (Figura 31).

Los consorcios camineros son instituciones de derecho público sin fines de lucro, creadas específicamente para conservar y mantener los caminos rurales de la red terciaria y secundaria. Su existencia y funcionamiento están regulados por la Ley

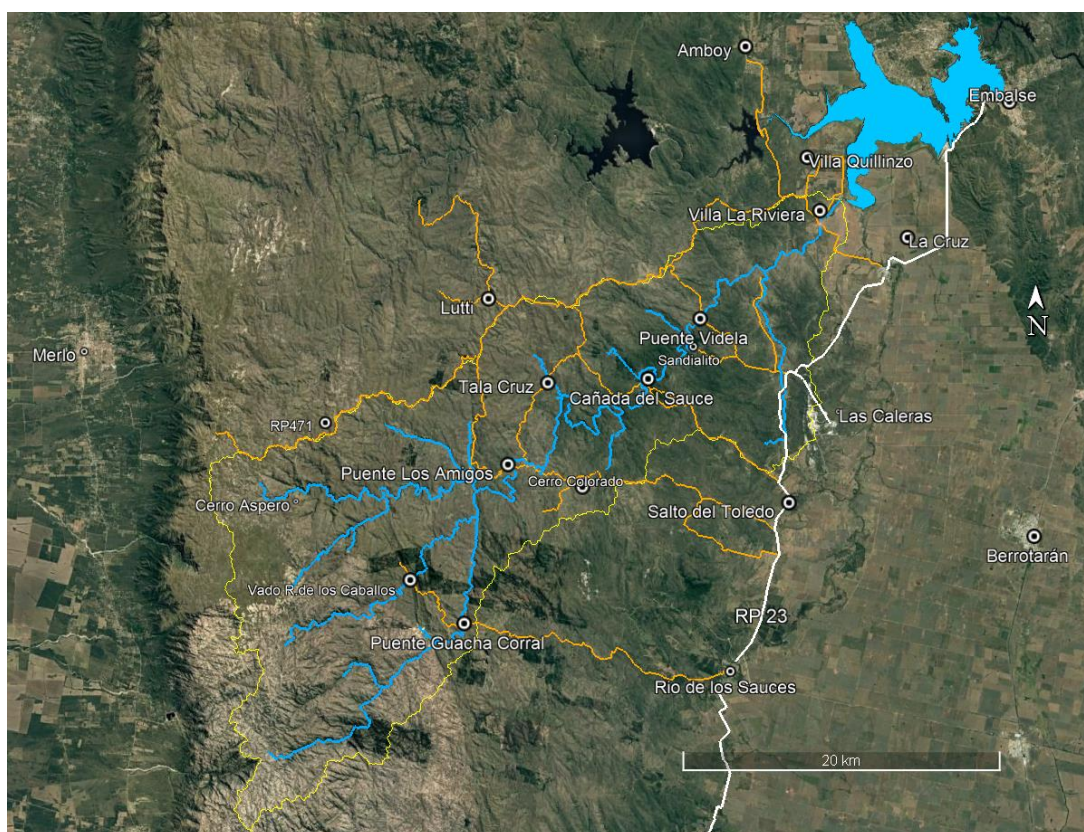


Figura 31: Red vial. Fuente IDECOR

Provincial N° 6233, vigente desde 1979. La labor de sus comisiones es “ad honorem”. Este sistema consorcista es un ejemplo de gestión territorial descentralizada, con fuerte arraigo comunitario, por lo tanto, son actores sociales claves en la cuenca. Están representados por la Asociación de Consorcios Camineros de la Provincia de Córdoba (ACCPC) ante el gobierno y otros actores institucionales.

Se financia a través de Fondo de Desarrollo Agropecuario (FDA), un fideicomiso provincial que se nutre del 98% de lo recaudado por el impuesto inmobiliario rural. Está gestionado por el Ministerio de Bioagroindustria, que articula con la Asociación de Consorcios Camineros y los consorcios regionales y locales. También reciben aportes voluntarios de los productores y de la comunidad.

6.5. Salud

En el territorio hay 4 Centros de Salud Municipal SCM (también denominados dispensarios): Villa Quillinzo, Lutti, Las Caleras y Cañada del Sauce. Río de los Sauces, si bien no está dentro de la cuenca, es una opción para las comunidades más próximas (Tabla 15).

Son centros de baja complejidad, generalmente a cargo de auxiliares de enfermería. Atienden infecciones leves, hipertensión, diabetes, salud sexual, control de embarazo, entre otras. Asisten médicos algunos días de la semana. De acuerdo a la complejidad derivan a hospitales municipales como los de Berrotarán o La Cruz o al Hospital provincial de Río Tercero, el de mayor complejidad en la zona.

Los Centros de Salud Municipal (CSM) son actores sociales relevantes en el territorio.

CENTRO DE SALUD	TIPO	DEPENDENCIA	CATEGORIA
LAS CALERAS	CSM	MUNICIPAL	Con atención médica general por lo menos 3 días de la semana
CAÑADA DEL SAUCE	CSM	MUNICIPAL	Con atención médica general por lo menos 3 días de la semana
LUTTI	CSM	MUNICIPAL	Con atención médica general por lo menos 3 días de la semana
VILLA QUILLINZO	CSM	MUNICIPAL	Con atención médica general por lo menos 3 días de la semana
RIO DE LOS SAUCES	CSM	MUNICIPAL	Con atención médica diaria y con especialidades y/o otras profesiones
BERROTARAN	HOM	MUNICIPAL	Bajo riesgo con internación simple
LA CRUZ	HOM	MUNICIPAL	Bajo riesgo con internación simple
RIO TERCERO	HOP	PROVINCIAL	Alto riesgo con terapia intensiva

Tabla 15: Estructura de salud en la zona de la cuenca del río Quillinzo. IDECOR 2025

6.6. Educación

El territorio cuenta con la siguiente estructura educativa: 6 escuelas primarias rurales de tipo multigrado, con una sola docente a cargo del curso. La Escuela 25 de Mayo y la Adolfo Alsina además cuentan con nivel inicial (4 a 5 años). A nivel secundario está el IPEM 252 de Lutti con orientación Agro y Ambiente y el IPEM 439 de Villa Quillinzo con orientación en turismo (Tabla 16, Foto 57).

ESTABLECIMIENTO EDUCATIVO	SECTOR	LOCALIDAD	NIVEL DE ESTUDIO	PLAN DE ESTUDIO
ADOLFO ALSINA	Estatad	CAÑADA DEL SAUCE	Común Inicial Primario	
25 DE MAYO	Estatad	CERRO COLORADO	Común Inicial Primario	
LEANDRO N. ALEM	Estatad	LOS VALLECITOS	Común - Primario	
I.P.E.M. Nº 252 A. MONTRASI ANEXO LUTTI	Estatad	LUTTI	Común - Secundario	Bachiller en Agro y Ambiente
JOSE MANUEL ESTRADA	Estatad	EL ESPINILLO	Común - Primario	
PADRE FELIX ENRIQUE	Estatad	VILLA QUILLINZO	Común - Primario	
I.P.E.M. Nº 439 ANEXO VILLA QUILLINZO	Estatad	VILLA QUILLINZO	Común - Secundario	Bachiller en turismo
FRANCISCO ORTIZ DE OCAMPO	Estatad	LAS CALERAS	Común - Primario	
C.E.N.M.A. Nº 61 ANEXO SEDE LAS CALERAS	Estatad	LAS CALERAS	Jóvenes y Adultos - Secundario	Bachiller orientado en informática

Tabla 16: Escuelas rurales primarias y secundarios en el territorio de la cuenca. Fuente IDECOR

La comunidad educativa de las escuelas rurales tiene un arraigo muy profundo en las comunidades rurales lo que las posiciona como espacios clave para el diálogo de saberes y la reflexión ambiental desde la realidad local.

Por su orientación técnica en agro, ambiente, turismo, las escuelas secundarias pueden articular saberes científicos y comunitarios desde la educación ambiental vinculada directamente al territorio.



Fotografía 57: Escuela 25 de Mayo. Cerro Colorado. Foto: Daniel Ulla.

Hay disponible en la zona, en Berrotarán y en La Cruz una buena oferta educativa, incluso para la educación superior ((Figura 32, tabla 17).

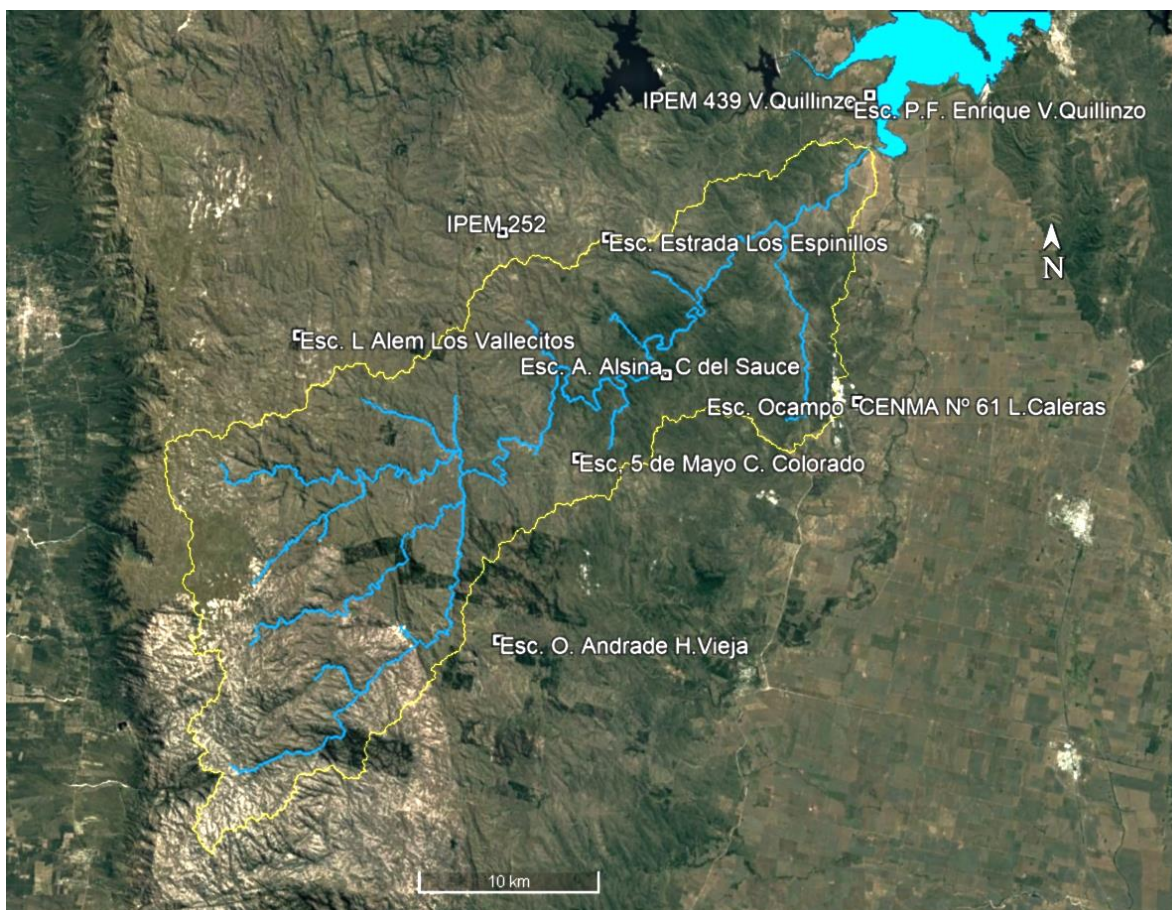


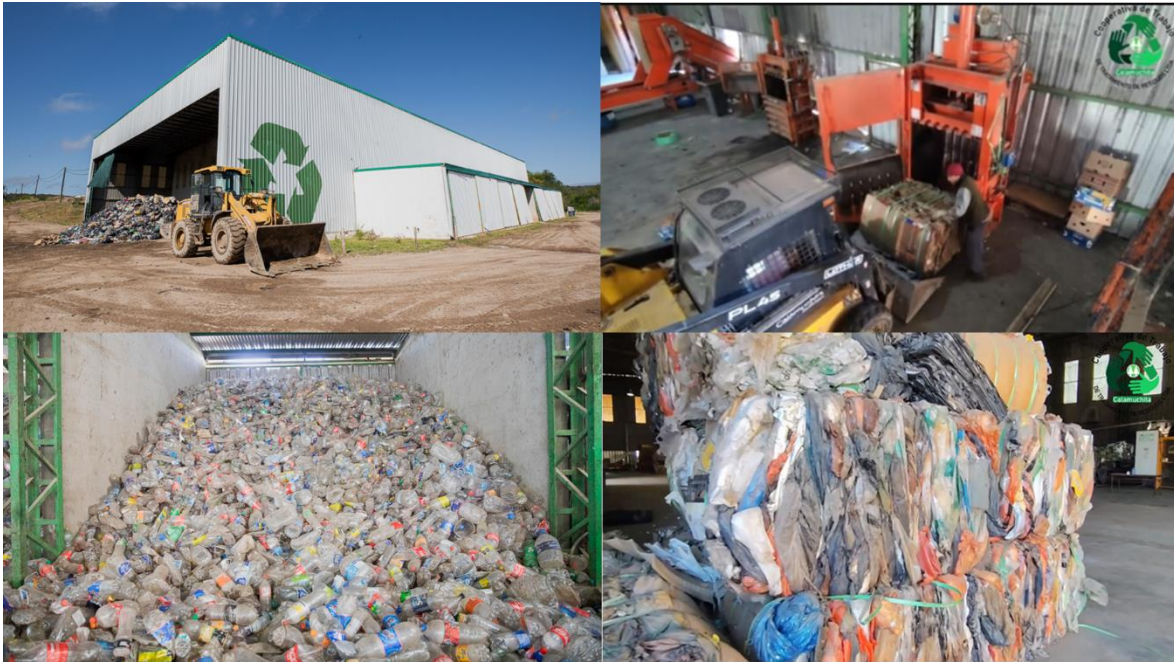
Figura 32: Establecimientos educativos.

ESTABLECIMIENTO EDUCATIVO	SECTOR	LOCALIDAD	NIVEL DE ESTUDIO	PLAN DE ESTUDIO
INSTITUTO DR. DALMACIO VELEZ SANSFIELD	Estatad	LA CRUZ	Secundario	Bachiller en economía y administración
C.E.N.M.A. Nº 211 DR. R.FAVALORO ANEXO LA CRUZ	Estatad	LA CRUZ	Jóvenes y Adultos - Secundario	Bachiller en economía y administración
ESCUELA DOMINGO FAUSTINO SARMIENTO	Estatad	LA CRUZ	Común - Primario	
J.DE INF. DOMINGO F. SARMIENTO	Estatad	LA CRUZ	Común - Inicial	
I.P.E.T. Nº 80 LUIS FEDERICO LEOIR	Estatad	BERROTARAN	Común - Secundario	Técnico electrónica/Técnico químico
ESCUELA NOCTURNA P. ALBARRACIN DE SARMIENTO	Estatad	BERROTARAN	Jóvenes y Adultos - Primario	ANEXO EXTENSION AULICA
BACHILLERATO PARA JOVENES Y ADULTOS SAN MARTIN	Privado	BERROTARAN	Jóvenes y Adultos - Secundario	Bachiller en economía y administración
ESCUELA FRANCISCO ORTIZ DE OCAMPO	Estatad	BERROTARAN	Común - Primario	
J.DE INF. FRANCISCO ORTIZ DE OCAMPO	Estatad	BERROTARAN	Común - Inicial	
C.E.N.M.A. Nº 61 ANEXO SEDE BERROTARAN	Estatad	BERROTARAN	Jóvenes y Adultos - Secundario	Bachiller orientado en informática
J.DE INF. MERCEDES SAN MARTIN DE BALCARCE	Estatad	BERROTARAN	Común - Inicial	
ESCUELA VICTOR MERCANTE	Estatad	BERROTARAN	Común - Primario	
INSTITUTO SUPERIOR BERROTARAN	Privado	BERROTARAN	Común - Superior	
COLEGIO SAGRADO CORAZON	Privado	BERROTARAN	Común - Primario	
INST. DE ED. ESP. SAN JOSE (INST.BERROTARAN)	Privado	BERROTARAN	Especial	
INSTITUTO BERROTARAN	Privado	BERROTARAN	Común - Secundario	Bachiller en Cs. Nat./Econ. y Adminst.
J.DE INF. DEL NIÑO JESUS	Privado	BERROTARAN	Común - Inicial	

Tabla 17: Oferta educativo a nivel primario, secundario y superior. Fuente: IDECOR

6.7. Tratamiento de los residuos sólidos urbanos

En el departamento Calamuchita existe una Planta Regional de Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) ubicada en el paraje Cañada Grande, que se encuentra en funcionamiento desde 2012. Gestionada por la Comunidad Regional Calamuchita y operada por la Cooperativa de Trabajo Cañada Grande, recibe actualmente residuos de al menos 15 municipios, que han iniciado procesos de remediación de sus basurales a cielo abierto (Foto 58).



Fotografía 58: Planta de Residuos Sólidos Urbanos Cañada Grande. Fotos: Coop. De Trabajo Cañada Grande.

Clasifican y separan los materiales, logrando recuperar alrededor del 20% de los residuos, incluyendo cartón, papel, plástico y aluminio, los cuales son comercializados para su reinserción en los circuitos productivos. Los residuos que no pueden ser reciclados reciben un tratamiento especial mediante tecnología de enfardado (prensado e impermeabilización) para su disposición final. Respecto de los residuos no recuperables estos son acondicionados para ser utilizados en la generación de combustible alternativo (energía calórica) para la industria cementera. Este sistema ha permitido el cierre de los basurales a cielo abierto de las comunas de la cuenca.

7 Economía

7.1. Ganadería

La ganadería constituye una de las actividades económicas más relevantes en la cuenca, sostenida por una tradición productiva en la comunidad local. Predomina la producción bovina de cría extensiva, orientada principalmente a la comercialización de terneros, el producto de valor que se vende para recría en otras regiones

ganaderas del país (Fotos 59 y 60). A menor escala, también se desarrolla la cría de rumiantes menores como cabras y ovejas, así como de yeguarizos, que complementan el perfil ganadero del territorio. Este sistema ganadero se sostiene fundamentalmente en el aprovechamiento de pasturas naturales, donde destaca la eficiencia reproductiva de la vaca para generar un ternero aun en condiciones de forraje de baja calidad. Se trata de un modelo de ocupación del territorio con raíces históricas profundas, dado que el cambio en el uso del suelo para la ganadería extensiva se remonta a la época colonial y, conceptualmente, ha mantenido su lógica desde entonces.

La vaca en las sierras forma parte del paisaje, al igual que las pircas y los corrales de piedra que se dispersan por toda la cuenca. Estos elementos no solo configuran la estética rural serrana, sino que también expresan la idiosincrasia del “hombre serrano”, sus saberes y tradiciones.

Como señala Núñez, “los ecosistemas serranos evolucionaron con el fuego y el pastoreo, desde los camélidos precolombinos hasta los grandes mamíferos actuales” (Raggio, 2023).

La presencia de ganado bovino en las sierras de Córdoba tiene una relación compleja con los incendios de pastizales.

Históricamente se ha utilizado el fuego para estimular el rebrote de pasturas naturales en épocas secas, especialmente cuando el forraje disponible es escaso o de baja calidad.

Lutti et al. (1979) señalan que: Debido al uso y abuso de estas tierras, la vegetación actual se halla, en su mayor parte en un estado de sucesión secundaria, caracterizada por la desaparición de especies tiernas y palatables que formaban



Fotografía 59: Ganadería de cría. Foto: Daniel Ulla.



Fotografía 60: Pastoreo en un mallín. Foto: Daniel Ulla.

parte de los céspedes de altura y la invasión de las “pajas” duras, principalmente *Festuca hieronymi*, *Stipa spp* y otras especies, con la que se disminuye el valor forrajero de los pastizales. Los incendios provocados son comunes y a menudo, impulsados por los vientos, Se extienden considerablemente. La 'paja' seca y sobre todo los duros ejes de las espiguillas que por ser muy fibrosos resistieron al pastoreo, aunque en caso de necesidad y estado juvenil sean también aprovechados por el ganado, constituyen un obstáculo para que el morro de los animales pueda alcanzar los brotes tiernos de la primavera. Por ese motivo se queman los campos y con ello se destruye la cobertura vegetal y el mantillo, quedando expuesta la superficie a la insolación y a la erosión, tanto eólica como pluvial. De ese sustrato, así empobrecido, desaparecen muchas especies delicadas, de requerimientos muy estrictos, que ante la severidad del ambiente creado no pueden perpetuarse ni sobrevivir. (Luti et al., 1979, pp. 334-335).

Últimamente, el productor ha tomado conciencia de esto, sobre todo por ser una práctica ilegal desde que está en vigencia la Ley Provincial N° 8751 de Manejo del Fuego (Córdoba).

Por otro lado, y a favor de la ganadería, el pastoreo continuo, cuando se realiza con criterios técnicos adecuados de manejo de carga animal puede contribuir significativamente a la reducción de la biomasa acumulada, disminuyendo así la carga combustible y el riesgo de propagación de incendios. En este sentido, la ganadería extensiva, lejos de ser sólo una amenaza, puede convertirse en una aliada para la gestión del fuego, siempre que se combine con prácticas sustentables y planificación territorial.

7.1.1. Stock ganadero

El Centro Ganadero Sierras y Valles de Berrotarán cumple un rol clave en el entramado productivo y social de la región ya que representa a los productores ganaderos locales y profesionales veterinarios. Brinda servicios e infraestructura, capacitaciones y articula en mesas técnicas junto a INTA, SENASA y otros organismos públicos.

Es un actor social y productivo de alta relevancia en la cuenca del río Quillín y en la región. Una de las actividades que realiza es sistematizar la información de las campañas de vacunación a través de RENSPA (Registro Nacional Sanitario de Productores Agropecuarios) gestionado por SENASA (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria). Además, gestiona la entrega de caravanas oficiales y guías fiscales (indispensables para la comercialización), lo que lo convierte en una fuente clave de información georreferenciada sobre el stock ganadero de la región. A continuación, se presenta el reporte de número de cabezas del período 2006-2025 de los establecimientos incluidos en la cuenca del río Quillín (Tabla 18).

Campaña	Vacas	Toros	Toritos	Novillos	Novillitos	Vaquillonas	Terberos	Terneras	Tern/vaca	TOTAL
2006	2.455	152	0	17	72	418	813	769	0,64	4.696
2007	3.506	217	0	41	158	836	1.066	1.046	0,60	6.870
2008	3.342	212	0	5	78	725	886	806	0,51	6.054
2009	4.679	284	0	52	158	892	1.258	1.147	0,51	8.470
2010	4.335	299	0	22	181	808	1.330	1.115	0,56	8.090
2011	4.576	307	0	95	272	1.074	1.322	1.286	0,57	8.932
2012	4.880	362	0	116	271	1.348	1.375	1.305	0,55	9.657
2013	5.373	355	0	187	216	1.239	1.654	1.637	0,61	10.661
2014	5.828	392	17	130	205	1.335	1.690	1.629	0,57	11.226
2015	6.218	397	4	86	303	1.438	1.880	1.800	0,59	12.126
2016	7.270	399	23	137	307	1.418	2.274	2.249	0,62	14.077
2017	7.451	407	34	9	248	1.557	2.111	2.175	0,58	13.992
2018	8.211	427	42	71	150	1.404	2.395	2.253	0,57	14.953
2019	8.674	441	52	14	93	1.359	2.544	2.578	0,59	15.755
2020	9.096	490	78	44	70	1.322	2.382	2.415	0,53	15.897
2021	9.143	506	59	10	61	1.378	2.530	2.632	0,56	16.319
2022	9.437	525	55	13	46	1.273	2.829	2.855	0,60	17.033
2023	9.582	525	61	16	85	997	2.879	2.873	0,60	17.018
2024	9.668	517	43	14	46	1.023	2.889	2.820	0,59	17.020
2025	9.717	513	31	8	21	1.221	3.029	2.720	0,59	17.260

Tabla 18: Stock ganadero en la cuenca de río Quillín. Serie 2006-2025. Fuente: Centro Ganadero Sierras y Valles

La información es relevante porque permite medir la carga animal por unidad de superficie y su evolución en el tiempo (Figura 33). Esto requiere dimensionar las diferentes categorías a un índice denominada Equivalente Vaca (E.V.), que es la manera que se mide la carga animal; donde un toro es 1,1 E.V., una vaquillona o un novillito 0.75, un ternero 0.4 y un torito 0.5 E.V. (Bavera, 2006). Entre 2006 y 2025, el stock expresado en E.V. pasó de 3.639 a 13.543 E.V., lo que representa crecimiento de aproximadamente 272 % en los últimos 20 años (Figura 34 y 35).

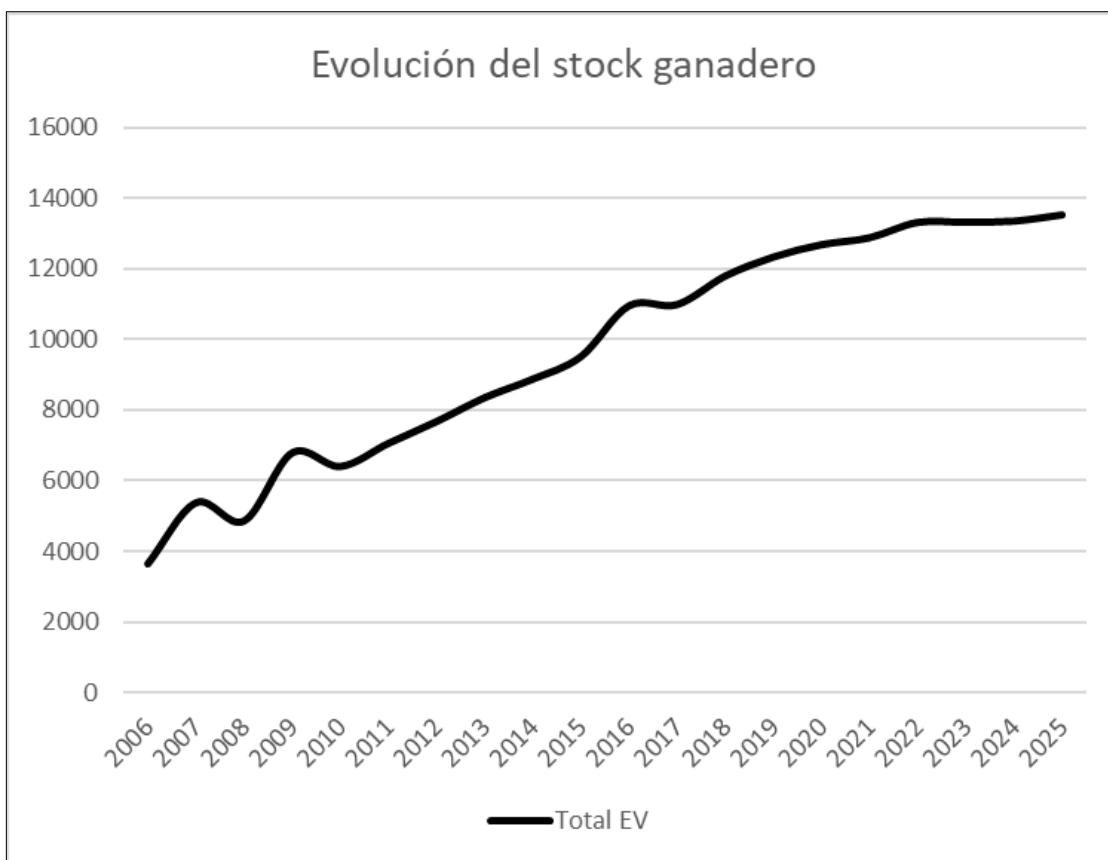


Figura 33: Evolución anual del stock ganadero en E.V. (2006–2025)

Este extraordinario incremento se explica por el desplazamiento que sufrió la ganadería de la llanura por parte de la agricultura en el mismo momento relocalizándose hacia el piedemonte y las sierras.

Además, se observa un incremento sostenido en la carga animal por superficie en la cuenca, expresada como una disminución del cociente hectáreas/E.V. La carga animal se incrementó de 1 Equivalente Vaca (E.V.) cada 17 hectáreas a 1 E.V. cada 4.6 hectáreas. Esta tendencia refleja una intensificación del uso ganadero del territorio, ejerciendo una mayor presión sobre los recursos forrajeros mayores riesgos de sobrepastoreo y degradación ambiental.

Respecto de la producción de terneros, esta no acompañó el crecimiento del stock y el porcentaje de destete es muy bajo, estancado alrededor del 58 % (Figura 33). Este indicador demuestra un déficit nutricional crónico que impide alcanzar una fertilidad adecuada.

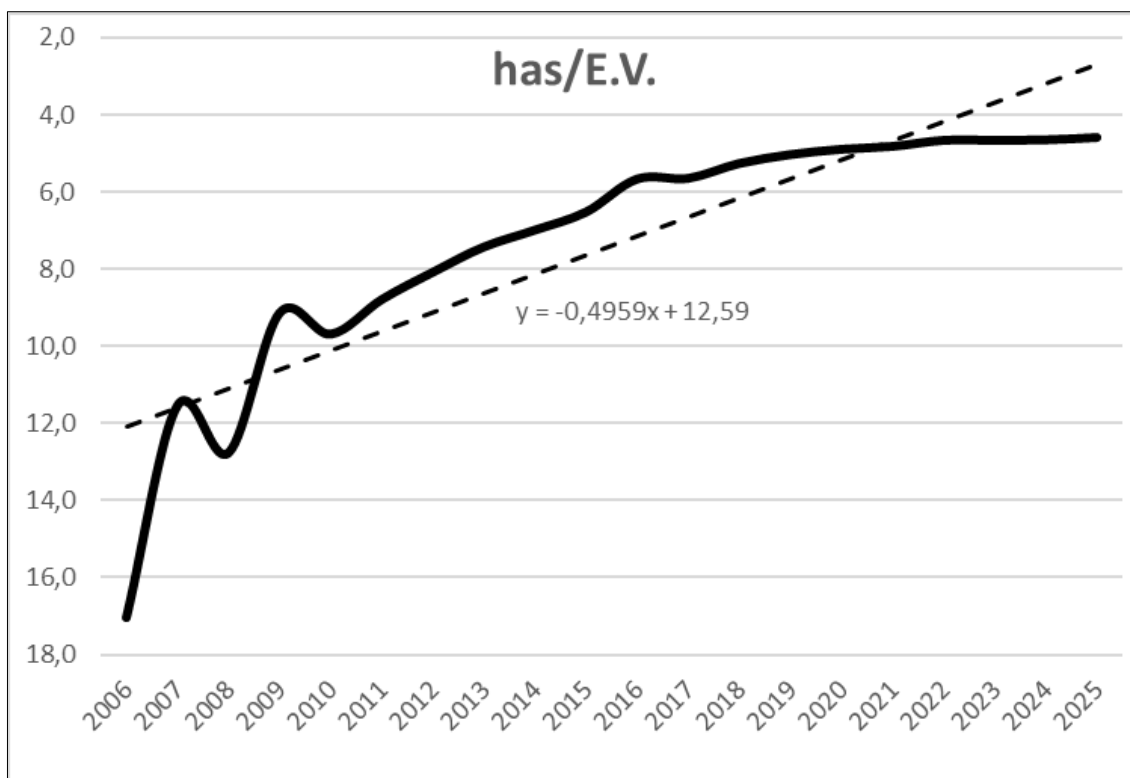


Figura 34: Incremento de la carga ganadera por superficie (has/E.V.) en la cuenca (2006–2025).

