

ACTUALIZACIÓN DIAGNÓSTICA

DEL MODELO TERRITORIAL DE MENDOZA

Plan Provincial de Ordenamiento Territorial - Ley 8.999

SUBSISTEMA FÍSICO-NATURAL

Documento III

Provincia de Mendoza – Consejo Federal de Inversiones

mayo 2026

CONTRATO DE OBRA EX-2025-00061850- -CFI-GES#DC

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
2. METODOLOGÍA	3
3. FACTORES GEOMORFOLÓGICOS Y GEOLÓGICOS.....	5
4.1 Zonificación sísmica.....	5
4.2 Mapa de volcanes y mesetas.....	9
4.3 Densidad de Fallas	13
4.4 Mapa de Geomorfología	15
4.5 Mapa de Geología.....	19
4. FACTORES METEOROLÓGICOS	23
5.1 Descripción del Clima	23
5.2 Caudal medio anual	28
5.3 Índice de precipitación media anual y estándar	32
5.4 Análisis de Riesgo Climático.....	36
5. FACTORES ECOLÓGICOS.....	41
6.1 Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada NDVI.....	41
6.2 Cuencas hidrográficas	44
6.3 Mapa de taxonomías de Suelo	48
6.4 Análisis Flora y Fauna de la provincia.....	51
6. FACTORES DEL MEDIO AMBIENTE.....	55
7.1 Unidades Ambientales de Referencia	55
7.2 Gases de efecto invernadero	58
7. FACTORES TECNOLÓGICOS.....	60
8.1 Actualización del Ordenamiento Territorial de los Bosques Nativos de la Provincia de Mendoza	60
8.2 Índice de Uso del Suelo y cobertura	65
8.3 Mapa de Área de Protección Especial	68
8. CONCLUSIONES	70
9. SINTESIS DIAGNÓSTICA	71

1. INTRODUCCIÓN

El subsistema físico-natural se comprende como la base fundamental sobre la cual se desarrollan las actividades humanas y los procesos ecológicos dentro del territorio. De acuerdo con la Ley 8051 de Ordenamiento Territorial de la provincia de Mendoza, este subsistema incluye los componentes biofísicos que configuran el territorio: relieve, clima, recursos hídricos, suelos, vegetación y fauna.

Estos elementos no sólo estructuran el soporte natural del territorio, sino que interactúan con las actividades humanas en una relación de reciprocidad. Las intervenciones humanas modifican y afectan el entorno natural, mientras que el estado y la dinámica de los recursos naturales condicionan las actividades económicas y sociales que se desarrollan sobre ellos. Esta visión permite identificar las capacidades y limitaciones del entorno físico-natural para la ocupación del territorio, asegurando un uso racional de los recursos y la sostenibilidad ambiental en el largo plazo.

Desde una perspectiva sistémica, basada en Gudiño (2017), el subsistema físico-natural se interrelacionan continuamente con el subsistema socioeconómico, lo que genera una sinergia que se manifiesta en el territorio. La Ley 8051 establece la necesidad de un enfoque integrador en la gestión territorial, reconociendo la importancia de los recursos naturales en la planificación del uso del suelo, la conservación de la biodiversidad, y la protección de áreas estratégicas, como las zonas de recarga hídrica o las áreas vulnerables a la desertificación.

A través de una adecuada caracterización del subsistema físico-natural, se busca equilibrar el desarrollo socioeconómico con la preservación de los recursos naturales, garantizando así un territorio resiliente y adaptable frente a los desafíos ambientales, como el cambio climático y la creciente demanda de recursos.

2. METODOLOGÍA

Para el presente trabajo se utilizó una adaptación de la metodología descrita en el diagnóstico realizado en 2014 para la clasificación de las variables (índices e indicadores). La misma consiste en clasificar dichas variables (descriptivos, de sostenibilidad, comparativos, etc.) de acuerdo con su origen y teniendo en cuenta los principales factores que las desencadenan (Tabla 1).

Se consideran dentro de la dimensión natural a los índice e indicadores (variables analizadas) que tienen su origen en fenómenos naturales (factores

geográficos y meteorológicos), los cuales están condicionados a las características particulares de cada región. Se distinguen factores geomorfológicos y geológicos como una representación del relieve y factores físicos del terreno.

Por su parte, los índices e indicadores relacionados con los factores meteorológicos están asociados a información del comportamiento del clima en la región analizada, así como los riesgos relacionados a los que la sociedad es vulnerable. Por otro lado, las variables cuyo origen son ecológicas, hacen referencia a aquellas asociadas a con el desarrollo de eventos espontáneos y sus repercusiones.

Con respecto a la dimensión combinada de origen natural y antrópico, abarca a todas aquellas variables relacionadas a las actividades y comportamientos del hombre, que se han ido desarrollando a lo largo de cierto tiempo y se ven particularmente magnificados a causa de las características limitantes del sistema natural en el que se desarrollan.

Por último, las variables de origen antrópico son aquellas cuyo origen se encuentra en la aplicación y/o uso de tecnologías desarrolladas por el hombre como consecuencia del progreso industrial.

Tabla 1. Dimensiones consideradas en el análisis de índices, indicadores y variables analizadas de acuerdo a sus orígenes y factores desencadenantes para el territorio de Mendoza

Origen Natural	Factores geomorfológicos y geológicos
	Factores meteorológicos
	Factores ecológicos
Origen Natural y antrópico	Factores del medio ambiente
Origen antrópico	Factores tecnológicos

Fuente: Subsistema físico- biológico o natural de la Provincia de Mendoza, (Abraham et al., 2014)

El presente informe ha sido redactado con base en la información disponible y brindada hasta la fecha. Se ha realizado un esfuerzo por incluir los datos más actualizados y relevantes según las fuentes consultadas, pero se reconoce que la disponibilidad de nueva información podría modificar ciertos aspectos. En consecuencia, el informe será actualizado conforme se obtengan datos más recientes o complementarios que contribuyan a una mejor comprensión y análisis del tema tratado.

A continuación, se desarrollarán las variables tentativas a analizar durante el presente Diagnóstico, correspondiente al Subsistema Físico-Natural. Toda la información será validada con talleres participativos con la comunidad y en las siguientes instancias.

Problemas Estructurantes identificados en el diagnóstico 2013 a los que responde¹:

- *Deterioro de las condiciones ambientales y mayor exposición al riesgo por amenazas naturales y antrópicas ante el avance de la urbanización no planificada y el desarrollo de proyectos inmobiliarios, agrícolas, ganaderos o petroleros sin un adecuado control.
- *Deficiencia en la gestión integrada del recurso hídrico: escasa previsibilidad sobre la disponibilidad presente y futura del recurso, uso ineficiente del mismo y demanda creciente en todo el sistema territorial.

3. FACTORES GEOMORFOLÓGICOS Y GEOLÓGICOS

3.1 Zonificación sísmica

Fundamentación conceptual: Una característica importante para la provincia de Mendoza es su condición de región sísmica por el fuerte impacto que desencadena en el territorio. La zonificación sísmica es una herramienta clave en la planificación territorial que evalúa y clasifica las áreas según su nivel de riesgo sísmico. En el caso de la provincia, ubicada en una zona de alta actividad sísmica debido a su proximidad a la Cordillera de los Andes, este análisis es fundamental.

Objetivo: delimitar las zonas del territorio de Mendoza según su exposición al riesgo sísmico, para orientar el desarrollo urbano e infraestructural hacia zonas con menor riesgo y definir medidas de construcción más seguras en áreas de mayor riesgo.

Metodología: Se toma como referencia el mapa de zonificación sísmica de la República Argentina que establece cinco categorías de peligrosidad sísmica.

Fuente: El organismo especialista en la materia es el Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES) dependiente del Ministerio de Obras Públicas de

¹ A partir del Diagnóstico original, en el PPOT se identifican siete (7) problemas estructurantes (ver página 24 del PPOT).

la Nación. El objetivo de este Instituto es operar, mantener y adecuar la red Nacional de Estaciones Sismológicas y la Red Nacional de Acelerógrafos y procesar los registros obtenidos.

Análisis de los datos

Mendoza es una de las provincias que se encuentra en la región más sísmicamente activa de la Argentina, debido a su ubicación en el borde de convergencia entre la Placa de Nazca y la Placa Sudamericana. El análisis de la sismicidad y la zonificación de las regiones en base a esta variable es fundamental para la planificación territorial, especialmente en un contexto de expansión urbana acelerada.

Con respecto a la historia sísmica de Mendoza, hubo dos eventos significativos documentados en la historia del territorio. En el año 1861 se produjo un sismo con una magnitud estimada de 7,2 en la escala de Richter, el cual destruyó la ciudad provocando más de seis mil muertes. Por otro lado, en el año 1985, se produjo un sismo de menor magnitud (5,9), que ocasionó daños estructurales en edificios y viviendas.

Con el objetivo de prevenir consecuencias estructurales y pérdidas de vidas teniendo en cuenta que es una zona de alto riesgo sísmico, se ha implementado en la provincia normativas específicas para garantizar la seguridad estructural. El objetivo principal es minimizar los riesgos ante sismos, considerando las características del terreno, la recurrencia de terremotos en la región y la necesidad de preservar vidas y bienes.

En la actualidad, se utiliza el Reglamento INPRES-CIRSOC 103, regulando la resistencia sísmica estructurales en la provincia. Este código se ha actualizado con el correr de los años y es uno de los más estrictos del país.

En el marco de la prevención sísmica, se promueve la construcción de plazas y espacios abiertos como zonas seguro de encuentro ante eventos sísmicos. Con este objetivo, su diseño debe cumplir con criterios de accesibilidad y capacidad adecuada para la población circundante. La planificación de estos espacios debe considerar la proximidad a áreas residenciales especialmente densas y la posibilidad de servir como refugios temporales.

Conjuntamente, un desafío clave en la provincia es el refuerzo de construcciones antiguas que no cumplen con las normativas modernas de sismorresistencia. Los edificios construidos antes de los años 70', suelen presentar deficiencias en sus capacidades sismorresistentes, por lo que requieren evaluaciones y mejoras estructurales para garantizar la reducción de riesgos ante un evento de sismo

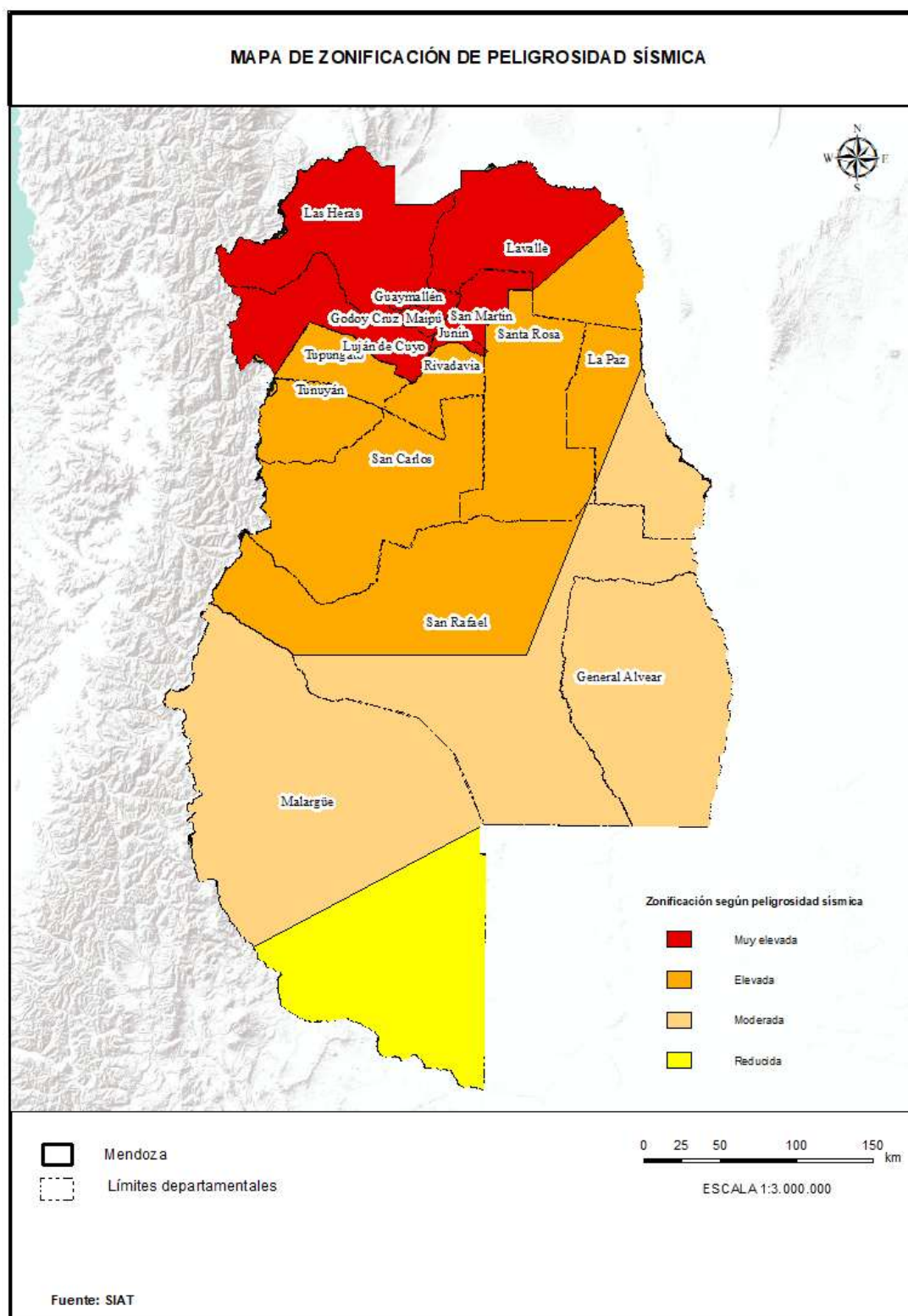
severo. Por otro lado, se fomenta el fortalecimiento de infraestructura críticas como hospitales, escuelas y edificios gubernamentales clave, en conjunto con simulacros regulares y el fomento de la cultura de prevención.

El Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES) clasifica las zonas sísmicas en el país basándose en la intensidad sísmica esperada utilizando la escala modificada de Mercalli. Esta escala se basa en tres criterios: la percepción de las personas, los potenciales daños a edificaciones e infraestructuras y los efectos sobre el terreno y el medio ambiente. El mapa a continuación ilustra la zonificación antes mencionada.

En el mapa se evidencia que la zona con mayor riesgo sísmico corresponde a las áreas con mayor densidad poblacional de la provincia, como es el Gran Mendoza, que incluye los departamentos de Capital, Godoy Cruz, Luján de Cuyo, Guaymallén y Las Heras. La alta densidad poblacional y la existencia de infraestructura crítica, hacen que esta zona sea extremadamente vulnerable. En esta clasificación también se encuentra presente el departamento de Lavalle ubicado al noreste de la provincia.

El sector con riesgo elevado corresponde al centro de la provincia abarcando hasta San Rafael, especialmente en áreas de expansión urbana. Por su parte el riesgo moderado corresponde al resto de la superficie de San Rafael, General Alvear, Malargüe y sur de La Paz, mientras que el riesgo reducido solo se ve representado al sur del departamento de Malargüe.

Si bien esta es una variable estructural de la provincia que no se ha modificado desde el año 2013, la expansión urbana, especialmente en el Gran Mendoza, ha provocado que mayor cantidad de personas sean especialmente vulnerables al encontrarse en un sector sísmico crítico.



Mapa de zonificación sísmica de la Provincia de Mendoza

3.2 Mapa de volcanes y mesetas

Fundamentación conceptual: Los volcanes y mesetas forman parte del paisaje natural y geológico de Mendoza. Su análisis es necesario para identificar áreas con actividad volcánica latente y áreas con características geológicas particulares (mesetas), que influyen en la dinámica del territorio, el uso del suelo, la gestión de recursos naturales, y la prevención de riesgos asociados.

Objetivo: identificar la distribución geográfica de los volcanes activos e inactivos, así como de las mesetas, para prevenir riesgos asociados con la actividad volcánica y aprovechar las características del relieve en el uso sostenible del suelo.

Metodología: Se lleva a cabo una recopilación de datos del estado actual de los volcanes localizados en la Provincia.

Fuente: Los organismos involucrados en la recopilación de datos son el Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR).

La provincia de Mendoza cuenta con un notable conjunto de volcanes, ubicados principalmente en la Cordillera de Los Andes. Los mismos se dividen en activos, latentes e inactivos según su historia eruptiva y actividad registrada recientemente. Estos volcanes, aunque no se encuentran en las cercanías de áreas urbanas, presentan riesgos como la emisión de cenizas volcánicas y la generación de flujos piroclásticos.

Principales volcanes de Mendoza:

1. Volcán Planchón-Peteroa

Se encuentra en el límite entre Argentina y Chile, en cercanías de Malargüe, su estado es activo, con emisión de gases y presencia de fumarolas. Con respecto a su historia, tuvo erupciones recientes vinculadas a la actividad tectónica del terremoto de Chile en 2010. Los riesgos relacionados son las cenizas que podrían afectar la salud de la población y las actividades económicas, como la agricultura y la aviación.

2. Volcán Tupungatito

El volcán Tupungatito se encuentra entre el límite entre Mendoza y Chile, y su estado es latente. Históricamente se han registrado erupciones explosivas en los últimos 200 años. Los riesgos asociados a este volcán corresponden a la emisión de cenizas que puede alcanzar grandes distancias, afectando la salud y los ecosistemas.

3. Laguna del Maule

Este volcán se encuentra en la región andina cerca de la frontera con Chile, su estado es activo con una caldera volcánica en constante monitoreo por su alta actividad magmática. Los riesgos asociados son potenciales erupciones explosivas. Se encuentra en cercanías del complejo volcánico que conforman la Caldera del Atuel.

4. Caldera del Atuel

Es un sistema volcánico que forma parte de los Andes Centrales y está asociado con una actividad volcánica significativa en el pasado. Se ubica en el departamento de San Rafael, y está conformado por una caldera volcánica colapsada que se originó en el Plioceno. Los volcanes asociados son el Cerro Sosneado, Volcán Overo y se observan otros elementos volcánicos menores.

Aunque la actividad volcánica en esta zona se considera extinta o de bajo riesgo en la actualidad, hay ciertos peligros asociados con el área debido a su geología y localización. Debido a su ubicación, si bien la caldera no está activa, la región puede experimentar sismos relacionados a la tectónica de los Andes. Además, las pendientes pronunciadas y los materiales volcánicos erosionados podrían generar deslizamientos de las laderas, especialmente en condiciones de lluvias intensas o sismos.

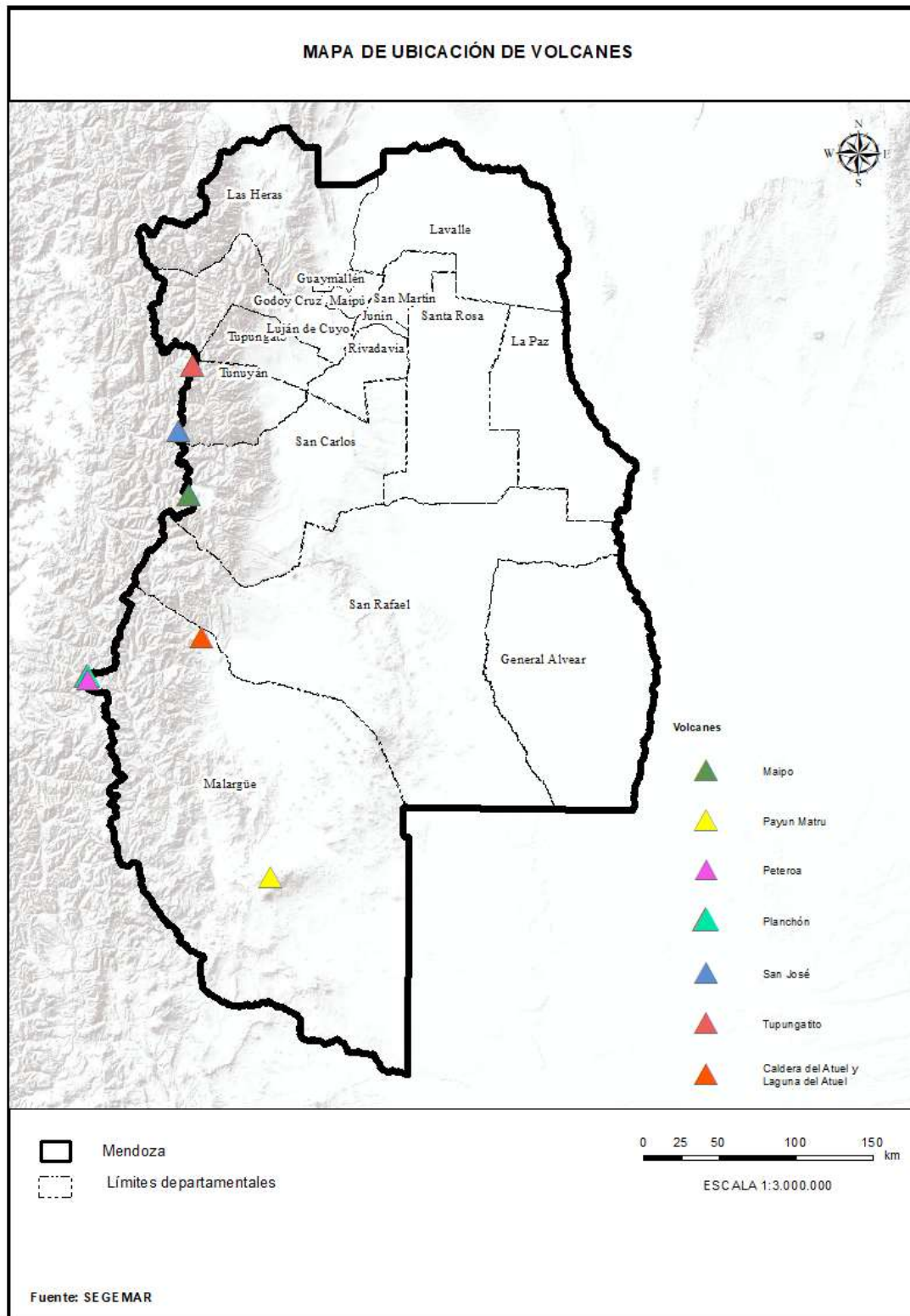
5. San José y Maipo

Son volcanes compartidos con Chile. El volcán San José es un estratovolcán ubicado en la Cordillera de los Andes, en la frontera entre Mendoza (Argentina) y la Región Metropolitana de Santiago (Chile). Su altitud alcanza los 5.856 metros en la cumbre sudoriental y 5.820 metros en la cumbre suroccidental. El complejo volcánico incluye varios cráteres, como el San José y La Engorda, con actividad fumarólica casi constante. Su última erupción significativa no se ha registrado en siglos, aunque se han documentado periodos de actividad menor, como aumento de fumarolas y sismos locales, en los años 1822, 1838, 1889 y 1991.