Por lo tanto, el diagnóstico es la combinación de una carga animal excesiva, baja productividad, sobrepastoreo y degradación del ecosistema.

En este contexto, la adopción de la ganadería regenerativa se presenta como una opción superadora. Mediante la implementación de principios como el manejo holístico del pastoreo, que promueve la rotación intensiva y periodos de descanso adecuados para los pastizales, es posible revertir la degradación del ecosistema. Esta práctica no solo facilitará la recuperación de la cobertura vegetal y la calidad de la oferta forrajera, sino que también mejorará el estado corporal del rodeo de cría y, consecuentemente, elevar el porcentaje de destete hacia umbrales de eficiencia productiva superiores al 75% (Figura 36). De esta manera, la ganadería regenerativa no solo promete una mayor rentabilidad para los productores, sino también un sistema productivo que garantice servicios ecosistémicos en la cuenca

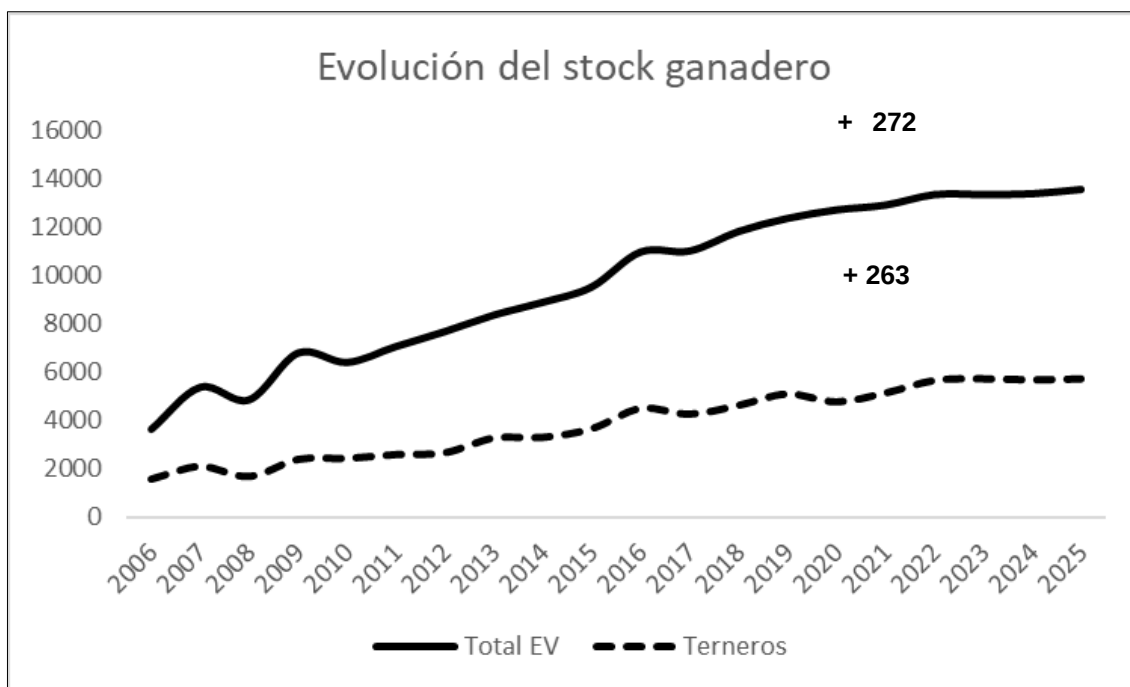


Figura 35: Evolución del stock ganadero (E.V.) y la producción de terneros (2006–2025).

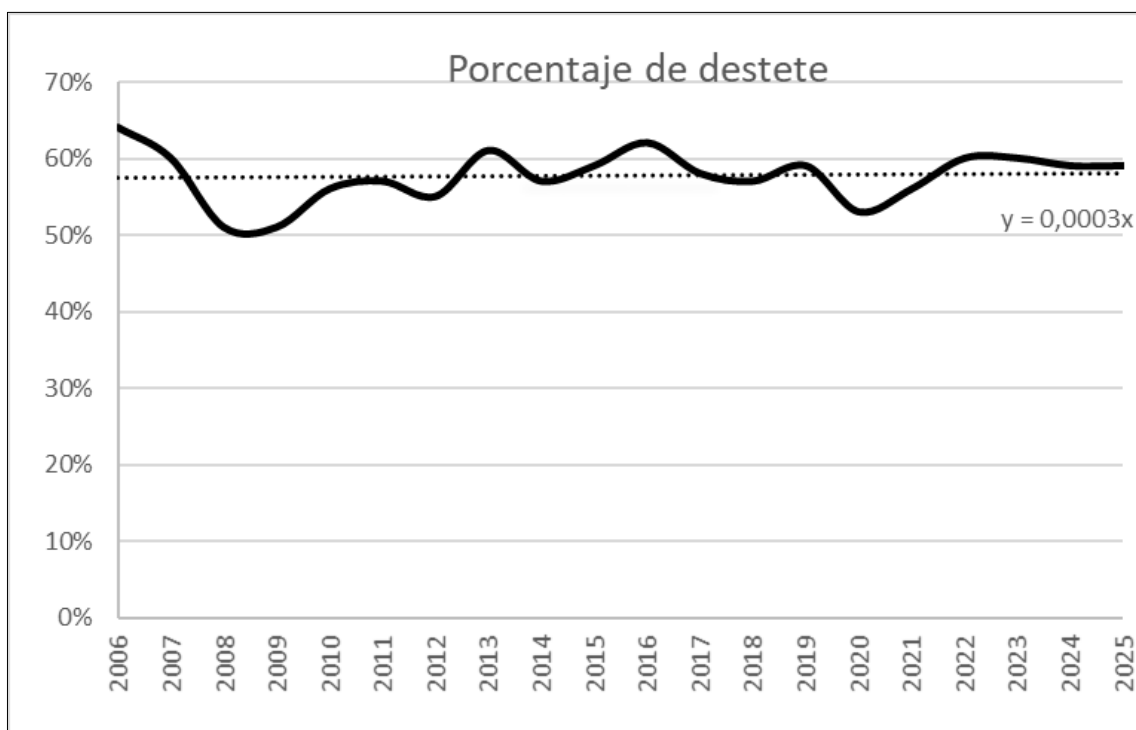


Figura 36: Evolución del porcentaje de destete (2006-2025).

7.2. Forestación

La forestación en las sierras de Córdoba siempre fue muy incipiente y de poca magnitud, pero tuvo un impulso significativo a partir de los años 70 debido a que se implementaron desgravaciones impositivas para quienes forestaran (Foto 31). Este incentivo provocó un auge de la forestación de pinos y se plantaron unas 40.000 hectáreas en apenas una década, especialmente en zonas serranas de los departamentos Calamuchita y Río Cuarto.

Fueron plantaciones muy densas, de más de 1200 árboles por hectárea, sin diversificación de especies, principalmente coníferas de las especies *Pinus elliottii* y *Pinus taeda*. Esta alta densidad se debió a que el principal objetivo era la producción con destino a la producción de pasta de celulosa cuya materia prima era rollizos de diámetros pequeños. Este planteo técnico se hizo para aprovechar los raleos a medida que crecía la plantación, dejando las plantas de mejor porte y los fustes más maderables para la industria del aserradero.

El negocio evidenció rápidamente una desarticulación entre la producción y la industria. En primer lugar, porque los propietarios de las plantaciones de pino no eran en su mayoría verdaderos forestadores, no había mano de obra calificada y porque nunca se instaló una industria celulosa en la Provincia de Córdoba. Se intentó vender rollizos a otras provincias, sobre todo a Celulosa Argentina S.A. (por entonces la planta de celulosa más importante de país) ubicada en Capitán Bermúdez, Santa Fe, pero los costos de flete no hacían viable el negocio. Tampoco había muchos aserraderos en Córdoba que pudieran aprovecharla. El escaso manejo silvícola en las plantaciones, especialmente la falta de podas sistemáticas, provocó una pérdida significativa en la calidad de la madera perdiendo competitividad con maderas de pino de la zona misionera.

Como alternativa de aprovechamiento, en los años 90 se realizaron estudios de extracción de resina de pino, lográndose rendimientos de 1 a 1.3 kg de resina por año. Incluso se instaló una empresa de la provincia de Misiones, pero al poco tiempo esta alternativa tampoco prosperó (Ulla, 1991).



Fotografía 61: Forestación de la zona de Rodeo de los Caballos. Foto: Daniel Ulla.

En los años 2000 cuando se lograron fustes mayores se desarrollaron varios aserraderos que comenzaron a proveer madera a la industria de la construcción. Con un ritmo de plantación marcadamente menor al de extracción, sumado a los incendios como el del año 2013, el más grave de la década en el que se afectaron 11.000 has, en 20 años, Córdoba pasó de contar con una superficie forestada de pinares de casi 40 mil hectáreas a apenas 12 mil.

"Hemos caído al momento más crítico, pero es una provincia con potencial forestal con variaciones fantásticas en climas y altitudes, que necesita un proyecto forestal de envergadura", señaló el Ingeniero Agrónomo Aldo Rudi, uno de los mayores forestadores de Córdoba (La Voz, 2016).

Se estiman que actualmente quedan menos de 10.000 hectáreas de forestaciones de pino con capacidad productiva. En el área de la cuenca del río Quillínzola las forestaciones se encuentran en la subcuenca alta sur y la colindante cuenca del Río de los Sauces (Figura 37).

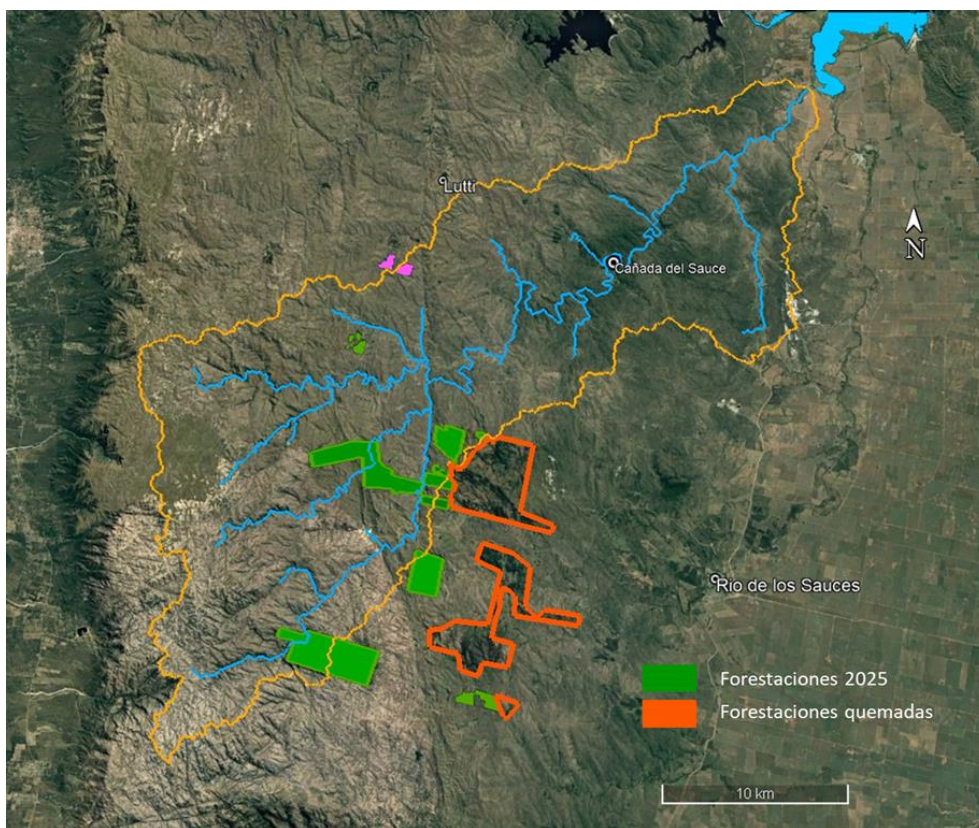


Figura 37: Forestaciones en el área de la cuenca del río Quillín. Año 2025. Idecor

Estas forestaciones monoespecíficas de *Pinus elliottii* y *Pinus taeda* están presentando una alta vulnerabilidad frente a plagas y enfermedades, debido a su baja diversidad estructural y funcional. Esta homogeneidad favorece la propagación de organismos especializados, como lo demuestra un estudio técnico reciente que identificó ataques severos de *Arhopalus rusticus* y *Arhopalus syriacus* (Cerambycidae), insectos exóticos que barren el floema de los pinos. Se observó una alta mortalidad en ejemplares con DAP cercano a 20 cm, lo que genera pérdidas económicas y sanitarias relevantes (Antonelli et. al, 2020). Este fenómeno evidencia la fragilidad de los monocultivos forestales frente a dinámicas ecológicas complejas (Foto 62).



Fotografía 62: Forestación sobre RP 471 cercana a la localidad de Lutti atacada por barrenadores del floema del pino. Foto: Daniel Ulla.

Las forestaciones con especies exóticas, como el pino, modifican significativamente la dinámica hídrica en las cuencas de montaña. El rendimiento hídrico, entendido como la cantidad de agua que una cuenca entrega en forma líquida, ya sea mediante escorrentía superficial o subterránea, está influenciado no solo por factores climáticos, topográficos y geológicos, sino también, de manera determinante, por el tipo de cobertura vegetal presente. Al respecto, Jobbágy, *et al.* (2013) analizaron cómo la forestación con *Pinus elliottii* en cuencas serranas de Córdoba modifica el comportamiento hidrológico en comparación con los pastizales naturales. A través de mediciones de caudal base y monitoreo satelital, demuestran que las cuencas forestadas presentan una menor eficiencia en la descarga de escorrentía líquida, con una reducción del rendimiento hídrico de hasta un 48 %. Este descenso se atribuye al aumento de la evapotranspiración y a la menor capacidad de infiltración.

Por otro lado, la interceptación de agua de lluvia por la canopia impacta en la significativamente en la dinámica del agua, especialmente en lo que respecta a los procesos de infiltración y escorrentía. En sistemas forestados con especies como *Pinus elliottii*, este proceso puede generar pérdidas del 20 al 35 % del total precipitado (Moreno-Pérez, 2018), ya que una porción considerable del agua queda

retenida en hojas y ramas o se evapora antes de alcanzar el suelo. Esta reducción en la precipitación efectiva limita la recarga de acuíferos y disminuye el caudal base, afectando la disponibilidad hídrica a escala local.

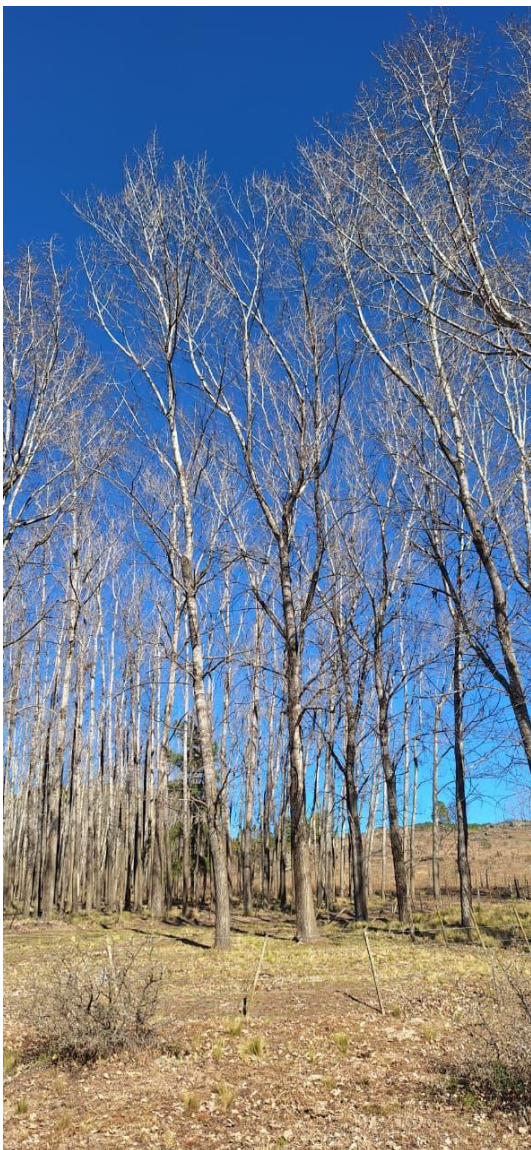
También se ha documentado que las forestaciones de pino en las sierras de Córdoba generan una disminución de macroinvertebrados acuáticos sensibles, modifican la estructura trófica además de una baja colonización de las acículas como recurso alimenticio y la población bentónica muestra signos de empobrecimiento y pérdida de grupos indicadores de calidad ecológica (Marquez, 2016) .

A ello se suma que los bosques de pino modifican significativamente la dinámica del fuego en las sierras de Córdoba. Al acumular una alta carga de combustibles finos como las acículas secas, y generar microclimas más secos, estos sistemas facilitan la intensificación de incendios. Así, focos que en un contexto de pastizales podrían mantenerse de baja intensidad, se transforman en incendios forestales de mayor magnitud y difícil control. Esta transformación altera no solo el régimen de fuego natural, sino también la capacidad de resiliencia de los ecosistemas locales y pone en riesgo infraestructuras, biodiversidad y procesos hidrológicos claves.

Además, los pinos que crecen espontáneamente (también llamados voluntarios) representan una amenaza creciente como especie exótica invasora. Su capacidad de dispersarse sin intervención humana y colonizar ambientes naturales desplaza especies nativas, alterando la estructura del ecosistema.

No obstante, con una planificación y gestión adecuada, la forestación con especies exóticas de rápido crecimiento con destino a la industria maderera como el pino, puede ser una opción válida para remediación de áreas degradadas.

La incorporación de especies forestales de madera dura y de hojas caducas, que no sean invasoras, integradas a un sistema silvopastoril es un sistema virtuoso, aportando servicios ecosistémicos en la mejora del suelo y en la regulación hídrica.



Fotografía 63: Forestación de álamos en Establecimiento Pasito Hondo de Aldo Rudi. Huerta Vieja. Foto: Daniel Ulla.

Se cuentan con experiencias e investigaciones locales como la Universidad Nacional de Río Cuarto que posee un campo forestal en La Guindas, al sur de Río de los Sauces, donde se realizan investigaciones forestales. Además, el establecimiento La Cancha, propiedad del Ing. Aldo Rudi, ubicado en Huerta Vieja posee un importante arboretum de más de 50 años con colecciones de especies que se pueden evaluar la adaptación para estos fines (Foto 63).

La empresa Aserradero del Sur SRL ubicada en Elena es una empresa familiar que se inició en las primeras forestaciones en la cuenca, y ha logrado en aprovechamiento integral produciendo madera de calidad, chips, pellets y corteza para jardinería. Actualmente continúa plantando y es un actor relevante en la cuenca. Una industria forestal diversificada, sería más sustentable, creando cadenas de valor, desarrollo local, generando empleo y arraigo territorial.

7.3. Minería

El Catastro Minero de la Provincia de Córdoba establece categorías para comprender la dinámica minera en la región, las cuales reflejan el grado de avance legal y operativo de cada emprendimiento (figura 38):

- **Área de cateo:** Etapa inicial, consistente en la solicitud de permisos para explorar posibles recursos minerales sin explotación efectiva.
- **Parcela:** Unidad territorial del catastro general; puede o no tener actividad minera.

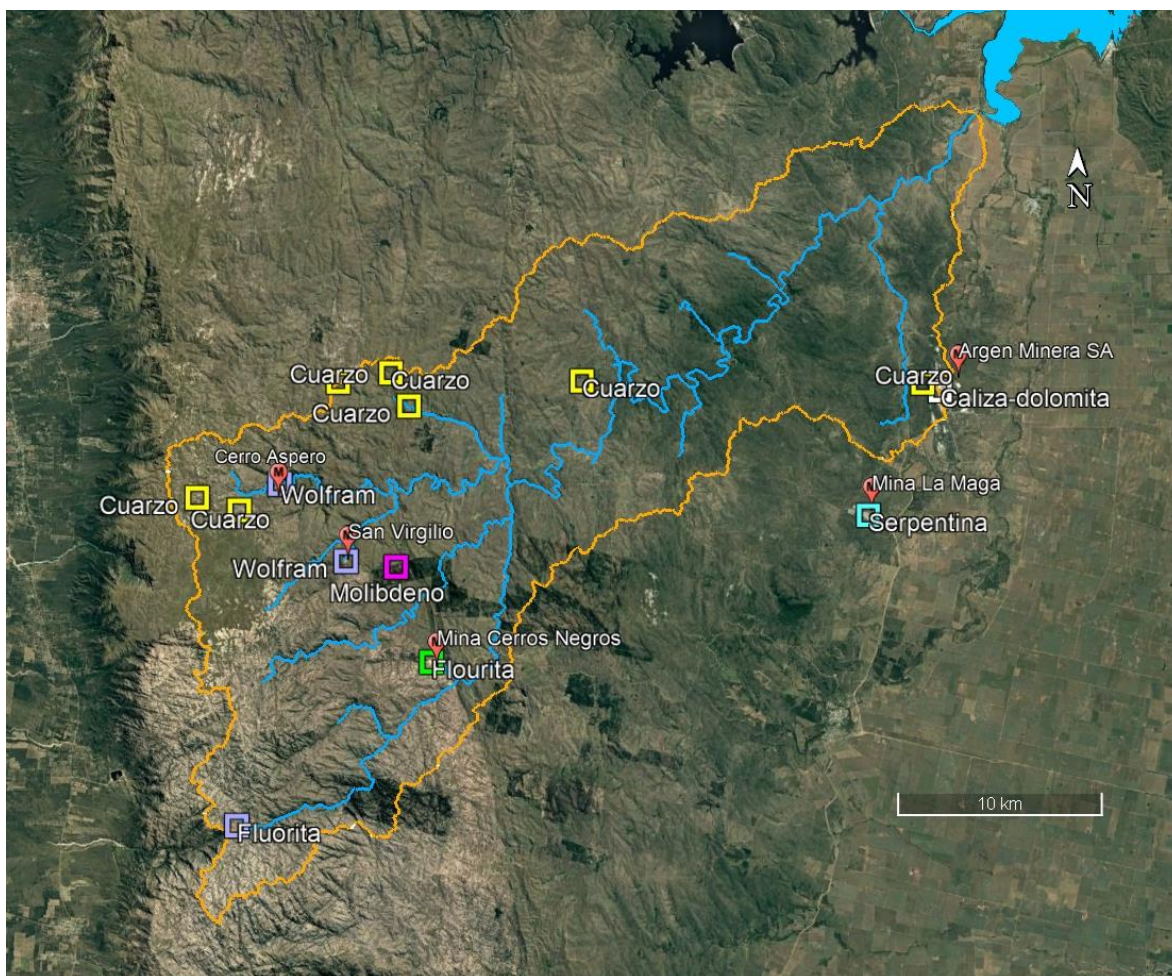


Figura 38: Áreas de cateo, parcelas, pertenencias mineras y minas. Fuente Idecor

- **Pertenencia minera:** Derecho legal sobre el subsuelo adquirido mediante mensura; habilita la explotación a perpetuidad.
- **Mina:** Sitio con presencia comprobada de minerales, registrado oficialmente para su explotación.

Estas categorías se encuentran representadas dentro de la cuenca, evidenciando el interés sostenido en sus recursos geológicos, entre los que destacan el cuarzo, wolframio (tungsteno), molibdeno, fluorita, serpentinita, caliza y dolomita. (Figura 36).

La actividad minera tuvo su auge a finales del siglo 19 cuando comenzaron las explotaciones de wolframio en las Minas Cerro Áspero y San Virgilio. Las propiedades de este metal para producir aceros especiales, lo hizo un recurso estratégico en la industria militar durante las Guerras Mundiales hasta finales de la Guerra de Corea. Luego perdió competitividad con la explotación a cielo abierto de China. Ambas cesaron su actividad a finales de los años 60 (Zolezzi, 2004). Hoy son un lugar de atractivo turístico, como el conocido Pueblo Escondido, viejas instalaciones de la mina del Cerro Áspero.

Las minas actualmente operativas en el territorio son la Mina Cerros Negros, dedicada a la extracción de fluorita, y La Maga, centrada en la obtención de serpentinita. Ambas pertenecen a la empresa Fluorita Córdoba S.R.L.

como ya se mencionó en el capítulo 4.12.1, Cerros Negros extrae fluorita del Batolito del Cerro Áspero y la procesa en el mismo establecimiento por un sistema denominado de flotación por espuma. En primer lugar, la roca extraída es sometida a trituración primaria y secundaria, reduciéndose mecánicamente hasta alcanzar granulometrías óptimas para la flotación, generalmente inferiores a 0,5 mm, lo que maximiza la superficie de contacto entre las partículas y los reactivos. Luego, el material triturado se mezcla con agua en proporciones controladas, formando una suspensión conocida como pulpa. A esta se le añaden aceites naturales, como aceite de pino o de pescado, que actúan como colectores y modificadores de superficie, favoreciendo la adhesión de las partículas de fluorita a las burbujas de aire. También se incorpora carbonato de sodio (soda Solvay) como regulador de pH, lo que permite mantener condiciones alcalinas óptimas para la flotación

selectiva y mejorar la eficiencia del proceso. En las celdas de flotación se introduce aire comprimido que genera burbujas, las partículas hidrofóbicas de fluorita se adhieren a ellas y ascienden, formando una espuma mineralizada en la superficie, mientras que los minerales no deseados permanecen en la fase líquida. Para optimizar la recuperación de agua y reducir la carga de sólidos en suspensión, se emplean decantadores que permiten clarificar los efluentes y facilitar su recirculación dentro del circuito de procesamiento. Finalmente, la espuma rica en fluorita se recolecta, se somete a procesos de filtración y secado térmico, y se transforma en un concentrado sólido de alta pureza. El producto final es un concentrado de fluorita cálcica (CaF_2) con hasta 97% de pureza, clasificado en grados ácido, cerámico o metalúrgico. Este mineral tiene múltiples usos en la industria metalúrgica, ya que actúa como fundente en la fabricación de acero y metales no ferrosos como también en la industria del vidrio y de la cerámica.

La mina Cerros Negros está certificada bajo normas ISO 9001 (gestión de calidad) e ISO 14001 (gestión ambiental).

La serpentinita que se extrae en la Mina La Maga (Foto 64) se utiliza principalmente en la industria siderúrgica, especialmente en la fabricación de chapas laminadas en frío y caliente. (Fluorita Córdoba, 2025).

En el pueblo Las Caleras se concentra la explotación de cal y dolomita. Según inspecciones recientes de la Policía Ambiental, se identificaron al menos cinco canteras activas en la zona y sólo una de las cinco inspeccionadas contaba con la Licencia Ambiental y el Estudio de Impacto Ambiental en regla. (Policía Ambiental, 2023). Estas áreas de caleras avanzan sobre el monte nativo, afectan el paisaje y la dinámica hídrica. No se implementan acciones de remediación.



Fotografía 64: Sitio donde se extrajo serpentinita. Mina La Maga. Foto: Daniel Ulla

7.4. Turismo

La riqueza paisajística y la biodiversidad de la cuenca la convierten en un destino con alto potencial turístico. Actualmente, la oferta se concentra en el alquiler de cabañas especialmente en Cañada del Sauce, con una capacidad estimada de 200 camas, y en Villa Quillinzo con una infraestructura similar.

Además, muchas familias poseen casas de fin de semana y veraneo, lo que dinamiza la vida en los pueblos mediante la demanda de servicios y actividades vinculadas al sector de la construcción, el comercio y la gastronomía artesanal.

Una propuesta destacada en el área es el turismo aventura en el “Pueblo Escondido”, antiguas instalaciones de la mina Cerro Áspero. Esta experiencia incluye actividades como trekking, cabalgatas y recorridos en vehículos off-road, gestionadas principalmente por empresas turísticas de Merlo (San Luis), que promocionan el lugar y organizan excursiones.

Durante la temporada estival, los pueblos reciben una importante afluencia de visitantes que concurren por el día a los balnearios. Este modelo turístico supera habitualmente la capacidad operativa de las comunas en aspectos clave como la seguridad y la gestión de residuos. Además, al tratarse de visitantes que suelen llevar sus propias viandas y no consumir en el comercio local, los beneficios económicos directos para las comunidades son limitados.

La habilitación de nuevas rutas pavimentadas en una región históricamente caracterizada por caminos de tierra plantea riesgos importantes: el turismo masivo no sustentable, la presión sobre los ecosistemas y la demanda de infraestructura para la cual la población local no está preparada.

Ante este escenario, el turismo alternativo se presenta como una oportunidad para desarrollar un modelo responsable, donde los visitantes vivencien una conexión auténtica con el paisaje serrano y respeten los valores culturales y ambientales del territorio.

8. Intervención humana e impacto de especies exóticas invasoras

8.1. Plantas exóticas invasoras

Las especies exóticas invasoras son aquellas introducidas fuera de su área de distribución natural, que logran establecerse y expandirse en nuevos ambientes, generando impactos ecológicos, económicos y sociales significativos. En las Sierras de Córdoba, muchas de estas especies fueron introducidas con fines ornamentales y forestales, y hoy invaden los ecosistemas dispersándose principalmente por aves y viento (Giorgis M. A., 2014).

Las especies exóticas no siempre se convierten en invasoras, pero se consideran como tales cuando logran reproducirse y dispersarse sin control en el nuevo entorno, desplazando a las especies nativas al competir por recursos esenciales como la luz, el agua, los nutrientes o el espacio. Para lograrlo, muchas de ellas

desarrollan estrategias altamente efectivas, como una gran capacidad de adaptación a distintos suelos y climas, reproducción acelerada (algunas pueden liberar millones de semillas), ausencia de depredadores naturales en el nuevo ecosistema, y mecanismos de propagación alternativos como raíces fragmentadas, dispersión por aves o resistencia a condiciones extremas.

Esta problemática provoca una disminución en la diversidad de especies arbóreas nativas y altera negativamente la estructura del bosque, reduciendo la presencia de múltiples estratos y afectando la complejidad funcional del ecosistema.

Constituyen una de las principales amenazas para la biodiversidad y la dinámica hídrica de las cuencas.

El siempreverde (*Ligustrum lucidum*) se reconoce como la especie exótica más abundante y de mayor propagación en el ecosistema de la cuenca, especialmente en las áreas bajas, por debajo de los 800 m s.n.m. Su expansión conforma bosques homogéneos, principalmente en zonas riparias (ribereñas), que alteran de manera significativa la dinámica hídrica natural. Estudios realizados en ecosistemas serranos similares evidencian que bajo su cobertura el contenido de agua en el suelo puede disminuir entre un 24 % y un 32 % respecto de áreas con vegetación nativa, particularmente durante el período seco (invierno–primavera). Esta reducción se vincula con su elevada demanda hídrica y su sistema radicular profundo, capaz de disminuir el potencial hídrico del suelo entre 4 y 8 veces en comparación con formaciones nativas. Por su fisonomía compacta y la alta biomasa persistente durante todo el año, caracterizada por hojas perennes, intercepta el agua de lluvia en el dosel, limitando la llegada directa al suelo. Esta condición, sumada a su elevada productividad fotosintética y a una actividad fenológica extendida, se traduce en tasas de evapotranspiración sostenidas a lo largo de las estaciones. En consecuencia, los bosques de *Ligustrum lucidum* modifican de manera sustancial el ciclo hidrológico, afectando los procesos de recarga de acuíferos, la regulación de caudales superficiales y aumentando la vulnerabilidad hídrica (Whitworth Hulse, 2018).

Se ha demostrado que los “siempreverderales”, formaciones monoespecíficas dominadas por *Ligustrum lucidum*, alteran significativamente la composición de las

comunidades de hongos micorrícicos arbusculares, los cuales establecen asociaciones simbióticas con la mayoría de las plantas vasculares y desempeñan un rol clave en la absorción de nutrientes. Al comparar comunidades de esporas de estos hongos entre bosques nativos y siempreverderales, se observan modificaciones tanto en la composición fúngica como en las propiedades químicas del suelo, incluyendo variaciones en el pH y en la disponibilidad de fósforo, lo que conlleva una reducción en la funcionalidad ecosistémica (Borda et al., 2020).

Como se muestra en la Tabla 19 en el territorio están presente 13 especies exóticas invasoras. Su abundancia está muy determinada por la cercanía a fuentes de propágulos como, pueblos, casas, caminos y sitios vecinos con plantas exóticas establecidas. Existe un gradiente de altitud que a mayor altura sobre el nivel del mar hay menos abundancia. En general están presentes mayoritariamente invadiendo el bosque serrano que llega hasta 800 m s.n.m. Los pinos adventicios están presentes incluso en áreas de pastizales de más de 1300 m s.n.m. La zarzamora (*Rubus ulmifolius*) y la rosa mosqueta (*Rosa rubiginosa*) está presente río arriba, en el río Guacha Corral, y en las nacientes de la cuenca.

Nombre científico	Nombre vulgar	Tipo de especie	Origen	Ecosistemas invadidos	Tipo de diseminación
<i>Ligustrum lucidum</i>	Ligustro	Arbusto Árbol	Asia	Bosques riparios, zonas urbanas	Semillas (aves), antrópica
<i>Ligustrum sinense</i>	Ligustro chino	Arbusto	Asia	Bosques riparios, zonas urbanas	Mixta (aves, ornamental)
<i>Pyracantha coccinea</i>	Espino de fuego	Arbusto	Europa, Asia occidental	Zonas urbanas y periurbanas	Semillas (aves) y ornamental
<i>Cotoneaster</i> spp.	Cotoneaster	Arbusto	Asia	Zonas urbanas y periurbanas	Semillas (aves) y ornamental
<i>Melia azedarach</i>	Paraíso	Árbol	Asia	Costas de ríos, caminos rurales	Semillas Mixta (aves, ornamental)
<i>Gleditsia triacanthos</i>	Acacia negra	Árbol	América del Norte	Caminos rurales, áreas urbanas y periurbanas	Biótica (fauna local), ornamental
<i>Populus alba</i>	Álamo plateado	Árbol	Eurasia	Bosques ribereños	Vegetativa, abiótica
<i>Pinus elliotii</i>	Pino de Elliott	Árbol conífero	América del Norte	Arbustales y pastizales	Abiótica (viento), forestal
<i>Pinus taeda</i>	Pino taeda	Árbol conífero	América del Norte	Arbustales y pastizales	Abiótica (viento), forestal
<i>Ulmus minor</i>	Olmo europeo	Árbol	Europa, Asia occidental	Áreas urbanas, bordes de ríos	Abiótica (viento), ornamental
<i>Rosa rubiginosa</i>	Rosa mosqueta	Arbusto	Europa	Pastizales	Semillas (aves), antrópica
<i>Manihot grahamii</i>	Flasó cafeto	Arbusto	América del Sur	Zonas urbanas y periurbanas	Autocora explosiva
<i>Rubus ulmifolius</i>	Zarzamora	Arbusto trepador	Europa, Asia	Bordes de cursos de agua, pastizales	Biótica (aves), vegetativa

Tabla 19: Especies exóticas invasoras presentes en la cuenca

Acacia negra (*Gleditsia triacanthos*) y falso cafeto (*Manihot grahamii*) también son un problema en la cuenca baja (Foto 65).

Entre octubre de 2023 y marzo de 2024, Barchiesi (2025) estudió la dinámica poblacional de las aves de Cañada del Sauce como bioindicadores de la integridad ecológica de los bosques (estructura, composición y funciones ecológicas). Se registraron 2437 aves incluidas en 84 especies, con menor riqueza y diversidad en los sitios más degradados. El análisis de especies indicadoras mostró asociaciones claras entre calidad ambiental y presencia específica de aves, evidenciando un cambio significativo en el ensamble de especies desde ambientes nativos heterogéneos hacia otros dominados por vegetación exótica. Especies como el hornero (*Furnarius rufus*), benteveo (*Pitangus sulphuratus*), tordo músico (*Agealoides badius*), zorzal colorado (*Turdus rufiventris*) y araño corona rojiza (*Myioborus bruniceps*) están asociadas a sitios urbanizados con proliferación de plantas exóticas invasoras (Barchiesi, 2025). Las zonas invadidas favorecen aves generalistas como palomas, zorzales, chingolos y cotorras. Las aves dispersoras legítimas de *Ligustrum lucidum* consumen sus frutos y posteriormente defecan o regurgitan semillas viables, lo que favorece su germinación. Entre ellas se destacan el zorzal colorado (*Turdus rufiventris*), considerado el principal dispersor por la alta tasa de germinación tras el paso digestivo, el zorzal chalchalero (*Turdus amaurochalinus*), que disemina semillas tanto en forma aislada como grupal y la paloma picazuró (*Patagioenas picazuro*), capaz de transportar las semillas a grandes distancias (Bellis, 2018) .



Fotografía 65: Acacia negra (*Gleditsia triacanthos*) y falso cafeto (*Manihot grahamii*). Fotos: Daniel Ulla.

8.1.1 Alternativas de manejo y aprovechamiento forestal

La microcuenca del Arroyo El Nogal, ubicada en la localidad de Cañada del Sauce, presenta una alta carga de especies exóticas invasoras que han alterado significativamente el paisaje y la funcionalidad ecosistémica del entorno. El área en cuestión, de aproximadamente 1.100 metros de longitud y 37.000 m² de superficie, acompaña el curso del arroyo desde la escuela Adolfo Alsina hasta su desembocadura en el río Quillinzo, atravesando un espacio de alto valor simbólico y social para la comunidad local.

Cabe destacar que el nombre “Cañada del Sauce” tiene raíz ecológica e histórica: responde a la presencia original de sauces criollos nativos (*Salix humboldtiana*) en el cauce del arroyo, cuya fisonomía riparia daba identidad al paisaje y al vínculo comunitario con el curso de agua. Sin embargo, en los últimos 40 años, la invasión de siempreverdes (*Ligustrum lucidum*) se ha intensificado de manera progresiva, desplazando especies nativas y transformando la estructura vegetal, la conectividad ecológica y degradando el paisaje.

En este contexto, y ante una necesidad de la comunidad se formula una propuesta de manejo mediante un proyecto de aprovechamiento forestal con enfoque restaurativo. Dicha estrategia se orienta a la restauración ecológica progresiva del arroyo, mediante la eliminación paulatina de especies vegetales exóticas, la reintroducción de flora nativa adaptada al ambiente ripario y la recuperación de procesos funcionales como la regulación hídrica, el refugio para avifauna y la conectividad ecosistémica. Se busca restituir la estructura, composición y dinámica del ecosistema original, fortaleciendo su resiliencia frente a futuras perturbaciones. Paralelamente se inicia un proyecto de aprovechamiento forestal.

Se comenzaría por reconocer las especies nativas aún presentes y seguir un plan de cinco pasos que contemple la reducción drástica de semillas, protección del suelo de la erosión de las crecientes y el control de rebrotes.

- 1) Extracción controlada de las especies exóticas jóvenes.
- 2) Raleo de copas de las plantas grandes, en especial de los siempre verde, para disminuir la producción de semillas sin desestabilizar el suelo. Una planta podada no genera semillas por dos tres años.
- 3) Anillado de plantas muy grandes. Es un corte con motosierras de aproximadamente 5 cm de profundidad. Esas plantas mueren, pero siguen en pie protegiendo el suelo de la erosión y a las plantas nativas.
- 4) Uso combinado de control mecánico y químico localizado con herbicida de ingrediente activo aminopyralid (CASAFE, 2025), con receta fitosanitaria y supervisado por un ingeniero agrónomo matriculado tal indica la Ley N° 9164 (Córdoba, 2004)
- 5) Plantación simultánea de especies nativas, principalmente sauces criollos.

La duración del dependerá de la magnitud de la inversión en capital y mano de obra. Puede llevar al menos 5 años.

Las especies exóticas invasoras son un recurso económico importante. En primer lugar, como leña ecológica ya que son especies de buen valor calórico. De esa manera se reemplazaría leña de bosques nativos como algarrobo, quebracho blanco, espinillo que llega al pueblo. Los troncos grandes pueden aprovecharse como madera mediante un aserradero móvil. Y finalmente producir chips de todas las ramas y hojas con destino a compost de uso en jardinería.

8.2. El jabalí

El jabalí, el cerdo silvestre (chanchó cimarrón) y sus híbridos (*Sus scrofa*) se encuentran entre las especies exóticas invasoras más dañinas y ampliamente distribuidas en el mundo. Desde 1906 que fue introducido en la Argentina para cotos de caza y a causa de escapes e introducciones voluntarias para fomentar la caza, se ha dispersado de manera alarmante en la Argentina, y en la provincia de Córdoba en particular invadiendo todos los ecosistemas.

Las causas principales de su extraordinaria dispersión son su alta capacidad reproductiva, alcanzando la madurez sexual entre los 5 y 12 meses y pudiendo tener hasta dos partos por año con camadas de hasta 10 crías, lo que le permite incrementar rápidamente sus poblaciones. Esta expansión se ve favorecida por su notable plasticidad ecológica, ya que se adapta con facilidad a ambientes muy diversos, desde bosques húmedos hasta zonas serranas semiáridas, y mantiene una dieta omnívora y oportunista que le permite aprovechar múltiples recursos. Además, la ausencia de predadores naturales efectivos genera un vacío en la regulación biológica de sus poblaciones. El puma (*Puma concolor*) es uno de los escasos depredadores naturales del jabalí en las Sierras de Córdoba, pero su capacidad de regulación poblacional resulta limitada. Debido a la diferencia de tamaño, el puma suele centrarse en individuos jóvenes o crías, evitando enfrentamientos con adultos que pueden superar los 100 kg. Además, el comportamiento grupal y la agresividad defensiva de las piaras dificultan la acción

de un predador solitario como el puma, que prioriza la eficiencia energética y la minimización del riesgo en sus estrategias de caza (Ballari et al., 2024).

La expansión del jabalí (*Sus scrofa*) en la cuenca del río Quillínzo representa una amenaza ambiental de múltiples dimensiones. En las zonas de recarga hídrica, su comportamiento de hozado intensivo remueve la capa superficial del suelo, especialmente en los mallines, alterando la vegetación de riberas, acelerando procesos erosivos y afectando la funcionalidad hidrológica de vertientes y nacientes. Ballari et al. (2024) destacan que el jabalí (*Sus scrofa*) constituye una fuente de contaminación de las aguas, ya que porta más de 40 patógenos incluyendo *Leptospira*, *Brucella* y *Mycobacterium bovis*, que pueden ingresar al agua por orina, heces o cadáveres.

Además, esta especie invasora altera significativamente la composición y estructura de la vegetación nativa: consume plántulas, propaga especies exóticas a través de sus desplazamientos, y modifica dinámicas de regeneración vegetal, lo que repercute en la pérdida de hábitats críticos para fauna autóctona. En cuanto a salud animal y humana, el jabalí actúa como vector y reservorio de enfermedades zoonóticas como la brucelosis, la leptospirosis y la tuberculosis bovina, con riesgo potencial para poblaciones rurales, animales domésticos y fauna silvestre. La triquinosis es la zoonosis más común vinculada al jabalí. No se detecta a simple vista y no se elimina con salazón, ahumado ni congelado. Solo se destruye cocinando la carne a más de 77 °C durante al menos 30 minutos. El salame o jamón de jabalí puede representar un riesgo sanitario si no se realiza el control veterinario obligatorio antes de su elaboración. Durante la faena casera o la elaboración artesanal de fiambres de jabalí, la contaminación cruzada puede facilitar la transmisión de varias enfermedades zoonóticas, especialmente si no se respetan las medidas sanitarias adecuadas. Entre las más relevantes se encuentran la triquinosis, brucelosis, leptospirosis, hepatitis E, mal rojo y, en menor medida, la tuberculosis bovina. Estas patologías pueden propagarse por contacto directo con fluidos, vísceras o carne contaminada, así como por la contaminación de utensilios y superficies, lo que representa un riesgo tanto para personas como para animales domésticos.

Las enfermedades zoonóticas transmitidas por el jabalí, representan un riesgo significativo para la producción ganadera de la cuenca. Entre los principales impactos se encuentran las pérdidas reproductivas, ya que patologías como la brucelosis y la leptospirosis pueden causar abortos y disminución de la fertilidad de los rodeos. Además, los animales infectados suelen mostrar una reducción en la productividad, reflejada en menor ganancia de peso y disminución de la producción de leche (Ballari et al., 2024).

La presencia del jabalí en las rutas es un peligro para los automovilistas, donde ya ha protagonizado varios accidentes sobretodo en horas nocturnas.

Si bien el control población es muy complejo, la caza es una de las acciones más empleadas para el control del jabalí a nivel mundial. La Provincia de Córdoba autoriza su caza deportiva como medida de control poblacional y ambiental. Según la Resolución 169 publicada por el Ministerio de Ambiente y Economía Circular, se permite la caza del jabalí europeo-chancho cimarrón (*Sus scrofa*) junto a ciervo colorado (*Cervus elaphus*), ciervo axis (*Axis axis*) y ciervo dama (*Dama dama*). Existe un mapa oficial con áreas verdes (caza con fusil y escopeta), amarillas (solo escopeta) y rojas (veda total). La cuenca del Quillinzo está en zonas permitidas de caza. Se permite la caza de noche con luces, pero no con perros. (Boletín Oficial de la Provincia de Córdoba, 2025).

8.3. La trucha

A comienzos del siglo pasado, dos especies de salmónidos originarias del hemisferio norte comenzaron a ser introducidas en ríos y arroyos de las Sierras de Córdoba con el objetivo de fomentar de la pesca deportiva y promoción del turismo rural en áreas de montaña, la trucha de arroyo (*Salvelinus fontinalis*) y la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*); esta última uno de los peces más ampliamente introducidos en todo el mundo. Como es conocido a nivel mundial, los salmónidos implantados producen efectos devastadores sobre los ecosistemas acuáticos y las especies nativas. Están incluidas entre las 100 especies exóticas invasoras más dañinas (Lowe, 2000).

La presencia de la trucha en los ríos y arroyos de la cuenca del río Quillín representa una amenaza para los ecosistemas acuáticos. Son predadoras visuales activas, por lo que necesitan aguas cristalinas para detectar insectos acuáticos, peces pequeños y anfibios, incluso larvas de especies vulnerables. Afectan las comunidades bentónicas (invertebrados, moluscos, crustáceos, etc.) que tienen una función ecológica clave en el reciclado de nutrientes, degradación de la materia orgánica, control de algas y microorganismos; a su vez son importantes bioindicadores de la salud de ecosistema acuático. También su presencia excluye por competencia a peces nativos bentónicos como el *Trichomycterus corduvense* (bagre de torrente o serrano) (Molineri, 2008). Investigaciones del CONICET han demostrado que especies *Boana cordobae* (rana serrana cordobesa), *Rhinella achalensis* (sapo de Achala), *Odontophrynus occidentalis* (sapo de vientre blanco o sapito occidental) y *Rhinella arenarum* (sapo común), de las cuales las dos primeras son endémicas, solo persisten en arroyos libres de truchas, generalmente protegidos por barreras físicas como cascadas (Miloch et al., 2020). Importante destacar que *Rhinella achalensis* (sapo de Achala) se encuentra categorizado como “Casi Amenazado” por la UICN (Lescano, 2012), debido a la reducción progresiva de sus poblaciones en los pastizales de altura de Pampa de Achala. Por otro lado, *Boana cordobae* (rana serrana cordobesa) y *Odontophrynus occidentalis* (sapo de vientre blanco o sapito occidental) en estudios regionales recientes señalan que su distribución está fuertemente restringida por la presencia de especies invasoras como la trucha arcoíris, lo que indica una alta vulnerabilidad ecológica en cuencas serranas invadidas (Miloch et al., 2020).

La persistencia de siembras ilegales de salmónidos en ríos y arroyos de Córdoba agrava de manera sustancial la problemática ecológica y compromete los avances normativos en conservación acuática. A pesar de la Resolución N.º 47/2019, emitida por la Secretaría de Ambiente de la Provincia de Córdoba que prohíbe expresamente la siembra y translocación de salmónidos en todos los cuerpos de agua provinciales, se han registrado introducciones clandestinas (principalmente en cabeceras de cuenca) que favorecen la expansión de estas especies exóticas invasoras.

Por otro lado, otras disposiciones oficiales permiten su pesca deportiva, generando una notoria incoherencia normativa. La Resolución N.º 272/2024 de la Secretaría de Ambiente y Cambio Climático habilita la pesca de salmónidos como la trucha arco iris y la trucha fontinalis entre el 1º de octubre y el 31 de mayo, estableciendo veda en los meses restantes (Foto 66). Complementariamente, la Resolución N.º 250/2024 regula la práctica mediante pesca con devolución obligatoria en todos los ambientes acuáticos, prohíbe el uso de carnada viva o natural, autorizando solo señuelos artificiales con un único anzuelo sin rebaba, y exige una licencia digital gestionada por Ciudadano Digital (CiDi). Este marco legal plantea incoherencias evidentes entre la conservación ecológica y el fomento de actividades recreativas. Mientras por un lado se reconoce el carácter invasor de las especies salmónidas y su impacto negativo sobre la biodiversidad nativa, por otro se formaliza su explotación deportiva. Esta ambigüedad termina funcionando como una forma indirecta de protección.

Las truchas pueden considerarse especies sensibles a la calidad del agua, ya que requieren ambientes fríos, oxigenados y con baja carga contaminante. Si bien esto permite asociarlas a ciertos atributos de conservación, su rol como indicadoras es limitado por su carácter exótico y su baja capacidad para reflejar alteraciones ecológicas complejas o contaminantes específicos. De hecho, se ha observado que en la producción semi intensiva pueden sobrevivir a elevadas cargas de nutrientes, como fósforo y fosfatos, e incluso a ciertos cambios fisicoquímicos como aumentos en la conductividad eléctrica y presencia de CO₂ disuelto. Además, manifiesta tolerancia a compuestos farmacéuticos y veterinarios. Por eso, en ambientes naturales serranos, su sola presencia no garantiza buena calidad de agua (Vásquez Quispesivana, 2016)

Una adecuada comprensión del impacto de la trucha en los ecosistemas acuáticos serranos resulta fundamental para orientar estrategias de gestión de cuencas hidrográficas manejo con enfoque ecosistémico.



Fotografía 66: Control de la pesca deportiva de trucha. Foto: Daniel Ulla.

8.4. La rana toro

La rana toro (*Lithobates catesbeiana*) es otro caso emblemático de especie exótica invasora con alto impacto ecológico en la cuenca del río Quillín (Fotografía 67). Originaria del este de América del Norte, ha sido introducida en diferentes países para emprendimientos de acuicultura con fines culinarios, ya sus ancas son consideradas un alimento gourmet. Ahora invade diversas regiones del mundo y es considerada una de las 100 especies exóticas invasoras más dañinas del mundo según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (Lowe, 2000). Esto se debe a su gran tamaño, pudiendo llegar a pesar un kilogramo, lo que las hace depredadoras voraces alimentándose de una gran diversidad de presas como anfibios nativos, peces, reptiles, aves, pequeños mamíferos e insectos. Presentan una alta capacidad reproductiva que favorece la expansión acelerada de sus poblaciones, además, los renacuajos tienen toxicidad cutánea, por lo que no existen depredadores naturales en los ambientes serranos y esto les permite prosperar sin regulación ecológica convirtiéndose en una amenaza persistente. A esto se suma

su rol como vectores de enfermedades que pueden afectar negativamente a las especies nativas de anfibios. En la provincia de Córdoba, *Lithobates catesbeianus* fue introducida en los años 80 con fines productivos para consumo humano. Es el caso del criadero emplazado sobre la margen del arroyo Toledo, afluente del río de los Sauces próximo a la localidad homónima. El emprendimiento no logró consolidarse económicamente y, tras una creciente intensa ocurrida en el año 2000 aproximadamente, las instalaciones fueron destruidas, lo que habría favorecido la dispersión de ejemplares hacia cuerpos de agua naturales. Así, la presencia actual de la especie en la región puede explicarse tanto por la conectividad hídrica de ríos y arroyos como por la propagación facilitada por la gente que la llevó a distintos lugares de las sierras desde el punto de origen identificado en Río de los Sauces. Los anfibios anuros que por su distribución geográfica podrían ser encontrados en la cuenca son los siguientes: *Rhinella arenarum* (Sapo común), *Melanophryniscus stelzneri* (Sapito de colores), *Boana cordobae* (Ranita trepadora serrana), *Physalaemus biligonigerus* (Rana llorona), *Leptodactylus gracilis* (Rana hocicuda o ranita rayada), *Leptodactylus latinasus* (Ranita silbadora), *Leptodactylus mystacinus* (Rana de bigotes), *Leptodactylus luctator* (Rana criolla), *Pleurodema tucumanum* (Rana de flancos manchados) y *Odontophrynus cordobae* (Escuercito común) los que son severamente amenazados por el avance de las poblaciones de la rana toro. En el año 2022, investigadores del CONICET y de la Universidad Nacional de Río Cuarto en el marco del monitoreo de ambiental de las aguas de río Quillínz, determinaron la presencia de la rana toro (Pollo et al., 2025).

La Resolución 283/2020 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Argentina declara a la rana toro (*Lithobates catesbeianus*) como especie exótica invasora, dañina y perjudicial para la biodiversidad nativa, y establece medidas para su control y erradicación incluyendo la prohibición total del tránsito interjurisdiccional, la importación, exportación y comercialización de ejemplares vivos en cualquier estadio de desarrollo (huevos, larvas, juveniles o adultos), con el objetivo de prevenir su expansión y mitigar sus impactos ecológicos.

El uso culinario y la caza de rana toro pueden contribuir al control poblacional en zonas donde ya está establecida. En Utah, EE.UU., las autoridades promueven la

caza libre de rana toro y hasta comparten recetas para incentivar su consumo (Utah Department of Natural Resources, 2023). Si esta actividad se vuelve rentable, puede incentivar nuevos criaderos y aumentar el riesgo de escapes.

El monitoreo, la educación ambiental y el compromiso comunitario, deberían ser los pilares de un plan de manejo de la plaga.



Fotografía 67: Renacuajo y huevos de rana toro en el río Quillinzo. Fotos Daniel Ulla

8.5. La Vizcacha. Especie nativa con declive poblacional

La vizcacha (*Lagostomus maximus*) es un mamífero nativo adaptado a diversos ambientes del país, y forma parte de los roedores endémicos de América del Sur. De hábitos nocturnos y comportamiento gregario, forma colonias numerosas organizadas en madrigueras comunales (vizcacheras) que les brindan refugio, regulación térmica y espacio de interacción. Su estructura social incluye machos dominantes, hembras emparentadas y juveniles, con vocalizaciones específicas para alerta, cortejo y defensa.

Su reproducción es estacional, con apareamientos entre marzo y abril, y nacimientos en primavera tras una gestación de 166 días, del cual nacen en promedio 2 individuos por camada. Ocupan los sitios por mucho tiempo ya que las madrigueras son habitadas por diferentes generaciones. Se ha informado que cada madriguera puede tener un área de acción promedio de 1,29 ha con un área central de 0,58 ha. Su dieta es herbívora generalista pero selectiva, incluyendo especies silvestres y cultivos agrícolas, lo que ha contribuido a su percepción como plaga en entornos rurales (Cirignoli & Lartigau, 2019).

La vizcacha desempeña un rol clave en los ecosistemas de pastizales serranos como ingeniera ecosistémica, ya que mediante la excavación de vizcacheras modifica la estructura del suelo, genera microhábitats y promueve una mayor heterogeneidad ambiental. A través de su herbivoría selectiva, influye en la composición florística del pastizal, favoreciendo el desarrollo de especies pioneras y promoviendo la diversidad vegetal en áreas con niveles intermedios de perturbación. Su actividad intensifica el reciclaje de nutrientes al facilitar la mineralización y redistribución de materia orgánica, lo que mejora la calidad forrajera y la fertilidad local. Además, al mantener parches bajos de vegetación, contribuye a reducir la continuidad del pastizal, limitando la propagación de incendios y generando refugios para otras especies. Finalmente, cumple una función trófica esencial al actuar como presa para diversos depredadores nativos como el puma (*Puma concolor*), lo que permite sostener el equilibrio ecológico en sistemas serranos y de pastizales (Arias et al. 2005; Renison et al, 2023).

Debido al cambio del uso del suelo, fue declarada plaga para la agricultura en el año 1905 mediante la Ley Nacional 4863. Situación legal que se mantuvo hasta enero de 2018, cuando fue derogada por el Decreto 27/2018, y reemplazada por la Ley Nacional 27444/2018.

La designación oficial de la vizcacha como especie plaga impulsó intensas campañas de erradicación y exterminio, con el uso histórico de gases tóxicos (fosforados, azufrados), cebos con warfarina, estricnina y métodos actuales como fosfuro de aluminio, carbamato de amonio e inundación de vizcacheras. La caza comercial, deportiva y furtiva ejerce una fuerte presión en las poblaciones locales.

En San Luis, se estimaron hasta 250.000 ejemplares cazados anualmente en los años 80, aunque algunas poblaciones se mantienen estables pese a dicha presión (Cirignoli & Lartigau, 2019).

Si bien la caza comercial ha disminuido significativamente en la actualidad, su magnitud histórica fue considerable. Como referencia, entre 1941 y 1945, Argentina exportó un total de 4.737.259 pieles de vizcacha (Rainer Cinti, 2022).

Considerando su relativa abundancia en diversos ambientes del territorio argentino, está categorizada como especie de Preocupación Menor (LC) tanto en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) como en la Categorización Nacional de Mamíferos elaborada por la Sociedad Argentina para el Estudio de los Mamíferos (SAREM). Esto refleja que, si bien actualmente no se encuentra en riesgo crítico, ciertas poblaciones, como las presentes en la cuenca del río Quillín, continúan enfrentando amenazas por actividades humanas. La caza furtiva, la fragmentación del hábitat y su persecución como plaga han provocado fuertes declives poblacionales, generando alteraciones en cascada sobre especies dependientes y procesos ecológicos asociados.

En particular, se ha registrado que ante la disminución de poblaciones de presas naturales como la vizcacha, el puma (*Puma concolor*) puede verse forzado a modificar su comportamiento trófico, recurriendo al ganado doméstico como fuente alternativa de alimento (Guerisoli, 2018). Esta dinámica incrementa los conflictos socioambientales y demanda enfoques integrales de manejo territorial, conservación y prevención sanitaria.

Informantes calificados que viven en las áreas rurales del territorio, manifiestan que es una rareza encontrarlas, y que muchas vizcacheras están deshabitadas.

Para revertir esta tendencia, se recomienda promover un manejo adaptativo que reconozca sus roles ecológicos subestimados, integre conservación y producción, y fomente la participación comunitaria en la gestión de pastizales (Davidson et al., 2012).

En este contexto, el Proyecto Vizcacha, iniciado en 2019 en el Parque Nacional Quebrada del Condorito, representa un hito en la restauración ecológica de ambientes serranos, mediante la reintroducción de *Lagostomus maximus* como

especie funcional clave. Al reconocer el papel de la vizcacha en la estructuración del pastizal, la provisión de hábitats y la regulación trófica de predadores como el puma, este proyecto se constituye en una referencia de manejo adaptativo ya que integra dimensiones ecológicas, sociales, productivas y sanitarias. Su avance refuerza la necesidad de políticas territoriales que prioricen la resiliencia ecosistémica y la memoria biocultural, integrando saberes locales con estrategias científicas de restauración (Instituto de Investigaciones Biológicas y Tecnológicas IIBYT, 2023). Además, su carne escabechada es muy apreciada por los lugareños y turistas (Foto 68).



Fotografía 68: Bar típico de la cuenca del río Quillín. Foto: Daniel Ulla.

8.6. Las aves de la cuenca. Oportunidades y amenazadas

La riqueza florística de la cuenca, con sectores de bosque serrano prístino, una marcada estratificación altitudinal y la disponibilidad permanente de agua, la configuran como un territorio de elevado valor ornitológico. En este contexto, las aves no solo representan un componente destacado del paisaje, sino que también funcionan como bioindicadores altamente sensibles, reflejando con precisión el

estado de conservación y la integridad de los ecosistemas serranos (Barchiesi, 2025).

Se han registrado 149 especies, que representan aproximadamente el 36 % de la avifauna provincial, con ensambles característicos del Chaco Serrano, muchas de ellas de distribución más extensa. A su vez, la cuenca funciona como refugio estratégico para aves migratorias, que encuentran allí hábitats esenciales para su alimentación, reproducción y descanso.

Considerando la conectividad ecológica regional y continental, las aves de la cuenca brindan información valiosa no solo a escala local, sino también sobre dinámicas ecológicas hemisféricas, vinculados a la salud ambiental y funcionalidad de los corredores biológicos y la resiliencia de los ecosistemas frente a presiones antrópicas (Brandolín et al., 2025). En este contexto, la riqueza de avifauna registrada y el rol estratégico de la cuenca como corredor biológico de aves migratorias configuran al área como un sitio privilegiado para la actividad de avistaje de aves.

El *birdwatching*, como se lo denomina en inglés, se ha consolidado como una actividad clave del turismo de naturaleza a nivel mundial. Eventos como el *Big Day* de octubre de 2024, organizado por eBird y el Laboratorio de Ornitología de Cornell, reunieron a 748.000 observadores en 201 países, que documentaron más de 7.800 especies en un solo día (Cornell Lab of Ornithology, 2024). Económicamente cuenta con una proyección global que supera los 95 mil millones de dólares para 2030, convocando a observadores especializados y públicos generales, destacándose por su bajo impacto ambiental y su capacidad de vincular conservación y desarrollo local. El perfil educativo y económico de mediano a alto de quienes lo practican, lo vuelve especialmente atractiva como estrategia territorial (Market Research Future, 2023). La incorporación de apps especializadas y plataformas colaborativas ha ampliado el acceso a nuevos aficionados al birdwatching. En este marco, la cuenca tiene la oportunidad de posicionarse como un destino estratégico de ecoturismo, integrando desarrollo local, conservación, ciencia y educación.

La protección de las aves y de los hábitats que sostienen su diversidad constituye no solo una necesidad ecológica, sino también una oportunidad para fortalecer el vínculo entre ciencia, territorio y comunidad (Tabla 22). La pérdida de ambientes naturales, la fragmentación del hábitat y la expansión de especies invasoras representan amenazas crecientes para su supervivencia. En este contexto, monitorear y proteger aquellas especies con interés en la conservación se vuelve estratégico para el diseño de acciones integradas en la gestión de la cuenca.