Por su parte, el volcán Maipo, con una altitud de 5.323 metros, se encuentra también en la Cordillera de los Andes, marcando la frontera entre Mendoza y Chile. Es conocido por su asociación con la Laguna del Diamante, un importante ecosistema en Mendoza. Este volcán ha tenido actividad histórica, con la última erupción registrada en 1826, caracterizada por flujos de lava y emisiones de gases. Actualmente, el Maipo es considerado potencialmente

activo, aunque no ha mostrado señales significativas recientes de actividad eruptiva.

En la ilustración a continuación, se presenta la ubicación de los volcanes anteriormente descritos:



Mapa de ubicación de Volcanes

Al igual que la variable sísmica, si bien el riesgo no ha aumentado en cuanto a la actividad volcánica respecto del diagnóstico realizado en el año 2013, en la actualidad existe un mayor número de pobladores vulnerables a la misma.

Nuevos análisis incorporados al Diagnóstico

Con el objetivo de complementar la información analizada en el diagnóstico presentado en el 2013, con el fin de brindar diversidad de herramientas y datos al momento de la toma de decisiones, se desarrollarán nuevos índices e indicadores presentados a continuación.

3.3 Densidad de Fallas

Fundamentación conceptual: La Densidad de Fallas indica la concentración de fallas geológicas en la provincia. Un valor alto sugiere una alta fragmentación del terreno y una mayor probabilidad de actividad sísmica, lo que puede implicar un mayor riesgo geotécnico para la construcción y el desarrollo urbano.

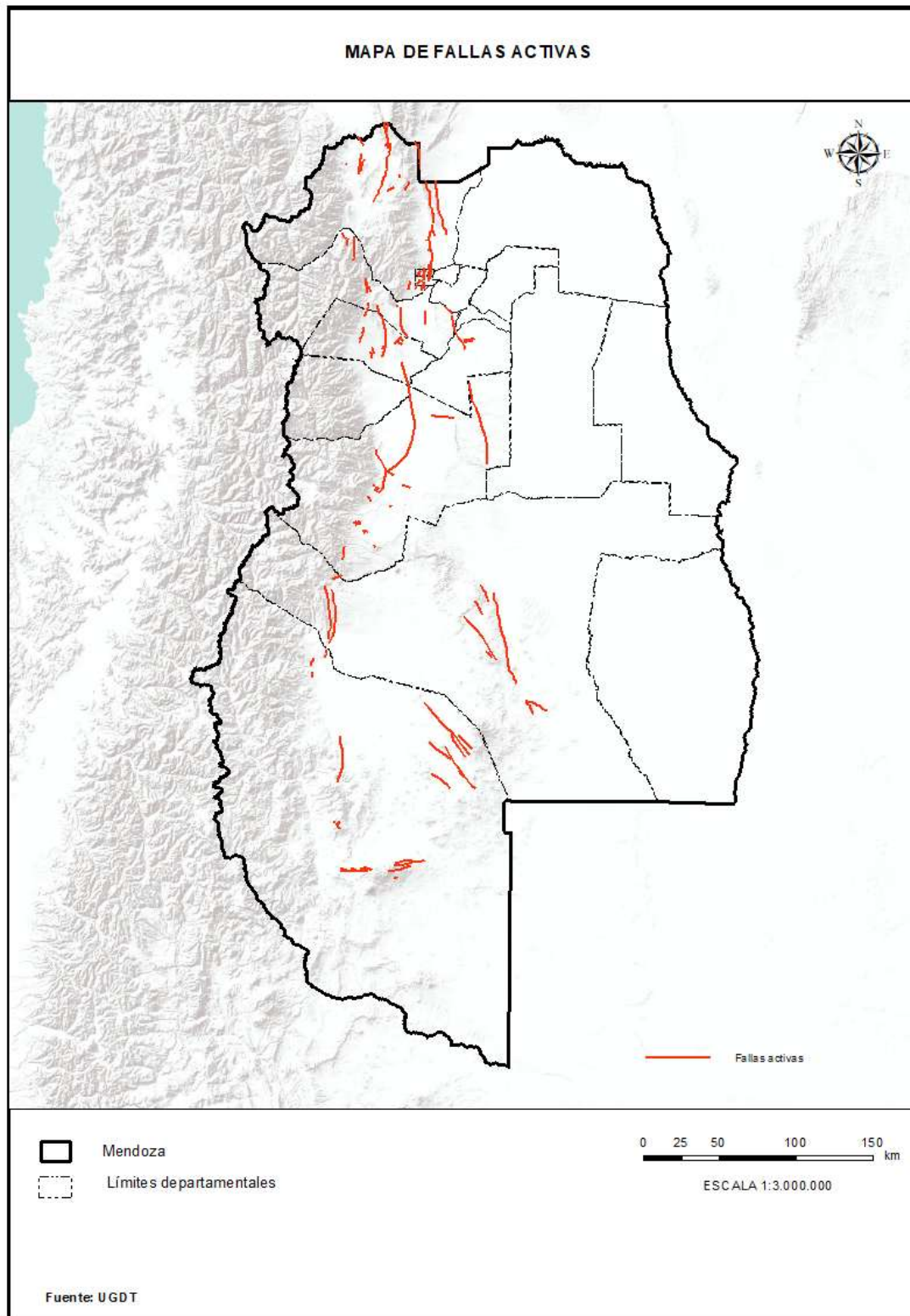
Objetivo: Esta información es crucial para identificar zonas de alto riesgo donde se debe limitar la urbanización o implementar medidas de mitigación.

Metodología: Para el desarrollo del mapa de densidad de fallas se deben llevar a cabo los siguientes pasos:

- Recolección de datos: Utilización de mapas geológicos detallados que identifiquen fallas y fracturas en la región.
- Geoprocesamiento: Uso de herramientas SIG para mapear las fallas.
- Validación: Comparación con datos históricos de actividad sísmica para validar el índice y ajustar los rangos de densidad

Fuente: Cartografía geológica proporcionada por el Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR). Estudios sismológicos y datos históricos de terremotos. Datos de campo obtenidos mediante exploraciones geológicas y estudios de riesgo.

Además de las regulaciones sismorresistentes, se han propuesto otras medidas para limitar la construcción en áreas geológicamente inestables. Para ello se creó el siguiente mapa de fallas geológicas, que identifican las zonas de mayor riesgo sísmico, para evitar construcciones en dichos lugares.



Mapa de fallas activas de la provincia de Mendoza

En el mapa se observa que la distribución de fallas se encuentra principalmente en el centro y oeste a lo largo de toda la provincia de Mendoza. Cabe destacar

la presencia de una alta densidad de fallas activas presentes en el Gran Mendoza, sector en el que habitan más de 2 millones de personas. Es por ello, que la zonificación sísmica y la identificación de fallas es un eje estratégico para el ordenamiento territorial. La alta sismicidad, combinada con el crecimiento urbano y económico, plantea un desafío significativo relacionado a la mitigación de riesgos. Es por ello que las normativas de edificación, la planificación adecuada y la educación ciudadana es esencial para garantizar la seguridad de la población y la sostenibilidad socio-económica provincia.

3.4 Mapa de Geomorfología

Fundamentación conceptual: El mapa geomorfológico aporta información sobre la estabilidad del terreno, las condiciones de drenaje, la vulnerabilidad a procesos erosivos y la susceptibilidad a riesgos naturales como deslizamientos, inundaciones y erosión eólica. En territorios como Mendoza, caracterizados por una gran diversidad de paisajes, la geomorfología adquiere una relevancia central para garantizar un desarrollo sustentable, minimizar impactos ambientales y promover la resiliencia frente al cambio climático.

Objetivo: El principal objetivo de realizar un mapa de geomorfología para el ordenamiento territorial es integrar las características físicas del terreno en los procesos de planificación y toma de decisiones. Esto incluye:

1. Identificar áreas con diferentes niveles de vulnerabilidad geomorfológica para el diseño de medidas de mitigación de riesgos naturales.
2. Clasificar el territorio según su capacidad de uso, considerando aspectos como la pendiente, tipo de suelo y susceptibilidad a procesos geomorfológicos.
3. Facilitar la zonificación de usos del suelo y proyectos de infraestructura, promoviendo un equilibrio entre desarrollo humano y conservación ambiental.
4. Proveer una base científica para evaluar las interacciones entre el paisaje y actividades humanas, como la agricultura, minería y urbanización.
5. Contribuir a la preservación de los recursos naturales, evitando la degradación de suelos y ecosistemas.

Metodología: Recolección de datos geomorfológicos de la provincia de Mendoza e interpretación de los mismos.

Fuente: Datos geológicos y geomorfológicos del SEGEMAR. Imágenes satelitales y datos históricos de eventos geomorfológicos. Unidad de Gestión de Datos Territoriales (UGDT).

La geomorfología es una disciplina que estudia las formas del relieve, su génesis y evolución, integrando factores geológicos, climáticos y biológicos que modelan el paisaje. En el contexto del ordenamiento territorial, un mapa geomorfológico se convierte en una herramienta clave para entender la interacción entre el ser humano y el medio físico. Este tipo de cartografía permite identificar áreas de riesgo, evaluar la capacidad de uso del suelo y diseñar estrategias de gestión ambiental basadas en la dinámica del paisaje. A continuación, se describen las categorías geomorfológicas de Mendoza:

Bloque de San Rafael: Constituido por rocas ígneas y metamórficas de gran antigüedad. Este bloque es una estructura tectónica rígida que influye en la distribución de los relieves circundantes. Presenta paisajes montañosos con pendientes moderadas y escarpes.

Cerrilladas y Huayquerías: Áreas compuestas por cerros bajos y depósitos de origen fluvial y eólico. Las Huayquerías son destacadas por su erosión diferencial, formando cañadones y mesetas altamente vulnerables a procesos erosivos.

Cordillera Frontal y Principal: Estas unidades presentan las mayores altitudes de Mendoza. La Cordillera Principal alberga glaciares, nieves perpetuas y un modelado glaciar marcado, mientras que la Frontal tiene una geología más diversa, incluyendo volcanismo antiguo.

Precordillera: Zona de montañas medias compuestas mayormente por rocas sedimentarias plegadas, que actúan como una transición entre el piedemonte y la Cordillera Frontal. Los riesgos asociados se relacionan con la actividad tectónica reciente y erosión intensa, principalmente en áreas con presencia de fallas activas. Los principales departamentos afectados son Santa Rosa, Maipú y zonas del Gran Mendoza.

Piedemonte: Transición clave entre las montañas y las llanuras, caracterizada por abanicos aluviales y una alta susceptibilidad a aluviones y movimientos en masa. Debido a la erosión y movimientos de laderas debido a la presencia de materiales sueltos y a la actividad fluvial en conos aluviales. Las áreas urbanas y suburbanas del Gran Mendoza están asentadas sobre estas planicies, lo que incrementa el riesgo para las infraestructuras y viviendas.

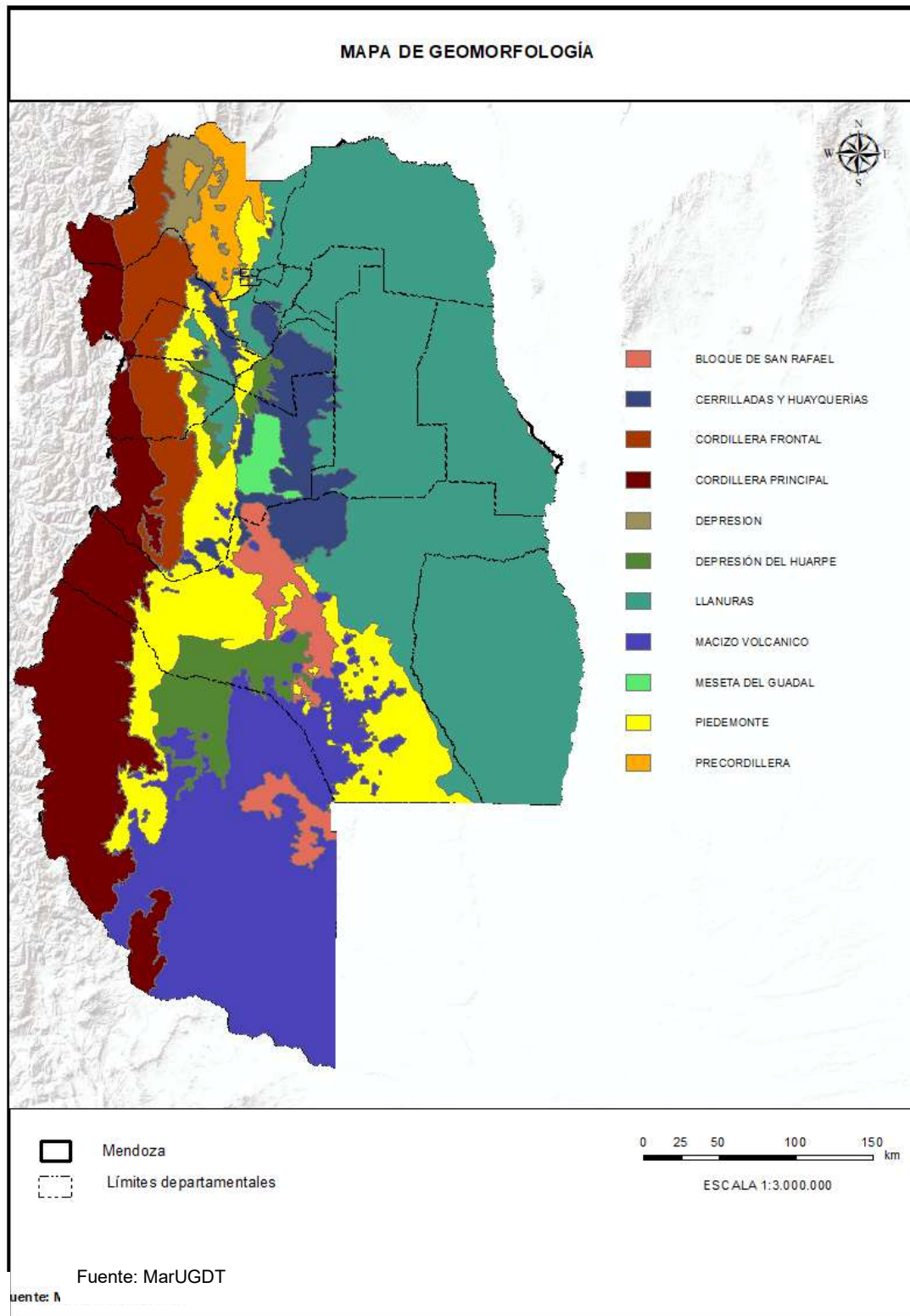
Depresión del Huarpe: Una cuenca sedimentaria intermontañosa que alberga suelos salinos y arcillosos, con paisajes de baja pendiente y alto riesgo de

salinización y anegamiento. Los riesgos principales en esta zona son las inundaciones y acumulación de sedimentos fluvio-eólicos en zonas bajas. Este sector también es vulnerable a los procesos de desertificación. Los principales departamentos afectados son La Paz y Santa Rosa.

Macizo Volcánico de la Payunia: Región dominada por paisajes volcánicos recientes, con conos de escoria, coladas de lava y campos de basaltos. Su geomorfología es única y presenta un alto valor para la conservación. Existen riesgos asociados a la actividad volcánica.

Meseta del Guadal: Una meseta elevada formada por materiales volcánicos y sedimentarios, con suelos de baja fertilidad y alta susceptibilidad a la erosión.

Con el objetivo de minimizar los riesgos, en un contexto de crecimiento urbano acelerado, se propone realizar un sistema de monitoreo continuo de riesgos naturales, como actividad tectónica y erosión. Asimismo, son primordiales las políticas públicas para la protección de sitios de interés geomorfológicos y sus valores estéticos, científicos y turísticos.



Mapa de geomorfología

3.5 Mapa de Geología

Fundamentación conceptual: Representación cartográfica de las características geológicas de una región. Se describen y localizan las formaciones rocosas, los tipos de suelos, las fallas geológicas y otros elementos estructurales que componen el subsuelo.

Objetivo: Identificar las características geológicas clave de un área para comprender los riesgos naturales (deslizamientos, terremotos, o la erosión), la disponibilidad de recursos naturales, facilitando la toma de decisiones en materia de ordenamiento territorial.

Metodología: Para desarrollar el mapa de geología de la provincia de Mendoza, se utilizarán las cartas geológicas oficiales provistas por el Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR).

Fuente: SEGEMAR

Análisis de los datos

El mapa geológico del Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR) para Mendoza ofrece una representación detallada de las unidades litológicas, estructuras tectónicas, y procesos geológicos que han modelado la provincia. Mendoza presenta una geología compleja y diversa, estructurada en varias categorías que reflejan su evolución tectónica y sedimentaria. Las principales regiones geológicas incluyen:

1. Cordillera Principal y Frontal:

Estas áreas son dominadas por rocas ígneas y metamórficas, principalmente del Paleozoico y Mesozoico, con evidencias de actividad volcánica y plegamientos tectónicos. Se destacan estructuras como el Pliegue de la Cordillera del Tigre, con significativas fallas inversas. Este sector es crítico para el análisis de riesgos sísmicos y deslizamientos, debido a la alta actividad tectónica y pendientes pronunciadas.

2. Precordillera:

Está constituida por rocas sedimentarias del Paleozoico inferior y superior, afectadas por eventos de deformación. Sus estructuras plegadas y falladas son testimonio de la tectónica andina. En este sector, la explotación de recursos como extracción de petróleo y minería son actividades económicas importantes.

3. Depresiones y Llanuras:

Depresión de los Huarpes y las llanuras fluvio-eólicas (Depresión de la Travesía) están compuestas por depósitos terciarios y cuaternarios. Estas zonas presentan un relieve más suave y son esenciales para actividades agrícolas y de asentamiento humano. Sin embargo, la acumulación de sedimentos finos y el flujo subsuperficial de aguas pueden generar riesgos de subsidencia y salinización.