Nombre común	Nombre científico	Categoría UICN (2025)	Características destacadas	Principales amenazas
Aguila coronada	<i>Buteogallus coronatus</i>	En peligro	Ave rapaz de gran tamaño. Habita pastizales con afloramientos rocosos.	Sobrepastoreo
Cóndor Andino	<i>Vultur gryphus</i>	Casi Amenazado	Ave carroñera de gran envergadura (>3 m), símbolo andino, con collar blanco y cresta en machos	Pérdida de hábitat, envenenamiento, caza ilegal
Carpintero Negro	<i>Dryocopus schulzii</i>	Cercano a la amenaza	Plumaje negro, cresta roja, dependencia de árboles maduros	Deforestación, degradación del hábitat
Chuña Patas Rojas	<i>Cariama cristata</i>	Preocupación menor	Ave terrestre (90 cm), patas rojas, dieta variada incluyendo serpientes	Pérdida de hábitat, caza local
Halconcito Gris	<i>Spizapteryx circumcincta</i>	Preocupación menor	Halcón pequeño (~30 cm), banda pectoral oscura, anida en nidos ajenos	Expansión agrícola, pastoreo intensivo
Reinamora Grande	<i>Cyanoloxia brissonii</i>	Preocupación menor	Plumaje azul (machos), canto melodioso, afectada por tráfico ilegal	Tráfico de aves de jaula, pérdida y fragmentación de hábitat
Aguila Mora	<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	Vulnerable	Cazadora y carroñera oportunista (76 cm) Pastizales serranos y zonas abiertas	Sobrepastoreo

Tabla 20: Especies de interés para la conservación (según UICN,2025)

La tabla 20 pone el foco en especies con algún grado de vulnerabilidad reconocido a nivel provincial, nacional o regional, cuyo monitoreo y conservación es prioritaria en paisajes serranos de Córdoba. Es el caso del águila coronada (*Buteogallus coronatus*) que esta categorizada “en peligro” (UICN, 2025) del cual se reporta una población menor a 1000 ejemplares (Maceda, 2007). Al igual que el águila mora

(*Geranoaetus melanoleucus*) y otros rapaces de gran tamaño, la gran causa de mortandad es por electrocución en las líneas eléctricas (Capdevielle & Sarasola, 2023). Aunque el tendido eléctrico no está normado específicamente para prevenir la electrocución de aves, existen leyes de conservación que respaldan su adecuación, como la Ley Nacional N° 22.421. En paisajes serranos, incorporar criterios de seguridad avifaunística en el ordenamiento territorial es clave. Identificar y modificar tendidos eléctricos peligrosos permite articular infraestructura, conservación y desarrollo sustentable. Muchas aves se acostumbran a la presencia humana y es posible observarlas a cortas distancias (Fotos 69 y 70).



Fotografía 69: Naranjero (*Rauenia bonariensis*). Foto: Marcos Ulla



Fotografía 70: Monterita de cabeza negra (*Microspingus melanoleucus*). Foto: Daniel Ulla.

9. Los incendios

Los incendios constituyen una de las principales amenazas ambientales en la provincia de Córdoba, especialmente en regiones de alta biodiversidad y vulnerabilidad ecológica como las cuencas serranas. Su recurrencia, intensidad y expansión en los últimos años han generado impactos profundos sobre los ecosistemas y sus servicios ambientales, siendo especialmente críticos aquellos vinculados a la dinámica hídrica (Argañaraz et al., 2015).

La vegetación nativa cumple un rol esencial en la regulación de la infiltración y la recarga de acuíferos, actuando como filtro natural que permite que el agua se incorpore lentamente al suelo. Cuando el fuego elimina esa cobertura, el suelo queda expuesto, compactado y con menor capacidad de absorción, lo que incrementa la escorrentía superficial y reduce la disponibilidad hídrica en

profundidad. Esta situación puede derivar en crecidas violentas, colapso de infraestructura y contaminación del agua, desencadenando un proceso erosivo irreversible (Giorgis et al., 2013).

En el contexto de la cuenca del río Quillín, donde su vegetación responde a un gradiente altitudinal, es importante diferenciar entre incendios de pastizales y forestales, ya que sus características, impactos y procesos de recuperación difieren significativamente. Los incendios de pastizales suelen propagarse rápidamente debido a la alta inflamabilidad de las gramíneas secas, pero en general presentan menor intensidad térmica y afectan vegetación de porte bajo. Aunque pueden generar pérdida de cobertura vegetal y erosión superficial, los pastizales nativos tienen una mayor capacidad de regeneración natural, especialmente si las condiciones de humedad y fertilidad del suelo son favorables. Es el caso de *Poa stuckertii*, una gramínea nativa de los pastizales serranos que resiste los incendios gracias a que sus yemas están protegidas en el centro de la mata, donde la temperatura es baja y el oxígeno escaso. Esta estructura le permite rebrotar rápidamente tras el fuego, favoreciendo la recuperación de la cobertura vegetal, la estabilidad del suelo y la conservación de hábitats nativos.



Fotografía 71: *Poa stuckertii* está adaptada a los incendios de pastizales. La baja concentración de oxígeno en el centro de su densa mata impide que mueran sus yemas. Foto: Daniel Ulla.

Por el contrario, los incendios forestales afectan zonas de vegetación arbórea y arbustiva, con mayor acumulación de biomasa y combustibles gruesos. Su intensidad térmica es más alta, lo que puede provocar daños severos en el suelo, destrucción de bancos de semillas, muerte de fauna asociada, pérdida de estructura del bosque y afectar vidas humanas si se transforma en un incendio de interfase. La recuperación de estos ecosistemas es mucho más lenta y compleja, pudiendo requerir décadas o incluso ser irreversible en algunos casos. La restauración post-incendio en áreas de bosque serrano implica intervenciones activas como la revegetación con especies nativas, exclusión de ganadería y monitoreo permanente (Renison et al., 2011).

La presencia de plantaciones de pino en áreas originalmente de pastizales, especialmente cuando coexisten forestaciones sin manejo adecuado y prácticas ganaderas de quema, transforma profundamente la dinámica del fuego en la cuenca. En estos escenarios, un incendio superficial típico de pastizales, caracterizado por combustibles finos y propagación rápida, puede intensificarse drásticamente al ingresar en un pinar. Allí, el cambio en el tipo de combustible, compuesto por troncos, ramas y resinas altamente inflamables, favorece la transición hacia incendios de copa, mucho más severos y difíciles de controlar. Además, los pinares generan microclimas más secos bajo su dosel, reduciendo la humedad ambiental y del suelo. Las acículas acumuladas en el sotobosque forman alfombras combustibles que retienen calor, prolongan la combustión y dificultan las tareas de extinción. En condiciones de viento, este contexto puede convertir a las masas forestadas en verdaderos corredores de fuego, conectando áreas antes disociadas y amplificando el alcance del incendio (Luna et al., 2022). El resultado es un evento de altísima temperatura, con impactos ecológicos y operativos significativamente mayores que los observados en incendios de pastizales nativos, como fue el caso del mega incendio del 2020 que afectó los pinares de la zona de Alpa Corral y Río de los Sauces alcanzando las plantaciones de la cuenca alta sur del río Quillín, contaminando el río con cenizas por 2 años.

Respecto a las causas y factores que propician los incendios en la provincia de Córdoba (Foto 72), es una combinación de factores climáticos, ecológicos y antrópicos que interactúan y potencian su ocurrencia y severidad. Desde el punto de vista ambiental, las temperaturas extremas, los vientos intensos y la baja humedad relativa conforman el denominado “triángulo crítico” para la propagación del fuego.



Fotografía 72. Incendio en las Sierras de Córdoba.

A esto se suma la sequía prolongada, que reduce la humedad del suelo y de la vegetación. Si bien el cambio climático antropogénico no constituye una causa directa, su influencia sobre la frecuencia e intensidad de los eventos extremos generan condiciones propicias para la ignición y expansión del fuego (Sánchez et al., 2021).

En cuanto a los factores antrópicos, se estima que más del 95% de los incendios registrados en Córdoba son provocados por acción humana, ya sea por negligencia, descuido o intencionalidad (Gobierno de la Provincia de Córdoba, 2022). Entre las causas más frecuentes se encuentran las quemas de pastizales para promover el rebrote como ya vimos en el capítulo relacionado a la ganadería, también fogatas y cenizas de estufas a leña mal apagadas, la quema de basurales, el uso de

maquinaria agrícola sin medidas de prevención adecuadas y el abandono de colillas de cigarrillo en zonas de vegetación seca y fallas en los tendidos eléctricos. Además, la expansión urbana hacia áreas de interfaz bosque-ciudad incrementa la vulnerabilidad de los ecosistemas y de las poblaciones humanas, generando escenarios de alto riesgo donde la presión sobre el territorio se traduce en mayor exposición al fuego y en conflictos por el uso del suelo.

Entre 1987 y 2018, el Instituto Gulich (UNC/CONAE) llevó adelante un trabajo de cartografía histórica de los incendios ocurridos en las sierras de Córdoba, utilizando imágenes satelitales del programa Landsat (USGS/NASA), procesadas mediante la plataforma Google Earth Engine y el algoritmo BAMT (Burned Area Mapping Tool). Documenta 9.210 focos de incendio distribuidos a lo largo de 31 años. En ese período se quemaron 1.609.672 hectáreas, lo que representa el 57,9% de la superficie serrana provincial. El año más crítico del período estudiado fue 1988, con 961 focos que afectaron más de 350.000 hectáreas.

Los resultados del estudio revelan que el 2,2% de los incendios fue responsable del 71% del área total quemada, lo que magnifica el impacto de los eventos de gran escala. En contraste, el 86,3% de los siniestros afectó menos de 100 hectáreas y representó solo el 11% de la superficie total. En cuanto a la recurrencia, se observó que el 21% de las sierras se quemó una vez, el 9,5% dos veces, el 3,2% tres veces, y unas 44.996 hectáreas se incendiaron cuatro o más veces, evidenciando zonas de alta vulnerabilidad y degradación acumulativa (Argañaraz et al., 2021).

En su análisis de los megaincendios ocurridos en Córdoba durante el año 2020, Naval Fernández et al. (2023) documentan una temporada de fuego excepcional, con una superficie quemada de 291.866 hectáreas, la segunda más extensa en los últimos 34 años. El estudio, publicado en *Ecología Austral*, identifica cinco megaincendios (≥ 10.000 ha) y destaca que el fuego afectó áreas de alto valor ecológico y normativo, incluyendo el 5% de las Áreas Naturales Protegidas, el 12% de las Áreas Prioritarias para la Conservación, y el 12% de los bosques nativos protegidos por la Ley provincial N° 9814 (Ordenamiento Territorial de los Bosques Nativos). Los autores atribuyen parte de la magnitud del evento al contexto de pandemia por COVID-19, señalando que las restricciones sanitarias limitaron la

capacidad de prevención, monitoreo y respuesta operativa. El artículo cita estudios internacionales (Paudel 2021; Couto-García et al. 2021; Poulter et al. 2021; Eklund et al. 2022) que documentan cómo la pandemia alteró los regímenes de fuego a escala global, desplazando la atención desde causas individuales hacia factores estructurales como la debilidad institucional y la falta de planificación territorial. A diferencia de otros años, se sugiere que los incendios no fueron causados por visitantes urbanos negligentes, como suele asumirse en contextos turísticos (Naval Fernández et al., 2023).

Según datos de la Dirección General de Recursos Naturales y el IDECOR (2025), la distribución anual de incendios en Córdoba entre 2022 y 2024 muestra una marcada concentración de eventos durante los meses de primavera, especialmente en septiembre. La figura 39 evidencia que, si bien la cantidad de incendios varía entre años, el patrón estacional se mantiene constante, con picos pronunciados en septiembre para los tres años analizados. En particular, el año 2024 presenta el mayor número de focos registrados en ese mes, lo que sugiere condiciones climáticas especialmente propicias para la propagación del fuego, como sequías prolongadas, baja humedad relativa y acumulación de biomasa seca. Esta recurrencia estacional refuerza la necesidad de fortalecer las estrategias de prevención y alerta temprana durante el período crítico de agosto a octubre, especialmente en departamentos serranos con alta carga de combustible y vulnerabilidad ecológica.

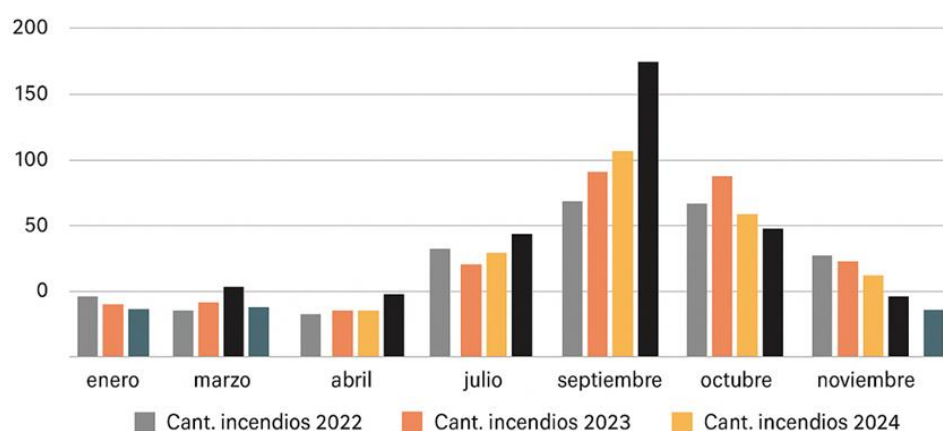


Figura 39: Distribución anual de los incendios en Córdoba 2022-2024. Fuente IDECOR

Respecto a los incendios ocurridos en la cuenca se puede armar un mapa de áreas incendiadas (Figura 40) accediendo a la información que brinda IDECOR desde el año 2022 y proyectando el mapa realizado de los mega incendios del 2020 (Naval Fernández et al.,2023). Esta es una herramienta de gestión de la cuenca que sirve para un análisis espacial de recurrencia y severidad de fuego.

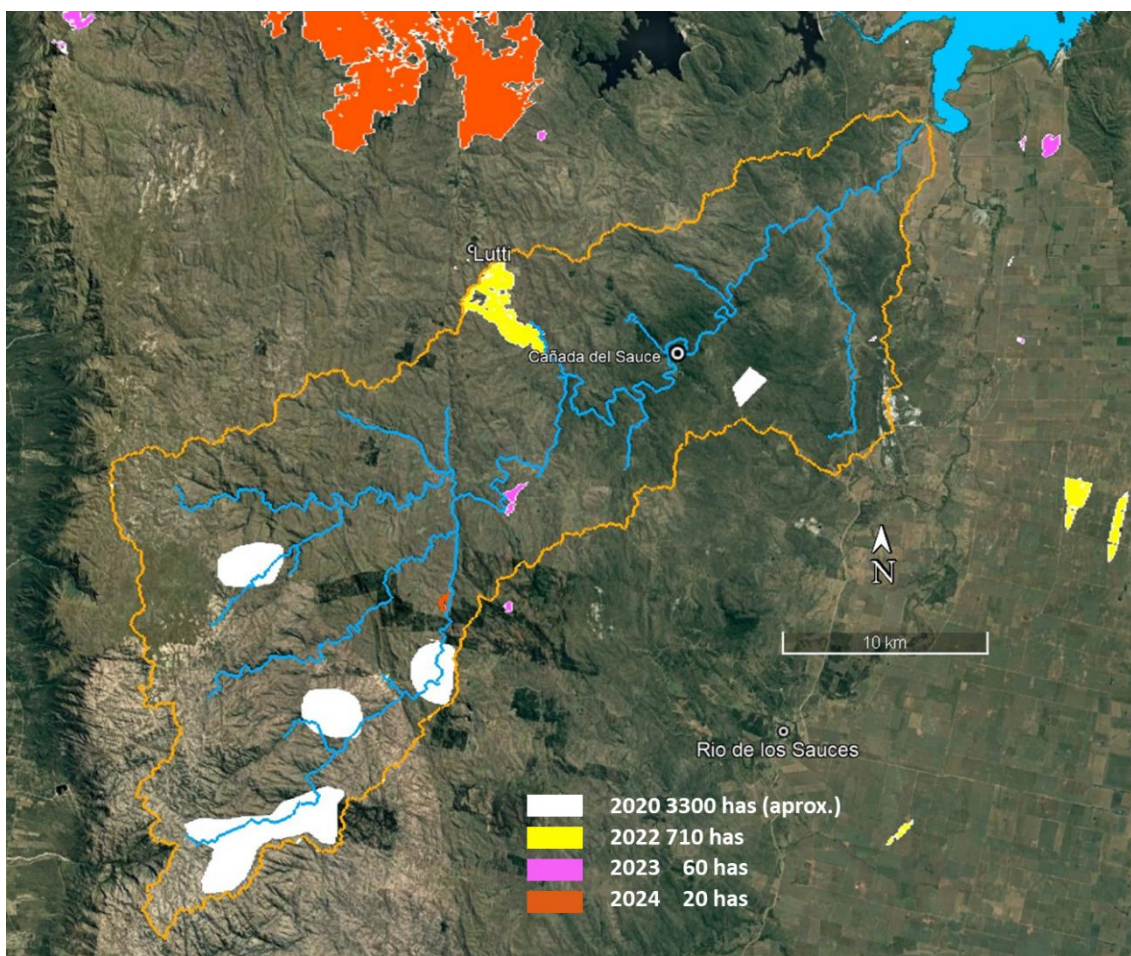


Figura 40: Areas incendias en la cuenca del 2020 al 2024. (IDECOR,2025) (Naval Fernández et al., 2023).

La provincia cuenta con un sistema oficial de indicadores de riesgo de incendios forestales, desarrollado por el Observatorio Hidro-Meteorológico junto a la Secretaría de Gestión de Riesgo y con soporte técnico del IDECOR. Basado en tres índices meteorológicos: el Fire Weather Index (FWI), que estima el peligro general de incendio en función de las condiciones meteorológicas; el Fine Fuel Moisture

Code (FFMC), que evalúa la humedad de los combustibles finos como pasto seco y hojarasca; y el Initial Spread Index (ISI), que mide la velocidad inicial de propagación del fuego. Los mapas se actualizan cada 24 horas en el geoportal Mapas Córdoba, integrando datos del SMN y modelos como el WRF. Su aplicación es clave para la planificación operativa, la asignación de recursos y la prevención en zonas críticas, como interfaces urbano-rurales y áreas con vegetación altamente inflamable (IDECOR, 2023).

Actores clave en la gestión del fuego en la cuenca

Defensa Civil de Cañada del Sauce: Depende de la Comuna. Cumple la función principal de coordinar la respuesta local ante emergencias, incluyendo incendios, inundaciones, accidentes y eventos climáticos severos. Su organización se basa en una comisión comunal que articula roles específicos como comunicaciones, asistencia sanitaria, transporte y vigilancia, con participación activa de los bomberos locales. Entre sus fortalezas se destacan el conocimiento del territorio, la capacidad de movilización rápida y el vínculo directo con la comunidad. Cuenta con equipamiento para una acción rápida hasta la llegada de los bomberos.

Bomberos Voluntarios: El destacamento más cercano es el de Berrotarán. Tienen como función principal la prevención y el combate de incendios, así como la protección de vidas y bienes ante siniestros naturales, accidentales o intencionales. Regidos por la Ley Nacional N° 25.054, son reconocidos como un servicio público esencial, con derecho a financiamiento, capacitación y equipamiento. Sus principales fortalezas incluyen una sólida experiencia operativa, un profundo arraigo comunitario y formación técnica. No obstante, enfrentan limitaciones como un presupuesto insuficiente y desgaste operativo en eventos prolongados.

ETAC (Equipo Técnico de Acción ante Catástrofes): Existe un destacamento en Río de los Sauces, con alrededor 60 efectivos permanentes, con jurisdicción en los departamentos Calamuchita y Río Cuarto. Tiene como función principal la intervención inmediata en incendios forestales, rescates, inundaciones y otras catástrofes, bajo la órbita del Ministerio de Seguridad de Córdoba. Cuenta con

dedicación exclusiva, formación física y técnica permanente, bases operativas en zonas de riesgo y equipamiento especializado. Sus fortalezas incluyen una alta capacidad logística, despliegue rápido y certificación como brigada USAR (Urban Search and Rescue). Sin embargo, enfrenta limitaciones como la falta de normativa específica, ya que fue creado por decreto y está bajo el marco general de la Ley de Seguridad Pública de Córdoba y no cuenta con una legislación propia que defina con precisión sus funciones, protocolos, mecanismos de control y articulación con otros organismos. Se han manifestado tensiones entre el ETAC y la Federación de Bomberos Voluntarios que surgen por la superposición de funciones, la creación inconsulta del ETAC y el uso desigual de fondos públicos. Se cuestiona su eficacia operativa y su impacto sobre el sistema voluntario ya consolidado (Vía País, 2021).

Manejo adaptativo del fuego en pastizales serranos: saberes locales y evidencia ecológica

En los pastizales de altura de las Sierras de los Comechingones, el fuego ha sido históricamente parte de la dinámica ecológica, interactuando con el pastoreo extensivo de camélidos y, posteriormente, de bovinos, ovinos y equinos. Estudios de largo plazo realizados por Núñez y su equipo (1990–2020) evidencian que la combinación de quemas prescritas y pastoreo racional favorece la diversidad vegetal, la presencia de especies palatables y la regeneración de gramíneas nativas.

Las clausuras experimentales en sectores con distintos tipos de pastizales mostraron que la supresión total del fuego o del pastoreo puede reducir la heterogeneidad estructural y funcional del ecosistema. En cambio, las quemas controladas realizadas por productores locales, específicamente en otoño, permiten llegar a agosto con forraje verde y tierno, clave para la cría (Clarín Rural, 2023).

La postura de Núñez se plantea como una hipótesis que merece ser explorada, y es que las quemas prescritas realizadas en otoño, bajo criterios técnicos y en un programa de gestión de cuenca, podrían contribuir a reducir la intensidad y extensión de los incendios que suelen ocurrir a la salida del invierno. Esta práctica,

en tensión con la normativa vigente (Leyes de Manejo del Fuego N° 8751 y N° 10.958), se apoya en experiencias internacionales como las de Australia, donde el fuego es utilizado como herramienta de manejo adaptativo para conservar la biodiversidad y prevenir eventos extremos (Oliveras, 2008).

10. Marco normativo vigente aplicado a la Cuenca

10.1. Gobernanza interjurisdiccional de la cuenca del río Quillín

La cuenca del río Quillín forma parte de la cuenca mayor del río Tercero–Carcarañá, una unidad hidrográfica de relevancia regional que abarca territorios de las provincias de Córdoba y Santa Fe. Está gestionada por la Comisión Interjurisdiccional de la Cuenca del Río Carcarañá (CIRC), formalizada en el año 2016 mediante convenio entre el Estado Nacional y las provincias involucradas.

La CIRC fue instituida como instancia de cooperación técnica y política para el manejo coordinado de los recursos hídricos con el objetivo de abordar problemáticas comunes como inundaciones, anegamientos y sequías, y promover acciones conjuntas orientadas a la sostenibilidad de la cuenca. Su constitución fue refrendada por la Ley 10374 en Córdoba y la Ley 13656 en Santa Fe, y cuenta con el acompañamiento del Consejo Hídrico Federal (COHIFE), órgano nacional que articula políticas hídricas entre jurisdicciones.

10.2. Áreas Naturales Protegidas en el territorio de la cuenca

La Ley N.º 6964 de la Provincia de Córdoba sancionada en 1983, establece el Régimen de Conservación de Áreas Naturales Provinciales. Constituye el principal marco legal para la conservación de áreas naturales provinciales al establecer tanto los fundamentos conceptuales como las disposiciones normativas que regulan su gestión. En su parte general, la ley reconoce a los ambientes naturales como patrimonio de interés público, con valor ecológico, cultural y socioeconómico, promueve la conciencia ambiental y la educación para la conservación. En su parte especial, define categorías específicas de protección, como reservas naturales, monumentos naturales y santuarios de fauna, regula el uso, administración y

conservación de estos espacios. Además, contempla la expropiación de bienes con fines conservacionistas, establece actividades permitidas y prohibidas según cada categoría, e incorpora medidas de fomento, compensación y provisión de servicios públicos compatibles con los objetivos de conservación. A pesar de haber sido sancionada en los últimos años de la Dictadura Militar, sin atravesar un proceso democrático de deliberación pública y de contar con más de 43 años de antigüedad, esta ley constituye un marco normativo clave para orientar el ordenamiento territorial y la gestión ambiental en cuencas de alto valor ecológico (Schneider, 2020), como por ejemplo la del río Quillín.

En ese marco normativo general es que la provincia de Córdoba cuenta con 30 Áreas Naturales Protegidas (ANP) creadas por instrumentos legales. De ellas, 12 fueron establecidas por decreto provincial, 17 por ley provincial y 1 por resolución de la Secretaría de Ambiente. Además, existen dos corredores biogeográficos que complementan el sistema, representando ambientes naturales estratégicos (Gobierno de Córdoba, 2025).

El territorio de la cuenca del río Quillín se encuentra incluido dentro de dos Áreas Naturales Protegidas (ANP) de la provincia de Córdoba, ambas creadas en el año 2000 (Figura 41):

- La Reserva Hídrica Natural Calamuchitana, establecida mediante la Ley N.º 8844, abarca una superficie de 533.600 hectáreas e incluye las cuencas y cuerpos de agua de Los Molinos, Cerro Pelado, Embalse de Río Tercero, Arroyo Corto, Segunda Usina y Piedras Moras. Su objetivo principal es la protección de los recursos hídricos estratégicos de la región.
- La Reserva Recreativa Natural Calamuchitana, creada por la Ley N.º 8845, comprende la totalidad del Departamento Calamuchita, con una superficie de 563.637 hectáreas. Esta figura busca compatibilizar la conservación ambiental con el uso público y recreativo del territorio, promoviendo actividades sustentables en armonía con el entorno natural.

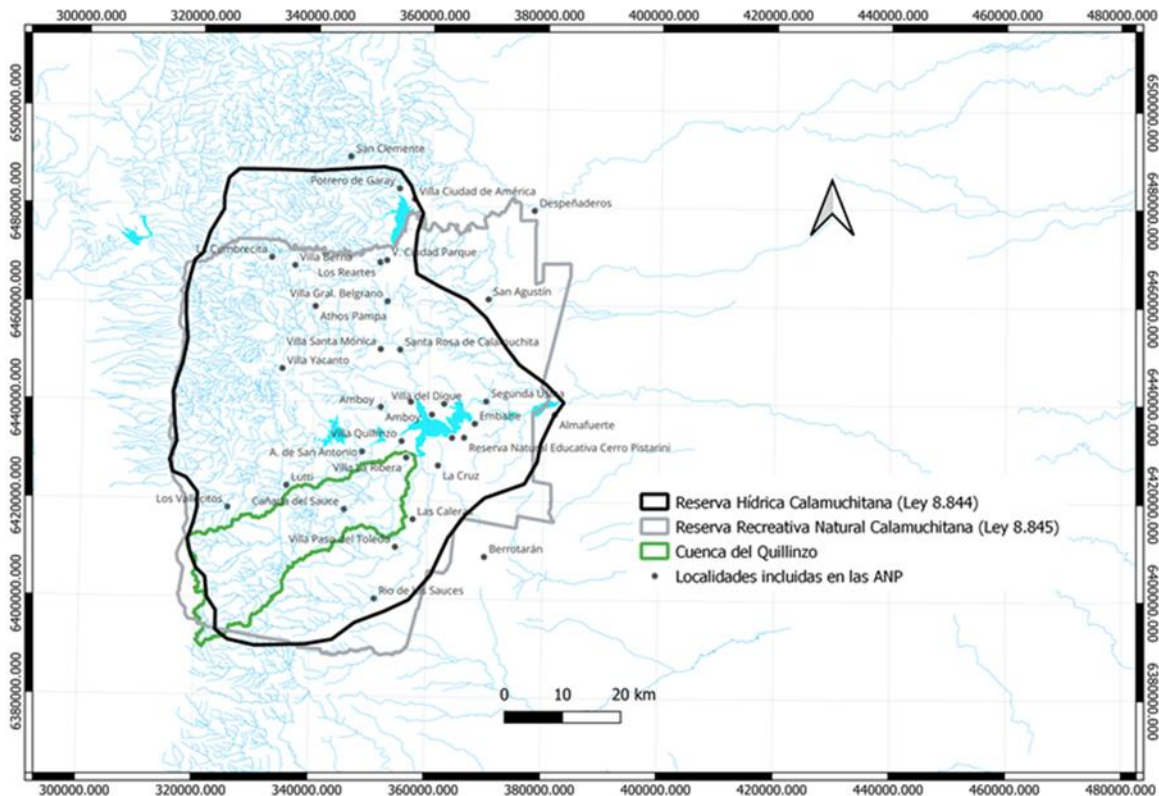


Figura 41: La cuenca del río Quillínz en las Reservas Hídrica Calamuchitana y Recreativa Natural Calamuchitana.

Ambas reservas constituyen un marco legal relevante para la planificación territorial y la gestión ambiental de la cuenca al reconocer su valor ecológico, hídrico y paisajístico dentro de un esquema de conservación provincial. Las leyes fueron promulgadas mediante el Decreto N.º 626/00 y establecen como autoridad de aplicación al actual Ministerio de Ambiente y Economía Circular del Gobierno de Córdoba, en reemplazo de la extinta Agencia Córdoba Ambiente Sociedad del Estado. Asimismo, contemplan mecanismos de gobernanza participativa, al disponer la convocatoria de la Comisión Ecológica Permanente Calamuchitana y la promoción de la participación de organizaciones vecinales para la conformación de un Consejo Asesor de la Reserva, el cual debe operar bajo un reglamento propio. Sin embargo, el diagnóstico 2025 de la Plataforma de Seguimiento de Políticas Públicas de las Áreas Naturales Protegidas que realiza ACEN revela un bajo nivel de implementación institucional, con ausencia de planes de manejo, de personal técnico permanente e infraestructura adecuada. En un contexto de una creciente

urbanización desordenada, turismo intensivo e incendios forestales, se remarca una débil articulación interinstitucional entre municipios, Provincia y actores comunitarios. Finalmente destaca oportunidades de mejora vinculadas al fortalecimiento de la gobernanza participativa y la restauración ecológica en zonas de interfase urbano-rural (ACEN, 2025).

Este contexto permite caracterizar a las ANP como “Áreas Naturales de Papel”, en tanto su existencia legal no se traduce en una protección efectiva sobre el territorio. Tal como advierte Rife (2013), los “Paper Parks” representan espacios que, pese a estar formalmente designados como protegidos, carecen de los recursos, capacidades y voluntad política necesarios para cumplir sus objetivos ecológicos y sociales, quedando atrapados en una paradoja institucional donde la conservación se declara, pero no se implementa.

Avanzar en la implementación de estas leyes es un objetivo estratégico dentro de un plan de gestión de cuenca.

10.2.1 Reservas Naturales Privadas como alternativa a la conservación.

En un contexto marcado por las limitaciones operativas del Estado para garantizar la conservación efectiva de ecosistemas estratégicos, la promoción de reservas naturales privadas emerge como una alternativa complementaria de alto valor. En Córdoba, este enfoque ha comenzado a institucionalizarse mediante la creación del Registro Provincial de Áreas Naturales Protegidas Privadas (RPANPP), impulsado por el Ministerio de Ambiente y Economía Circular. Este instrumento permite que propietarios privados inscriban voluntariamente sus predios como áreas protegidas, siempre que presenten valores ecológicos relevantes y compromisos de conservación explícitos.

La inscripción, accesible a través de la plataforma Ciudadano Digital y sin costo, otorgaría respaldo legal, asesoramiento técnico y la posibilidad de desarrollar actividades compatibles con la conservación, como educación ambiental, investigación científica y turismo de naturaleza. Aunque aún no existe una ley provincial específica que regule integralmente las reservas privadas, este registro

se articula con el marco normativo nacional, especialmente la Ley 26.331 de Bosques Nativos y la Ley General del Ambiente N° 25.675, y con el Sistema Provincial de Áreas Naturales Protegidas.

Este avance representa una oportunidad concreta de protección efectiva, diversificando los actores involucrados en la gestión territorial y fortaleciendo la gobernanza ambiental desde enfoques colaborativos. En este marco, el compromiso de propietarios sensibilizados puede traducirse en acciones concretas integradas a la educación ambiental y a un modelo de turismo sustentable. La consolidación de este instrumento, junto con incentivos fiscales, asistencia técnica y reconocimiento público, podría constituir un eje estratégico para la gestión de la cuenca del río Quillinzo.

10.3. Autoridad de Cuencas

La gestión de cuencas en la provincia de Córdoba ha adquirido un nuevo marco institucional con la sanción de la Ley N° 10.941, el 29 de noviembre de 2023. Esta norma establece la creación de la Autoridad de Cuencas, un organismo descentralizado con personería jurídica pública, dependiente del Poder Ejecutivo provincial, cuya misión central es coordinar y ejecutar acciones orientadas al manejo sostenible de embalses y sus respectivas cuencas hidrográficas. La ley reconoce la necesidad de abordar estos territorios como unidades ambientales integrales, promoviendo la articulación interinstitucional, la participación comunitaria y la implementación de políticas públicas que integren dimensiones ecológicas, sanitarias, productivas y socioculturales.

Precisamente respecto de la participación ciudadana referido en los incisos f) e i) del artículo 2, se limita a enunciar la necesidad de “instar” a la colaboración comunitaria, sin establecer mecanismos concretos, niveles de representatividad ni garantías institucionales para una participación efectiva y vinculante. Ante esta limitación, la Autoridad de Aplicación debió emitir disposiciones complementarias que buscan hacer operativa la participación de la ciudadanía mediante la creación de Mesas de Cuenca como espacios de articulación territorial con funciones consultivas y propositivas.

El amparo ambiental sobre el Lago San Roque, presentado por la Fundación Fundeps en noviembre de 2022, tuvo una influencia directa y significativa en la implementación de la Ley N.º 10.941 y en la consolidación de la nueva Autoridad de Cuencas. Este amparo ambiental fue reconocido judicialmente en abril de 2025. El fallo de la Cámara Contencioso Administrativa de 3ª. Nominación de Córdoba convierte la gestión ambiental en una obligación judicialmente exigible, estableciendo plazos concretos, metas verificables y responsabilidades institucionales claras, marcando un precedente relevante en la evolución de la justicia ambiental argentina. Para los funcionarios provinciales, esto implica la rendición de cuentas periódica, la asunción de responsabilidad ante eventuales incumplimientos, la necesidad de una coordinación interjurisdiccional efectiva y la apertura a la participación ciudadana como componente esencial de la gobernanza ambiental (Fundeps, 2025). Un antecedente relevante en esa materia lo constituye la condena judicial al ex secretario de Ambiente Raúl Costa, dictada en abril de 2023 por abuso de autoridad e incumplimiento de los deberes de funcionario público. Costa fue hallado responsable de haber habilitado la construcción del barrio privado El Dorado II y una subestación eléctrica en zona roja de monte nativo, dentro de la Reserva Natural Valle del Cóndor, vulnerando la Ley de Bosques nacional y la Ley provincial 8770. La sentencia que impuso tres años de prisión en suspenso y seis años de inhabilitación para ejercer cargos públicos, constituye el primer caso en Córdoba donde un funcionario es condenado por violar la normativa ambiental, marcando un precedente judicial que refuerza el principio de responsabilidad institucional en la gestión territorial.

A los fines de la gestión, la cuenca del río Quillinzo está vinculada a la Dirección de Cuenca Jurisdicción Embalse. En este contexto político e institucional, un plan de gestión debe estar enfocado en generar la participación ciudadana en las Mesas de Cuenca y su articulación territorial.

10.4. Ley de Ordenamiento Territorial de Bosque Nativo 9814 y su aplicación en la cuenca del río Quillín

La Ley Provincial 9814, sancionada en 2010, constituye la respuesta normativa de Córdoba a los lineamientos establecidos por la Ley Nacional 26.331, que define los Presupuestos Mínimos para la Protección Ambiental de los Bosques Nativos en todo el territorio argentino. En este marco, la ley provincial adapta los principios rectores de conservación, manejo sustentable y participación ciudadana al contexto ecológico, productivo y socio territorial de la provincia, consolidando un instrumento clave para el Ordenamiento Territorial de los Bosques Nativos (OTBN).

La Ley 26.331 exige a cada jurisdicción provincial la elaboración de un OTBN que clasifique sus bosques según criterios de conservación, funcionalidad ecosistémica y presión antrópica. Córdoba responde a esta obligación mediante la Ley 9.814, que establece una zonificación en tres categorías de uso del suelo (roja, amarilla y verde), con diferentes niveles de restricción y manejo permitidos. Esta zonificación no solo cumple con el mandato nacional, sino que incorpora criterios técnicos locales, como la conectividad ecológica, la provisión hídrica y la vulnerabilidad frente al cambio de uso del suelo.

La Ley 9.814 de Córdoba incorpora explícitamente los conceptos de servicios ecosistémicos y derechos de las generaciones futuras, alineándose, además, con los principios de la Ley Nacional 25.675 (Ley General del Ambiente) estableciendo como uno de sus objetivos centrales “Disponer los mecanismos necesarios a fin de promover el incremento de la superficie total y calidad de los bosques nativos y mantener a perpetuidad sus servicios ambientales”. Esto incluye la regulación hídrica y climática, la conservación de la biodiversidad, la protección de suelos y nacientes, el valor cultural y recreativo de los ecosistemas, así como el suministro de recursos renovables bajo esquemas de manejo sustentable. Respecto a los derechos de las generaciones futuras, el espíritu de la ley está profundamente orientado a la responsabilidad intergeneracional, al establecer criterios para el resguardo de los servicios ambientales que los bosques nativos brindan al resto de los ecosistemas y a las sociedades en su conjunto, presentes y futuras.

En el caso de la cuenca del río Quillín, ubicada en el sector sur de las Sierras Grandes, la aplicación de la Ley 9.814 adquiere particular relevancia. La cuenca alberga remanentes de bosques nativos de alto valor de conservación, zonas de transición entre ecorregiones y áreas estratégicas para la recarga hídrica regional. La zonificación vigente permite analizar las tensiones entre conservación, desarrollo productivo y expansión inmobiliaria en este territorio.

La mitad de la cuenca en su parte media y baja está categorizada como categorías Roja (I) y Amarilla (II). El área oeste de la cuenca alta, al corresponder a pastizales, solo tiene áreas rojas que corresponde en los bosques de altura y las márgenes de los cursos de agua. Se destacan además áreas violetas que representan las plantaciones de pinos (Tabla 21 y figura 42).

Categoría	Color	Valor de conservación	Actividades permitidas	Restricciones principales	Ejemplos de áreas incluidas
Categoría I	Roja	Muy alto	Conservación, investigación, educación ambiental	Prohibido el desmonte, cambio de uso del suelo y actividades productivas como ganadería	Costas de cursos de agua, nacientes, quebradas, zonas de pendiente, corredores biológicos, áreas con biodiversidad crítica
Categoría II	Amarilla	Medio	Manejo sustentable con plan aprobado, ganadería adaptada, uso racional de recursos	Desmonte prohibido salvo excepciones con Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)	Bosques con cobertura intermedia, zonas de transición, áreas con presión antrópica moderada
Categoría III	Verde	Bajo	Cambio de uso del suelo con plan de aprovechamiento y EIA, desarrollo productivo compatible	Requiere aprobación técnica previa, control de impactos	Áreas degradadas, con baja cobertura boscosa, aptas para reconversión productiva

Tabla 21: Categorías de zonificación de la Ley 9814

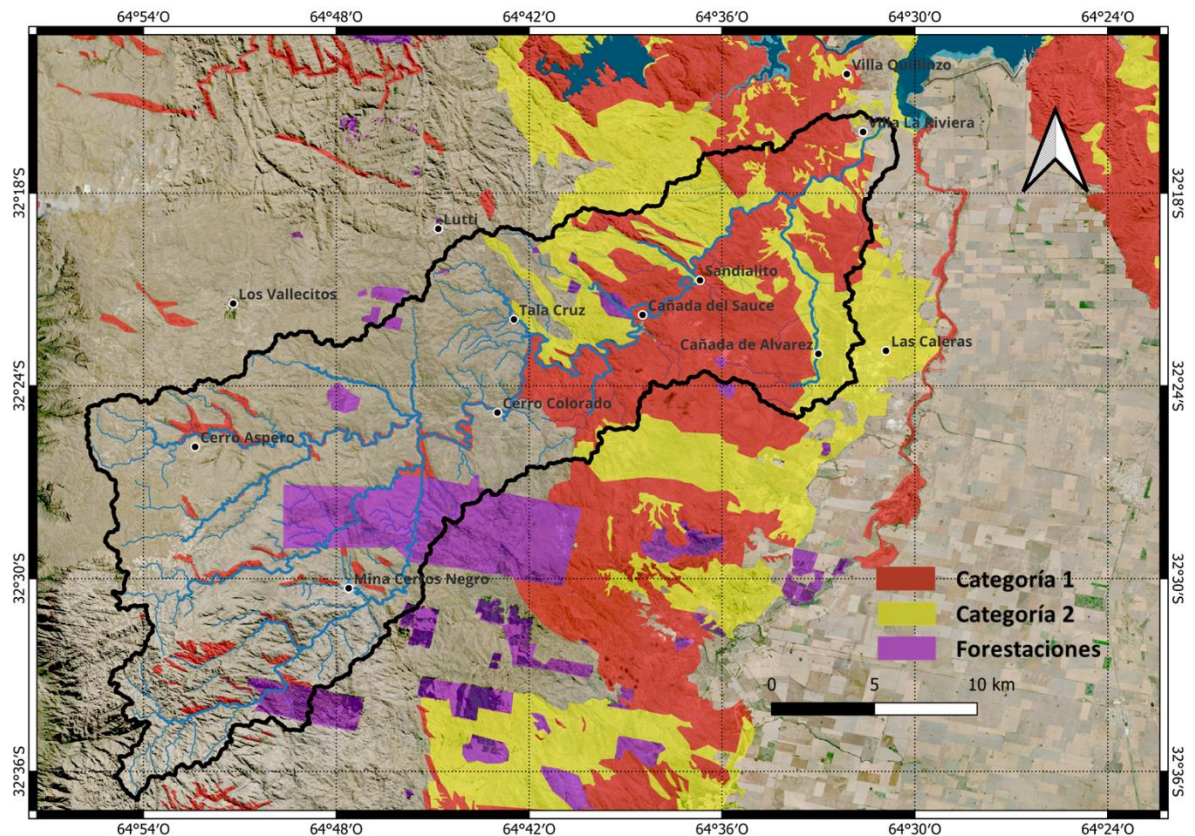


Figura 42: Mapa de categorías de zonificación de uso del suelo (Ley 9814 de OTBN)

10.4.1 El conflicto del desarrollo inmobiliario y la Ley de OTBN

Desde fines del siglo XIX, las sierras de Córdoba comenzaron a ser promovidas como destino turístico privilegiado, especialmente por su clima benéfico y sus paisajes naturales. Esta valorización no fue meramente descriptiva, sino parte de una narrativa que representó al entorno serrano como “puro”, “saludable” y terapéutico. Tal imaginario, sostenido por médicos, naturalistas y promotores turísticos, e impulsado por la llegada del ferrocarril a las serranías, justificó inversiones en infraestructura como hoteles, caminos, balnearios y servicios recreativos consolidando una imagen idealizada del territorio. El paisaje serrano dejó de ser percibido como inhóspito o marginal, y pasó a concebirse como espacio de descanso, sanación y contacto con la “naturaleza” (Garnero, 2023).

Este proceso no solo transformó la percepción del territorio, sino que habilitó nuevas formas de apropiación y tenencia de la tierra. A partir de la década de 1940, comenzaron a proliferar los loteos en distintas zonas de las sierras, especialmente en áreas cercanas a ríos, arroyos y miradores panorámicos. En la cuenca del río Quillinzo, localidades como Cañada del Sauce y Villa Quillinzo fueron objeto de parcelamientos masivos, generalmente sin planificación ni regulación ambiental. Estos desarrollos respondían a una lógica de valorización inmobiliaria asociada al turismo residencial y recreativo, consolidando una ocupación dispersa que fue alterando ecosistemas estratégicos y patrones de uso del suelo.

En numerosos casos, las trazas urbanas se diseñaron sin considerar el relieve serrano, lo que provocó problemas de erosión, escorrentía superficial y dificultades de acceso. Además, se replicaron modelos urbanos con parcelas muy pequeñas (desde apenas 300 a 500 m²) como las que se ofrecían en las ciudades, sin adecuación a las condiciones ecológicas ni a las necesidades de infraestructura rural. Esta dinámica fue impulsada por desarrollistas y promotores que comercializaban los lotes desde Buenos Aires, apelando al imaginario de “refugio natural” y a la promesa de una vida saludable en contacto con la naturaleza.

De estos procesos de loteo surgieron en el territorio de la cuenca las actuales localidades de Cañada del Sauce y Villa Quillinzo, hoy organizadas como comunas. En contraste, el loteo de Sandialito se consolidó como un paraje de residencias de fin de semana, generando una zona gris en términos de jurisdicción y autoridad competente. A nivel catastral, pueden identificarse diversos loteos “dormidos”, es decir, con escasa o nula ocupación efectiva, distribuidos tanto a la vera del río Quillinzo como en el peri lago de Embalse, lo que evidencia una ocupación fragmentada y una ausencia de planificación territorial integral y un problema potencial (Figura 41).

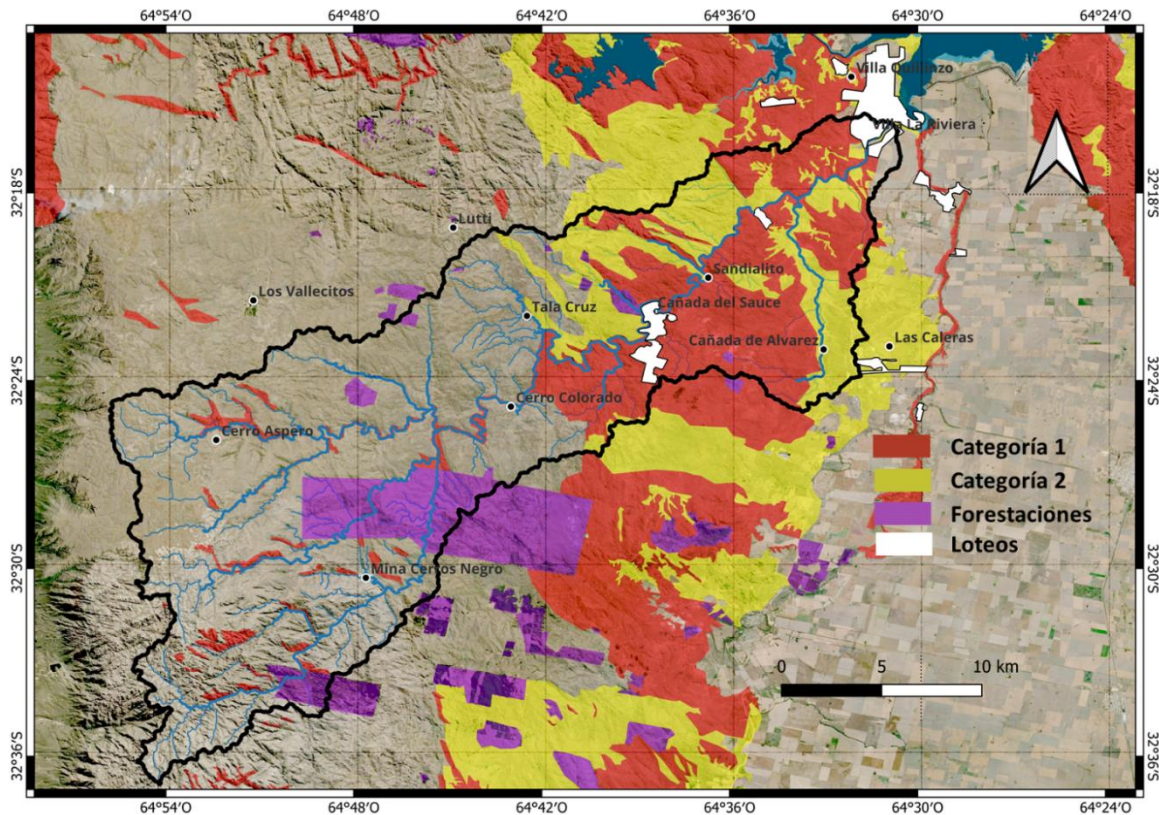


Figura 43: Mapa de loteos en la cuenca del río Quillín

Cuando en el año 2010 se sanciona la Ley 9814 de Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos (OTBN), esos loteos quedaron ubicados en zonas rojas y amarillas lo que restringe el cambio de uso del suelo. La excepción la constituyen las comunas de Cañada del Sauce y Villa Quillín–La Riviera, donde, al encontrarse dentro del éjido municipal, existe la posibilidad legal de gestionar modificaciones en el uso del suelo.

El caso paradigmático de Villa Cañada del Sauce ilustra con claridad la tensión entre el desarrollo inmobiliario privado y la normativa ambiental vigente.

El conflicto se origina en el avance de un emprendimiento promovido por la empresa Altos de Vélez Sarsfield S.A., que impulsó la venta de un loteo “dormido” de la década del 40 de casi 4.000 parcelas en una zona serrana de alto valor ecológico, categorizada como zona roja según la Ley Provincial N° 9814 de Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos (OTBN). El desarrollo inmobiliario salió a la venta sin

contar con la correspondiente Evaluación de Impacto Ambiental ni con autorización legal para el cambio de uso del suelo.

El denominado loteo Villa Cañada del Sauce–Grandes Lotes de Montaña se ubica fuera del ejido municipal, en una franja lindante al sur de la localidad, sobre terrenos de mayor altitud y pendientes pronunciadas. Abarca aproximadamente 235 hectáreas, es decir, un área superior en más del 10% al tamaño del ejido comunal. Ofrece terrenos desde 375 m². Además, carece por completo de infraestructura básica, como redes de agua, energía, saneamiento o accesos consolidados, lo que agrava los riesgos ambientales y urbanísticos asociados a su eventual consolidación.

Ante esta situación, en agosto de 2023, la comuna local presentó una acción de amparo ambiental ante el Juzgado de Río Tercero, invocando el artículo 66 de la Constitución de la Provincia de Córdoba, que reconoce el derecho de toda persona a gozar de un ambiente sano y equilibrado, y habilita la vía judicial para prevenir o reparar daños ambientales. El amparo fue fundamentado en la afectación directa al bosque nativo, categorizado como de conservación estricta, y al patrimonio cultural del territorio (Figura 44).

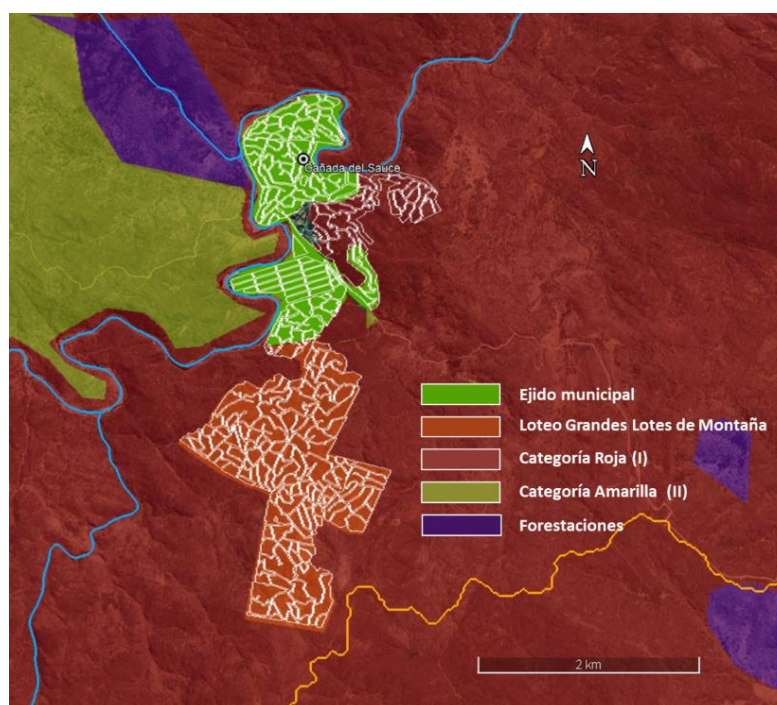


Figura 44: Área del conflicto.

Asimismo, la comuna argumentó su imposibilidad legal y operativa de prestar servicios públicos fuera de los límites de su éjido urbano, lo que refuerza la inviabilidad del emprendimiento desde el punto de vista institucional y de planificación territorial de un barrio de esa magnitud y en ese territorio de difícil acceso.

Como resultado, el 17 de octubre de 2023, el Juzgado concedió una medida cautelar que ordenó la detención inmediata de todas las actividades vinculadas al emprendimiento, incluyendo la tala, el movimiento de suelo, la apertura de calles y la remoción de vegetación, hasta tanto se dicte resolución definitiva en el expediente. En paralelo, la Fiscalía de Instrucción N°1 imputó a los propietarios del loteo por el delito de estafa en grado de tentativa, prohibiéndoles realizar actos posesorios o comerciales sobre los terrenos sin contar con la debida autorización de los organismos competentes.

De esta manera, el Estado provincial, a través de la Policía Ambiental y el Poder Judicial, ha reconocido la ilegalidad del emprendimiento inmobiliario en función de la Ley N° 9814 y la ausencia de Estudio de Impacto Ambiental (EIA), lo que evidencia una postura institucional de rechazo formal.

Los compradores de los lotes afirman haber adquirido sus terrenos de buena fe, con títulos de posesión en regla y pagando el Impuesto Inmobiliario Provincial y que no son responsables de las irregularidades del emprendimiento. Reclaman seguridad jurídica (La Voz, 2023).

Este caso plantea un dilema profundo sobre los límites del desarrollo urbano en áreas de conservación, la capacidad del Estado para ordenar el territorio y la tensión entre derechos individuales y bienes colectivos. ¿Puede el derecho adquirido sobre un lote justificar la transformación irreversible de un ecosistema protegido? ¿Están los derechos posesorios por encima del derecho de la sociedad (y de las generaciones futuras) a conservar el monte nativo, el agua y la biodiversidad? La resolución de este conflicto exigirá no solo respuestas judiciales, sino también una revisión ética, normativa y territorial sobre el modelo de ocupación del paisaje serrano en Córdoba. Se trata de un caso emblemático, no solo por la magnitud del

emprendimiento y la fragilidad ecológica del área afectada, sino porque constituye la primera vez que el Estado, en este caso la pequeña Comuna de Cañada del Sauce, interpone una acción de amparo ambiental, invocando el derecho constitucional a un ambiente sano. Con dos fallos judiciales en curso (uno cautelar y otro penal) este conflicto se erige como símbolo de los desafíos que plantea la expansión inmobiliaria en zonas donde el cambio de uso del suelo está legalmente restringido (Fotos 73 y 74). Su desenlace podría sentar precedentes relevantes para la gobernanza ambiental y territorial en toda la región serrana.



Fotografía 73: Conflicto del Loteo Grandes lotes de Montaña. La Voz



Fotografía 74: Área demarcada. Foto: Daniel Ulla.

11. Modelación hidrológica.

La modelación hidrológica de cuencas es una herramienta esencial para comprender la dinámica del agua en el territorio y orientar su gestión integral. En particular, la cuenca del río Quillínz presenta las características típicas de un sistema serrano de montaña, donde la interacción entre factores geomorfológicos, climáticos y de cobertura vegetal determina un comportamiento hídrico altamente sensible y variable.

El cordón montañoso que la delimita supera los 2.000 m s.n.m y está expuesto a tormentas convectivas intensas, especialmente en verano, que generan precipitaciones de corta duración, pero gran magnitud. La elevada pendiente del terreno favorece el escurrimiento superficial rápido, incrementando los procesos erosivos y reduciendo la capacidad de infiltración. Esta combinación de factores da lugar a crecidas súbitas, con picos de caudal que pueden pasar de 15 m³/s a más de 500 m³/s en cuestión de horas, poniendo en riesgo tanto a la población como al ecosistema ribereño.

Los modelos hidrológicos permiten estimar caudales y otras variables del ciclo hídrico en una cuenca, facilitando el análisis de la variabilidad climática, la identificación de eventos extremos y la evaluación del impacto de los cambios en el uso del suelo y la cobertura vegetal. Estas herramientas resultan fundamentales para predecir el comportamiento del agua en el territorio, lo que constituye un recurso técnico fundamental para la gestión ambiental y el monitoreo de la vulnerabilidad hídrica.

Entre los modelos disponibles, el HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modeling System), desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, se destaca por su capacidad para simular el comportamiento hidráulico de una cuenca ante eventos extremos como inundaciones y sequías. Su aplicación es especialmente útil en el diseño de obras de infraestructura, el ordenamiento territorial y la planificación preventiva frente a fenómenos atmosféricos de alta intensidad y escenarios climáticos inciertos.

En este capítulo se presenta la modelación hidrológica de la cuenca del río Quillínz mediante HEC-HMS, con el objetivo de fortalecer la gestión ante emergencias,

orientar el ordenamiento territorial y aportar criterios técnicos para la planificación de infraestructuras resilientes. La simulación permite visualizar zonas de riesgo, estimar caudales máximos y proyectar escenarios de intervención adaptativa en función de la dinámica hídrica y las condiciones geomorfológicas del área.

11.1. Estudio de un evento extraordinario

Según la Organización Meteorológica Mundial (2021) los eventos meteorológicos extraordinarios corresponden a fenómenos que se ubican en los extremos de la distribución histórica del clima de una región. Es lo que aconteció a partir de la medianoche del 22 de marzo de 2023 cuando se registraron precipitaciones de gran intensidad y extensión en toda la cuenca del río Quillín con valores de precipitaciones muy significativos en toda la cuenca del río Quillín (Figura 45). En la cuenca alta, los registros pluviométricos de ese día fueron significativos alcanzando 182 mm en La Puente, 181 mm en Rodeo de los Caballos, 158 mm en Vallecitos y 126 mm en Lutti. En contraste, la cuenca baja presentó valores más moderados, con 108 mm en Villa Cañada del Sauce y 57 mm en Paso de Cabral. Estos registros se sumaron a lluvias ocurridas en los días previos que provocaron una saturación generalizada del suelo, reduciendo su capacidad de infiltración. Esta condición antecedente de suelo húmedo favoreció un mayor escurrimiento superficial y contribuyó a la magnitud de la creciente que se produjo ese mismo día a partir de la hora 13 (Aprhi, 2025) (Instituto Nacional del Agua, 2025).

La crecida extraordinaria superó ampliamente los antecedentes históricos conocidos por los habitantes de la zona. El evento provocó la destrucción de dos de los cuatro puentes que cruzan el río y generó daños significativos en Cañada del Sauce, incluyendo la inundación de viviendas y arrasando parte de un complejo de cabañas ubicado en la ribera (Foto 75 y 76). La fuerza del caudal fue tal que incluso se destruyeron pircas centenarias cuya ubicación y permanencia a lo largo del tiempo sugerían que nunca antes el nivel del río había alcanzado esa zona con semejante intensidad.

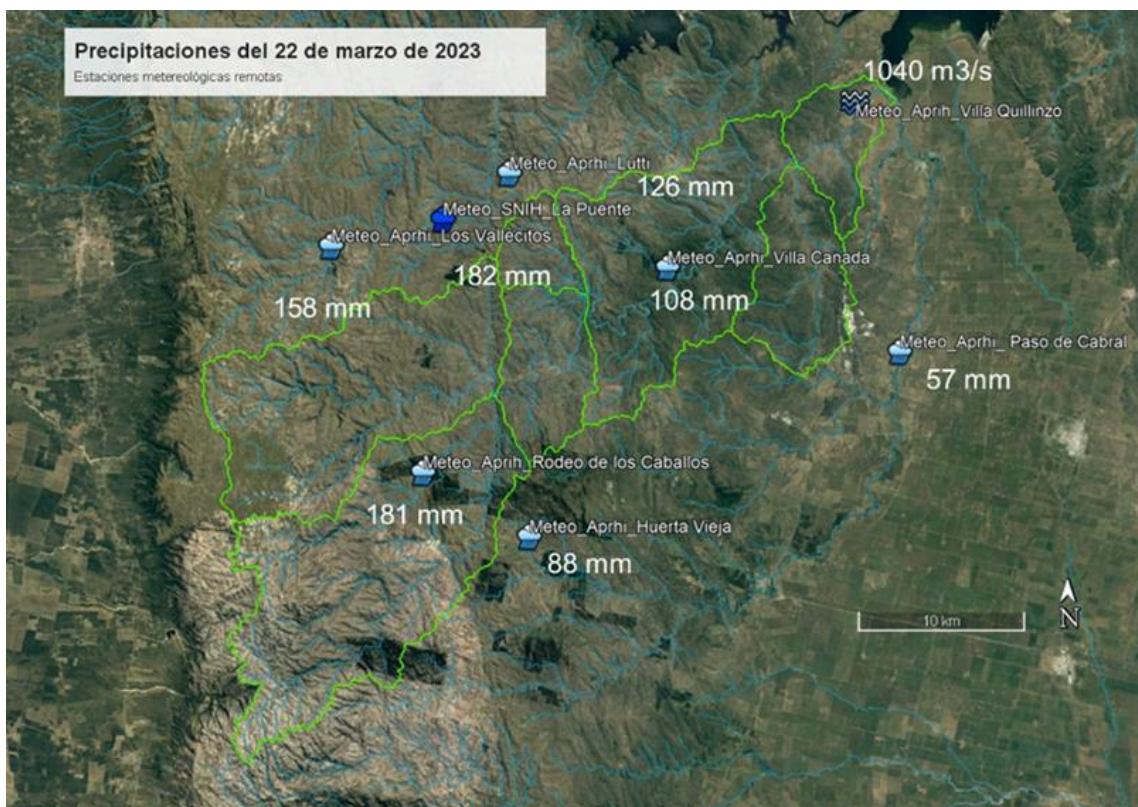


Figura 45: Precipitaciones del 22/3/2023 registradas en las estaciones meteorológicas del área de la cuenca del río Quillínz. Elaboración propia.



Fotografía 75: Cabañas destruidas. Foto: Daniel Ulla



Fotografía 76: Destrucción del puente Videla. Foto: Daniel Ulla.



Fotografía 77: Vivienda en construcción a la vera del río. Se aprecia el nivel al que llegó en agua por sus marcas en los muros. Foto: Daniel Ulla.

La estación limnimétrica automática (ELA) de la estación APRHI ubicada en el puente de la RP23 en Villa Quillinzo, cercano a la desembocadura del río en el embalse Río III, registró valores de caudal hasta $1.040 \text{ m}^3/\text{s}$, momento en que el nivel del río superó el sensor instalado en el puente. Durante aproximadamente 1 hora y 35 minutos, el sistema emitió fallas por sobrepaso de nivel, antes de retomar la lectura en ese rango (Foto 78, Tabla 22).