4. Bloque de San Rafael y Macizo de Malargüe:

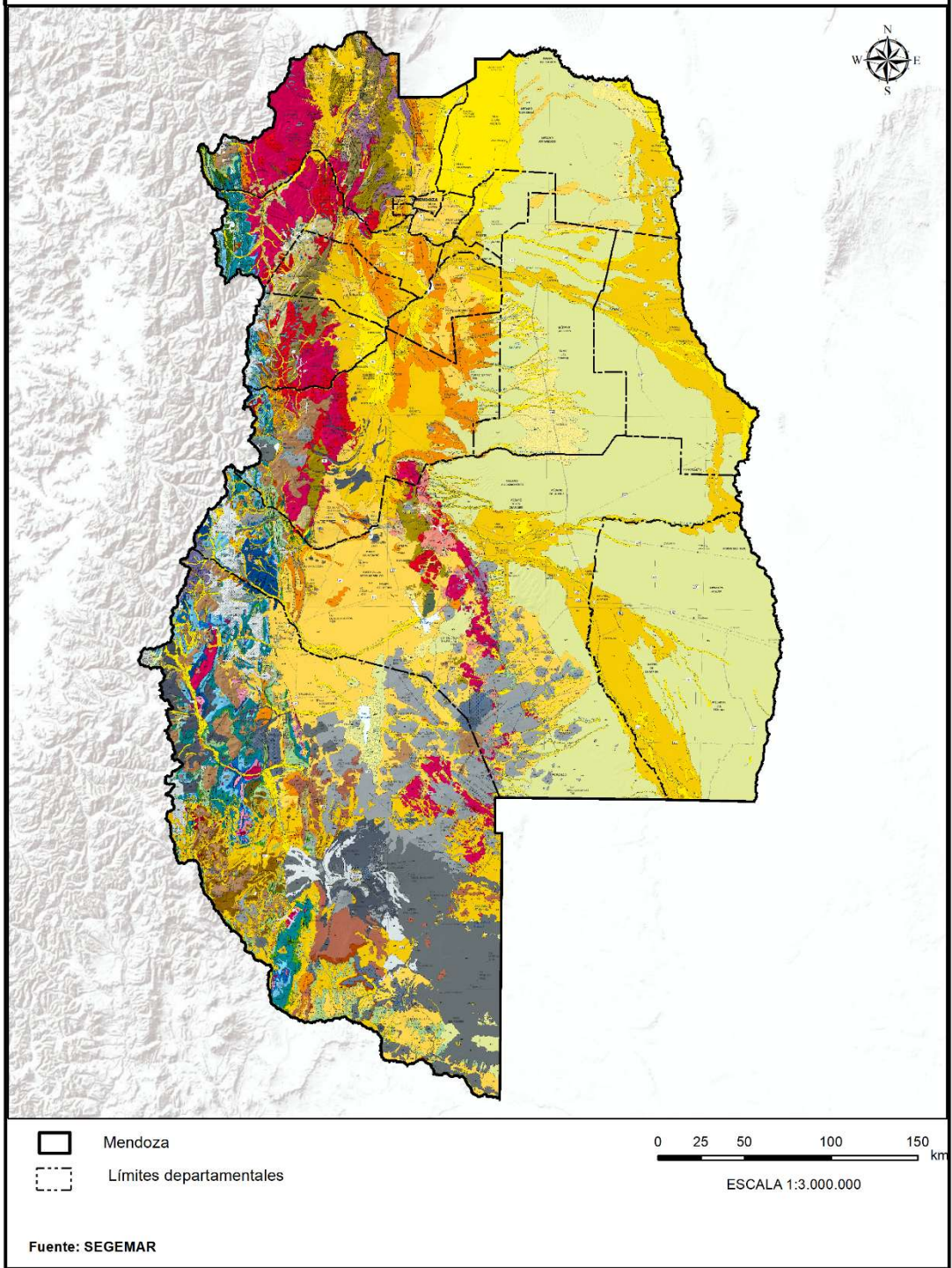
Estas áreas incluyen formaciones volcánicas y sedimentarias del Cretácico y el Terciario, con eventos magmáticos relevantes. En el sur, la actividad volcánica reciente, como la del complejo Planchón-Peteroa, subraya la importancia de monitorear riesgos volcánicos.

5. Mesetas Volcánicas y Campos de Dunas:

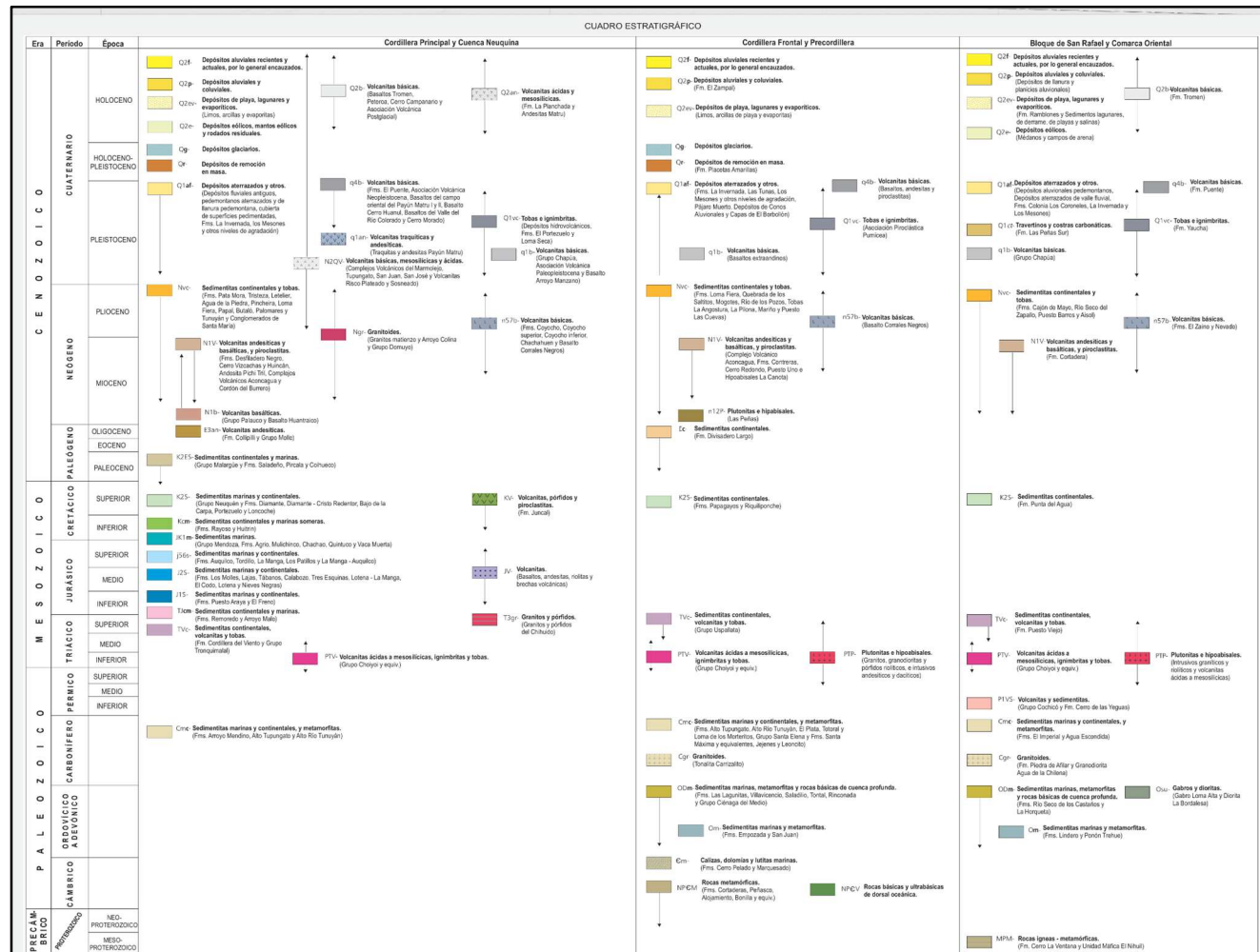
Las mesetas, como el Payún Matrú, son evidencias de erupciones basálticas extensivas, mientras que los campos de dunas, ubicados principalmente en el este, representan depósitos eólicos cuaternarios.

A continuación, se presenta la ilustración correspondiente a la Geología de Mendoza.

MAPA DE GEOLOGÍA



Geología de Mendoza



Leyenda Mapa de Geología- SEGEMAR

4. FACTORES METEOROLÓGICOS

4.1 Descripción del Clima

Fundamentación conceptual: descripción de diversas variables que influyen en el comportamiento atmosférico de una región. En este contexto, es importante considerar variables como la temperatura, las precipitaciones, la evapotranspiración y la dirección predominante de los vientos.

Objetivo: la comprensión de estas variables climáticas es esencial para el ordenamiento territorial, ya que permite desarrollar estrategias que promuevan un uso sostenible de los recursos naturales y una adecuada planificación del territorio.

Metodología: la metodología para la descripción del clima en Mendoza debe incluir un enfoque sistemático que considere diversas variables atmosféricas, como la temperatura, las precipitaciones y la dirección del viento. Para comenzar, es fundamental realizar una recolección de datos climáticos a través de estaciones meteorológicas distribuidas en la región. Estos datos deben abarcar un período prolongado para permitir un análisis significativo de las tendencias climáticas y las variaciones estacionales.

Una vez recopilados los datos, se pueden utilizar análisis estadísticos para identificar patrones y correlaciones entre las diferentes variables climáticas. Por ejemplo, se puede analizar cómo la dirección predominante de los vientos influye en la distribución de las precipitaciones y en la temperatura de diferentes áreas de Mendoza. Este análisis puede incluir la elaboración de gráficos y mapas que visualicen la información de manera clara y accesible.

Además, es importante considerar la integración de datos históricos y estudios previos sobre el clima de la región. Esto permite contextualizar los datos actuales y entender cómo han cambiado las condiciones climáticas a lo largo del tiempo. La utilización de modelos climáticos también puede ser útil para simular escenarios futuros y evaluar el impacto del cambio climático en la región.

Fuente: Para la descripción del clima en Mendoza se pueden incluir datos proporcionados por instituciones meteorológicas nacionales e internacionales, como el Servicio Meteorológico Nacional de Argentina. También se pueden consultar estudios académicos y publicaciones científicas que analicen el clima de la región, así como informes de organismos gubernamentales que aborden la gestión de recursos hídricos y el uso del suelo.

Análisis de datos

La provincia de Mendoza presenta una amplia variedad de climas, condicionada por su ubicación geográfica, altitud, y la influencia de barreras orográficas como la Cordillera de los Andes. Los principales climas identificados en la región son:

1. Clima Polar de Tundra (ET):

- **Distribución:** Este clima se encuentra en las altitudes más elevadas de la Cordillera Principal y Frontal, generalmente por encima de los 3.500 metros sobre el nivel del mar.
- **Características:** Las temperaturas medias anuales son bajas, con veranos cortos y frescos e inviernos prolongados. La vegetación es escasa, representada por especies adaptadas a condiciones extremas, como pastos duros y pequeños arbustos.
- **Riesgos asociados:** Congelamiento del suelo, avalanchas, y condiciones extremas para la vida humana.

2. Clima Polar de Hielos Eternos (EF):

- **Distribución:** Este tipo de clima se restringe a las cimas de los Andes, en zonas como el Aconcagua y montañas adyacentes, donde la temperatura permanece por debajo del punto de congelación durante todo el año.
- **Características:** Predominio de glaciares y acumulaciones permanentes de nieve. La precipitación, principalmente en forma de nieve, es escasa pero suficiente para mantener los glaciares.
- **Riesgos asociados:** Fusión de glaciares, pérdida de reservas hídricas y riesgos de avalanchas.

3. Clima Seco de Estepa (BSk):

- **Distribución:** Este clima abarca las áreas de piedemonte y Precordillera, así como sectores intermedios de las llanuras en transición hacia zonas más áridas.
- **Características:** Las precipitaciones son escasas, generalmente concentradas en forma de tormentas estivales. Las temperaturas son moderadas a altas en verano y frías en invierno. La vegetación es semiárida, con predominio de arbustos y gramíneas resistentes a la sequía.

- **Riesgos asociados:** Desertificación, erosión del suelo, e inundaciones repentinas en cauces secos.

4. Clima Seco Desértico (BWk):

- **Distribución:** Predomina en las llanuras orientales y áreas bajas como la Depresión de los Huarpes.
- **Características:** Este clima presenta temperaturas extremas, con veranos muy calurosos e inviernos fríos. La precipitación anual es muy baja, lo que limita significativamente la vegetación.
- **Riesgos asociados:** Falta de agua, expansión de zonas desérticas y problemas de salinización de suelos.

Riesgos Climáticos y Zonas Críticas

1. Desertificación y Salinización:

- **Zonas críticas:** Depresión de los Huarpes, Santa Rosa, y La Paz.
- **Impactos:** La baja disponibilidad hídrica y el uso intensivo del suelo agravan la degradación y salinización de tierras.

2. Riesgo Hídrico:

- **Zonas críticas:** Áreas de alta montaña con glaciares (Aconcagua, Cordón del Plata).
- **Impactos:** La pérdida de glaciares afecta las reservas de agua para consumo humano, riego y generación de energía.

3. Tormentas Estivales y Aluviones:

- **Zonas críticas:** Piedemonte (Gran Mendoza, Luján de Cuyo).
- **Impactos:** Las lluvias concentradas generan inundaciones y aluviones que afectan infraestructura y poblaciones.

4. Riesgos Asociados al Cambio Climático:

- **Zonas críticas:** Todas las mencionadas, con énfasis en regiones montañosas y áridas.

- **Impactos:** Aumento en la frecuencia e intensidad de sequías, reducción de caudales de ríos, y mayor vulnerabilidad en áreas agrícolas.

La planificación hídrica en Mendoza es fundamental para garantizar la conservación de las reservas de agua en las zonas más críticas, considerando la importancia de los glaciares como fuentes hídricas esenciales. Es prioritario implementar medidas específicas que promuevan la protección de estas reservas naturales, así como optimizar los sistemas de riego para reducir pérdidas y maximizar la eficiencia en el uso del recurso hídrico, especialmente en el contexto de un clima árido y cambiante.

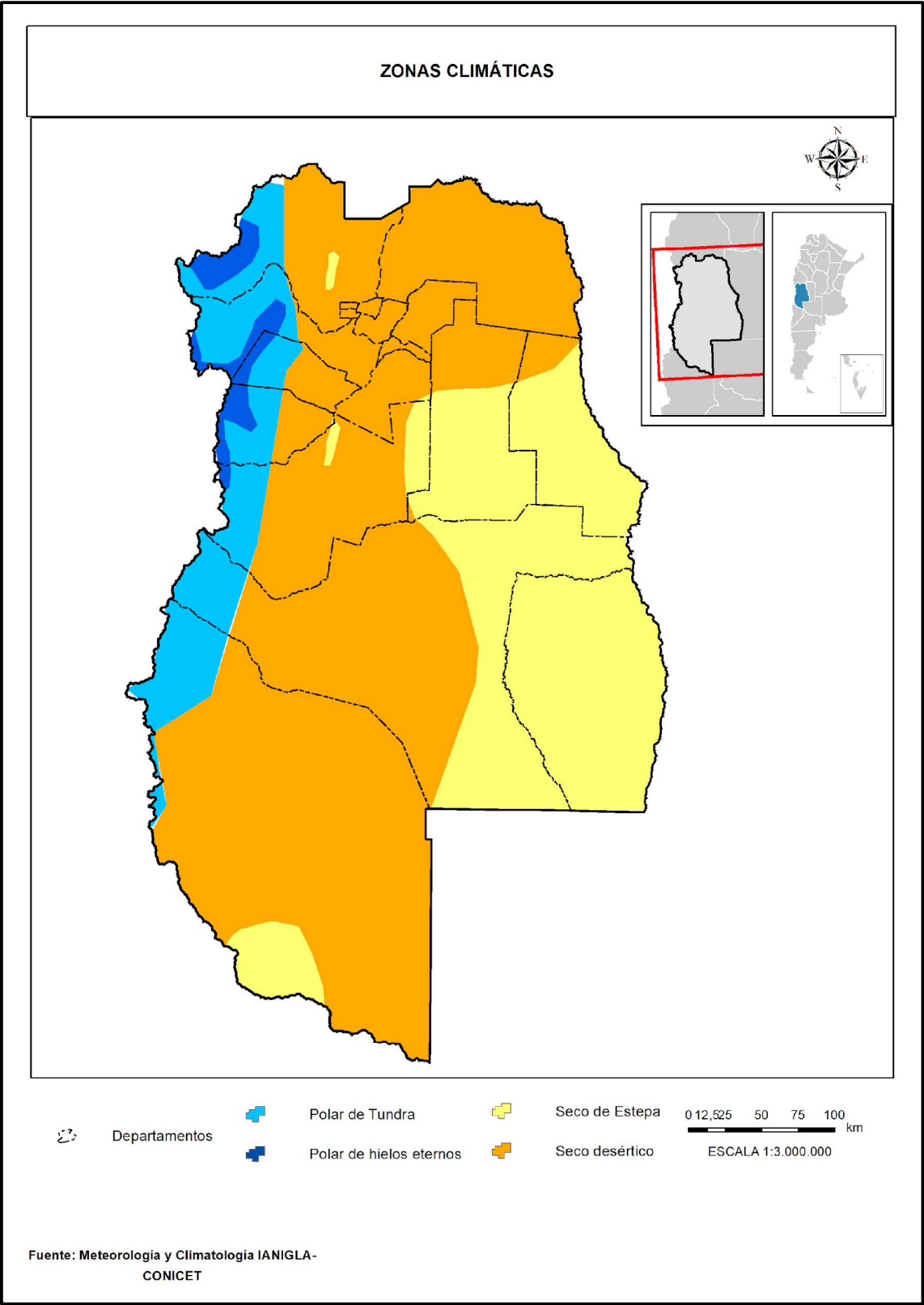
El monitoreo de riesgos constituye otra estrategia clave. Establecer sistemas de alerta temprana para fenómenos como aluviones o tormentas estivales permite mitigar los impactos de estos eventos extremos. Estas herramientas no solo ayudan a proteger vidas humanas y bienes materiales, sino que también, proporcionan datos valiosos para la planificación y la prevención de desastres.

La zonificación sostenible se presenta como una herramienta esencial para el ordenamiento territorial en Mendoza. Es necesario delimitar áreas que, debido a su alta vulnerabilidad climática, no sean aptas para actividades como la urbanización o el cultivo. Esto asegura que se minimicen los impactos negativos en regiones sensibles, preservando tanto los ecosistemas como los recursos naturales.

Finalmente, la promoción de tecnologías verdes es crucial para adaptar la actividad humana a las condiciones de aridez de la región. Fomentar el uso de cultivos resistentes a la sequía y la adopción de energías renovables, como la solar, no solo contribuirá a un desarrollo más sostenible, sino que también ayudará a enfrentar los retos asociados al cambio climático y la disponibilidad de recursos en el futuro.

Estas acciones integradas refuerzan la resiliencia de Mendoza frente a las adversidades climáticas y aseguran un uso equilibrado de su territorio y recursos. En la siguiente ilustración se observa la zonificación climática de la provincia.

Se observa que la zonificación es predominantemente Norte-Sur. El mayor porcentaje de la población ubicada en el Gran Mendoza se encuentra en la zona de “seco-desértico”, lo que implica un desafío principalmente en la gestión del agua.



Zonas climáticas

4.2 Caudal medio anual

Fundamentación conceptual: es un indicador clave para la gestión de recursos hídricos en Mendoza, una región que depende en gran medida de sus ríos para el abastecimiento de agua. También refleja las variaciones estacionales y anuales en la disponibilidad de agua, indispensable para la gestión del riego y la sostenibilidad de los ecosistemas locales.

Objetivo: Conocer las variaciones estacionales, que dependen del régimen de precipitaciones con el objetivo de garantizar el uso sostenible de los recursos hídricos, minimizar el impacto ambiental y asegurar una gestión eficiente del agua de los principales ríos de Mendoza.

Metodología: Se lleva a cabo un análisis temporal de los datos obtenidos con el objetivo de observar la variación del caudal de los diferentes ríos de Mendoza.

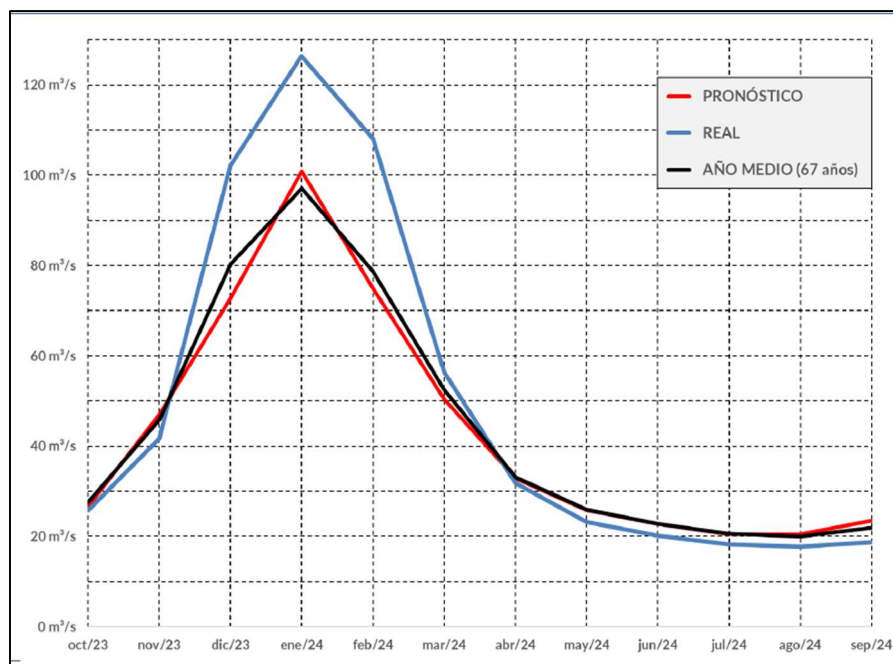
Fuente: Departamento General de Irrigación (DGI).