Fotografía 78: Estación limnimétrica automática (ELA) de Aprhi en puente RP23 V.de la Riviera. Foto:Daniel. Ulla

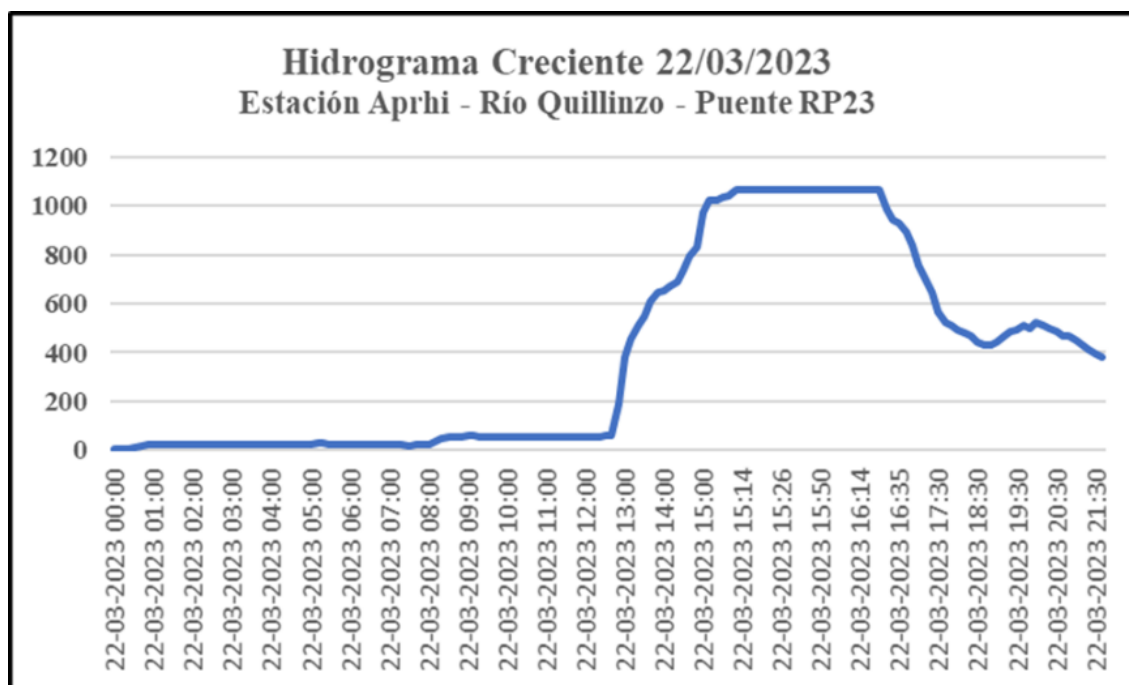


Tabla 22: Hidrograma de la Estación Aprhi. Desde la hora 5 hasta las 16.35 el nivel de río superó al lector. Fuente Omixon

Esta combinación de datos y observaciones territoriales permite caracterizar el evento como hidrológicamente excepcional, y pone de manifiesto las limitaciones en la planificación vigente frente a fenómenos hidrometeorológicos extremos. En

este contexto, la modelación hidrológica se vuelve una herramienta clave para anticipar escenarios críticos y fortalecer la gestión del riesgo en cuencas serranas.

11.2. Modelación de la cuenca del río Quillinzo:

Con el objetivo de modelar el mencionado evento meteorológico extraordinario del 22 de marzo del 2023 se utilizó el Software Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) versión 4.12 (U.S. Army Corps of Engineers, 2024).

A partir de los registros de la estación limnimétrica automática (ELA) de la estación APRHI, ubicada en el puente de la RP23 en Villa Quillinzo, donde se midió un caudal máximo de 1.040 m³/s, se procedió a la búsqueda de un escenario de precipitación con características de intensidad, duración y recurrencia (IDR) que permitiera reproducir un pico de caudal semejante al observado. Para ello, se consideraron las estimaciones de pérdidas, la transformación precipitación-caudal y el cálculo del tránsito hidrológico, con el fin de ajustar el modelo a las condiciones reales del evento.

El procedimiento fue el siguiente:

Delimitación de la cuenca

A partir de un Modelo Digital de Elevación (DEM) de 30 metros de resolución, provisto por el Instituto Geográfico Nacional (2024), se realizó la delimitación hidrográfica de la cuenca del río Quillinzo, obteniéndose una superficie total de 61.148 hectáreas. Mediante el análisis morfométrico y la red de drenaje derivada del modelo, se identificaron inicialmente 15 subcuencas. Luego, con el objetivo de facilitar la regionalización hidrológica y optimizar la parametrización del modelo, se procedió a reagrupar dichas unidades en 7 subcuencas mayores, tomando como criterio principal la altitud y su tipo de cobertura vegetal (Figura 46 y 47).

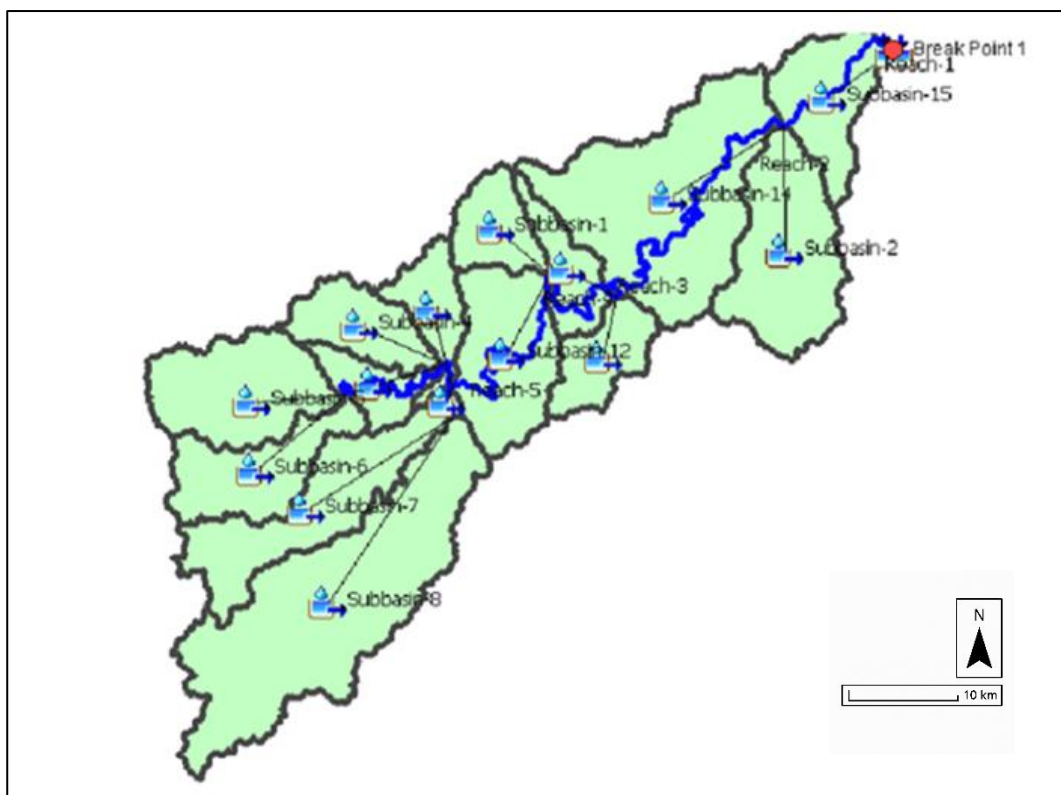


Figura 46: Subcuencas determinadas por HEC-HMS. Elaboración propia.

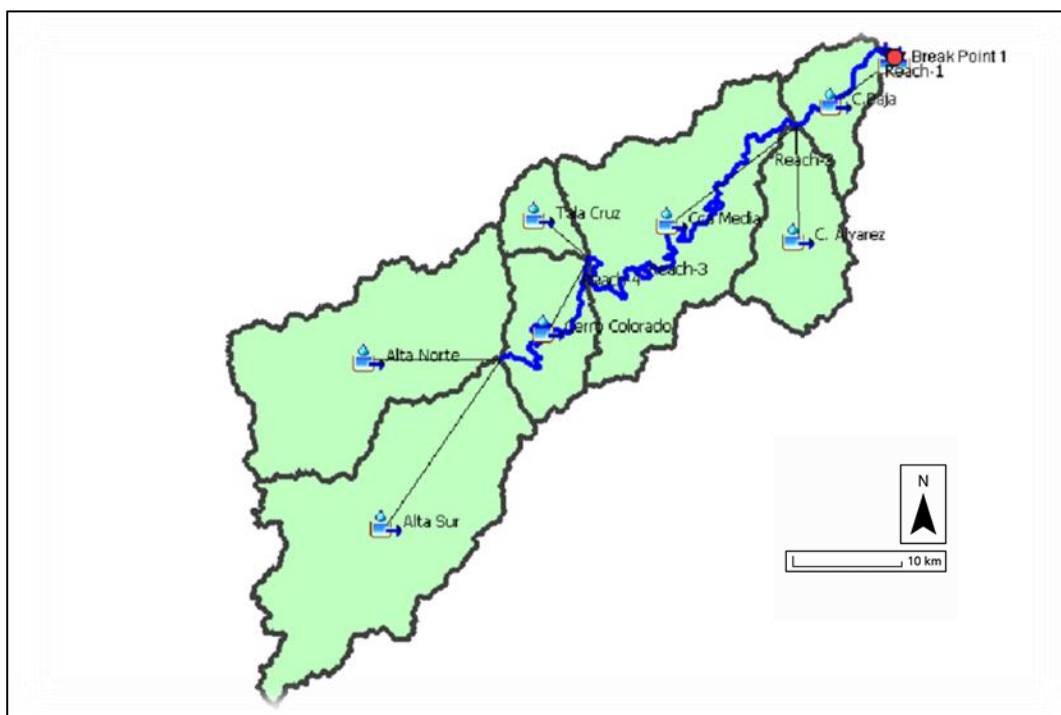


Figura 47: Definición de 7 subcuencas: Elaboración propia.

Estimación de escorrentía en la cuenca del río Quillinzo:

La estimación de la escorrentía superficial es un aspecto fundamental en la gestión sostenible de cuencas hidrográficas. El método del Número de Curva (CN) del Soil Conservation Service (1972) se presenta como una herramienta empírica ampliamente utilizada para caracterizar la relación entre la precipitación y la respuesta hidrológica de un área determinada.

El método del SCS se basa en la determinación de un número de curva (CN), que oscila entre 0 y 100 y define la capacidad de infiltración del suelo y la proporción de escorrentía generada por un evento de precipitación. Se fundamenta en los siguientes factores:

- Grupo hidrológico del suelo, basado en su permeabilidad y capacidad de retención de agua.
- Cobertura y uso del suelo, que incluye vegetación, urbanización, cultivos, entre otros.
- Condición de humedad antecedente (AMC), considerando la saturación previa del suelo antes de la lluvia.

Cálculo de pérdida y transformación precipitación-caudal:

El método utilizado para el cálculo fue el SCS Curve Number del Servicio de Conservación de Suelos de los EE.UU. empleando la siguiente fórmula:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

“S” es la retención potencial máxima del suelo [mm]. El valor de curva número CN es estimado en función del uso del suelo, tipo de suelo y humedad antecedente.

Se toma a la abstracción inicial como:

$$I_a = 0.2 * S$$

Para el cálculo de la escorrentía se utilizó el método del hidrograma unitario “SCS Unit Hydrograph Model” y para el cálculo del tiempo de concentración se utilizó la fórmula de Kirpich.

$$t_c = 0.06628 * \frac{L^{0.77}}{P^{0.385}} \quad t_{lag} = 0.6 * t_c$$

P: Pendiente del cauce
[m/m]

L: Pendiente del cauce
[m/m]

Asignación de CN por sitio específico:

El método de número de curva establece complejos de suelo–cobertura a los cuales se les asigna un valor determinado o número hidrológico CN que se define por sus condiciones hidrológicas relacionando la precipitación y el escurrimiento (Tabla 23).

GH	Textura		Infiltración	Escurrimiento (Q)	NC
A	Arenoso		Alta	<< Q	<< NC
	Arenoso franco	arena			
	Franco arenoso				
B	Franco limoso		Moderada	< Q	< NC
	Franco	+ arena			
	Limoso	- arcilla			
C	Fr-Arc-arenoso		Lenta	> Q	> NC
	Fr-Arc-limoso	- arena			
	Fr-arcilloso	+ arcilla			
D	Arcillo arenoso		Muy lenta	>> Q	>> NC
	Arcillo limoso	arcilla			
	Arcilloso				

Tabla 23: Grupos hidrológicos y sus características (Gáspari et al., 2010)

De acuerdo a las Cartas de Suelo Río De Los Sauces 3366-12 y Santa Rosa De Calamuchita 3366-6, la mayoría de los suelos de la cuenca corresponden al

Complejo indiferenciado de Series CALAMUCHITA I, CALAMUCHITA III, CALAMUCHITA IV y rocas aflorantes. Son someros o muy someros, de textura arenosa gravillosa a franco arenoso. Se asigna al grupo hidrológico A.

El otro elemento considerado es la cobertura vegetal, determinando distintas clases de acuerdo a sus condiciones hidrológicas para la infiltración (Tabla 24).

Densidad de Vegetación	Condición	Cobertura	Escurrimiento (Q)	NC
Baja	Deficiente	< 50%	Alto	Alto
Media	Regular	50 a 75%	Medio	Medio
Alta	Buena	> 75%	Bajo	Bajo

Tabla 24: Condición hidrológica, escurrimiento y Número de Curva en función del estado de la vegetación (Gáspari, Senisterra, Delgado, & Rodríguez Vagaría, 2010)

Considerando la condición de humedad antecedente (AMC), el suelo se encontraba húmedo y próximo a la saturación debido a las precipitaciones registradas en los días previos al evento. Con el fin de ajustar el Número de Curva (NC) a la situación de humedad antecedente húmeda (AMC II), se aplicó la tabla de conversión propuesta por Gáspari et al. (2010), cuyos valores se presentan en la Tabla 25.

NC Condición II	NC correspondiente a las condiciones:	
	I	III
100	100	100
95	87	99
90	78	98
85	70	97
80	63	94
75	57	91
70	51	87
65	45	83
60	40	79
55	35	75
50	31	70
45	27	65
40	23	60
35	19	55
30	15	50
25	12	45
20	9	39
15	7	33
10	4	26
5	2	17
0	0	0

Tabla 25: Conversión del Número de Curva de la condición II a las condiciones de humedad I y III

Teniendo en cuenta la definición del Grupo Hidrológico, la cobertura vegetal, el uso del suelo y su condición de humedad antecedente media se consultó tablas para la determinación del NC (Tabla 26).

Uso Suelo	Tratamiento o Practica	Condición Hidrológica	A	B	C	D
Pastura, Pastizal o rango de forrajes continuo para pastoreo		Pobre	68	79	86	89
		Medio	49	69	79	84
		Bueno	39	61	74	80
Praderas naturales o cultivadas.	Curva nivel	Pobre	47	67	81	88
		Medio	25	59	75	83
		Bueno	6	35	70	79
Pradera, pasto continuo.		--				
reservado para pastoreo y gral cortado para heno		--	30	58	71	78
Pastizal, c/ broza, pasto mezclado con pajonal, con la mejor cobertura		Pobre	48	67	77	83
		Medio	35	56	70	77
		Bueno	30	48	65	73
Bosque, c/ mezcla de pastos, monte frutal o forestación		Pobre	57	73	82	86
		Medio	43	65	76	82
		Bueno	32	58	72	79
Bosque		Pobre	45	66	77	83
		Medio	36	60	73	79
		Bueno	30	55	70	77
Granjas, construcciones, caminos, lotes circundantes			59	74	82	86

Tabla 26: Número de curva para suelos de distintas características y con diferentes usos no agrícolas (Gáspari et al., 2010).

Determinación de la cobertura vegetal:

Para la caracterización de la cobertura vegetal en la cuenca del río Quillinzo, se utilizó el Mapa de Uso de Suelo 2022-2023 de Idecor (IDECOR) integrado dentro del entorno de QGIS. A partir de esta base de datos, se empleó la herramienta Histograma zonal para obtener estadísticas precisas sobre la distribución de los distintos tipos de uso del suelo en cada subcuenca.

El proceso consistió en:

- Selección de la capa de uso de suelo y segmentación por subcuenca.

- Aplicación de la herramienta Histograma zonal para extraer la proporción de cada tipo de cobertura en las subcuencas.
- Cálculo del Número de Curva (NC): cada categoría de uso del suelo recibió una ponderación acorde con su capacidad de infiltración y generación de escorrentía (Figura 48).

Posteriormente, se calculó un NC ponderado para cada subcuenca, permitiendo una evaluación de la dinámica hidrológica sitio-específico más precisa, donde las variables y parámetros varían en el espacio. (Tabla 27). Finalmente se ajustaron los valores de acuerdo a la condición de humedad antecedente (AMC). (Tabla 28)

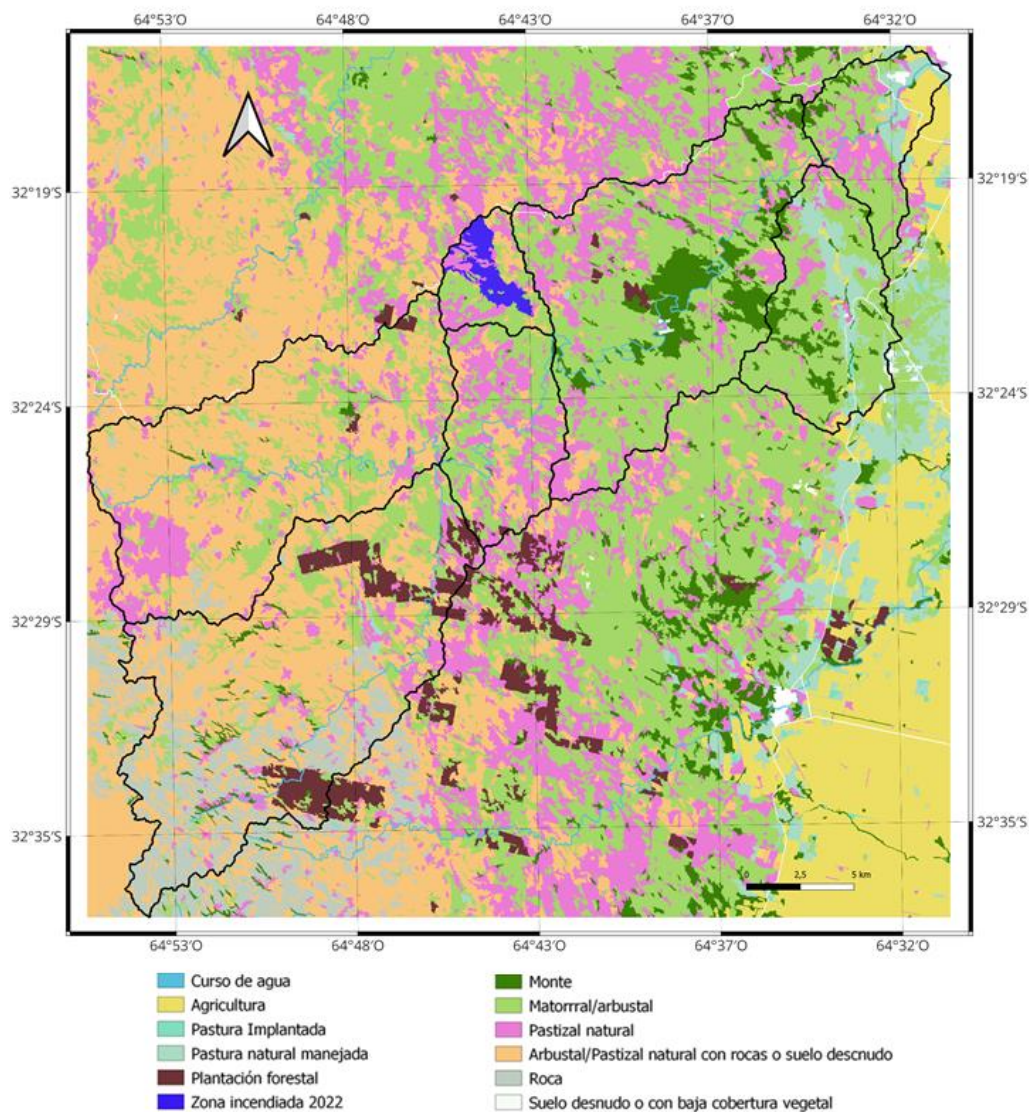


Figura 48: Mapa de cobertura del suelo. Elaboración propia. Fuente IDECOR

COBERTURA NC	Monte 36	Matorral 43	Pastizal 49	Roca 85	Agua 100	Forestación 30	Chacra 77	Incend 2022 77
SUBCUENCAS	PROPORCIONES DE COBERTURA DE SUELO							
C.Alta Norte		21%	75%	2%	1%	1%		
C.Alta Sur	2%	14%	53%	22%	1%	8%		
C. Colorado	2%	41%	56%			1%		
Tala Cruz		35%	38%					27%
Cuenca Media	15%	56%	26%		2%	1%		
C. Alvarez	12%	59%	9%				20%	
Cuenca Baja	8%	43%	23%		2%		24%	

Tabla 27: Uso de suelo proporcional para cada subcuenca (AMC II).

SUBCUENCAS	CN PONDERADO SEGUN COBERTURA		
	CN AMC II	CN AMC I	CN AMC III
C.Alta Norte	49	29	69
C.Alta Sur	55	34	74
C. Colorado	46	26	66
Tala Cruz	54	33	73
Cuenca Media	45	25	65
C. Alvarez	50	29	69
Cuenca Baja	53	32	72

Tabla 28: Número de Curva de cada subcuenca ajustado a su condición de humedad antecedente AMC I (seca), AMC II (media) AMC III (húmeda)

Cálculo de tránsito:

Para la propagación de caudales en el sistema hidrológico de la cuenca, se empleó el método de Muskingum, un enfoque ampliamente utilizado en la simulación del tránsito de flujo.

$$K [hs] = 0.18 \times \left(\frac{L[km]}{P \left[\frac{m}{m} \right]^{0.25}} \right)^{0.76}$$

L: Longitud del cauce principal [km]
P: Pendiente del cauce [m/m]

Se determinó un valor de Coeficiente de Muskingum (X) = 0.3, lo cual indica una moderada influencia del almacenamiento en la dinámica del escurrimiento (Tabla 29).

Tramos	Long [km]	Pend [m/m]	H [m]	Sinuosidad	K [h]	K [min]	v [m/s]
Reach-4	15,4	0,009	131,4	1,92	3,6	214	1,20
Reach-3	9,5	0,011	107,9	2,55	2,3	140	1,13
Reach-2	25,3	0,007	166,5	1,98	5,4	327	1,29
Reach-1	9,9	0,003	26,1	1,38	3,2	191	0,87

Tabla 29: Planilla de cálculo de tránsito.

Precipitación utilizada

Dada la carencia de series históricas de precipitación dentro de la cuenca de estudio, la simulación hidrológica se realizó utilizando una lluvia de diseño a partir de los parámetros de la curva IDF (Intensidad, duración y frecuencia) de la estación meteorológica La Suela – Provincia de Córdoba, la cual constituye el registro más cercano y de mayor extensión temporal disponible (período 1971-2025) para el área de interés (Caamaño Nelli & García, 2025).

Se asigno una duración de la lluvia de 90 minutos, suficiente para que el sistema entre en régimen.

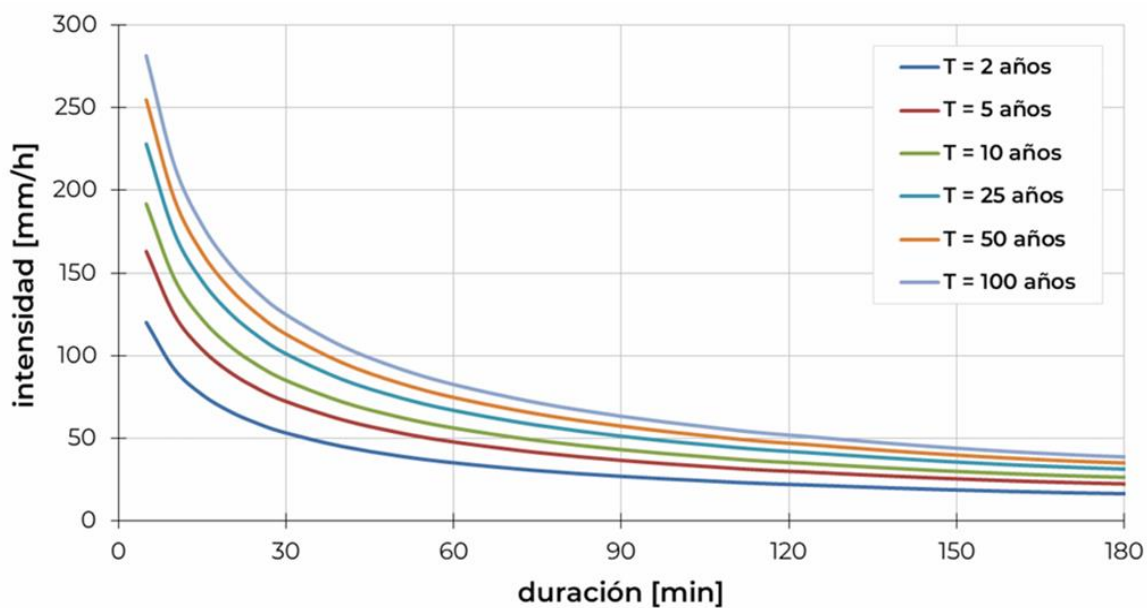


Figura 49: Curva IDF de la estación meteorológica La Suela (Caamaño Nelli & García, 2025).

Mediante la curva IDF y considerando un tiempo de retorno (TR) de 50 años, se determinó una intensidad de lluvia que, para la duración establecida, equivale a una lámina de precipitación de 104 mm.

Para la configuración temporal de la lluvia de diseño se adoptó el hietograma sintético de 90 minutos establecido para la Zona Hidrometeorológica Centro de Córdoba (Caamaño Nelli & Dasso, 2005) (Figura 48). Esta elección se fundamenta en la naturaleza convectiva de las intensas tormentas características de las Sierras de Córdoba, las cuales se distinguen por su alta intensidad, corta duración y su estructura interna variable.

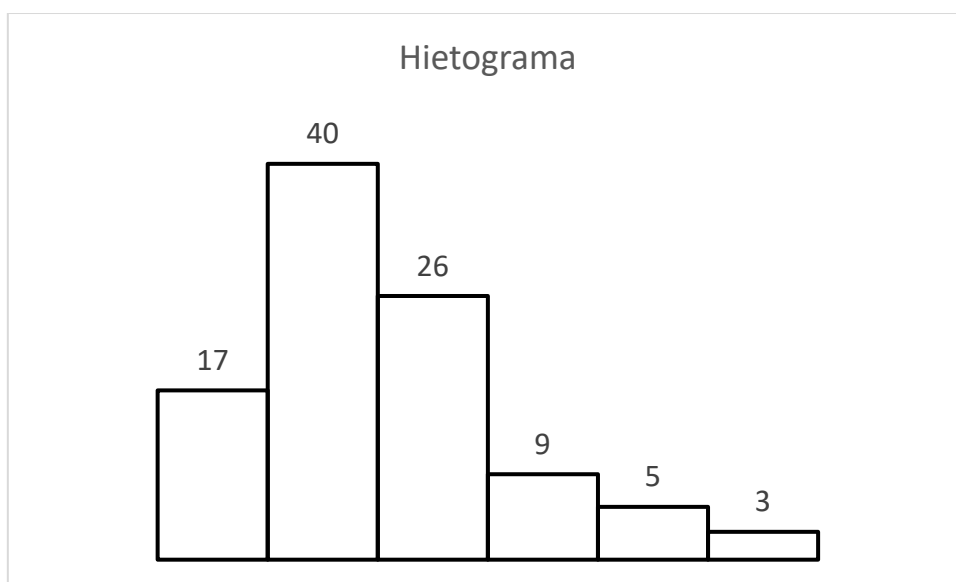


Figura 48: Hietograma de diseño. Zona Hidrometeorológica Centro (Caamaño Nelli & Dasso, 2005).

Resultados

En primer lugar, se identifica a las subcuencas Alta Norte y Alta Sur como las de mayor contribución hídrica, al representar en conjunto el 51% del volumen total escurrido (Tabla 30).

La simulación hidrológica del evento de diseño (104 mm), bajo una condición de humedad antecedente AMC III (suelo saturado), generó una lámina escurrida de

35.4 mm (34% de la precipitación total). Desde una perspectiva agronómica e hídrica, esto se traduce en una precipitación efectiva de 68.6 mm (66%), volumen que fue retenido por el suelo o incorporado al sistema de aguas subterráneas. Escalado al área total de la cuenca (61,140 ha), este escurrimiento de 35.4 mm equivale a un volumen total exportado de 21.656 millones de m³ (considerando que 1 mm·ha⁻¹ = 10 m³).

Cuenca	Sup. Has	Pico m3/s	Hora	mm	Vol 1000 m ³	Aporte
A.Norte	14260	378	03:20	34,4	4905	23%
A.Sur	17320	712	02:40	43,1	7458	34%
C.Colorado	4620	157	02:20	29,6	1369	6%
Tala_Cruz	2020	158	01:30	41,3	833	4%
Cca Media	13980	217	04:30	28,1	3931	21%
C.Alvarez	5590	227	02:50	34,4	1923	9%
Cca Baja	3360	154	02:20	39,5	1327	6%
Salida V. Qzo	61140	1005	17:30	35,4	21656	100%

Tabla 30: Resultados HEC-HMS para una lluvia de diseño de 104 mm con AMC III (suelo húmedo)

El hidrograma resultante (Figura 50) muestra una respuesta concentrada, con un caudal pico de 1005 m³/s alcanzado a las 17:30 horas desde el inicio del evento pluvial.

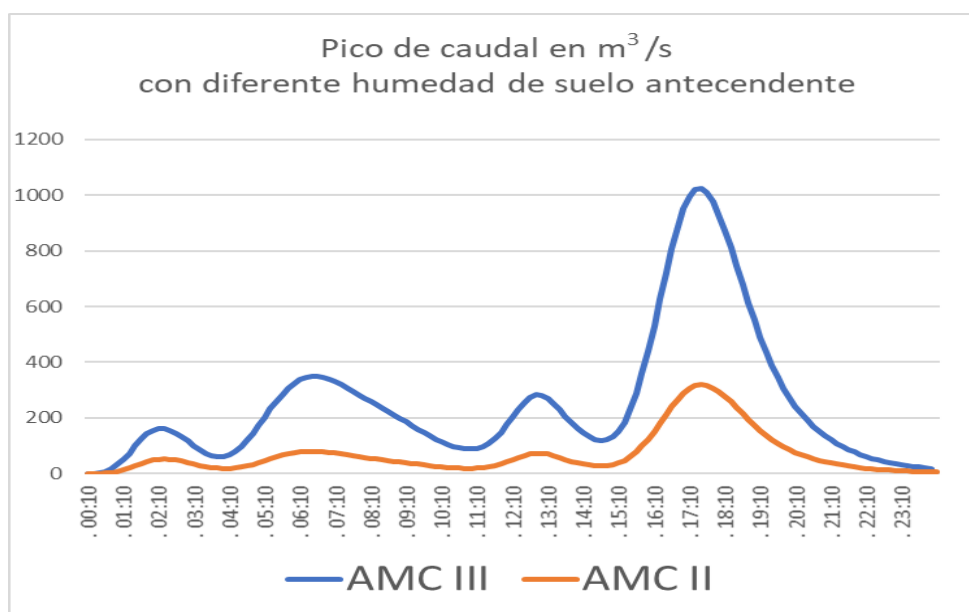


Figura 49: Hidrograma - Pico de caudal modelado en condición de suelo húmedo y suelo seco.

Comparación, Validación y Discusión del Modelo Hidrológico

Validación del modelo frente a registros observados

La modelación hidrológica implementada en HEC-HMS para la cuenca del río Quillinzo simuló un caudal pico estimado de $1.005 \text{ m}^3/\text{s}$ en respuesta a un evento de lluvia de diseño de 104 mm, correspondiente a un tiempo de retorno (TR) de 50 años. Este TR indica que, estadísticamente, un evento de dicha magnitud tiene una probabilidad de ocurrencia del 2% en cualquier año ($1/50$), representando así una condición hidrológica extrema utilizada como referencia para el diseño de infraestructura resiliente y la gestión de riesgo.

Este resultado fue contrastado con los registros empíricos del caudalímetro APRHI correspondientes al evento extremo del 22 de marzo de 2023. Dicho sensor registró un caudal máximo de $1.040 \text{ m}^3/\text{s}$ antes de ser desbordado por el nivel del río, lo que generó una interrupción en la medición de aproximadamente 1 hora y 35 minutos. Si bien esta falla técnica impide reconstruir el hidrograma observado de manera completa, la magnitud del registro previo al desborde y la duración del mismo permiten inferir razonablemente que el caudal real alcanzado pudo haber sido igual o superior al estimado por el modelo.

La coincidencia del 97% entre ambos valores ($1.005 \text{ m}^3/\text{s}$ modelado vs. $1.040 \text{ m}^3/\text{s}$ registrado) sugiere una adecuada calibración del modelo, particularmente en cuanto a la asignación de números de curva (CN), la condición de humedad antecedente (AMC) y la lluvia de diseño seleccionada. Esta consistencia se ve respaldada por los daños documentados en el territorio (incluyendo la destrucción de puentes, viviendas e infraestructuras históricas como pircas centenarias), los cuales son coherentes con la magnitud del caudal simulado y refuerzan la caracterización del evento como uno de alta severidad y baja frecuencia.

Umbral regional de riesgo y generación de sedimentos

El evento de diseño simulado (104 mm para $\text{TR}=50$ años) no solo reproduce un caudal pico validado empíricamente, sino que también se alinea con un umbral

hidrológico regional crítico identificado para la vulnerabilidad hídrica. De Antuelo (2019), en su análisis de la cuenca del río Ctalamochita (sistema mayor al que pertenece el Quillinzo), concluye que el incremento en la generación de sedimentos y, por ende, en los procesos erosivos y el riesgo hídrico conexo, aumenta marcadamente con la intensidad de la lluvia en eventos mayores a 100 mm. Esta convergencia entre el modelo, el registro observado y la literatura especializada regional subraya la pertinencia de emplear este umbral y un TR de 50 años como referencia clave para la gestión preventiva y la evaluación de vulnerabilidad en cuencas serranas ante eventos extremos.

En conjunto, el análisis valida la utilidad del modelo HEC-HMS como herramienta predictiva. Su aplicación resulta fundamental para la planificación territorial, el diseño de sistemas de alerta temprana y la evaluación de vulnerabilidad ante fenómenos hidrometeorológicos extremos en la región.

Conclusión: Implicancias para la Gestión y la Planificación Territorial

A partir de los resultados obtenidos, se concluye que, bajo condiciones de suelo saturado (AMC III), eventos de precipitación superiores a 100 mm en un período de 1 a 1.5 horas y con un tiempo de retorno de 50 años pueden generar caudales pico que exceden los 1.000 m³/s en la cuenca del río Quillinzo, activando además procesos erosivos críticos según la evidencia regional (De Antuelo, 2019).

Dado que este tipo de eventos tiende a concentrarse entre fines de enero y marzo, período donde hay mayor probabilidad de una condición de suelo saturada de humedad, se recomienda la activación de protocolos de alerta temprana dirigidos a la población, en especial en zonas ribereñas, balnearios y asentamientos vulnerables.

Desde la perspectiva del ordenamiento territorial, la evidencia presentada refuerza la necesidad de respetar una franja de ribera definida hidrológicamente, calculada en función de estos caudales extremos y de los procesos de erosión asociados a eventos con TR de 50 años. De igual modo, el diseño y la resiliencia de la infraestructura (puentes, alcantarillas) deben incorporar criterios hidrológicos y

sedimentológicos actualizados que contemplen escenarios de crecida como el simulado y observado en marzo de 2023, a fin de reducir la exposición y la vulnerabilidad del sistema socio-ecológico de la cuenca.

12. El Árbol de Problemas

En esta etapa final del presente trabajo, **“Quillínz: Agua, paisaje y comunidad en busca de una gestión regenerativa”**, se incorpora la técnica del árbol de problemas como herramienta metodológica para sintetizar y estructurar situaciones conflictivas complejas en el ámbito de las cuencas hídricas. Luego de haber caracterizado integralmente la cuenca desde sus dimensiones físicas, ecológicas, hidrológicas, legales, históricas y socioculturales, esta herramienta permite avanzar hacia una instancia de diagnóstico explicativo que articula los distintos niveles de causalidad y sus efectos asociados.

El árbol de problemas representa gráficamente una situación problemática, organizando la información en torno a un eje central mediante aproximaciones sucesivas. Su arquitectura se compone de tres elementos principales: el problema central, las causas y los efectos. El problema central se ubica en el centro del diagrama y sintetiza la condición negativa que se desea analizar. Por debajo se disponen las causas, organizadas jerárquicamente como raíces del árbol: causas directas (factores inmediatos), causas intermedias (procesos que facilitan o agravan el problema) y causas estructurales (condiciones profundas y sistémicas). Por encima del problema se ubican los efectos, representados como ramas, que reflejan las consecuencias ambientales, sociales, económicas e institucionales derivadas del conflicto, y que también pueden organizarse en niveles según su alcance y temporalidad (Seremi de Desarrollo Social y Familia Metropolitana. Gobierno de Chile., 2021).

Esta estructura facilita la comprensión de las relaciones causales que configuran la problemática, permitiendo visualizar cómo interactúan distintos factores en la dinámica territorial de la cuenca. Además, el árbol de problemas promueve la participación de actores técnicos, institucionales y comunitarios, al facilitar el

consenso sobre las interrelaciones causales y sus implicancias. En el marco del presente trabajo, el árbol de problemas se consolida como un insumo metodológico clave para construir las bases de un plan de gestión de la cuenca del río Quillín. Su capacidad para articular niveles de causalidad, visibilizar efectos multidimensionales y facilitar el diálogo entre saberes técnicos, institucionales y comunitarios lo posiciona como herramienta central para orientar proyectos, promover la gestión participativa y fortalecer la gobernanza territorial. Esta instancia diagnóstica permite comprender la complejidad del conflicto y proyectar alternativas de solución contextualizadas.

12.1. El problema: La vulnerabilidad hídrica.

Según la Global Water Partnership (GWP) La vulnerabilidad es el grado en que un sistema es susceptible e incapaz de hacer frente a los efectos adversos del cambio climático, incluidos los extremos y la variabilidad climática (Global Water Partnership., 2025). Esta definición se alinea con el marco del IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) y con enfoques integrados de gestión del agua, donde la vulnerabilidad se entiende como una combinación de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa (Figura 51).

Componente	Descripción
Exposición	Presencia de personas, ecosistemas o infraestructuras en zonas susceptibles a amenazas climáticas (ej. sequías, inundaciones, incendios forestales).
Sensibilidad	Grado en que esos sistemas pueden ser afectados negativamente por el cambio climático. Ej.: ecosistemas frágiles, comunidades con escasos recursos.
Capacidad adaptativa	Habilidad de un sistema para ajustarse, responder o recuperarse frente a impactos climáticos. Incluye recursos, conocimientos, instituciones, redes sociales, tecnologías, etc.

Figura 51: Componentes de la vulnerabilidad hídrica. Fuente IPCC.

La vulnerabilidad se incrementa cuando hay alta exposición y sensibilidad, y baja capacidad adaptativa (IPCC, 2014). Según Pérez Figueredo (2012), la vulnerabilidad ambiental refiere a la susceptibilidad o predisposición intrínseca del medio y los recursos naturales a sufrir daños o pérdidas como consecuencia de eventos naturales o de origen socioeconómico.

Gaspari et al. (2011), hacen referencia al concepto de vulnerabilidad aplicado a cuencas hidrográficas, afirmando que se manifiesta cuando se presentan fenómenos de carácter hidrometeorológico extremo (granizadas, lluvias torrenciales, huracanes, inundaciones, sequías, tornados) y escenarios morfométricos críticos (alta pendiente, geomorfología abrupta, suelos poco profundos, uso del suelo sin medidas conservacionistas). Un estudio aplicado que sigue esta lógica es el de De Antuelo (2019) para la cuenca del Ctlamochita, quien analiza la vulnerabilidad hídrica precisamente a través de la exposición a amenazas, la sensibilidad del sistema y su capacidad adaptativa, ofreciendo un marco metodológico relevante para el análisis de cuencas en la región.

Desde una perspectiva sistémica, el río no es únicamente un componente físico del paisaje, sino una estructura integradora que sintetiza las múltiples dimensiones de la realidad territorial. Su caudal, régimen y morfología reflejan la interacción entre procesos ecológicos, decisiones de uso del suelo, dinámicas climáticas, prácticas culturales y marcos normativos. En este sentido, el río actúa como indicador vivo de la salud del sistema socioecohidrológico de toda la cuenca, síntesis viva de las interacciones entre procesos ecológicos, prácticas sociales, memorias históricas y decisiones de planificación, revelando la complejidad de los vínculos que configuran el paisaje y sus tensiones (Figura 52).

Así, la vulnerabilidad hídrica no se limita a la escasez o exceso de agua, sino que expresa una condición estructural del sistema. En esta condición, el río funciona como síntesis territorial de las relaciones entre naturaleza y sociedad, siendo, por tanto, un reflejo directo de la vulnerabilidad humana ante la variabilidad climática.

En consonancia con los enfoques sistémicos, Urquiza Gómez y Cadenas (2015) proponen comprender la vulnerabilidad hídrica dentro del marco de los sistemas socio-ecológicos, entendidos como conjuntos complejos y adaptativos donde las

dimensiones sociales y ecológicas co-evolucionan en interacción constante. Esta perspectiva permite reconocer que la resiliencia de una cuenca no depende únicamente de sus atributos biofísicos, sino también de la capacidad de sus actores para autoorganizarse, aprender colectivamente y generar respuestas adaptativas frente a la incertidumbre climática. Incorporar esta mirada implica reconocer la vulnerabilidad hídrica como una propiedad emergente del sistema, donde la exposición, la sensibilidad y la capacidad adaptativa se entrelazan con procesos culturales, normativos, sociales y ecológicos en permanente transformación, tal como lo desarrollan Urquiza Gómez y Cadenas (2015) en su trabajo “Sistemas socio-ecológicos: elementos teóricos y conceptuales para la discusión en torno a vulnerabilidad hídrica”.

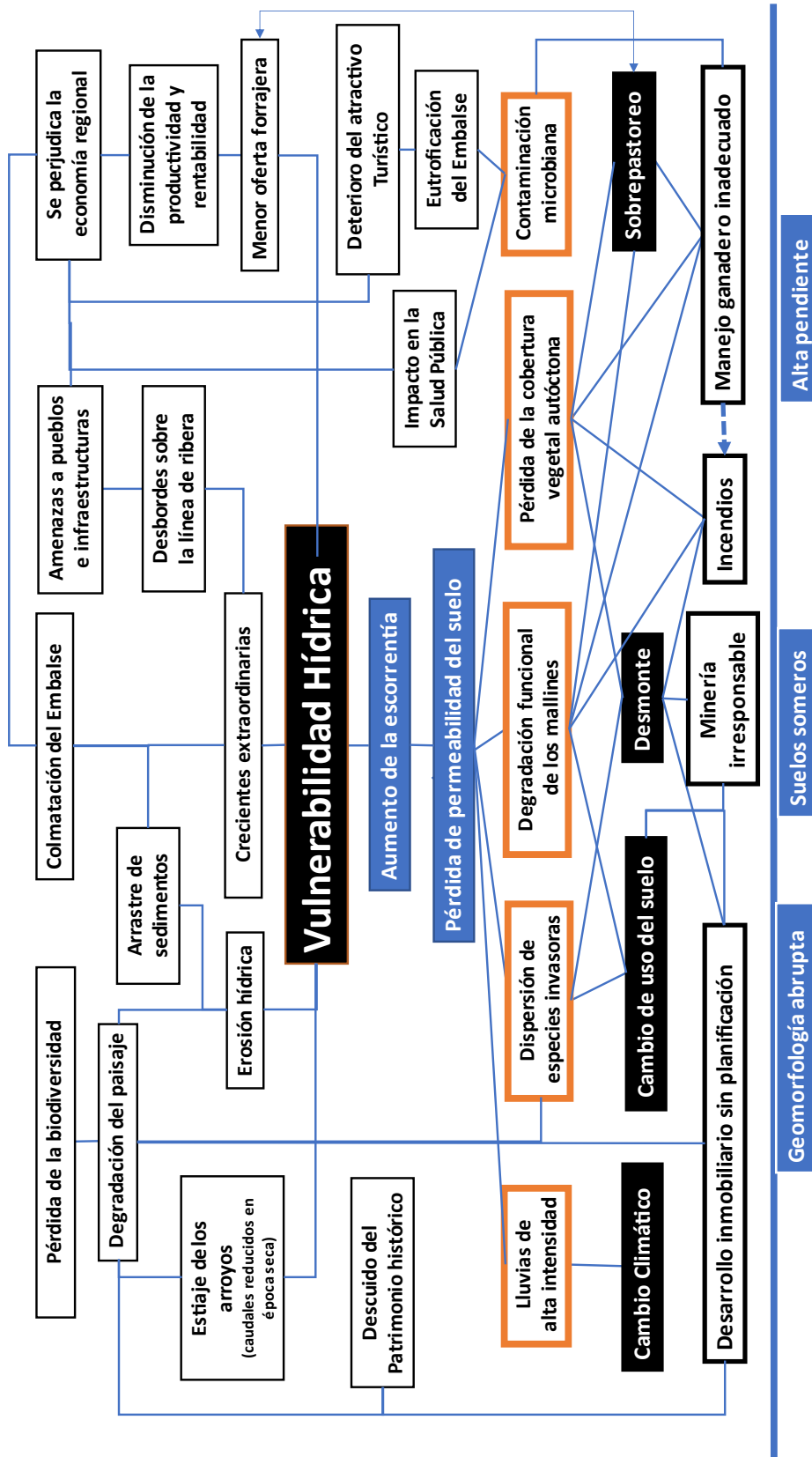


Figura 52: Árbol de problemas de la cuenca del río Quillínz

13. Lineamientos para una gestión integrada y participativa como aporte al ordenamiento territorial

La caracterización realizada en los capítulos anteriores ha permitido visibilizar tanto las vulnerabilidades como las potencialidades de la cuenca del río Quillín. En este último tramo del trabajo, se propone avanzar hacia la formulación de lineamientos para una gestión integrada y participativa, entendida como condición necesaria para un ordenamiento territorial que sea ecológicamente viable, socialmente justo y culturalmente arraigado.

Este capítulo no busca ofrecer respuestas cerradas ni soluciones técnicas definitivas, sino pensar y proponer un conjunto de lineamientos orientadores que puedan ser retomados, discutidos y enriquecidos por los actores sociales involucrados en la gestión de la cuenca del río Quillín.

Se parte del reconocimiento de que la sustentabilidad territorial exige formas de gobernanza que integren lo estatal y lo comunitario, en un modelo colaborativo, adaptativo y situado en las condiciones históricas y socioculturales locales. En este sentido, se retoman los aportes de Elinor Ostrom sobre la gestión de los bienes comunes, destacando la importancia de construir instituciones robustas, diseñadas desde y para las realidades del territorio. Como marco metodológico, se propone utilizar el árbol de problemas elaborado a partir de los capítulos anteriores, no solo como herramienta de diagnóstico, sino como base para la formulación de estrategias que aborden las causas estructurales de la vulnerabilidad hídrica y territorial. Los lineamientos aquí presentados deben ser entendidos como puntos de partida para un proceso de co-construcción, donde el conocimiento técnico se articule con los saberes locales, las memorias territoriales y las aspiraciones colectivas de cuidado.

13.1. Actores sociales

La construcción de estrategias de gestión integrada y participativa requiere reconocer y convocar a la diversidad de actores sociales que inciden, directa o indirectamente, en el territorio de la cuenca del río Quillín. Desde organismos nacionales hasta comunidades locales, cada actor aporta saberes, competencias, intereses y responsabilidades que deben ser articulados en un proceso de gobernanza colaborativa. La identificación y mapeo de estos actores (stakeholders en la literatura internacional) constituye un paso clave para diseñar mecanismos de participación, fortalecer la corresponsabilidad institucional y promover acuerdos que reflejen la complejidad del sistema socioambiental. “Los stakeholders son cualquier individuo o grupo que puede afectar o ser afectado por el logro de los objetivos de una organización” (Freeman, 1984, citado por Ángel Poveda, 2010).

A continuación, se presenta un listado de los actores relevantes, agrupados según su escala de intervención.

a) Nivel Nacional:

- Administración de Parques Nacionales: es la autoridad en la Reserva Natural Educativa Cerro Pistarini.
- Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) y su dependencia el Registro Nacional Sanitario de Productores Agropecuarios (RENSPA). Acceso a estadísticas de la actividad ganadera.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA): Programas de Agricultura Familiar.
- Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC): Existe un Convenio de vinculación entre esa Universidad y la Comuna de Villa Cañada del Sauce.
- Universidad Nacional De Córdoba (UNC): A través de su programa de Universidades Populares. Las comunas de Villa Cañada del Sauce y Villa Quillín tienen convenios de vinculación.
- Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA): Referente a la Central Nuclear de Embalse.

- Consejo Federal de Medio Ambiente – COFEMA
- Sistema Federal de Manejo del Fuego.
- La Administración Nacional de la Seguridad Social (ANSES).

b) Nivel Provincial:

- Ministerio de Ambiente y Economía Circular de la Provincia de Córdoba
 - Secretaría de Desarrollo Sostenible
 - Secretaría de Cambio Climático
 - Secretaría de Ordenamiento Territorial
 - Policía Ambiental
 - Secretaría de Economía Circular y Empleo Verde
 - Autoridad de Cuencas
- Ministerio de Agricultura y Ganadería:
 - Programa de Gestión Integrada de Cuencas - Consorcios Integrados de Cuencas (CIC).
 - Programa Provincial de Conservación de Suelos - Programa Provincial de Conservación de Suelos
- Ministerio de Servicios Públicos.
 - Administración Provincial de Recursos Hídricos APRHI.
 - Dirección Provincial de Vialidad.
- Ministerio de Industria, Comercio y Minería
 - Secretaría de Minería.
- Agencia Córdoba Turismo.
- Agencia Córdoba Cultura.
- Ministerio de Educación.
- Ministerio de Salud.
- Policía de Córdoba.
- Dirección de Bomberos.

c) Nivel Regional

- Comunidad Regional Calamuchita.
- Planta Regional de Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos Calamuchita de Cañada Grande.
- Cooperativa de Trabajo RSU Cañada Grade.
- Cooperativa Eléctrica y de Servicios de Berrotarán.
- Federación de Bomberos Voluntarios- Regional 5.
- Destacamento Río de los Sauces del Equipo Técnico de Acción ante Catástrofes (ETAC).
- 10ª Circunscripción Judicial – Río Tercero.
- Juez de Paz de La Cruz.
- Consorcio Caminero N° 411 Cerro Colorado.
- Legisladores departamentales.
- Hospital Regional Eva Perón – Santa Rosa
- Centro Ganadero Sierras y Valles – Berrotarán
- Centro de Observadores de Aves de Calamuchita
- Centro de Observadores de Aves de Río Cuarto

d) Nivel Local

VILLA CAÑADA DEL SAUCE:

- Comuna Villa Cañada del Sauce (VCS)
- Jefe Comunal
- Destacamento Policía de Villa Cañada del Sauce
- Escuela Adolfo Alsina.
- Dispensario VCS.
- Defensa Civil VCS.
- Biblioteca Frida.
- ONG Monterita del Quillín
- Red de ONGs Caminos Serranos Sur
- Partidos políticos.

- Capilla: Culto Católico
- Culto Evangelista

VILLA QUILLINZO:

- Comuna de Villa Quillinzo
- Jefe Comunal
- Destacamento Policía Villa Quillinzo
- Defensa Civil Villa Quillinzo
- Escuela Primaria Padre Félix Enrique
- Escuela Secundaria I.P.E.M. 299 Anexo Villa Quillinzo
- Club Social y Deportivo Villa Quillinzo
- Agrupación Gaucha Comechingones
- Radio Comunal 102.9
- Biblioteca Popular Villa Quillinzo
- ONG Calamuchita de Pie
- Capilla Católica
- Culto Evangelista
- Partidos políticos

AREAS RURALES:

- Escuela 25 de Mayo - Cerro Colorado
- Escuela Juan Pascual Pringles- Rodeo de los Caballos.
- Escuela Leandro N. Alem – Los Vallecitos
- Escuela José Manuel Estrada – Los Espinillos
- I.P.E.M. N° 252 A. Montasi Anexo Lutti
- Complejo Pueblo Escondido
- Productores ganaderos
- Empresas mineras: Flourita Córdoba. (Mina Cerros Negro y La Maga).
- Empresas forestales.

13.2. Semillero de propuestas para la gestión colaborativa del río Quillinzo

Este capítulo no pretende ofrecer un plan acabado, sino sembrar ideas que puedan germinar en diálogo con las comunidades, instituciones y saberes que habitan y cuidan el lugar. Las propuestas aquí reunidas surgen de experiencias en territorio, en la interacción con la gente, del cruce entre diagnósticos técnicos, reflexiones éticas y aprendizajes interdisciplinarios situados. Buscar abrir horizontes para una gestión del río Quillinzo que sea colaborativa y con visión de largo plazo. Invitan a pensar el cuidado del agua como bien común, reconociendo y asumiendo la complejidad.

Ejes temáticos

1. Educación ambiental y fortalecimiento territorial en escuelas rurales:

Trabajo conjunto con las comunidades educativas.

- Incorporar contenidos sobre cuencas, biodiversidad y gestión del agua en la currícula escolar
- Promover proyectos escolares de monitoreo ambiental y ciencia ciudadana
- Capacitación docente en temas socioambientales y normativos
- Articulación entre escuelas rurales y actores territoriales
- Creación de materiales didácticos adaptados al contexto local
- Jornadas de intercambio intergeneracional sobre memoria territorial y cuidado del río
- Vinculación con senderos de interpretación y turismo educativo
- Fomento de vocaciones científicas y técnicas vinculadas al ambiente

2. Gestión hídrica y monitoreo ambiental

Diagnóstico técnico y comunitario del agua como bien común.

- Monitoreo de calidad de agua: físico-químico, microbiológico y de la vida acuática
- Incorporar una estación limnimétrica automática en el puente Los Amigos
- Mantenimiento de redes meteorológicas y limnimétricas (APRHI, INA)

- Integración de estaciones meteorológicas privadas y públicas
- Redes comunitarias de registros pluviométricos (Proyecto Matteo)
- Sistema de alarmas por crecidas
- Delimitación de líneas de ribera

3. Biodiversidad y restauración ecológica

Conservación activa de ecosistemas serranos y especies nativas.

- Monitoreo de aves, rana toro y vizcacheras
- Protección y reforestación de tabaquillos y maitenes
- Manejo de exóticas con aprovechamiento forestal
- Diseño de tendido eléctrico amigable con aves rapaces
- Promoción de Reservas Naturales Privadas
- Fomento de investigaciones científicas en la cuenca

4. Fauna silvestre y zoonosis

Prevención sanitaria y educación sobre especies invasoras y nativas

- Gacetillas de divulgación sobre enfermedades zoonóticas (jabalí)
- Educación ambiental sobre rana toro, jabalí, truchas, vizcachas y aves

5. Producción sostenible y regenerativa

Transición hacia modelos productivos resilientes y compatibles con la salud de la cuenca.

- Programa de ganadería regenerativa
- Mejora de la actividad ovina
- Introducción de ovinos de carne y camélidos
- Forestación con especies de madera dura en sistemas silvopastoriles
- Fruticultura de frutos secos.
- Promoción del asociativismo tipo Consorcios Regionales de Experimentación Agropecuaria (CREA)

6. Turismo de naturaleza y educación ambiental

Valorización del paisaje y la cultura local como recurso educativo y económico.

- Senderos de interpretación
- Promover turismo de naturaleza: birdwatching, senderismo, turismo histórico y geológico
- Educación ambiental en fauna y ecosistemas locales

7. Infraestructura y servicios ecosistémicos

Diseño territorial con menor impacto y mayor resiliencia.

- Sistemas de tratamiento de efluentes domiciliarios
- Energías renovables y economía circular
- Códigos de edificación con menor impacto sobre el suelo
- Delimitación de áreas urbanas

8. Gestión del fuego y normativa ambiental

Prevención, remediación y fortalecimiento institucional post-incendios.

- Inclusión en catastro de áreas incendiadas (Ley 27.604)
- Promoción de la Comisión Ecológica Permanente Calamuchitana (Leyes 8844 y 8845)

9. Gobernanza territorial y participación

Articulación institucional y comunitaria

- Guardianes de la cuenca: red de colaboradores territoriales
- Promover un proceso de Ordenamiento Territorial participativo
- Monitoreo de la actividad minera
- Promover una ley que proteja las pircas
- Resguardo del patrimonio histórico
- Participación ciudadana en las Mesas de Cuenca y su articulación territorial.

10. Comunicación comunitaria y democratización del conocimiento

Fortalecimiento de redes locales de información, diálogo y construcción colectiva de saberes.

- Promoción de medios comunitarios: radios locales, boletines, redes sociales y plataformas digitales
- Capacitación en comunicación socioambiental para jóvenes, docentes y referentes territoriales
- Sistematización y difusión de experiencias locales de gestión, resiliencia y cuidado del río
- Creación de espacios de diálogo interinstitucional y comunitario (foros, mesas de cuenca, encuentros entre vecinos)
- Producción de contenidos accesibles y multiformato sobre biodiversidad, agua y cultura serrana
- Articulación con bibliotecas populares, escuelas y ONG para la divulgación científica y cultural
- Campañas de sensibilización sobre problemáticas ambientales y derechos territoriales
- Fomento de narrativas identitarias que resignifiquen el paisaje, la historia y la memoria colectiva

Para orientar la acción y facilitar el diálogo, los diez ejes temáticos anteriores se sintetizan en cuatro núcleos estratégicos interdependientes. Esta agrupación visibiliza las conexiones clave entre las propuestas y articula los pilares de una gestión regenerativa e integrada:

1. La gobernanza informada y participativa.
2. La regeneración socioecológica (restauración del paisaje y fortalecimiento comunitario).
3. La transformación productiva e infraestructural.
4. La circulación democrática de saberes.

Estos núcleos forman un sistema coherente donde cada uno potencia a los demás. A continuación, se presentan en un cuadro que detalla su lógica y acciones clave, entendidas siempre como semillas para la construcción colectiva.

Núcleo Estratégico	¿Qué implica?	Acciones Clave (Ejemplos)
1. GOBIERNO DEL AGUA Y DEL TERRITORIO (Gobernanza + Monitoreo)	Construir capacidad colectiva para decidir y actuar con información.	<ul style="list-style-type: none"> - Red comunitaria de monitoreo hídrico. - Ordenamiento territorial participativo. - Fortalecer mesas de cuenca y redes de guardianes.
2. REGENERACIÓN DEL TEJIDO SOCIOECOLÓGICO (Restauración + Educación)	Curar el paisaje y tejer comunidad para el cuidado a largo plazo.	<ul style="list-style-type: none"> - Restauración de bosques nativos (tabaquillos, maitenes). - Educación ambiental en escuelas y comunidad. - Protección de biodiversidad y manejo de exóticas.
3. PRODUCCIÓN Y DESARROLLO REGENERATIVO (Economía + Infraestructura)	Transformar las actividades humanas para que regeneren en lugar de degradar.	<ul style="list-style-type: none"> - Ganadería y fruticultura regenerativa. - Turismo de naturaleza educativo. - Infraestructura hídrica y energética de bajo impacto. - Minería responsable
4. COMUNICACIÓN Y SABERES COLECTIVOS (Conexión + Diálogo)	Garantizar que el conocimiento circule y se construya entre todos	<ul style="list-style-type: none"> - Medios comunitarios y campañas de sensibilización. - Sistematización y comunicación de saberes locales. - Espacios de diálogo intergeneracional e inter institucional

Figura 53: 4 núcleos estratégicos para la gestión regenerativa

14. Conclusión: Reflexiones finales

Este trabajo ha recorrido un camino que parte del diagnóstico de la vulnerabilidad hídrica del río Quillín y desemboca en el diseño de una gestión regenerativa como horizonte tangible. A través de un análisis sociohidrológico, se ha evidenciado que la crisis del agua no es un problema meramente técnico, sino la expresión sintomática de una dinámica compleja, donde convergen la degradación del paisaje, las presiones productivas, el desarrollo inmobiliario sin planificación y los frágiles marcos de gobernanza.

El futuro del río Quillín (y el de tantas otras cuencas serranas) se juega en la capacidad de implementar, adaptar y enriquecer colaborativamente las propuestas aquí sembradas. Que este trabajo sirva, entonces, como un insumo a la vez humilde y robusto para ese desafío colectivo: cuidar el agua, regenerar el paisaje y tejer comunidad. En definitiva, para transitar hacia un territorio donde la vida, en todas sus formas, pueda florecer con dignidad y sostenibilidad.

Porque, en el fondo, este viaje reafirma una verdad poderosa y simple: el que conoce cuida, y el que cuida se compromete. He aquí el primer paso para una gestión verdaderamente regenerativa.

BIBLIOGRAFIA

- ACEN. (9 de 8 de 2025). *PLATAFORMA DE SEGUIMIENTO DE POLÍTICAS PÚBLICAS EN ÁREAS PROTEGIDAS*. Obtenido de <https://monitoreoareasprotegidas.net.ar/map/cordoba/>
- Agencia Córdoba Cultura, D. (2023). *Relevamiento Arqueológico Cañada del Sauce - Ref. Expediente: 103778311119223*. Córdoba.
- Andreazzini, M. J. (2020). Mallines en la Sierra de Comechingones, Sierras Pampeanas, Argentina: Caracterización geológico-geomorfológica y reconstrucción paleoambiental durante el Holoceno. *Andean Geology*, 47(1)., 77-109.
- Ángel Poveda, J. E. (2010). Manejo de stakeholders como estrategia para la administración de proyectos de desarrollo en territorios rurales. . *Agronomía Colombiana*, 28(3), 407-416.
- Antonelli, C. R. (2020). Evaluación de la mortalidad por *Arhopalus* spp. en plantaciones de pinos en la provincia de Córdoba, Argentina. *Quebracho. Revista de Ciencias Forestales*, 28(1). , 72–77. Universidad Nacional de Santiago del Estero.
- Antuelo, L. d. (2019). *Análisis de la vulnerabilidad hídrica en la cuenca del río Ctalamochita (Tesis de Maestría)*. Universidad Nacional de La Plata.
- Aprhi. (5 de 7 de 2025). *Administración Provincial de Recursos Hídricos de la Provincia de Córdoba. Sistema de Información Hidrometeorológica*. . Obtenido de <https://sihm-aprhi.opendata.arcgis.com/>
- Argañaraz, J. P. (21 de 7 de 2021). *El Instituto Gulich cartografió los incendios que afectaron las sierras de Córdoba entre 1987 y 2018*. . Obtenido de UnCiencia:

- Argañaraz, J. P.-P. (2015). Fire regime, climate, and vegetation in the Sierras de Córdoba, Argentina. *Fire Ecology*, 11(1), 55–73. .
- Arias, S. M. (2005). Vizcacha's influence on vegetation and soil in a wetland of Argentina. *Rangeland Ecology & Management*, 58(1), 51–57.
- Asociacion de Consorcios Camineros de la Provincia de Córdoba. (10 de 7 de 2025). Obtenido de <https://accpc.com.ar/asociacion/>
- Avenza Systems Inc. (2025). *Versión 4.3.2*. Obtenido de <http://avenzapmaps.com>
- Ayers, R. S. (1985). *La calidad del agua en la agricultura (Estudio Riego y Drenaje N.º 29 Rev. 1)*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).
- Baldo, E. G. (2014). Geocronología de las Sierras de Córdoba: revisión y comentarios. *Relatorio de la Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba. Asociación Geológica Argentina.*, 845–870.
- Ballari, S. A.-G. (2024). El jabalí y el cerdo silvestre (*Sus scrofa*) en la Argentina. *Ecología Austral* 34. *Asociación Argentina de Ecología*, 401-421.
- Barchiesi, M. (2025). *Aves como indicadores de la integridad ecológica de los bosques: Un caso de estudio en las serranías centrales de Córdoba (Trabajo final de licenciatura)*. Universidad Nacional de Río Cuarto, Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales.
- Bavera, G. A. (2006). *Equivalencias ganaderas. Recopilación para el Curso de Producción Bovina de Carne*. FAV UNRC.
- Bellis, L. M. (2018). *La invasión del siempreverde (Ligustrum lucidum) en el bosque serrano y su efecto sobre la avifauna*.
[https://unciencia.unc.edu.ar/biologia/la-invasion-de-siempreverdes-pone-en-](https://unciencia.unc.edu.ar/biologia/la-invasion-de-siempreverdes-pone-en)

riesgo-la-diversidad-de-aves-en-las-sierras-chicas-de-cordoba/: UNCiencia.
Universidad Nacional de Córdoba.