Análisis de datos

A continuación, se presenta una serie de gráficos extraídos del informe de pronóstico 2024/2025 presentado en octubre de 2024 por el Departamento General de Irrigación de la provincia de Mendoza.

Cuenca del Río Mendoza

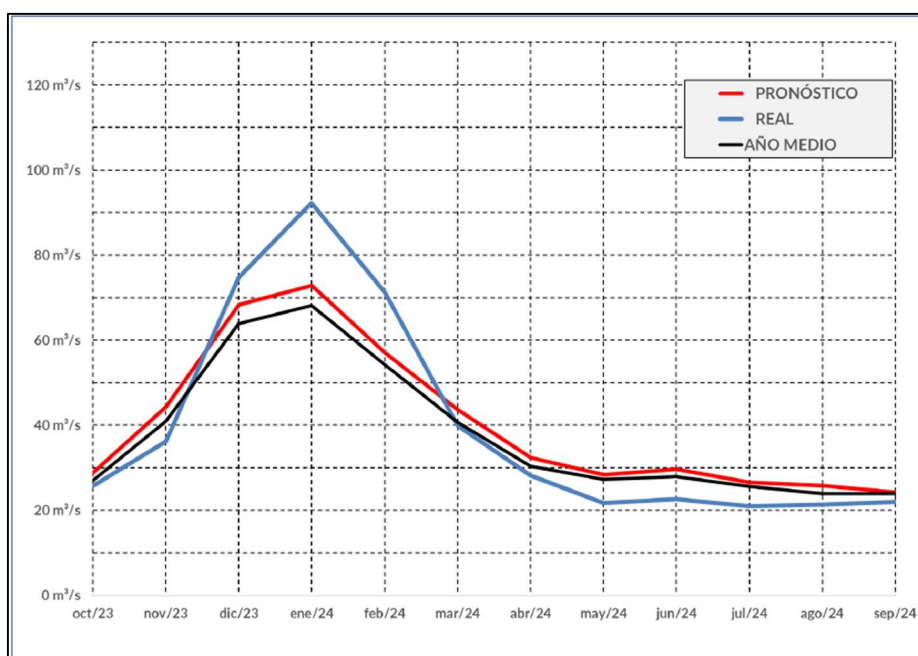
En la cuenca del río Mendoza se observa un aumento en el caudal mensual de más de 28 m³/s con respecto a la media histórica en el mes de enero de 2024. Entre los meses de noviembre y marzo existe una diferencia positiva con respecto a la media histórica, mientras que en el resto del año se percibe muy poca diferencia.



Caudal medio mensual Sección Aforo Guido- Cuenca del Río Mendoza. DGI 2024

Cuenca del Río Tunuyán

En esta cuenca se observa un caudal medio mensual con poca diferencia entre el histórico y real, con excepción de los meses de diciembre, enero y febrero en los cuales se identifica un aumento del caudal real.



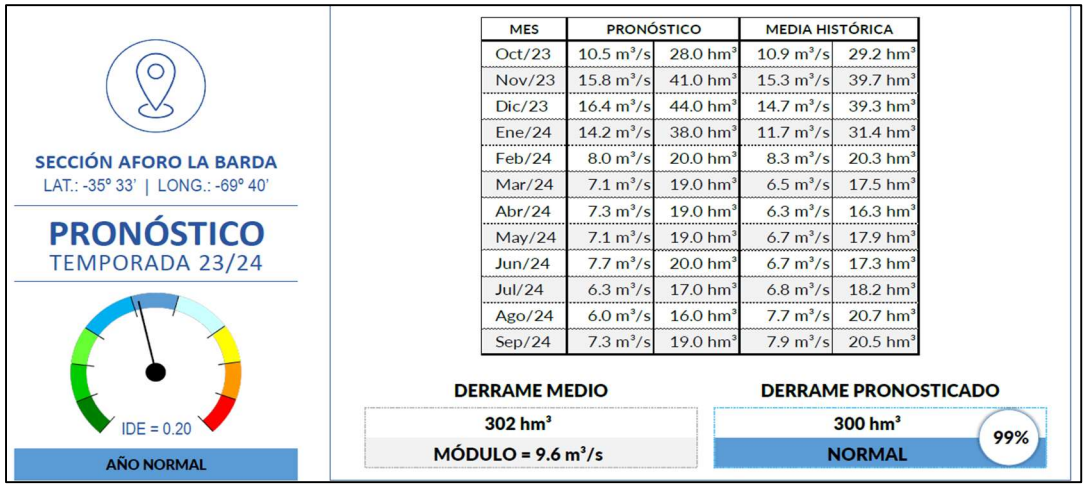
Caudal medio mensual Río Tunuyán y arroyos. DGI 2024

Cuenca del Río Diamante

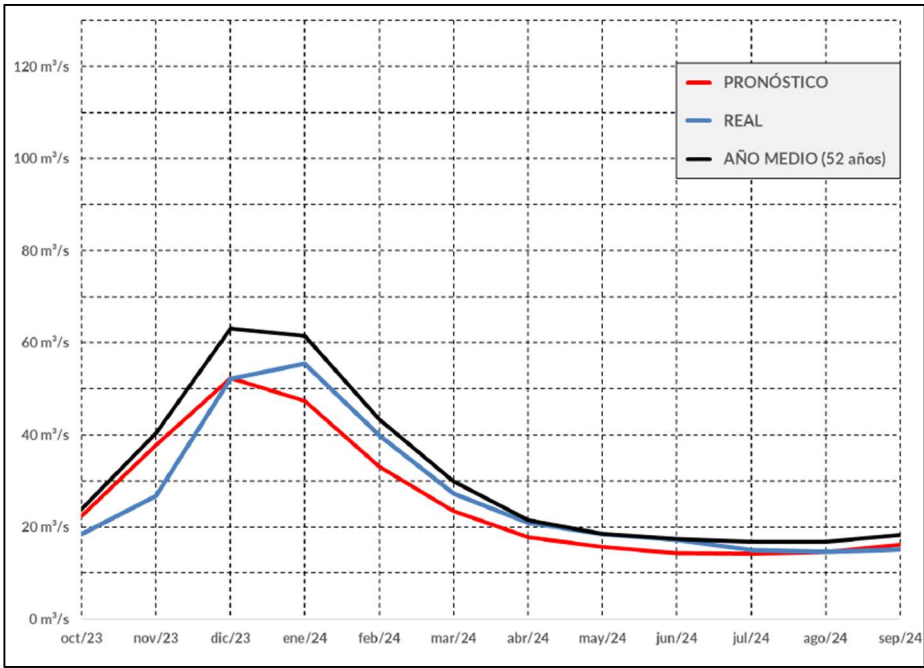
El caudal medio mensual en la cuenca del Río Diamante se mantiene similar en todo el período estudiado, sin embargo, se observa una disminución del caudal mensual respecto del histórico, principalmente entre los meses de octubre 2023 y enero 2024.

Cuenca Río Malargüe

Los datos obtenidos en el aforo La Barda evidencia un caudal mensual real muy similar al histórico, con un máximo registrado de 16.4 m3/s en diciembre de 2023.



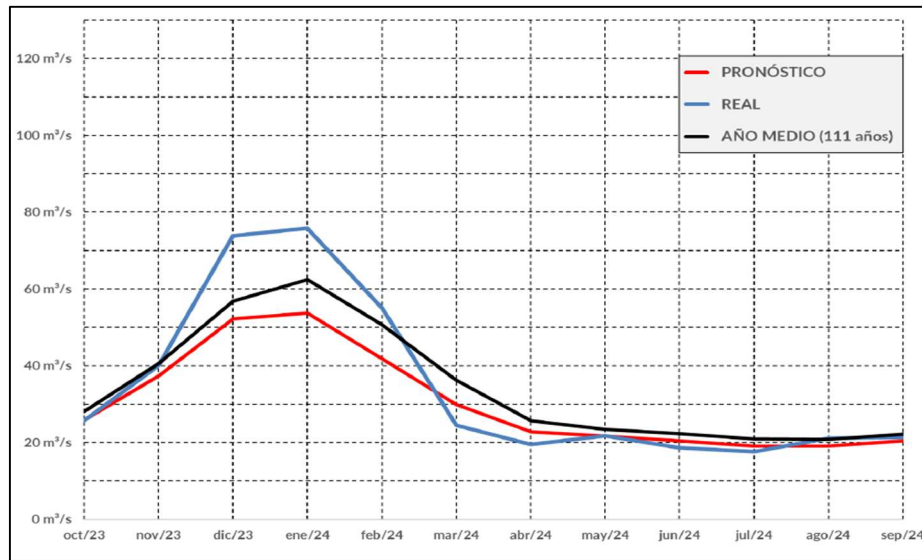
Situación actual Sección Aforo La Barda. DGI 2024



Caudal medio mensual Sección Aforo La Jaula. DGI 2024

Cuenca Río Atuel

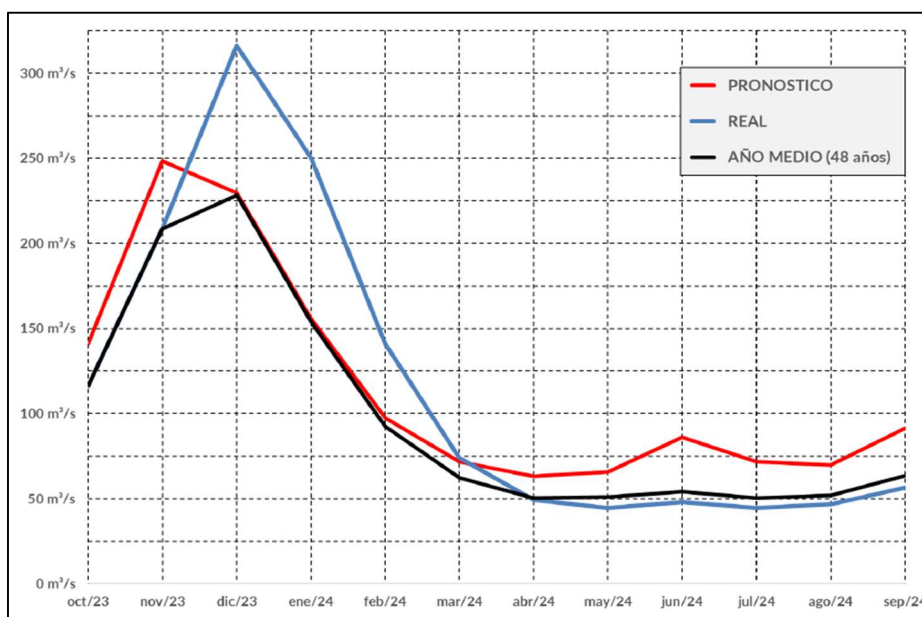
La situación actual en la cuenca del Río Atuel en el periodo octubre 2023-septiembre 2024 muestra un aumento en el caudal mensual real entre nov-23 y feb-24 siendo el resto del año similar a la media histórica.



Situación actual Sección Aforo La Angostura. DGI 2024

Cuenca Río Grande

El estudio de la cuenca del Río Grande denota un buen año para este sector con un caudal mensual real para diciembre 2023 mayor a los 300m³/s, mientras que el histórico se posiciona alrededor de los 225 m³/s.



Situación actual Sección Aforo La Gotera. DGI 2024

La infografía a continuación, extraída del sitio oficial de DGI, clasifica cada cuenca según la abundancia de derrames por año. De su lectura surge que, en los últimos 25 años, se han registrado 11 años con sequía en Mendoza, concentrándose 6 de ellos en la última década.



Fuente: Departamento General de Irrigación

4.3 Índice de precipitación media anual y estándar

Fundamentación conceptual: La precipitación media anual es un indicador clave en hidrología que representa la cantidad promedio de precipitación que cae en un área específica durante un año. Este valor se obtiene a partir de datos de estaciones meteorológicas y se utiliza para evaluar el clima de una región, así como para la planificación de recursos hídricos y la gestión ambiental. La precipitación media se calcula sumando las precipitaciones registradas en un periodo determinado y dividiendo el total por el número de años considerados.

Por otro lado, la precipitación estándar se refiere a la variabilidad de la precipitación media anual. Se puede medir a través de la desviación estándar, que indica cuánto varían las precipitaciones anuales respecto a la media. Este análisis es crucial para entender la estabilidad del clima en una región y para prever eventos extremos, como sequías o inundaciones.

Objetivo: Ambos conceptos son fundamentales para la gestión de recursos hídricos, la agricultura y la planificación urbana, ya que permiten a los científicos y planificadores anticipar cambios en el clima y sus posibles impactos en el medio ambiente y la sociedad.

Metodología: La metodología para calcular la precipitación media anual consiste en seleccionar estaciones meteorológicas representativas, recopilar datos de precipitación a lo largo del año, sumar las precipitaciones registradas y dividir el total por el número de años disponibles. Luego, se analiza la consistencia de los datos y se presentan los resultados en informes o gráficos, lo que ayuda a comprender el comportamiento climático de una región y a tomar decisiones en gestión de recursos hídricos.

Fuente: Cátedra de Hidrología de Facultad de Ciencias Agrarias, Red Hidrometeorológica Telemétrica y Sistema de Alerta Hidrológica del Gran Mendoza dependiente del Instituto Nacional del Agua (INA). Dirección de Agricultura y Contingencias Climáticas (DACC).

Análisis de los datos

Mendoza se caracteriza por un régimen de precipitaciones marcadamente desigual y escaso, influenciado principalmente por su ubicación geográfica al pie de la Cordillera de los Andes y la circulación atmosférica predominante.

El clima árido domina en la mayor parte del territorio, con lluvias concentradas en los meses estivales (de noviembre a marzo), generalmente en forma de tormentas convectivas. Estas precipitaciones son intensas pero de corta duración, lo que favorece la ocurrencia de escorrentías superficiales y aluviones, especialmente en áreas con pendientes pronunciadas y suelos poco cohesionados.

En las zonas de mayor altitud, como la Cordillera Principal, las precipitaciones aumentan debido al efecto orográfico, y suelen ocurrir en forma de nieve, constituyendo una reserva hídrica esencial. La acumulación de nieve en invierno es clave para la disponibilidad de agua en la temporada de deshielo, ya que alimenta los ríos que abastecen a la provincia. Este recurso es vital para las actividades económicas, principalmente la agricultura bajo riego, que representa el sustento de una importante porción de la población y la economía regional.

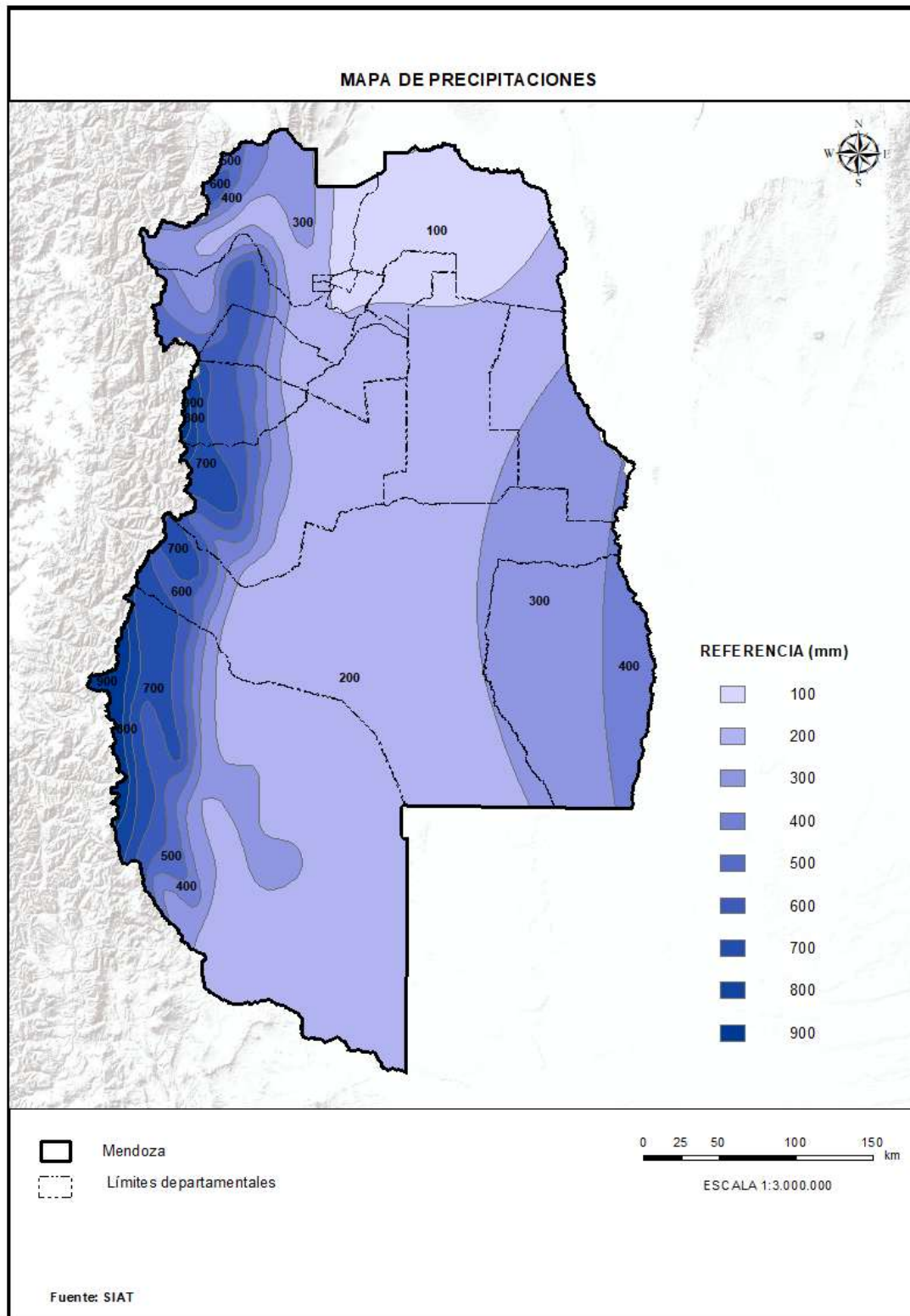
El déficit hídrico es una característica distintiva de Mendoza, donde la evapotranspiración supera con creces las precipitaciones anuales en la mayoría de las áreas. Este fenómeno genera condiciones de aridez extrema en sectores como el este y el sur provincial, obligando a una gestión hídrica estricta y eficiente. Además, las precipitaciones irregulares y las tormentas intensas aumentan la vulnerabilidad a fenómenos como aluviones e inundaciones locales.

Los riesgos asociados a este régimen de precipitaciones incluyen la erosión de suelos en áreas desprotegidas, aluviones en zonas de piedemonte y las crecientes en ríos temporales. Para abordar estos desafíos, es crucial

implementar medidas como la conservación de suelos, la protección de áreas de captación hídrica y el desarrollo de sistemas de alerta temprana.

El mapa de precipitaciones muestra las zonas de precipitación a través de isoyetas, que son líneas que conectan áreas con niveles de precipitación iguales. Los diferentes tonos de azul reflejan diversas cantidades de precipitación en milímetros, brindando información sobre la distribución de la lluvia en el área representada.

Los mínimos representados se observan principalmente en los departamentos de Lavalle, San Martín y Maipú con un promedio anual de 100 mm. Por otra parte, los rangos de precipitaciones máximas se encuentran entre los 600-900 mm y corresponden a sectores de la cordillera, principalmente en forma de precipitación nival. Gran parte del territorio provincial posee una precipitación media anual entre los 100 y 300 mm.



Precipitaciones en la provincia de Mendoza

4.4 Análisis de Riesgo Climático

Fundamentación conceptual

Con el objetivo de analizar el riesgo y vulnerabilidad climática se llevó a cabo un resumen de lo expuesto respecto a la temática en el “Inventario de Gases de Efecto Invernadero y Análisis de Riesgo y Vulnerabilidades Climáticas como parte del Plan Provincial de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático realizado por ICLEI y CFI (Gobiernos Locales por la Sustentabilidad Argentina y Consejo Federal de Inversiones respectivamente).

En el marco del Análisis de Riesgos y Vulnerabilidades Climáticas (ARVC) realizado para la provincia de Mendoza, el concepto de amenaza se refiere a la posible ocurrencia de eventos físicos, meteorológicos o climáticos que pueden generar impactos adversos sobre los sistemas humanos y naturales. Según el enfoque del IPCC (2014), el riesgo climático se construye a partir de la interacción entre tres componentes: la amenaza (peligro físico), la exposición (grado en que los sistemas humanos o naturales están ubicados en áreas susceptibles) y la vulnerabilidad (susceptibilidad al daño y capacidad de respuesta). Las amenazas asociadas al cambio climático no son aisladas, sino que se ven potenciadas por procesos sociales, económicos y ecológicos que aumentan la sensibilidad de ciertos sectores y regiones.