Bentivoglio, D. (2025). Hidrógeno verde y minería: El caso de Fluorita Córdoba y el primer electrolizador de diseño argentino. *Revista Hidrógeno Verde Hoy*, (14), 22-23. .

Benzaquén, L. B. (2017). *Regiones de humedales de la Argentina. Fundación para la Conservación y el Uso Sustentable de los Humedales*. Fundación para la Conservación y el Uso Sustentable de los Humedales.
<https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/regioneshumedbaja2.pdf>.

Bianco, C. A. (1998). Formaciones vegetales del suroeste de Córdoba (República Argentina). *Revista UNRC*, 7, 5–66.

Boelens, R. H. (2016). Hydrosocial territories: a political ecology perspective. *Water International*. *Water International*, 41(1), 1-14.

Boletín Oficial de la Provincia de Córdoba. (21 de 5 de 2025). *MIÉRCOLES 21 DE MAYO DE 2025*. Obtenido de AÑO CXII - TOMO DCCXXV - Nº 96:
https://boletinoficial.cba.gov.ar/wp-content/4p96humuzp/2025/05/1_Secc_210525.pdf

Borda, V. C. (2020). El siempreverde (*Ligustrum lucidum*), ¿altera la composición de las comunidades de hongos micorrícicos arbusculares en el Chaco Serrano? . *Ecología Austral*, 30(2), 282–294.
<https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/136027>.

Bordino, o. (18 de marzo de 2024). *GeoEnciclopedia*. Obtenido de Qué porcentaje de agua tiene la Tierra y su distribución:
<https://www.geoenciclopedia.com/que-porcentaje-de-agua-tiene-la-tierra-y-su-distribucion-886.html>

- Brandolín, P. E. (2025). Vuelos que conectan: diversidad y roles ecológicos de las aves en los paisajes del Río Quillín. En C. P. Núñez, *El río Quillín como espacio de encuentro. Arte, ciencia y acciones para su conservación* (pág. 340). Río Cuarto: UniRío.
- Bret, B. (16 de 8 de 2013). *Equidad territorial*. HyperGeo. Obtenido de <https://hypergeo.eu/equidad-territorial/?lang=es>
- Brichi, S. &. (2006). *Gestión ambiental de cuencas hidrográficas*. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba.
- Bustos, C. F. (2024). *La Cruz, nuestra historia, cultura y patrimonio*. La Cruz.
- Caamaño Nelli, G. & García, C. (2025). *Curvas IDF y parámetros ajustados para la estación La Suela (2800 INA-CIRSA), Sierras de Córdoba, Argentina (Período 1971-2025)*. Instituto Nacional del Agua - Centro de la Región Semiárida (INA-CIRSA).
- Caamaño Nelli, G. &. (2005). *Red regional de lluvias de diseño en la provincia de Córdoba: Informe técnico Estación N° 74 - Rafael García (Informe Técnico)*. Centro de la Región Semiárida (CIRSA) / Instituto Nacional del Agua. Córdoba, Argentina.
- Cabido, M. A. (1997). Distribution of C3 and C4 grasses along an altitudinal gradient in Central Argentina. *Journal of Biogeography*, 24(2), 197-204.
- Cabrera, A. L. (1953). Esquema fitogeográfico de la República Argentina. *Revista del Museo de La Plata (N. S.) Botánica*, 8, 87–168.
- Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes (CASAFE). (2 de 8 de 2025). *Guía de productos fitosanitarios*. Obtenido de <https://www.casafe.org/publicaciones/guia-de-productos-fitosanitarios/>

- Capdevielle, A. y. (2023). Líneas eléctricas. Amenaza para nuestras aves. *Aves Argentinas*. 68(3), 2-9.
- Capitanelli, R. (1979). Clima. En J. M. Vázquez, *Geografía física de la provincia de Córdoba* (págs. 47-138). Córdoba: Bolt.
- Carbonari, M. y. (2004). *La población de Río Cuarto*. Río Cuarto : Editorial Fundación Universidad Nacional .
- Carignano, C. A. (1999). Late Pleistocene to recent climate change in Córdoba Province, Argentina: Geomorphological evidence. *Quaternary International* Vol 57-58, 117–134.
- Celton, D. (1994). Estudio demográfico de la ciudad de Córdoba durante la gobernación intendencia. *Cuadernos de Historia. Serie Población*, 1, 23-56.
- Censo 2022. (s.f.). *Indec*. Obtenido de <https://censo.gob.ar/>
- Chirini, J. (4 de 7 de 2025). *La Calera: recuerdo de sus últimos tiempos*. Obtenido de El Diario: <https://www.eldiariocba.com.ar/cultura/2022/6/12/la-calera-recuerdo-de-sus-ultimos-tiempos-74352.html>
- Chorley, R. J. (1984). *Geomorphology*. Nueva York: Methuen.
- Ciari, G. (2009). *Funcionamiento hidrológico de los mallines y sus cuencas asociadas*. *Carpeta Técnica, Medio Ambiente N° 13, EEA INTA Esquel, Chubut*. Recuperado de www.produccion-animal.com.ar.
- Cioccale, M. A. (1999). Climatic fluctuations in the Central Region of Argentina in the last 1000 years. *Quaternary International*, 62, 35–47.
- Cirignoli, S. &. (2019). *Lagostomus maximus*. En C. 2. Argentina., *En SAYDS–SAREM (Eds.)*. Versión digital: <http://cma.sarem.org.ar>.

- Coniglio, J. E. (2010). Control estructural de las mineralizaciones de fluorita del batolito Cerro Áspero, Sierras Pampeanas de Córdoba. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 67(4), 617–628.
- Córdoba, B. O. (2004). *Ley N.º 9164: Productos químicos o biológicos de uso agropecuario*.
- Cornell Lab of Ornithology. (2024). *October Big Day 2024: Global birding results*. eBird. Obtenido de <https://ebird.org/news/october-big-day-2024-results>
- Cremona, M. V. (2016). Los mallines de Patagonia Norte: Sus funciones productivas y ambientales (Serie de divulgación N° 1). Grupo de Ecología de Pastizales, Área de Recursos Naturales, EEA Bariloche. *Presencia*, 9-13.
- Davidson, A. D. (2012). Ecological roles and conservation challenges of social, burrowing, herbivorous mammals in the world's grasslands. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10(9), 477–486.
- Dorado, M. A. (1999). Growth curves for *Pinus elliottii*, *Pinus taeda* and *Pinus radiata* in two areas of the Calamuchita Valley (Córdoba, Argentina). *Forest Ecology and Management* 95, 173-181.
- Ellis, E. M. (2025). An aspirational approach to planetary futures. *Nature* 642, 889–899.
- Espinosa Velázquez, E. (2021). Actividad ganadera y contaminación ambiental. En *Anales de la Real Academia de Doctores de España. Volumen 6, número 2* (págs. 245-260).
- Espósito, G., & Pardo, C. (2020). *Relevamiento y control del patrimonio cultural de Córdoba*. Río Cuarto: Inédito.

- Fluorita Córdoba. (26 de 7 de 2025). Obtenido de [https://fluoritacordoba.com.ar/Fundación Monterita del Quillinzo](https://fluoritacordoba.com.ar/Fundación%20Monterita%20del%20Quillinzo). (14 de 6 de 2025). Obtenido de <http://www.monteritadelquillinzo.org>
- Fundeps. (16 de 4 de 2025). *Fallo histórico a favor del ambiente: la Justicia reconoció el amparo que presentamos por el lago San Roque*. Obtenido de <https://fundeps.org/fallo-judicial-lago-san-roque/>
- Furlong Cardiff, G. (1937). *Cartografía Jesuítica del Río de La Plata*. Buenos Aires: Publicaciones del Instituto de Investigaciones Históricas, LXXI. 125 pp.
- Gaitán, J. L. (s.f.). *Investigación en mallines en Patagonia Norte (Argentina): Avances recientes y próximos pasos*. INTA, EEA Bariloche, Arca de Investigación de Recursos Naturales.
- Galeano, E. (2012). *Los hijos de los días*. Siglo XXI Editores.
- Gambero, M. P. (2024). Evaluación de indicadores bacteriológicos del agua del Lago Villa Dálcar. En M. (. Mancini, *El lago urbano Dálcar. Su estado ambiental y su importancia en la conservación de la biodiversidad* (págs. 38-45). Río Cuarto: UniRío.
- García, M. y. (2025). Explorando el mundo bacteriano en el agua del río Quillinzo. En C. Nuñez, & R. C. Principe, *El río Quillinzo como espacio de encuentro. Arte, ciencia y acciones para su conservación* (págs. 117-123). Río Cuarto: UniRío.
- Garnero, G. (2023). Socio-naturalezas hídricas, turismo y espirales de riesgo ambiental: Las sierras de Córdoba durante el siglo XX (Argentina). *Estudios Rurales*, vol. 13, núm. 27, <https://doi.org/10.48160/22504001er27.472>.
- Gaspari, F. J. (2011). Vulnerabilidad ambiental en cuencas hidrográficas serranas mediante SIG. *Multequina*, 20(1), , 7–20.

- Gáspari, F. J., Senisterra, G., Delgado, M. I., & Rodríguez Vagaría, A. M. (2010). *Manual de Manejo de Cuencas Hidrográficas*. La Plata: UNLP.
- Giayetto, O., & Zak, M. (2019). *Hacia el ordenamiento territorial de la provincia de Córdoba. Bases Ambientales*. Córdoba: Báez.
- Giorgis, M. A. (2013). El efecto del fuego y las características topográficas sobre la vegetación y las propiedades del suelo en la zona de transición entre bosques y pastizales de las Sierras de Córdoba, Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 48(3–4), 493–513.
- Giorgis, M. A. (2014). Árboles y arbustos invasores de la Provincia de Córdoba (Argentina): una contribución a la sistematización de bases de datos globales. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 49(4), 581–603.
- Giorgis, M. A. (2015). Cambios climáticos en las sierras de Córdoba (Argentina) durante el Holoceno: Aportes a las reconstrucciones climáticas a través del análisis de silicofitolitos del sitio arqueológico El Alto 3. *Sociedad Argentina de Botánica*, 50(3), 361–375.
- Global Water Partnership (GWP). (2003). *Effective Water Governance (TEC Background Papers No. 7)*. Global Water Partnership. Obtenido de <https://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/publications/background-papers/07-effective-water-governance-2003-spanish.pdf>
- Global Water Partnership. (16 de 8 de 2025). Obtenido de <https://www.gwp.org/en/Website-Information/Glossary/?az=v>
- Gobierno de Córdoba. (9 de 8 de 2025). *Áreas protegidas*. Obtenido de <https://www.cba.gov.ar/areas-protegidas/>
- Gobierno de la Provincia de Córdoba. (6 de 4 de 2022). *Córdoba activa las acciones de prevención y lucha contra incendios forestales*. Obtenido de

<https://www.cba.gov.ar/cordoba-activa-las-acciones-de-prevencion-y-lucha-contra-incendios-forestales/>

González, A. R. (1972). *Argentina indígena, Vísperas de la Conquista, Historia Argentina*. Buenos Aires: Paidós.

GST – Grupo SpeleoTúnel. (6 de 7 de 2022). *HORNOS ANTIGUOS DE CAL*.
Obtenido de <https://grupospeleotunel.wordpress.com/>

Gualdoni, C. y. (1991). El ajuste de un índice biométrico para uso regional. *Revista Universidad Nacional de Río Cuarto*, 11, 43-49.

Guerisoli, M. d. (2018). *Ecología del puma (Puma concolor) en el Espinal: un acercamiento enfocado en el efecto de los factores antrópicos*. Bahía Blanca: Tesis doctoral, Universidad Nacional del Sur. Repositorio CONICET.

Hang, S., Negro, G., Becerra, A., & Rampoldi, A. (2015). *Suelos de Córdoba. Variabilidad de las propiedades del horizonte superficial*. Córdoba: Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba.

<https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2024-1.RLTS.T22695855A246532305.en>, I. (. (s.f.).

IDECOR. (16 de 8 de 2023). *Nuevo: Mapas diarios de Índices de Riesgo de Incendio. Infraestructura de Datos Espaciales de la Provincia de Córdoba*.
Obtenido de <https://www.idecor.gob.ar/nuevo-mapas-diarios-de-indices-de-riesgo-de-incendio/>

IDECOR. (s.f.). Mapas Córdoba. Obtenido de <https://mapascordoba.gob.ar/#/mapas>

Instituto de Investigaciones Biológicas y Tecnológicas (IIBYT). (16 de 12 de 2023). *Proyecto Vizcacha: ¿Por qué se decidió reintroducir la vizcacha en el*

Parque Nacional Quebrada del Condorito? Obtenido de Universidad Nacional de Córdoba: <https://www.iibyt.conicet.unc.edu.ar/proyecto-vizcacha-por-que-se-decidio-reintroducir-la-vizcacha-en-el-parque-nacional-quebrada-del-condorito/>

Instituto Geográfico Nacional. (2024). *Nuevos Modelos Digitales de Elevaciones para la República Argentina*. Obtenido de Recuperado de <https://www.ign.gob.ar/content/nuevos-modelos-digitales-de-elevaciones-para-la-rep%C3%BAblica-argentina>

Instituto Nacional del Agua. (5 de 7 de 2025). *Sistema Nacional de Información hídrica*. Obtenido de <https://snih.hidricosargentina.gob.ar/>

INTA & MAGyRR. (1994). *Carta de suelos de la República Argentina: Hoja 3366-12, Río de los Sauces; Hoja 3366-18, Alpa Corral*. Cordoba: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y Ministerio de Agricultura, Ganadería y Recursos Renovables (MAGyRR).

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2014). *Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Contribución del Grupo de Trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del IPCC*. Cambridge University Press. Obtenido de <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>

Jobbágy, E. G. (2013). Rendimiento hídrico en cuencas primarias bajo pastizales y plantaciones de pino de las sierras de Córdoba (Argentina). *Ecología Austral*, 23. Asociación Argentina de Ecología., 87-96.

Jobbágy, E. G. (2013). Rendimiento hídrico en cuencas primarias bajo pastizales y plantaciones de pino de las sierras de Córdoba (Argentina). . *Ecología Austral*, 23, 87–96.

Krznaric, R. (2020). *The good ancestor: How to think long term in a short-term world*. Ebury Press.

- Kurtz, F. (1904). *Geografía de la provincia de Córdoba*. Buenos Aires: Flora. Por M. Río & L. Achával (Eds.) Vol. 1, pp. 270–343.
- La Voz. (28 de 8 de 2016). *Forestación: en 20 años, Córdoba perdió 70% de los pinos implantados*, págs.
<https://www.lavoz.com.ar/agro/agricultura/forestacion-en-20-anos-cordoba-perdio-70-de-los-pinos-implantados/>.
- La Voz. (27 de 10 de 2023). *Conceden medida cautelar a favor del monte nativo y frenan loteo en Cañada del Sauce, al sur de Calamuchita*. págs.
<https://www.lavoz.com.ar/ciudadanos/conceden-medida-cautelar-a-favor-del-monte-nativo-y-frenan-loteo-en-canada-del-sauce-al-sur-de-calamuchita/>.
- Lescano, J. (2012). *Rhinella achalensis* (Ceí, 1972). Sapo de Achala. En: Categorización del Estado de Conservación de la Herpetofauna de la República Argentina. Ficha de los Taxones. Anfibios. *Cuadernos de Herpetología* 26 (Supl. 1): 169.
- Lord, M. L. (2011). *Hydrologic processes influencing meadow ecosystems*. , Rocky Mountain Research Station.: U.S. Department of Agriculture, Forest Service.
- Lowe, S. B. (2000). *100 of the World's Worst Invasive Alien Species: A selection from the Global Invasive Species Database*. Invasive Species Specialist Group (ISSG), Species Survival Commission. IUCN. 12 pp.
- Luna, C. V. (2022). Estado de situación de daños por incendios forestales registrados en Argentina. *Instituto de Botánica del Nordeste (IBONE) – CONICET*.
- Luque, J. L. (1997). *Características edáficas e hídricas de los mallines del Chubut*. Trelew: Estación Experimental Agropecuaria INTA Chubut.

- Luti, R. B. (1979). Vegetación. En *Geografía física de la provincia de Córdoba* (pp. 334-335). Editorial Bolt. (págs. 334-335). Córdoba: Boldt.
- Maceda, J. J. (2007). Biología y conservación del Águila Coronada (*Harpyhaliaetus coronatus*) en Argentina. *El Hornero* 22(2), 159-171.
- Mancini, M., Marzuoli, J., Salinas, V., & Núñez, C. (2025). Los peces: sigilosos habitantes del río Quillinzo y arroyos tributarios. En C. P. Núñez, *El río Quillinzo. Espacio de encuentro, arte y acciones para su conservación*. (págs. 152-168). Río Cuarto: UniRío.
- Manosalvas Corrales, D. C. (2021). *Impactos físicos de la minería en el medio hidrológico .Trabajo de maestría, Universidad de Alcalá. .*
- Market Research Future. (2023). *Birdwatching tourism market: Forecast to 2030*. Obtenido de <https://www.marketresearchfuture.com/reports/birdwatching-tourism-market-12345>
- Marquez, J. A. (2016). Efecto de la implantación de pinos sobre el uso del hábitat y la estructura trófica de la comunidad de macroinvertebrados en arroyos serranos de pastizal [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Córdoba]. *CONICET Producción* , <https://bicyt.conicet.gov.ar/fichas/produccion/9876350>.
- Miloch, D. B. (2020). Endemic amphibians cornered in headwaters by trout invasion in a mountain range in Argentina. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 30(11), 1988–1995.
- Molineri, C. (2008). Impact of rainbow trout on aquatic invertebrate communities in subtropical mountain streams of northwest Argentina. *Ecología Austral*, 18(1), 101–117. Asociación Argentina de Ecología.
- Montilla, V., Marquez, J., García-González, J., & Baroso, C. y. (2025). Pequeños habitantes del fondo del río ¿qué nos dicen los macroinvertebrados sobre la

- salud del río Quillín? En C. Nuñez, & R. y. Principe, *El río Quillín, un espacio de encuentro, arte y acciones para su conservación*. (págs. 127-140). Río Cuarto: UniRío.
- Morello, J. M. (2018). *Ecorregiones y complejos ecosistémicos argentinos*. . Orientación Gráfica Editora.
- Moreno-Pérez, M. F.-A.-C. (2018). Influence of interannual rainfall variability on the interception process in a continental mediterranean climate. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 50(2), 139–154 .
- Naval Fernández, M. C. (2023). Megaincendios 2020 en Córdoba: Incidencia del fuego en áreas de valor ecológico y socioeconómico. *Ecología Austral*, 33(1), 136–151.
- Oliveras, I. &. (2008). An analysis of the Australian literature on prescribed burning. *Journal of Forestry*, 106(1), 31-37.
- Organización Meteorológica Mundial. (2021). *Atlas de mortalidad y pérdidas económicas por fenómenos meteorológicos, climáticos e hidrológicos extremos (1970–2019)*. Ginebra: OMM.
- Organización Mundial de la Salud. (2021). *Directrices sobre la calidad del agua para usos recreativos*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news/item/13-07-2021-who-launches-guidelines-for-recreational-water-quality-as-summer-heats-up>
- Ostrom, E. (2000). *El gobierno de los bienes comunes: La evolución de las instituciones de acción colectiva*. Mexico: Fondo de Cultura Económica / UNAM.
- Otero, M. A. (2018). *Monitoreo de cursos de agua asociados a la actividad minera en la provincia de Córdoba, Argentina: Uso de parámetros bio-ecológicos como indicadores [Tesis doctoral]*. CONICET.

- Oyarzabal, M. C. (2018). Unidades de vegetación de la Argentina. *Ecología Austral*, 28(1), 40–63.
- Pal, S. D. (2021). Hydrometeorological observations and modeling of an extreme rainfall event using WRF and WRF-Hydro during the RELAMPAGO field campaign in Argentina. *Journal of Hydrometeorology*, 22(2), 331–351.
- Pardo, C. (2023). *Villa Cañada del Sauce. Compilacion de datos históricos y otros textos que caracterizan su cultura*. Río Cuarto: Grafica del Sur.
- Pasinato, A. (s.f.). Manejo de efluentes y estiércol en el engorde a corral. *Sitio Argentino de Producción Animal*. INTA, Centro REgional Entre Ríos. , https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_a_corral_o_feedlot/164-manejo_de_efluentes.pdf.
- Pérez Figueredo, A. (2012). La integración de la gestión de riesgos en la gestión del desarrollo local desde la perspectiva de la vulnerabilidad ambiental en los territorios. . *Revista Delos*, 5(13)., <https://ojs.revistadelos.com/ojs/index.php/d>.
- Pinotti, L. C. (2014). *El magmatismo devónico: Geología del batolito de Cerro Áspero*. Córdoba: En Relatorio Congreso Argentino de Geología, N°19. Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba.
- Policía Ambiental. (17 de 4 de 2023). *Prensa Córdoba*. Obtenido de <https://prensa.cba.gov.ar/informacion-general/policia-ambiental-freno-actividades-en-cuatro-canteras-de-calamuchita/>
- Pollo, F. E. (2017). *Estudios ecotoxicológicos in situ en redes hídricas asociadas a la actividad minera en la provincia de Córdoba, Argentina. Tesis doctoral, Universidad Nacional de Río Cuarto*.

- Pollo, F. E. (2025). Exploradores de la ribera: ranas y sapos como indicadores de la salud del río Quillín. En C. Nuñez, & R. y. Príncipe, *El río Quillín como espacio de encuentro. Arte, ciencia y acciones para su conservación*. (pág. 340). Río Cuarto: UniRío.
- Pramparo, S. J. (2025). Entre aguas y rocas: conectando la geología y la calidad del agua del río Quillín. En C. Núñez, & L. Príncipe. R. y Cibils, *El río Quillín como espacio de encuentro. Arte, ciencia y acciones para su conservación* (págs. 63-95). Río Cuarto: UniRío.
- Príncipe, R. E. (2022). Técnicas de campo y laboratorio para el estudio de macroinvertebrados Región Centro. En G. A. Domínguez E., *Técnicas de monitoreo para ecosistemas fluviales de la Republica Argentina* (págs. 97-101). Buenos Aires. Argentina: CONICET.
- QGIS.org. (2024). *QGIS Geographic Information System. Versión 3.28.9*. Obtenido de <https://qgis.org>
- Raggio, J. B. (2 de 9 de 2023). Ante un clima seco, un experto en el manejo de pastizales explica las claves para prevenir incendios. *Clarín Rural*, págs. https://www.clarin.com/rural/clima-seco-experto-manejo-pastizales-explica-claves-prevenir-incendios_0_WuKjwQNb8.html.
- Rainer Cinti, R. (2022). *Bestiario criollo: Una historia natural y cultural de la fauna argentina*. . Buenos Aires: Editorial Colihue.
- Ramos, V. A. (2000). Structural and metamorphic evolution of the Guacha Corral shear zone. *Journal of South American Earth Sciences*, 13(5), 489-504, 489-504.
- Ramsar. (25 de mayo de 2025). *The Convention on Wetlands*. Obtenido de <https://www.ramsar.org/>

- Re, M. S. (2005). *Precipitaciones extremas en la Argentina, Tendencias y Cambio Climático*. Research Gate.
- Recalde, Darío J. y Zapata, Ricardo M. (2007). *La Ordenación del Territorio como Instrumento en la Gestión de los Recursos Naturales*. Chamical: INTA EEA La Rioja, Información Técnica Año Nº III - ISSN 1669-323X.
- Renison, D. C. (2011). The restoration of degraded mountain woodlands in central Argentina. *Mountain Research and Development*, 31*(2), 124–131.
- Renison, D. C. (2023). Asistiendo a la reintroducción de vizcachas (*Lagostomus maximus*): ¿Cómo aumentar el área de pastoreo seguro? . *Ecología Austral*, 33(1), 20–29.
- Repinaldo, H. F. (2017). Iniciación de un sistema convectivo sobre las Sierras de Córdoba y sensibilidad a modificaciones en el perfil orográfico. *Revista Meteorológica*, 42(2), 23–42.
- Rife, A. N.-O. (2013). When good intentions are not enough... Insights on networks of “paper park” marine protected areas. *Conservation Letters*, 6(3), 200–212.
- Rivero, D. E. (2012). La ocupación humana durante la transición Pleistoceno-Holoceno (11.000–9000 AP) en las Sierras Centrales de Argentina. *Latin American Antiquity*, 551-564.
- Rural, C. (20 de Agosto de 2023). "Las quemas controladas en los pastizales serranos permiten asegurar forraje verde para la ganadería". pág. *Las quemas controladas en los pastizales serranos permiten asegurar forraje verde para la ganadería*.
- Sacchi, G. A. (2020). Propuesta para la rehabilitación de áreas afectadas por minería de fluorita: Caso de estudio, establecimiento Cerros Negros,

Córdoba, Argentina. *Geociências*, 39(3), 739–750. Universidade Estadual Paulista (UNESP), São Paulo.

Sanchez San Román, F. (2012). *Evolución geoquímica de las aguas subterráneas*. Obtenido de Universidad de Salamanca:
https://hidrologia.usal.es/temas/Evolucion_geoquimica.pdf

Sánchez, S., Zanvettor, R., Grilli, M., & Ravelo, A. (2021). Impacto de la sequía en los incendios forestales en las Sierras de Córdoba, Argentina. *Revista Argentina de Agrometeorología VOL. XII*, 37-45.

Schneider, C. (2020). *Situación de las Áreas Protegidas de la Provincia de Córdoba: N°2*. 57 Pp.

Scopel, A. L. (2017). Subregión arroyos y mallines de las sierras centrales. En D. B. L. Benzaquén, *Regiones de humedales de la Argentina* (págs. 173-183).
<https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/regioneshumedbaja2.pdf>:
Fundación para la Conservación y el Uso Sustentable de los Humedales.

Seremi de Desarrollo Social y Familia Metropolitana. Gobierno de Chile. (2021). *La Técnica del Árbol de Problemas*. Obtenido de
<https://nubeinversiones.cl/wpnube/wp-content/uploads/2021/04/Presentacio%CC%81n-Te%CC%81cnica-A%CC%81rbol-de-Problemas.pdf>

Serrano, A. (1945). *Los aborígenes del territorio argentino*. Buenos Aires: Nova.

Soil Conservation Service. (1972). *National Engineering Handbook, Section 4: Hydrology*. Washington, DC.: U.S. Department of Agriculture.

Storie, R. E. (1970). *Manual de evaluación de suelos*. Mexico: Unión Tipográfica Editorial Hispano-Americana (UTEHA).

- U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center. (2024). *HEC-HMS Hydrologic Modeling System, User's Manual (Version 4.12)*. Davis.CA.: recuperado de: <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/documentation.aspx>.
- UICN. (2025). **Buteogallus coronatus**. *The IUCN Red List of Threatened Species 2024*:. Obtenido de IUCN. (2024). **Buteogallus coronatus**. The IUCN Red List of Threat <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2024-1.RLTS.T22695855A246532305.en>
- Ulla, D. (1991). *Aprovechamiento de resina de las plantaciones de Pino de Calamuchita*. Córdoba: Centro Tecnológico Forestal. Fundación Banco de la Provincia de Córdoba.
- Ulla, D., Pramparo, S., & Núñez, C. (2025). Explorando la cuenca del río Quillín: un viaje a través de la historia, la arqueología, la geología y los retos socioambientales hacia el futuro. En C. Núñez, & R. y. Principe, *El río Quillín como espacio de encuentro. Arte, ciencia y acciones para su conservación*. (págs. 12-56). Río Cuarto: UniRío Universidad Nacional de Río Cuarto.
- Urquiza Gómez, A. &. (2015). Sistemas socio-ecológicos: elementos teóricos y conceptuales para la discusión en torno a vulnerabilidad hídrica. *L'Ordinaire des Amériques*, (218). Université de Toulouse 2 - Le Mirail; Institut pluridisciplinaire pour les études sur les Amériques à Toulouse (IPEAT)., recuperado de: <https://journals.openedition.org/orda/1774>.
- Utah Department of Natural Resources. (23 de 2 de 2023). Obtenido de @UtahDNR
- Vásquez Quispesivana, W. T. (2016). EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN LA CALIDAD DE AGUA. *Rev Soc Quím Perú*. 81(1), 15-28.

- Vázquez, J. B., Miatello, R. A., & Roqué, M. E. (1979). *Geografía Física de la Provincia de Córdoba*. Córdoba: Boldt.
- Ventura, Y. (2019). *La implementación del ganado mular en la montaña. Contribuciones Profesionales*. <https://www.infanteria.com.ar/la-implementacion-del-ganado-mular-en-la-montana/>.
- Vía País. (10 de 3 de 2021). *Córdoba: duro comunicado de Bomberos contra nuevo ente creado por el Gobierno*. . Obtenido de <https://viapais.com.ar/cordoba/cordoba-duro-comunicado-de-bomberos-contra-nuevo-ente-creado-por-el-gobierno/>
- Whitworth Hulse, J. I. (2018). *Efectos de la invasión de Ligustrum lucidum sobre la dinámica hídrica en bosques nativos del Chaco Serrano: La interacción entre precipitación, vegetación y suelo (Tesis doctoral)*. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/116119>: Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (CONICET-UNC).
- Zak, M. R. (2019). *Geografía de la provincia de Córdoba (Cap. 3, pp. 55–91)*. Córdoba: Baez Ediciones.
- Zipser, E. J. (2006). Where are the most intense thunderstorms on Earth? *Bulletin of the American Meteorological Society*, 87, 1057–1072,.
- Zolezzi, R. (2004). Wolframio. En E. y. Lavandaio, *Historia de la Minería Argentina Tomo II* (págs. 339-349). Buenos Aires: Segemar.