Objetivo

El principal objetivo de esta caracterización fue identificar y describir las amenazas climáticas actuales que afectan a la provincia de Mendoza, con el fin de orientar políticas públicas de adaptación. Esta caracterización permite comprender qué eventos representan un mayor riesgo, a quiénes afectan y de qué manera, para así diseñar medidas eficaces de preparación, respuesta y resiliencia. Asimismo, aporta una base fundamental para la evaluación posterior de los componentes del riesgo climático (exposición y vulnerabilidad) en el territorio provincial.

Metodología

La identificación de amenazas se desarrolló mediante un enfoque mixto que combinó:

- La recolección de información local a través de talleres participativos con los equipos técnicos de los 18 departamentos de la provincia.
- La revisión y análisis de registros históricos del Servicio Meteorológico Nacional.

- El uso de bibliografía científica y documentos oficiales.
- La validación cruzada con información brindada por referentes provinciales y departamentales.

El trabajo se enmarcó en el diagrama de riesgos del IPCC (2014), que promueve una evaluación integral, considerando tanto las condiciones ambientales como las sociales del territorio. A través de este proceso se definieron las amenazas más relevantes en función de su frecuencia, intensidad, alcance territorial y nivel de afectación sobre la población, las infraestructuras y los sistemas productivos.

Análisis de datos

Se identificaron seis amenazas climáticas significativas para Mendoza:

- Viento Zonda: fenómeno estacional que se presenta entre mayo y noviembre. Se trata de un viento cálido, seco y de alta velocidad (hasta 110 km/h) que incrementa el riesgo de incendios forestales, provoca daños en infraestructura eléctrica y edilicia, afecta la salud respiratoria y cardiovascular, y representa una amenaza directa para los barrios populares por la precariedad de las construcciones.
- Sequía y escasez hídrica: vinculada a la reducción de precipitaciones nivales y al retroceso de glaciares. Se agrava por el aumento de la isoterma 0°C, lo cual genera deshielos más tempranos. Esta amenaza compromete el abastecimiento de agua potable, el riego agrícola, la generación hidroeléctrica y la conservación de ecosistemas hídricos.
- Altas temperaturas y olas de calor: los registros muestran un aumento sostenido de la temperatura media anual en gran parte de la provincia. Las olas de calor tienen impactos negativos sobre la salud, especialmente en población vulnerable (niños, adultos mayores), generan estrés térmico en cultivos y ganadería, y contribuyen a la pérdida de biodiversidad.
- Precipitaciones extremas: aunque el régimen de lluvias es generalmente escaso, se han registrado eventos intensos que superan la capacidad de infiltración del suelo y la infraestructura urbana, provocando inundaciones repentinas, daños en caminos y cortes de servicios básicos. Estas precipitaciones pueden derivar en aluviones en zonas montañosas.
- Granizo: fenómeno recurrente en el centro y sur de la provincia, afecta principalmente a los sistemas agrícolas. Produce pérdidas económicas considerables y daña viviendas precarias, techos, vehículos y arbolado urbano.
- Heladas meteorológicas: su ocurrencia fuera de temporada impacta negativamente en cultivos sensibles y puede provocar interrupciones productivas. Además, en condiciones de escasa humedad vegetal, incrementa el riesgo de incendios rurales.

Como parte del análisis integral del riesgo climático, se evaluó la vulnerabilidad social de la provincia de Mendoza mediante el uso del Índice de Vulnerabilidad Social (IVS) elaborado en la Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático (SAyDS, 2015). Este índice se construyó teniendo en cuenta tres dimensiones o condiciones: sociales, habitacionales y económicas. En el cuadro a continuación se detalla cada indicador:

Tabla 2. Dimensiones e indicadores del IVS. Fuente: ICLEI, 2024

Dimensiones	Indicadores
Condiciones Sociales	Analfabetismo
	Mortalidad infantil
	Población de 65 y más años
Condiciones habitacionales	Hacinamiento crítico
	Falta de acceso a red pública de agua potable
	Falta de acceso a desagües cloacales
	Desocupados
Condiciones económicas	Nivel Educativo de los jefes de Hogar de Familia
	Hogares sin cónyugue

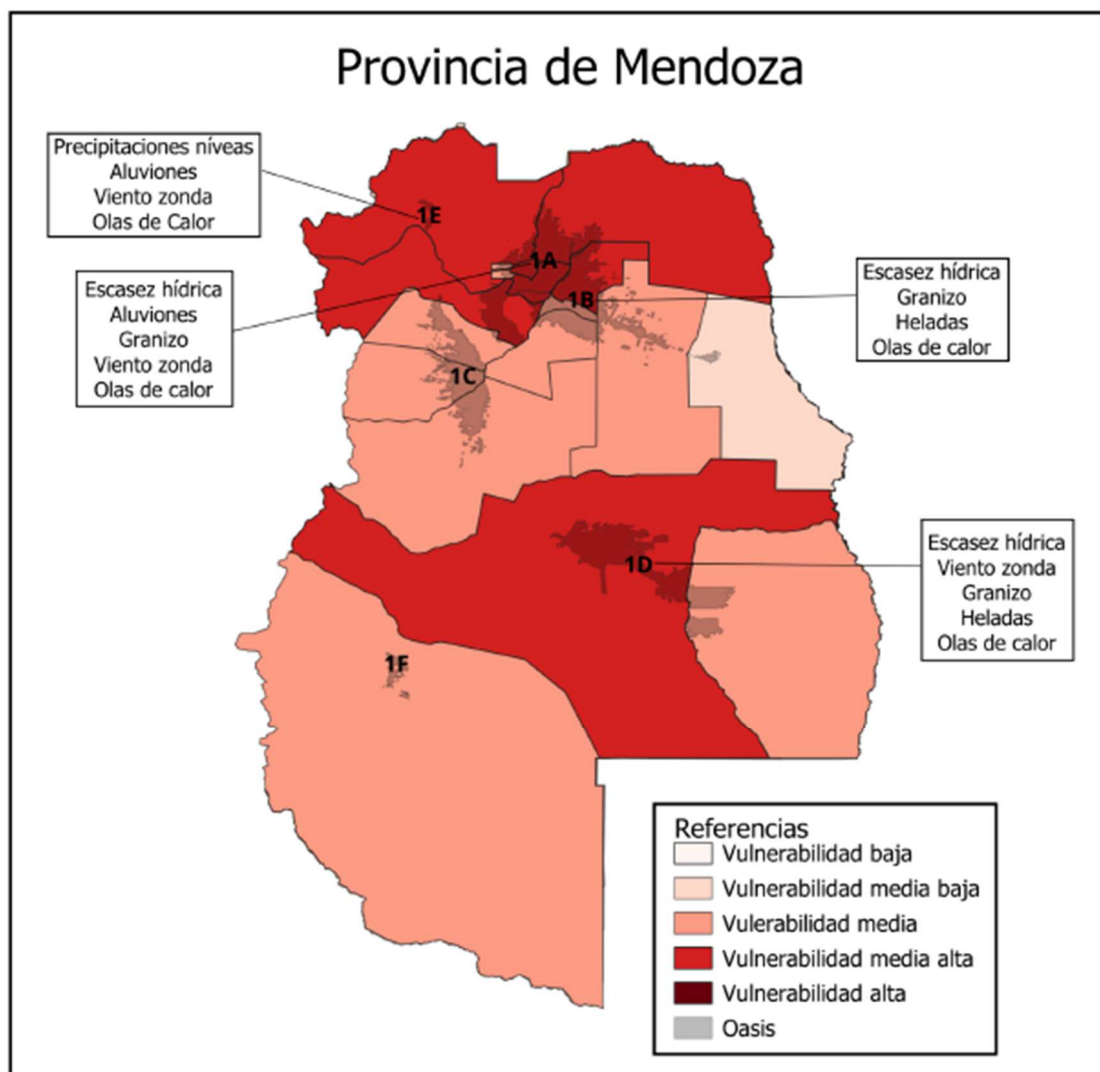
Las áreas con mayor vulnerabilidad social corresponden a aquellos lugares donde la población cuenta con menos capacidad de respuesta, anticipación y recuperación a los eventos climáticos extremos.

Resultados

Las amenazas climáticas afectan al territorio de forma diferencial. Por ejemplo, el viento Zonda es más común en zonas precordilleranas, mientras que la sequía tiene efectos generalizados en los oasis productivos. Las precipitaciones

extremas y el granizo afectan principalmente zonas urbanas y periurbanas, mientras que las heladas impactan en áreas agrícolas. Los sectores más vulnerables a estas amenazas son los barrios populares, comunidades rurales, unidades productivas de pequeña escala, infraestructura crítica y ecosistemas sensibles. La caracterización evidencia la necesidad de planificar la adaptación climática desde un enfoque territorial e inclusivo, que priorice la protección de la población más expuesta y promueva la resiliencia ambiental y productiva.

Los resultados del IVS para Mendoza indican que los 18 departamentos presentan niveles de vulnerabilidad entre media-baja y media-alta, sin que se registren casos en los extremos (muy baja o muy alta). Las zonas con mayor vulnerabilidad se localizan principalmente en la región metropolitana (norte de la provincia) y en el departamento de San Rafael, al sur. Estas áreas concentran una proporción significativa de población con menores capacidades para anticiparse, responder y recuperarse ante eventos climáticos extremos.



El oasis 1A abarca el 63% de la población de los seis departamentos de la región metropolitana de Mendoza y constituye un área estratégica para el desarrollo industrial, turístico, comercial, minero y de servicios administrativos provinciales. Sin embargo, enfrenta una seria limitación relacionada con la escasa disponibilidad del recurso hídrico, intensificada por la presión de las actividades productivas. A esto se suma el avance de la urbanización hacia la zona pedemontana, lo que incrementa la exposición de la población a eventos de aluviones. Además, este oasis es afectado por fenómenos como el granizo y el viento zonda, este último con la capacidad de potenciar otros peligros como los incendios forestales.

Hacia el este se ubica el oasis 1B, caracterizado por una población densa y concentrada. Esta región es el corazón de la vitivinicultura nacional, con una fuerte presencia de agroindustrias y un uso intensivo del recurso hídrico. Las principales amenazas que enfrenta este oasis son la escasez hídrica, el granizo y las heladas, que afectan tanto a las zonas urbanas como rurales.

En el noroeste de la provincia se encuentra el oasis 1E, una zona con alta densidad poblacional y un crecimiento sostenido de las actividades productivas y turísticas en los últimos 20 años. Este oasis se ve condicionado por un clima hostil, donde las precipitaciones niveas ocasionan cortes de caminos, mientras que el riesgo de aluviones es significativo y el viento zonda atraviesa los valles donde se asientan estas actividades.

El oasis 1D, ubicado mayormente en el departamento de San Rafael, también presenta alta densidad poblacional. Las actividades económicas ejercen una gran presión sobre los recursos hídricos, cuya disponibilidad se ve comprometida por episodios de sequía extrema. Este oasis también sufre con frecuencia los efectos del viento zonda, el granizo y las heladas.

Las olas de calor representan un riesgo transversal que afecta a todos los oasis, riesgo que se ve amplificado por las superficies pavimentadas de las áreas urbanas. Según datos del Sistema Meteorológico Nacional (2024), en la región de Cuyo se ha registrado una tendencia creciente en la cantidad de eventos de olas de calor, especialmente entre los meses de octubre y marzo, durante el período 1961/62-2022/23. Esta evolución refuerza la necesidad de considerar este fenómeno como una amenaza climática creciente y relevante para la planificación territorial y la salud pública.

Esta situación refuerza la necesidad de considerar la dimensión social del riesgo climático, priorizando acciones en los territorios donde se combinan una alta exposición a amenazas y una baja capacidad adaptativa. Asimismo, se destaca la importancia de fortalecer los sistemas de protección social, mejorar la infraestructura básica, y promover la inclusión socioeconómica como estrategias clave de adaptación al cambio climático en la provincia.

5. FACTORES ECOLÓGICOS

5.1 Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada NDVI

El NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada) es un indicador clave para monitorear la vegetación y la salud del ecosistema. Se calcula utilizando la diferencia entre las bandas del espectro visible e infrarrojo cercano de las imágenes satelitales, permitiendo identificar la cantidad y el vigor de la vegetación en una superficie. Un valor alto de NDVI indica una cobertura vegetal densa y saludable, mientras que valores bajos reflejan vegetación escasa o en mal estado.

La importancia del NDVI radica en su capacidad para ofrecer información precisa sobre la cobertura vegetal y su evolución en el tiempo. Esto es fundamental para la planificación territorial, la gestión de recursos naturales y la toma de decisiones en áreas como la agricultura, la silvicultura y la preservación ambiental. Permite a los organismos públicos monitorear la degradación del suelo, los efectos del cambio climático y diseñar políticas de sostenibilidad adaptadas a cada región.

Debido a la importancia estratégica del Cinturón Verde de Mendoza, se llevó a cabo un análisis del NDVI en esta zona, con el objetivo de visualizar los cambios en la cobertura vegetal.

Metodología de Cálculo

Características del Índice:

- Se basa en cómo refleja la energía y la luz. Usa las bandas infrarrojas cercana y roja del espectro electromagnético para estimar un indicador adimensional entre -1 y 1.
- Señala el verdor, densidad y salud de la vegetación en cada píxel de una imagen de satélite

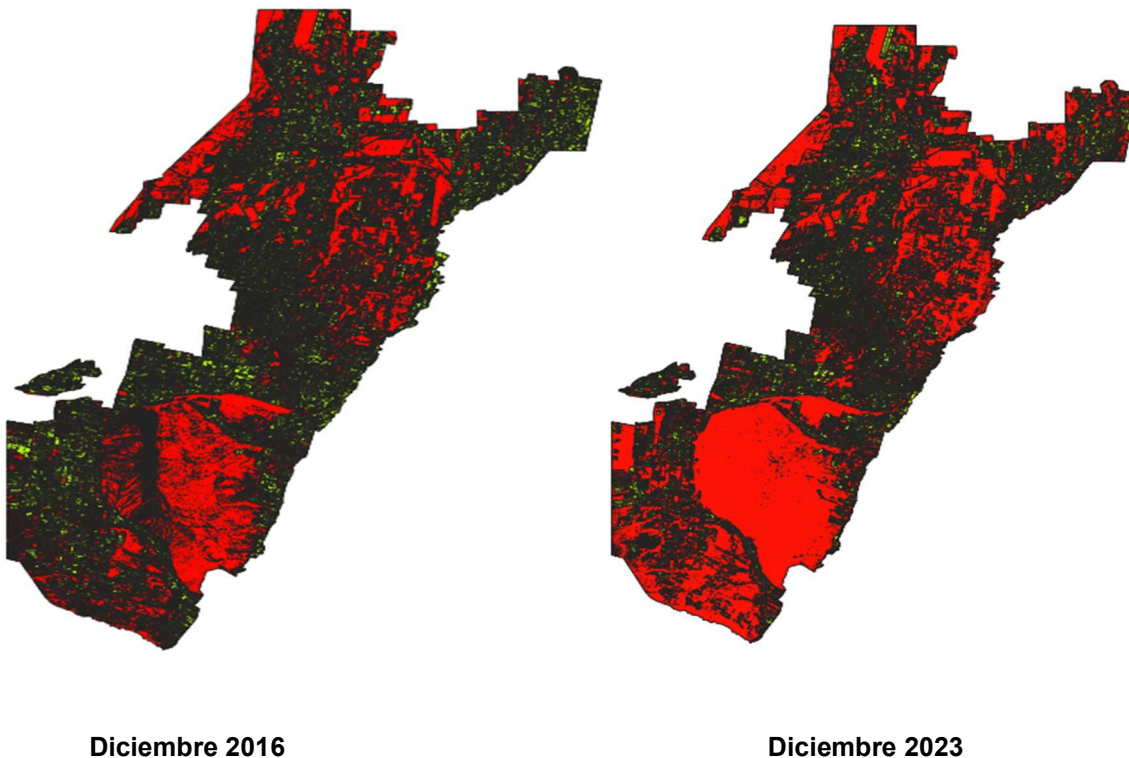
- Revela cómo la expansión urbana incide en los espacios verdes, elementos vitales para la sostenibilidad urbana.
- Sirve para observar el estado hídrico del cultivo, identificar déficit y saturación de humedad en el cultivo.

Para realizar el estudio NDVI, se utilizó una calculadora raster para clasificar la vegetación en función de distintos umbrales de NDVI. La metodología consistió en asignar cada valor de NDVI a una categoría de cobertura vegetal. Primero, se calcularon los valores de NDVI utilizando imágenes satelitales de diciembre de 2016 y diciembre de 2023, combinando las bandas roja e infrarroja. Luego, se establecieron los siguientes rangos en la calculadora:

NDVI < 0.2: Suelo desnudo, indicando áreas sin vegetación significativa.
 0.2 ≤ NDVI < 0.5: Vegetación escasa, donde la cobertura vegetal es limitada.
 0.5 ≤ NDVI < 0.7: Vegetación moderada, con una cobertura vegetal intermedia.
 NDVI ≥ 0.7: Vegetación densa, representando áreas de alta concentración de biomasa.

Esta clasificación permitió identificar y mapear visualmente diferentes tipos de cobertura en ambas fechas, facilitando así la comparación de la evolución de la vegetación en el período analizado. De esta manera, se pueden evaluar cambios en la cobertura vegetal y su impacto en la gestión del territorio y en la salud ambiental.

NDVI en el Polígono del Cinturón Verde de Mendoza



Referencia	Clasificación	2016 Superficie (ha)	2023 Superficie (ha)
1	Suelo desnudo	144.078,96	180.342,72
2	Vegetación Escasa	116.713,83	85.279,84
3	Vegetación moderada	9.498,33	4.349,81
4	Vegetación Densa	80,47	5,49

Con algún tipo de vegetación en el 2016: 126.292,63 Hectáreas

Con algún tipo de vegetación en el 2023: 89.635,14 Hectáreas

Conclusión

La evolución del cinturón verde en Mendoza entre 2016 y 2023 muestra una clara disminución en la cantidad y calidad de la cobertura vegetal. La superficie de suelo desnudo aumentó significativamente, pasando de 144.078,96 hectáreas en 2016 a 180.342,72 hectáreas en 2023, lo que representa un incremento del 25%. Por otro lado, las áreas con vegetación escasa se redujeron de 116.713,83 hectáreas a 85.279,84 hectáreas, evidenciando una pérdida del 27%. Esta reducción también se refleja en las áreas de vegetación moderada, que disminuyeron en un 54%, de 9.498,33 hectáreas en 2016 a solo 4.349,81 hectáreas en 2023. Finalmente, las áreas de vegetación densa prácticamente desaparecieron, bajando de 80,47 hectáreas en 2016 a 5,49 hectáreas en 2023, lo que representa una pérdida del 93%.

Estos datos sugieren un proceso de degradación ambiental y un retroceso en la calidad de la cobertura vegetal, lo cual podría estar vinculado a la expansión urbana, cambios en el uso del suelo, escases hídrica y/o factores climáticos. Es fundamental diseñar estrategias de conservación y recuperación para revertir esta tendencia y proteger los servicios ecosistémicos que brinda el cinturón verde.

Error en el cálculo

Al realizar el cálculo del NDVI en el cinturón verde, es importante reconocer que existen márgenes de error inherentes al proceso. Estos errores pueden deberse a factores como la resolución de las imágenes satelitales, las variaciones en la reflectancia debido a las condiciones atmosféricas, y la heterogeneidad de los suelos y la vegetación. Además, el NDVI refleja únicamente la presencia y densidad de vegetación sin diferenciar tipos específicos, lo que puede generar interpretaciones ambiguas en zonas de transición o con baja cobertura vegetal.

En el análisis, también se identificaron áreas dentro del cinturón verde que no necesariamente corresponden a zonas frutihortícolas o productivas, sino que comprenden áreas con vegetación natural, como parches de especies nativas. La comparación entre los años 2016 y 2023 revela que varias de estas áreas han sufrido un deterioro notable, e incluso han desaparecido en su totalidad en 2023. Esta pérdida de vegetación natural indica un proceso de transformación del paisaje, posiblemente asociado con la expansión urbana o el cambio en el uso del suelo, afectando no solo la productividad agrícola, sino también la biodiversidad y los servicios ecosistémicos de la región (Dirección de Planificación, Subsecretaría de Infraestructura y Desarrollo Territorial, 2024).

5.2 Cuencas hidrográficas

Fundamentación conceptual: Las cuencas hidrográficas son áreas geográficas delimitadas donde toda el agua que cae en forma de precipitación se drena hacia un mismo cuerpo de agua, como un río, lago o embalse. Esta definición no solo resalta la importancia del agua como recurso vital, sino que también subraya la interconexión entre los diferentes componentes del ecosistema. La comprensión de las cuencas hidrográficas es fundamental para la gestión sostenible de los recursos hídricos, ya que estas áreas actúan como sistemas naturales que regulan el ciclo del agua, la calidad del suelo y la biodiversidad.

Objetivo: El objetivo de mapear cuencas hidrográficas es entender el comportamiento del agua en el paisaje, lo que ayuda en la planificación de recursos hídricos y en la prevención de inundaciones y sequías.

Metodología: La metodología para delimitar cuencas hidrográficas a partir de un Modelo Digital de Elevación (DEM) implica varios pasos clave que permiten transformar datos topográficos en información útil para la gestión de recursos hídricos.

A continuación, se describen los pasos principales:

1. Preparación del DEM: Antes de comenzar, es fundamental asegurarse de que el DEM esté correctamente procesado. Esto incluye la eliminación de errores, la corrección de artefactos y el recorte del DEM al área de estudio. Un DEM limpio y bien definido es crucial para obtener resultados precisos.
2. Generación de la Red de Drenaje: Utilizando herramientas de análisis de superficie, se puede generar una red de drenaje a partir del DEM. Esto se logra mediante algoritmos que identifican las pendientes y direcciones de flujo del agua. En software como ArcGIS o QGIS, se utilizan herramientas específicas para este propósito, como "Flow Direction" y "Flow Accumulation".
3. Delimitación de la Cuenca: Una vez que se ha generado la red de drenaje, se procede a delimitar la cuenca hidrográfica. Esto se puede hacer utilizando la herramienta de "Watershed" en el software GIS, que permite seleccionar un punto de salida (por ejemplo, un río o lago) y calcular el área que drena hacia ese punto.
4. Análisis de Resultados: Después de delimitar la cuenca, es importante realizar un análisis de los resultados. Esto puede incluir la evaluación de parámetros morfométricos, como el área de la cuenca, la longitud del río principal, y la pendiente media. Estos parámetros son esenciales para entender el comportamiento hidrológico de la cuenca.
5. Validación de la Cuenca: Finalmente, se recomienda validar los resultados obtenidos mediante la comparación con datos de campo o mapas existentes. Esto asegura que la delimitación sea precisa y que los datos sean confiables para su uso en estudios posteriores.

Esta metodología permite obtener una representación clara y precisa de las cuencas hidrográficas, lo que es fundamental para la planificación y gestión de recursos hídricos, así como para la evaluación de impactos ambientales y la prevención de desastres naturales.

Fuente: Modelo Digital de Elevación provisto por el Instituto Geográfico Nacional

Análisis de datos

Mendoza se organiza en diversas cuencas hidrográficas que estructuran su sistema hídrico. Cada una posee características específicas que responden a la geografía árida de la región.

Las principales cuencas y sus subcuencas son las siguientes:

1. Cuenca del Río Mendoza

Esta cuenca se divide en tres sectores principales: alta, media y baja cuenca. El río nace en la cordillera de los Andes y está regulado por el embalse Potrerillos. Su uso principal es para el riego, abastecimiento urbano e industrial en el Oasis Norte, el área metropolitana más importante de la provincia. Este oasis concentra el 65% de la población provincial, destacándose por la vitivinicultura y otras actividades agrícolas. En su tramo inferior, las aguas suelen infiltrarse, lo que permite el acceso a través de pozos profundos para el consumo.

2. Cuenca del Río Tunuyán

El río Tunuyán se divide en Tunuyán Superior e Inferior. Su cuenca abarca zonas agrícolas claves, con una regulación hídrica que incluye el dique El Carrizal. Este río es esencial para el riego de cultivos en el Oasis Centro, que abarca los departamentos de Tunuyán, San Carlos y Tupungato.

3. Cuenca del Río Diamante

El río Diamante se origina en el Glaciar Maipo y abastece al Oasis Sur, principalmente en los departamentos de San Rafael y General Alvear. La presa Los Reyunos y el embalse Agua del Toro son clave para generar energía hidroeléctrica y gestionar el agua para riego.

4. Cuenca del Río Atuel

El río Atuel es fundamental para el riego del Oasis Sur y el turismo en áreas como el Cañón del Atuel. Además, su cuenca incluye infraestructura como el embalse Valle Grande y el complejo hidroeléctrico Nihuil, que regula su caudal.

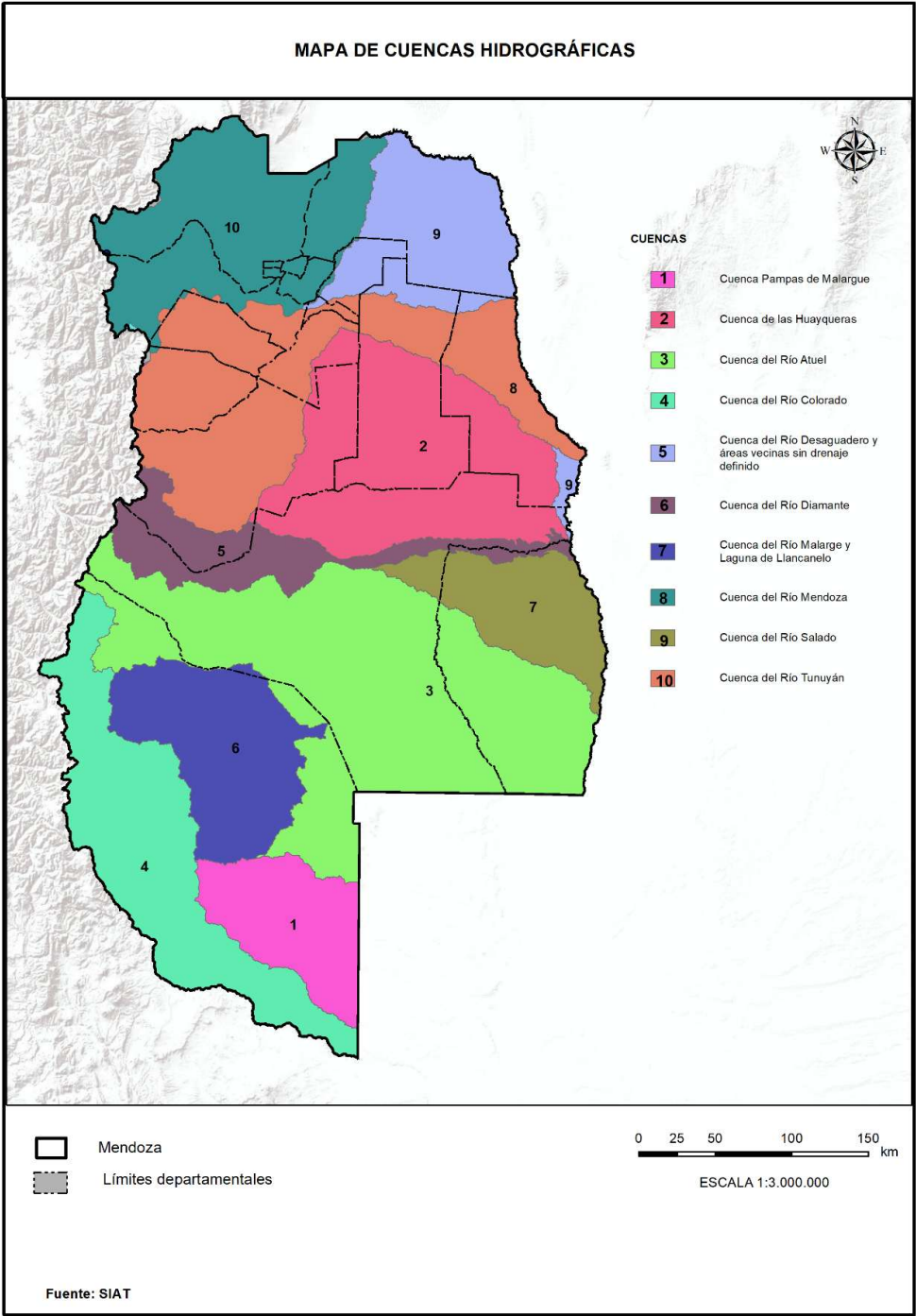
5. Cuenca del Desaguadero-Salado

Esta cuenca comprende varios ríos que confluyen en el río Desaguadero. Si bien tiene menor aprovechamiento hídrico, se destacan los bañados del Guanacache, un humedal con gran valor ambiental en el norte de la provincia.

Riesgos Asociados a las Cuencas y Gestión

La escasez hídrica es el principal riesgo en Mendoza debido a la irregularidad de las precipitaciones y al retroceso de los glaciares. Además, fenómenos como aluviones afectan la infraestructura y los cultivos, especialmente en zonas montañosas. Desde la perspectiva de la gestión, la regulación hídrica en Mendoza es estricta, priorizando el uso eficiente del agua mediante tecnología

de riego y normativas específicas. Sin embargo, es necesario reforzar la gestión integrada de las cuencas para enfrentar el cambio climático y proteger ecosistemas clave como los humedales de Guanacache.



Cuencas hidrográficas en la provincia de Mendoza

Teniendo en cuenta la complejidad de las variables de origen ecológicas, y la importancia de las mismas al momento de tomar decisiones en materia de Ordenamiento Territorial, se desarrollaron nuevas variables respecto del diagnóstico 2013:

5.3 Mapa de taxonomías de Suelo

Fundamentación conceptual: El mapa de suelos se basa en la taxonomía de los suelos, que clasifica y describe las diferentes unidades de suelo según sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Esta clasificación es fundamental para entender la capacidad de los suelos para soportar diferentes usos, como la agricultura, la construcción y la conservación del medio ambiente.

Objetivo: El objetivo de elaborar un mapa de suelos es proporcionar información detallada sobre la distribución y características de los suelos de la región. Esto permite a los planificadores y agricultores tomar decisiones informadas sobre el uso del suelo y la gestión de recursos naturales.

Metodología: Se recopila información de la taxonomía de Suelos provista por INTA teniendo en cuenta la publicación de *Soil taxonomy* de 1975.

Fuente: INTA

Análisis de datos

La taxonomía de los suelos de Mendoza, basada en la clasificación de la *Soil Taxonomy* (Soil Survey Staff, 1999), incluye varios órdenes de suelos que están estrechamente relacionados con las condiciones climáticas y geográficas de la región. Los principales órdenes presentes en Mendoza son los Aridisoles, Entisoles, y Molisoles, entre otros, y cada uno tiene implicaciones significativas para las actividades económicas de la provincia.

Aridisoles son suelos típicos de zonas áridas, dominantes en las regiones desérticas y semiáridas de Mendoza. Estos suelos, que cubren gran parte de Cuyo y el Noroeste argentino, son característicos de áreas con baja humedad y limitaciones para el crecimiento de vegetación. A pesar de su infertilidad natural, los Aridisoles pueden ser aprovechados en la agricultura bajo condiciones de riego. Sin embargo, la sobreexplotación o manejo inadecuado de estos suelos puede llevar a la desertificación. Mendoza, con su clima árido, depende del manejo sostenible de estos suelos para actividades como la viticultura y el cultivo de hortalizas, especialmente en áreas cercanas a cuerpos de agua (Ferrer, 2000; Moscatelli, 1998).

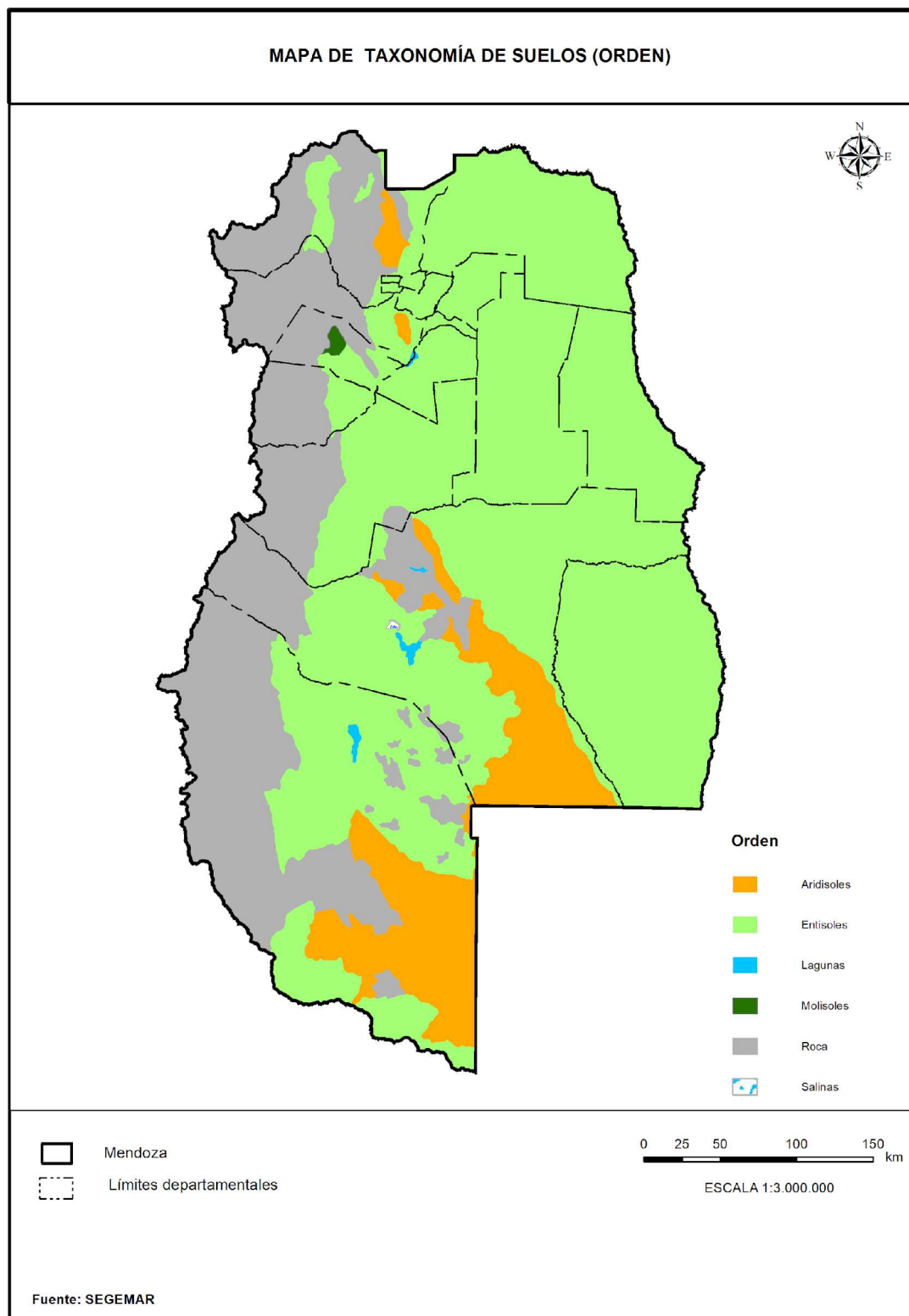
Entisoles, por su parte, son suelos jóvenes, poco desarrollados, que se encuentran comúnmente en las zonas de riego de Mendoza, particularmente a lo largo de los ríos que atraviesan la provincia. Estos suelos son adecuados para la agricultura intensiva y se utilizan principalmente para cultivos hortícolas y plantaciones forestales. La gestión eficiente del agua es esencial en estas áreas, ya que el riego excesivo o mal manejado puede afectar la calidad del suelo y su capacidad productiva.

Molisoles están presentes en áreas con suelos más ricos en materia orgánica y suelen encontrarse en zonas de planicie, donde los nutrientes se han acumulado. Sin embargo, son menos comunes en Mendoza debido a su mayor prevalencia en zonas de clima templado. En las áreas de Mendoza donde estos suelos se encuentran, especialmente en zonas de valles, su uso está relacionado principalmente con la agricultura y la ganadería, dado que son más fértiles y permiten una mayor variedad de cultivos.

La zonificación de suelos en Mendoza según la taxonomía implica una estrategia de manejo que debe considerar las características y limitaciones de cada tipo de suelo. La agricultura y la ganadería deben adaptarse a las propiedades del suelo para evitar procesos de desertificación o degradación. La viticultura, por ejemplo, ha mostrado una excelente adaptación a los Aridisoles mediante riego controlado, mientras que en los Entisoles, los cultivos hortícolas dependen más de prácticas agrícolas sostenibles.

Además de estos, en zonas más específicas de Mendoza, suelos como los Salinos y Vertisoles pueden tener un impacto relevante en la producción agrícola, especialmente en áreas de alta salinidad o con suelos muy arcillosos que son difíciles de trabajar sin un adecuado manejo de agua y nutrientes.

En términos de riesgos, los suelos de Mendoza son susceptibles a la erosión, la salinización y la desertificación, especialmente en áreas con Aridisoles y Entisoles mal manejados. Los agricultores y responsables de políticas deben considerar estos riesgos al planificar actividades económicas, fomentando el uso de técnicas de conservación de suelos, como la rotación de cultivos, el control de la erosión y la mejora del riego.



Taxonomía de Suelos (nivel Orden)

5.4 Análisis Flora y Fauna de la provincia

La provincia de Mendoza, presenta una notable diversidad de flora y fauna, adaptada a las variadas condiciones climáticas y geográficas de la región. A continuación, se detallan las características de las especies más emblemáticas, sus adaptaciones fisiológicas y las referencias correspondientes. Además, el cambio climático y el avance del oasis sobre la vegetación nativa (tanto urbanización como actividades económicas) impactan en la distribución de las especies, por lo que se detallan aquellas especies más vulnerables.

Mendoza se caracteriza por un clima árido, con precipitaciones anuales que rondan los 250 mm, alta insolación y suelos pobres en materia orgánica, salinos y pedregosos. Estas condiciones han llevado al desarrollo de ecosistemas específicos en diferentes altitudes:

Región de Llanuras y Piedemonte (Árida y Semiárida):

Predominan condiciones áridas con escasas precipitaciones (aproximadamente 250 mm anuales), alta insolación y suelos pobres en materia orgánica.

La vegetación está compuesta principalmente por especies xerófilas, adaptadas a la sequía. Entre ellas se encuentran:

- Jarilla (*Larrea divaricata*): Arbusto característico de la región, con hojas pequeñas y resinosas que reducen la pérdida de agua por transpiración.
- Algarrobo (*Prosopis chilensis*): Árbol de raíces profundas que le permiten acceder a fuentes subterráneas de agua y sus hojas compuestas disminuyen la exposición solar, reduciendo la evapotranspiración.
- Cactáceas: Plantas suculentas que almacenan agua en sus tejidos, como el cardón (*Trichocereus terscheckii*).

Las especies animales han desarrollado adaptaciones para sobrevivir en condiciones de escasez hídrica y altas temperaturas. Algunas de las más representativas son:

- Zorro Gris (*Lycalopex griseus*): Mamífero que habita en áreas abiertas y semiáridas; es omnívoro y su dieta incluye pequeños mamíferos, aves y frutos.
- Vizcacha (*Lagostomus maximus*): Roedor que vive en madrigueras y se alimenta de vegetación xerófila.

- Ñandú (*Rhea americana*): Ave corredora que se adapta a las planicies áridas, alimentándose de plantas y pequeños invertebrados.

Región de Alta Montaña:

Condiciones extremas con bajas temperaturas, fuertes vientos y alta radiación solar.

Las plantas de esta zona presentan adaptaciones para resistir el frío y la radiación. Algunas especies destacadas son:

- Yareta (*Azorella compacta*): Planta de crecimiento lento que forma cojines compactos para reducir la exposición al viento y conservar el calor. Su sistema radicular profundo le permite acceder a fuentes hídricas subterráneas.
- Leña Amarilla (*Adesmia pinifolia*): Arbusto de porte bajo con hojas pequeñas y pilosas que minimizan la pérdida de agua y protegen contra la radiación.
- Coirón (*Festuca* spp.): Pastos que forman matas densas y toleran suelos pobres y condiciones climáticas adversas.

Las especies animales han desarrollado adaptaciones fisiológicas y comportamentales para sobrevivir en este ambiente hostil. Entre ellas se encuentran:

- Cóndor Andino (*Vultur gryphus*): Ave emblemática de los Andes que aprovecha las corrientes térmicas para volar con mínimo gasto energético y posee una visión aguda para localizar carroña desde grandes alturas.
- Guanaco (*Lama guanicoe*): Camélido habita en zonas áridas y frías. Su pelaje denso le proporciona aislamiento térmico, y su capacidad para obtener agua de la vegetación le permite sobrevivir en ambientes secos. Además, posee adaptaciones fisiológicas que le permiten soportar bajas concentraciones de oxígeno en altitudes elevadas.
- Lagartija Andina (*Liolaemus andinus*): Reptil que se adapta a las bajas temperaturas mediante comportamientos de termorregulación, como la exposición al sol en las horas más cálidas.

Especies de Flora y Fauna Amenazadas en Mendoza

La provincia de Mendoza alberga una diversidad biológica significativa, sin embargo, varias especies se encuentran actualmente amenazadas debido a diversas presiones antropogénicas y naturales. A continuación, se detallan algunas de las especies más emblemáticas:

- **Huemul (*Hippocamelus bisulcus*):** Históricamente, el huemul habitaba desde la región de Cuyo hasta el estrecho de Magallanes. Sin embargo, a fines del siglo XIX, su área de distribución comenzó a disminuir drásticamente, y para finales del siglo XX, solo quedaban algunos centenares de ejemplares en el bosque andino patagónico. Originalmente se distribuía desde la región de Cuyo hasta el estrecho de Magallanes. Actualmente, sus poblaciones se restringen al bosque andino patagónico, al sur del paralelo 38°S. Las principales amenazas incluyen la pérdida y fragmentación de su hábitat, la caza furtiva y la competencia con el ganado doméstico.
- **Cóndor Andino (*Vultur gryphus*):** Esta majestuosa ave, símbolo de los Andes, ha visto reducida su población debido a la pérdida de hábitat y al envenenamiento. Aunque aún se la puede avistar en las zonas montañosas de Mendoza, su número ha disminuido en las últimas décadas. Se encuentra en las zonas montañosas de Mendoza, especialmente en áreas de alta montaña como el Parque Provincial Aconcagua. Las amenazas principales son el envenenamiento, ya sea intencional o accidental, y la reducción de fuentes de alimento debido a cambios en las prácticas ganaderas.
- **Pichiciego Menor (*Chlamyphorus truncatus*):** Este pequeño armadillo, considerado monumento natural de Mendoza, habita en planicies arenosas con cactus y pastos duros. Su población ha disminuido debido a la pérdida de hábitat y otras amenazas antropogénicas. Las amenazas incluyen la destrucción de su hábitat debido a la expansión agrícola y urbana.

Medidas de Conservación de Especies Críticas

Diversas organizaciones y entidades gubernamentales han implementado programas de conservación para proteger estas especies:

- **Huemul:** Se han establecido áreas protegidas y se realizan monitoreos poblacionales para evaluar su estado de conservación. Además, se llevan a cabo campañas de concientización para reducir la caza furtiva y promover prácticas ganaderas sostenibles.

- **Cóndor Andino:** Se implementan programas de rehabilitación y liberación de ejemplares, así como monitoreos satelitales para estudiar sus movimientos y áreas de alimentación. También se desarrollan campañas educativas para prevenir el envenenamiento y fomentar la coexistencia con las comunidades locales.
- **Pichiciego Menor:** Aunque la información específica sobre programas de conservación para esta especie es limitada, su designación como monumento natural de Mendoza implica esfuerzos para su protección y conservación.

Registros Históricos sobre Cambios en la Biodiversidad de Mendoza en los Últimos 20 Años

En las últimas dos décadas, Mendoza ha experimentado cambios significativos en su biodiversidad debido a actividades humanas y eventos climáticos extremos. La expansión agrícola y urbana ha llevado a la destrucción y fragmentación de hábitats naturales, afectando a numerosas especies. Además, eventos climáticos extremos, como sequías prolongadas, han exacerbado estas amenazas, poniendo en riesgo la supervivencia de diversas especies.

Además de las especies mencionadas anteriormente, otras han mostrado una disminución notable en su distribución y abundancia. Especies vegetales nativas han sido desplazadas por la introducción de cultivos agrícolas y especies exóticas invasoras, reduciendo la diversidad florística de la región, mientras que mamíferos y aves que dependían de hábitats específicos han visto reducidas sus poblaciones debido a la pérdida de hábitat y la competencia con especies introducidas.

Impacto de Especies Invasoras en los Ecosistemas de Mendoza y en la Biodiversidad

Las especies exóticas invasoras representan una de las principales amenazas para la biodiversidad de Mendoza. Estas especies pueden alterar procesos ecológicos completos, afectando la frecuencia e intensidad de incendios, agotando depósitos de agua subterránea e intensificando procesos de erosión. El Convenio de Diversidad Biológica reconoce que estas especies representan una de las principales amenazas a la diversidad biológica y que los riesgos pueden aumentar debido al incremento del comercio mundial, el transporte, el turismo y el cambio climático.

6. FACTORES DEL MEDIO AMBIENTE

6.1 Unidades Ambientales de Referencia

En el presente diagnóstico se actualizarán las **Unidades Ambientales de Referencia (UAR)** desarrolladas en el diagnóstico del año 2014, incorporando nuevos datos y metodologías que nos permitirán tener una visión más actualizada y completa del territorio de la provincia de Mendoza. En el diagnóstico original de 2014, se presentó una caracterización preliminar de las UAR, basada principalmente en aspectos biofísicos como el relieve y la vegetación.

Esta clasificación se estructuró en subunidades fundadas en dos contribuciones clave: la geomorfología de Mendoza, desarrollada por Abraham (2000), y la vegetación, estudiada por Fidel Antonio Roig, Eduardo Méndez y Eduardo Martínez Carretero en sus propuestas de Mapas Ecológico, Florístico y Fisonómico de la Vegetación (1988), y en su obra "Vegetación de la Provincia de Mendoza" (2000). Estas fuentes fueron complementadas con información adicional generada por el equipo de trabajo, incluyendo datos geoespaciales del Inventario del Subsistema Físico-Biológico del Proyecto PID.

Este proceso de actualización se enfoca en integrar no solo variables biofísicas sino también otros factores relevantes, como el uso del suelo y las dinámicas ambientales, para ofrecer una caracterización más completa y actualizada de las UAR que sirva como base para la planificación territorial y la gestión de los recursos naturales en la provincia.

Se determinan de esta manera siete UAR para el territorio provincial:

- Montañas altas: con asentamientos dispersos, actividades turísticas, recreativas, deportivas, conservación, ganadería extensiva y actividades mineras.
- Montañas medias: con asentamientos dispersos, actividades turísticas, recreativas, deportivas, conservación, ganadería extensiva y actividades petroleras y mineras.
- Montañas Bajas: Cerrilladas pedemontanas y huayquerías, meseta del Guadal con asentamientos dispersos, actividad ganadera extensiva, petrolera, minera y turística recreativa.
- Valles intermontanos: con asentamientos concentrados y aislados, servicios, cultivos, ganadería extensiva, actividades mineras y turísticas.

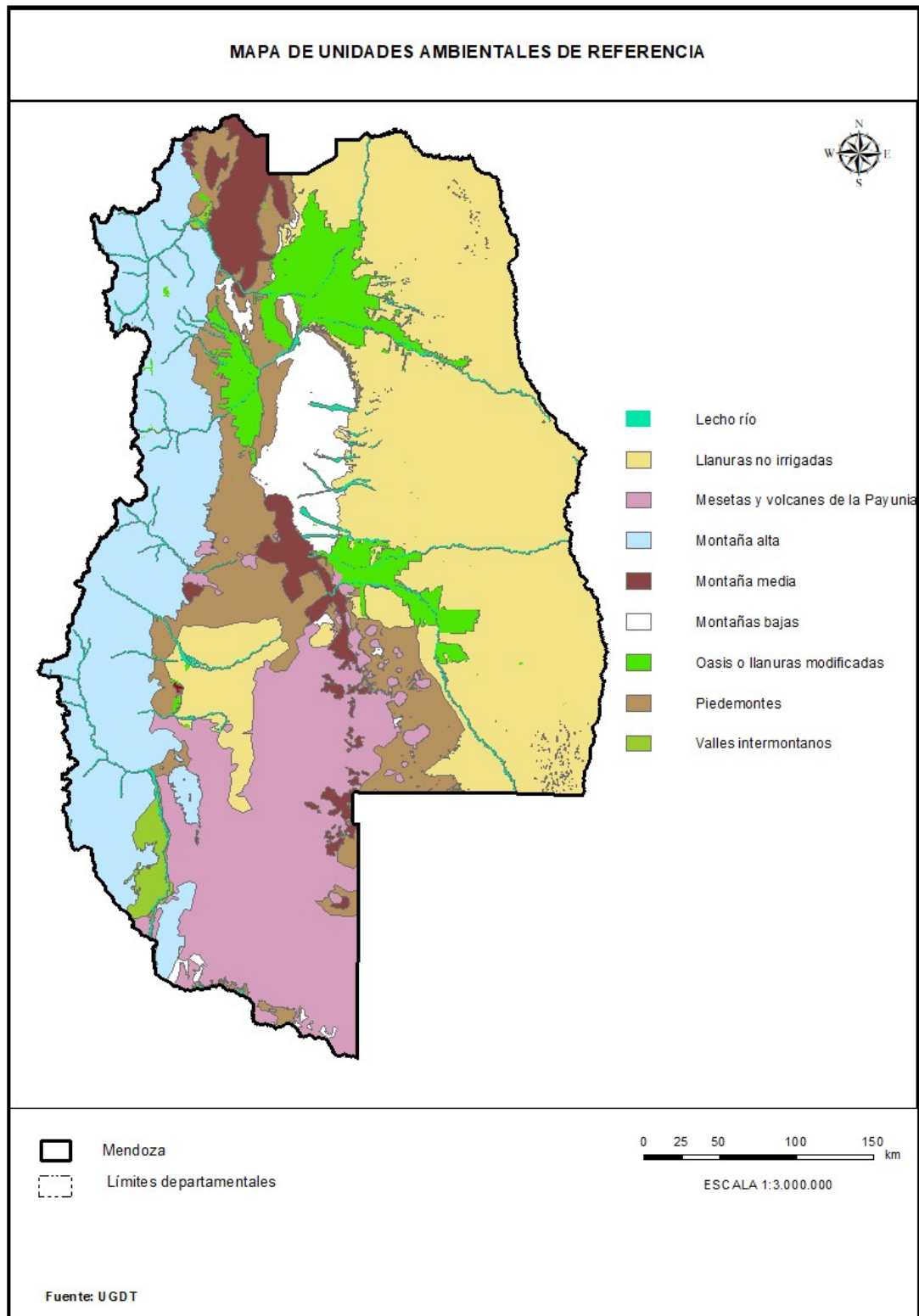
- Piedemontes: con asentamientos dispersos y concentrados, ganadería extensiva, grandes emprendimientos agrícolas con aprovechamiento de agua subterránea y superficial, actividades petroleras y mineras y procesos de urbanización en expansión.

- Oasis o llanuras modificadas: con grandes núcleos urbanos, usos agrícolas, de servicios e industriales.

- Llanuras no irrigadas: con asentamientos dispersos, ganadería extensiva mayor y menor, explotación petrolera, grandes emprendimientos agrícolas con aprovechamiento de agua subterránea.

- Mesetas y volcanes de la Payunia: con asentamientos aislados, ganadería extensiva, explotación minera y petrolera y actividades de conservación.

A continuación, se presenta una ilustración con las UAR de la provincia de Mendoza:



Unidades ambientales de referencia (UAR)

6.2 Gases de efecto invernadero

Fundamentación conceptual

El Inventario de Gases de Efecto Invernadero (GEI) realizado por ICLEI (Gobiernos Locales por la Sustentabilidad Argentina) y el CFI (Consejo Federal de Inversiones) es una herramienta fundamental para la gestión climática a escala local, ya que permite cuantificar de manera sistemática las emisiones y absorciones de gases que provocan el efecto invernadero, principales responsables del cambio climático. Su elaboración responde a la necesidad de contar con información precisa sobre las fuentes de emisión en un territorio determinado, lo cual posibilita diseñar políticas públicas de mitigación basadas en evidencia.

La construcción de inventarios a nivel provincial, como el realizado en Mendoza, permite establecer una línea base de emisiones, identificar sectores prioritarios de intervención y facilitar el monitoreo de los compromisos asumidos en marcos internacionales como el Acuerdo de París. Además, fortalece las capacidades locales de gestión climática, promoviendo una transición hacia un desarrollo bajo en carbono.

Objetivo

El principal objetivo del Inventario Provincial de GEI de Mendoza fue establecer una estimación detallada y confiable de las emisiones generadas en el año 2018, para contar con un diagnóstico que oriente el diseño y la implementación de medidas de mitigación en el marco del Plan Provincial de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático.

Asimismo, se buscó alinear la acción provincial con los compromisos nacionales establecidos en la Ley 27.520 de Presupuestos Mínimos de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático, y contribuir a la meta país de reducción de emisiones establecida en las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC).

Metodología

Para la elaboración del inventario se adoptó la metodología del Protocolo Global para Inventarios de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero a Escala Comunitaria (GPC), seleccionándose el nivel de reporte BÁSICO+, que implica una cobertura ampliada de fuentes de emisión.

El estudio comprendió los sectores de Energía estacionaria, Transporte, Residuos, Agricultura, Silvicultura y Otros Usos del Suelo (AFOLU), y Procesos Industriales y Uso de Productos (IPPU).

La recolección de datos se realizó a partir de fuentes oficiales provinciales y nacionales, como la Dirección de Estadísticas e Investigaciones Económicas (DEIE), EPRE, ENARGAS, CAMMESA y el Ministerio de Energía de la Nación, entre otros. Además, se trabajó en talleres participativos con los municipios y mediante formularios locales para relevar información descentralizada.

El cálculo de emisiones se efectuó utilizando la fórmula: Dato de Actividad × Factor de Emisión = Emisiones de GEI, expresándose luego en toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO₂e) utilizando los potenciales de calentamiento global (GWP) del Segundo Informe de Evaluación del IPCC (1995). Se priorizó el uso de factores de emisión representativos de la realidad provincial y actuales al año de estudio.

Análisis de los datos

Al desglosar las emisiones por sectores, se observa que:

- Energía estacionaria aportó el 46,5% de las emisiones totales, siendo los principales subsectores las industrias de manufactura y construcción (36,75%) y los edificios residenciales (36,5%). Las principales fuentes de energía fueron la electricidad y el gas natural.
- Transporte representó el 25,9%, concentrándose un 91,1% en el transporte terrestre, compuesto por vehículos particulares, transporte público y transporte de cargas.
- Residuos contribuyó con el 12,5%, principalmente por la disposición de residuos sólidos urbanos en rellenos sanitarios y basurales a cielo abierto.
- AFOLU aportó el 11,8%, destacándose las emisiones por fermentación entérica de la ganadería y por prácticas agrícolas.
- IPPU explicó el 3,3% de las emisiones, siendo las principales actividades la producción de cemento y vidrio.

Estos datos evidencian la alta dependencia de fuentes fósiles en la matriz energética provincial y la importancia de sectores estratégicos como el transporte y la gestión de residuos en la estructura de emisiones.

Resultado

El Inventario permitió identificar sectores prioritarios para la acción climática en Mendoza, estableciendo que la mayor oportunidad de mitigación se encuentra en el sector Energía estacionaria, seguido por Transporte y Residuos.

Entre las principales recomendaciones se destacan: el fomento de la eficiencia energética en el sector industrial y residencial, la promoción de fuentes de energía renovable, la modernización de las infraestructuras energéticas, y campañas de concientización ciudadana sobre el consumo racional de recursos.

En el sector Transporte, se sugiere incentivar la movilidad sostenible, el transporte público eficiente y la transición hacia vehículos de bajas emisiones. Respecto a Residuos, se plantea optimizar la gestión integral, promoviendo la reducción, el reciclaje y tratamientos que minimicen la generación de metano.

Finalmente, este primer Inventario constituye un hito para la provincia, al consolidar una línea base robusta que permitirá monitorear avances y reforzar su compromiso con la construcción de una Mendoza más resiliente y sustentable frente al cambio climático.

7. FACTORES TECNOLÓGICOS

7.1 Actualización del Ordenamiento Territorial de los Bosques Nativos de la Provincia de Mendoza

Los bosques nativos de la provincia de Mendoza constituyen un componente esencial del ecosistema árido de la región, desempeñando funciones clave en la regulación hidrológica, el control de la erosión y la conservación de la biodiversidad. Su valor estratégico radica en su capacidad para mitigar los efectos del cambio climático, mantener la estabilidad del suelo y brindar servicios ecosistémicos fundamentales para las comunidades locales y las actividades económicas de la provincia. Sin embargo, en las últimas décadas, estos ecosistemas han estado sometidos a presiones antrópicas significativas, lo que ha incrementado la vulnerabilidad del territorio y ha evidenciado la necesidad de una gestión más eficaz y adaptativa.

El primer Ordenamiento Territorial de los Bosques Nativos (OTBN) de Mendoza fue aprobado en 2010, en cumplimiento de la Ley Nacional N° 26.331 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos. Si bien este instrumento representó un avance en la gestión ambiental de la provincia, su implementación se vio limitada por diversas dificultades técnicas,

institucionales y de financiamiento. La ausencia de actualización periódica y la escasa participación de actores clave durante su formulación derivaron en inconsistencias entre la normativa y las dinámicas territoriales reales, lo que redujo su efectividad en la práctica.

En 2023, se inició el proceso de actualización del OTBN con un enfoque metodológico basado en criterios técnicos, ambientales y sociales, combinando herramientas de análisis geoespacial con un proceso participativo estructurado. Se priorizó la construcción de un diagnóstico territorial integral mediante la recopilación de datos de múltiples fuentes, incluyendo teledetección, sistemas de información geográfica (SIG), relevamientos de campo y consultas a actores locales estratégicos. Este enfoque permitió identificar no solo la extensión y el estado de conservación de los bosques nativos, sino también las dinámicas socioeconómicas asociadas a su uso y las principales amenazas que enfrentan.

Durante el proceso de diagnóstico, se destacaron problemáticas críticas. En primer lugar, la pérdida de cobertura vegetal asociada a la deforestación y el cambio de uso del suelo. El avance de la frontera agropecuaria y la expansión de áreas urbanas, sin una adecuada planificación territorial, ha reducido significativamente la extensión de los bosques nativos en varias zonas de la provincia. Este proceso ha generado efectos colaterales importantes, como el aumento de la erosión hídrica y eólica, la pérdida de biodiversidad y la disminución de la capacidad de infiltración y regulación hídrica del suelo. La presión sobre los recursos hídricos es otro factor determinante en el deterioro de estos ecosistemas. La sobreexplotación de acuíferos y la reducción de escurrimientos superficiales están directamente relacionadas con la degradación del bosque nativo, especialmente en áreas donde la recarga hídrica es limitada.

Desde una perspectiva social, se detectaron conflictos por el uso del suelo entre diferentes actores, como comunidades campesinas, pueblos indígenas, grandes productores agropecuarios y organismos gubernamentales. En muchas regiones, las comunidades locales carecen de títulos de propiedad sobre las tierras que ocupan, lo que las deja en una situación de vulnerabilidad frente a procesos de desplazamiento o apropiación de tierras. Estos conflictos, además de generar tensiones sociales, dificultan la gestión integrada del territorio y la implementación de medidas de conservación.

La actualización del OTBN integró de manera explícita la participación de las comunidades indígenas Huarpes y Mapuches, reconociendo sus prácticas tradicionales de manejo sustentable del territorio y su aporte al conocimiento ecológico local. Esta integración se formalizó a través de la realización de talleres participativos, consultas públicas y mesas de trabajo intersectoriales, lo que garantizó que las percepciones y necesidades de estos actores fueran

incorporadas en las nuevas estrategias de ordenamiento y conservación. Además, se fortalecieron las capacidades locales para el monitoreo y gestión del territorio, mediante la capacitación en el uso de herramientas SIG y la generación de indicadores ambientales específicos.

A partir del diagnóstico, se redefinieron las categorías de conservación y uso sostenible, ajustando la zonificación de los bosques nativos de acuerdo con criterios técnicos actualizados. La nueva zonificación fue elaborada utilizando análisis multicriterio en un entorno SIG, integrando variables ambientales (pendiente, tipo de suelo, cobertura vegetal), sociales (uso del suelo, tenencia de la tierra) y económicas (productividad agropecuaria, acceso a servicios básicos). Como resultado, se identificaron áreas prioritarias para la conservación estricta, zonas de uso sustentable y áreas de recuperación ecológica.

La restauración ecológica de zonas degradadas se definió como un eje estratégico de intervención. Se propusieron programas de reforestación con especies nativas clave para la estabilidad hídrica y la recuperación de la biodiversidad, como *Prosopis flexuosa* (algarrobo) y *Geoffroea decorticans* (chañar). Estas acciones se plantearon bajo un esquema de co-gestión con las comunidades locales, asegurando la sostenibilidad de las intervenciones a largo plazo. Paralelamente, se promovieron prácticas de manejo sostenible en áreas de uso productivo, incentivando la adopción de sistemas agroforestales y técnicas de agricultura regenerativa.

El turismo en áreas de bosque nativo fue abordado como una oportunidad para el desarrollo local, siempre que se realice bajo criterios de sustentabilidad. Se plantearon lineamientos específicos para la gestión del turismo de naturaleza, orientados a minimizar su impacto ambiental y a maximizar los beneficios para las comunidades locales, fomentando la educación ambiental y la valorización del patrimonio natural y cultural de la provincia.

Una innovación clave de esta actualización fue la incorporación de un sistema de monitoreo y evaluación continuo, basado en indicadores de cambio de cobertura vegetal, calidad del suelo, disponibilidad hídrica y biodiversidad. Este sistema permitirá evaluar el cumplimiento de los objetivos del OTBN y ajustar las estrategias de intervención en función de los resultados obtenidos. Además, se diseñaron mecanismos de alerta temprana para identificar cambios en el uso del suelo y presiones sobre el bosque nativo, facilitando la toma de decisiones en tiempo real.

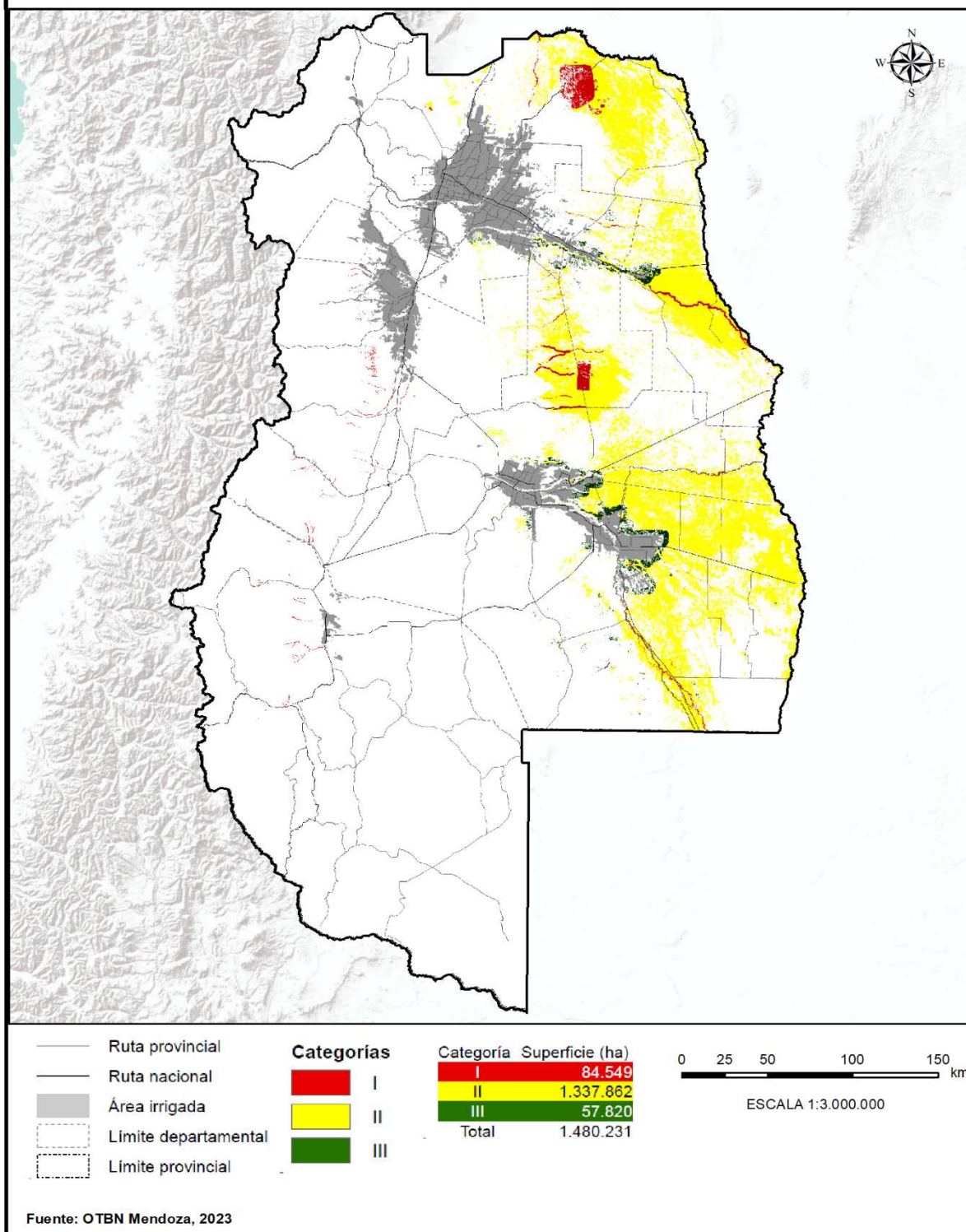
A pesar de los avances logrados, el proceso de implementación enfrenta desafíos importantes. Entre ellos, la necesidad de asegurar financiamiento sostenido, fortalecer las capacidades institucionales y mejorar la coordinación

interjurisdiccional para garantizar la coherencia de las políticas públicas. Asimismo, será fundamental consolidar la participación ciudadana y mantener abiertos los canales de comunicación y consulta con las comunidades locales.

La actualización del OTBN de Mendoza representa un paso significativo hacia la gestión sostenible del territorio y la conservación de los bosques nativos. La combinación de herramientas técnicas avanzadas con un enfoque participativo amplio ha permitido construir una base sólida para el desarrollo de políticas públicas más inclusivas y efectivas. No obstante, su éxito dependerá de la voluntad política y del compromiso de todos los actores involucrados para convertir este instrumento en una herramienta de gestión dinámica y adaptativa, capaz de responder a los desafíos ambientales y sociales del siglo XXI (Actualización del Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos de la Provincia de Mendoza, 2023).

En el siguiente mapa se ilustra la zonificación anteriormente mencionada en el ordenamiento de Bosques Nativos.

**MAPA ACTUALIZACIÓN DEL ORDENAMIENTO TERRITORIAL
DE BOSQUES NATIVOS DE LA PROVINCIA DE MENDOZA**



Zonificación Ordenamiento Territorial Bosques Nativos de la Provincia de Mendoza

7.2 Índice de Uso del Suelo y cobertura

Fundamentación conceptual: El Índice de Uso del Suelo (LUI) y Cobertura del Suelo evalúan cómo se distribuyen las diferentes actividades humanas y la vegetación natural en un territorio. En Mendoza, estos indicadores son clave para la gestión del suelo, la planificación urbana y la conservación ambiental, especialmente en áreas de expansión agrícola y urbana. Permiten comprender los patrones de uso del suelo y su sostenibilidad en términos de recursos naturales y biodiversidad.

Objetivo: El objetivo del LUI y de la cobertura del suelo es evaluar el estado actual del uso y ocupación del suelo en Mendoza, identificar tendencias en la conversión de tierras y analizar su impacto sobre el ambiente. Esto permitirá apoyar decisiones de planificación territorial más sostenibles.

Metodología: Se utilizan imágenes satelitales y datos geoespaciales para mapear la cobertura y uso del suelo, analizando la distribución de áreas urbanas, agrícolas, forestales, y naturales. Estos datos son procesados en Sistemas de Información Geográfica (SIG) para clasificar las áreas según su uso dominante y cuantificar los cambios en el tiempo.

Fuente: Las fuentes incluyen datos satelitales de la NASA (MODIS, Landsat), el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), y registros locales de uso del suelo proporcionados por el gobierno provincial.

Análisis de datos

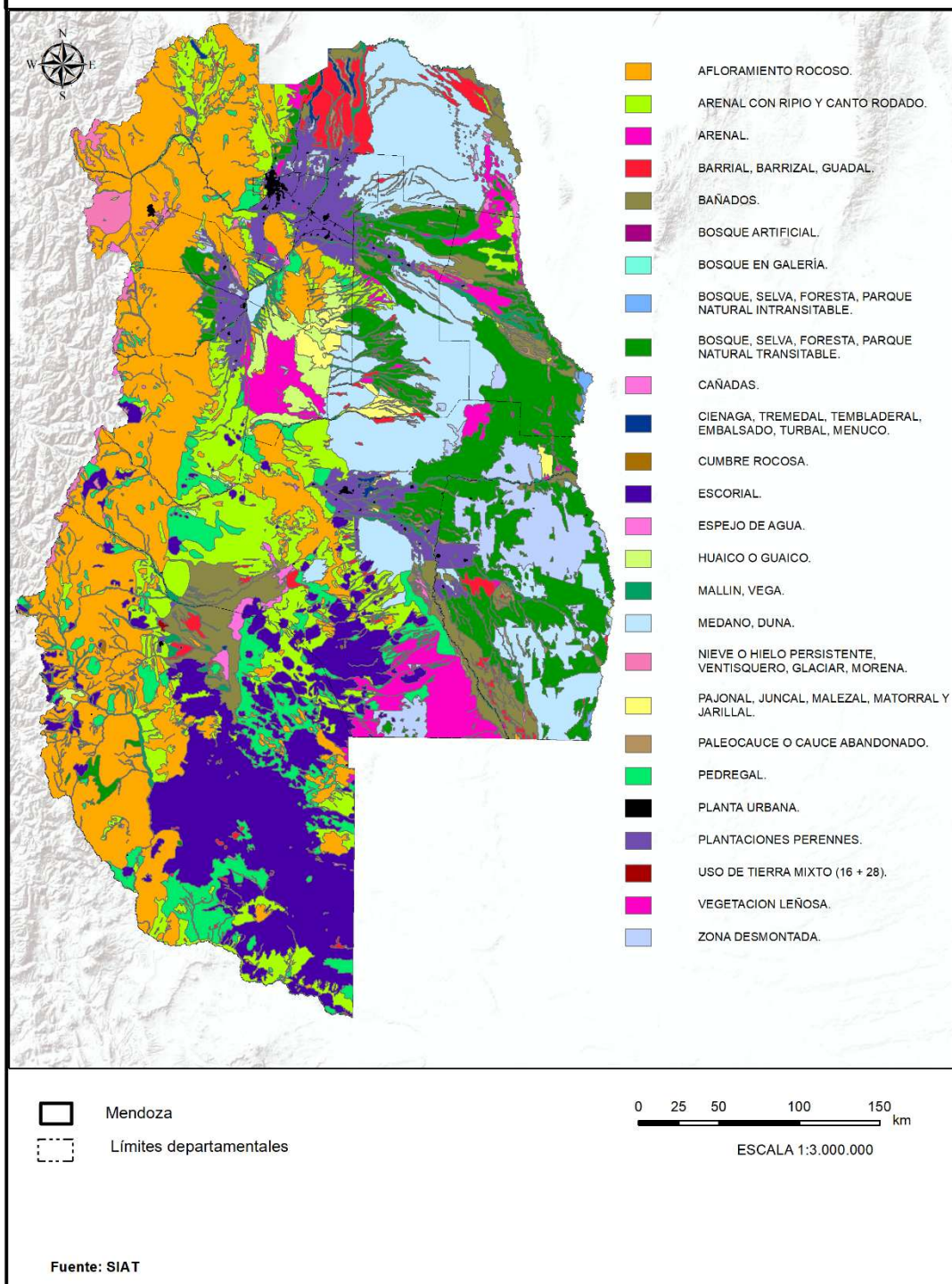
En Mendoza, se han registrado transformaciones significativas en el uso y la cobertura del suelo, impulsadas principalmente por el crecimiento urbano, la intensificación agrícola y la degradación ambiental. Según Rojas et al. (2018), el cambio en el uso del suelo en la provincia ha estado marcado por la expansión de áreas urbanas, la conversión de tierras agrícolas en zonas urbanizadas y la alteración de la vegetación natural. Este proceso ha sido especialmente notable en la región metropolitana de Mendoza, donde el crecimiento urbano ha resultado en la pérdida de suelos agrícolas y naturales a favor de la construcción de viviendas, infraestructuras comerciales e industriales. Esta expansión ha contribuido a la fragmentación de los ecosistemas locales y ha generado una mayor vulnerabilidad a fenómenos climáticos extremos, como sequías y tormentas intensas.

Rojas et al. (2018) destacan que las transformaciones en el uso del suelo no solo son consecuencia del aumento poblacional, sino también de un proceso de urbanización desordenada y mal planificada. El crecimiento urbano ha invadido áreas productivas y naturales, lo que ha generado un impacto negativo sobre la

biodiversidad y la estabilidad de los ecosistemas. Además, este fenómeno de expansión urbana ha sido acompañado de la pérdida de áreas de vegetación y de la disminución de la cobertura agrícola, un patrón que se observa especialmente en departamentos como Maipú, donde entre 2016 y 2023 se ha producido una expansión urbana que ha desplazado a zonas agrícolas y naturales (bdigital.uncu.edu.ar, 2023).

Este cambio en el uso y la cobertura del suelo pone en evidencia la necesidad urgente de contar con políticas de planificación urbana y gestión del territorio que sean sostenibles y que promuevan el equilibrio entre el desarrollo urbano y la conservación de los recursos naturales. La falta de un enfoque integral ha permitido que el crecimiento urbano continúe sin considerar los efectos sobre el medio ambiente, lo que genera un panorama de mayor vulnerabilidad frente a riesgos como la desertificación, la pérdida de biodiversidad y el deterioro de la calidad del suelo.

MAPA ACTUALIZADO DE COBERTURA DE LA TIERRA



Mapa de Cobertura de la tierra

7.3 Mapa de Área de Protección Especial

Fundamentación Conceptual: El Mapa de Área de Protección Especial identifica áreas del territorio que requieren protección ambiental debido a su valor ecológico, geológico o cultural. En Mendoza, estas áreas son cruciales para la conservación de la biodiversidad, la protección de fuentes de agua y la preservación de paisajes naturales únicos.

Objetivo: El objetivo es delimitar y mapear las áreas de protección especial en Mendoza, identificando sitios prioritarios para la conservación, tales como reservas naturales, zonas de alta biodiversidad y áreas con recursos hídricos vulnerables.

Metodología: Se recopilan datos de áreas protegidas, reservas naturales y sitios de valor ecológico utilizando SIG. Los criterios de selección incluirán biodiversidad, recursos hídricos, paisaje y valor cultural. Se aplica un enfoque de conservación basado en la zonificación territorial y la legislación ambiental vigente.

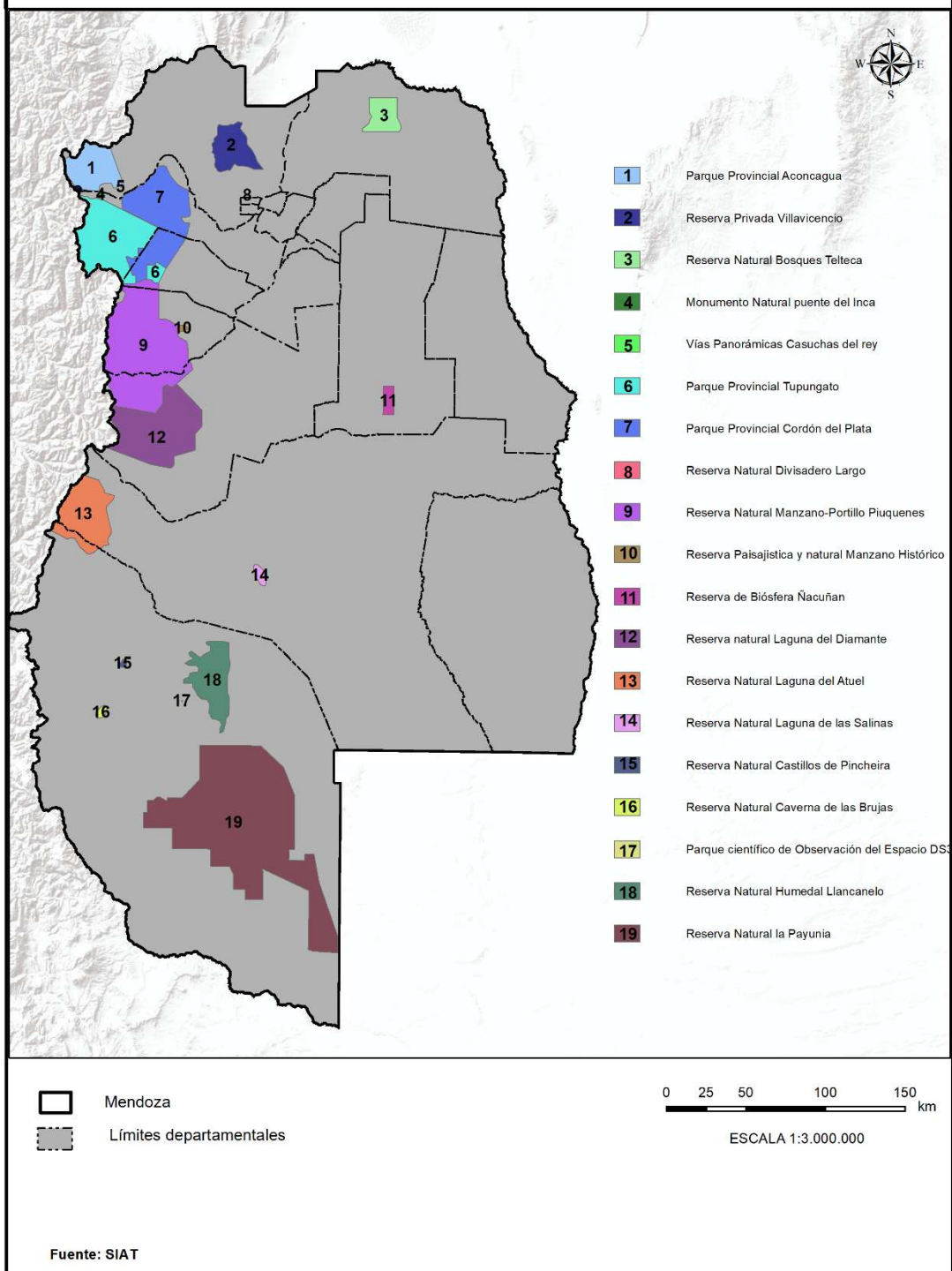
Fuentes: Las fuentes incluyen el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, y otros organismos no gubernamentales.

Análisis de datos

Las áreas protegidas de Mendoza son de vital importancia tanto para la conservación de la biodiversidad como para la regulación de los servicios ecosistémicos. Estas áreas sirven como refugio para especies endémicas y en peligro de extinción, y son fundamentales para la conservación de los ecosistemas montañosos, de valles y de las llanuras que caracterizan la provincia. La red de áreas protegidas de Mendoza es extensa, y algunas de las más destacadas incluyen el Parque Provincial Aconcagua, la Reserva Natural Laguna del Diamante, la Reserva Natural Villavicencio, entre otras.

En la siguiente ilustración se presentan las áreas protegidas de la provincia.

MAPA DE ÁREAS PROTEGIDAS DE MENDOZA



Mapa de áreas naturales protegidas (ANP)

8. CONCLUSIONES

El estudio sobre el subsistema físico-natural de Mendoza ha permitido identificar las características geológicas y geomorfológicas predominantes, como la diversidad de suelos (aridisoles, entisoles, molisoles, salinas y roca), las cuencas hídricas principales y su distribución, y los cambios en el uso y cobertura del suelo, incluyendo las transformaciones urbanas y agrícolas. Además, se ha abordado la importancia de las áreas protegidas para la conservación de la biodiversidad y los ecosistemas, así como el impacto de las variables climáticas en los diferentes departamentos, destacando los riesgos asociados y las implicancias para el ordenamiento territorial.

A partir de este análisis, se destacan oportunidades para un manejo sostenible del territorio, enfatizando la necesidad de planificar en base a un enfoque holístico, así como la incorporación de estrategias que mitiguen riesgos y potencien las actividades económicas compatibles con el entorno. La actualización continua de los datos será crucial para garantizar que la gestión territorial responda a las dinámicas ambientales y sociales en evolución.

Este documento se constituye como un insumo clave para la toma de decisiones informadas por parte de gestores públicos, técnicos y planificadores, quienes deberán integrar estos conocimientos en sus estrategias para asegurar un desarrollo equilibrado y sostenible en Mendoza.

9. SINTESIS DIAGNÓSTICA

A continuación, se presenta como síntesis diagnóstica una Matriz FODA preliminar basada en las características del territorio descritas en la actualización del diagnóstico del subsistema físico-natural. La misma deberá ser validada en talleres participativos a realizar en una etapa posterior.

FORTALEZAS	DEBILIDADES
- Territorio con alta diversidad geológica y geomorfológica con potencial para el desarrollo de una matriz productiva diversificada. - Existencia de áreas naturales protegidas que conservan ecosistemas estratégicos y servicios ambientales. - Marco Institucional contempla la participación comunitaria y reconocimiento de actores locales en la gestión territorial. - Capacidad técnica instalada, con uso extendido de herramientas modernas de monitoreo y gestión territorial.	- Déficit hídrico estructural y bajos niveles de eficiencia en la gestión del agua. - Urbanización desordenada sobre áreas de valor natural y productivo, con pérdida de cobertura vegetal. - Articulación institucional débil y fragmentación de competencias entre organismos de gobierno.
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
- Creciente demanda global de minerales críticos con potencial para producirse en el territorio provincial. - Condiciones favorables para aumentar la participación de las energías renovables en la matriz energética. - Paisaje natural con potencial para el desarrollo propuestas de turismo con identidad propia. - Innovación tecnológica permite diseñar herramientas para la gestión eficiente del territorio y sus riesgos.	- Aumento en la frecuencia e intensidad de sequías y reducción de caudales de ríos como consecuencia del cambio climático. - Riesgo de erosión, salinización y desertificación de suelos derivados del déficit hídrico, la pérdida de cobertura vegetal y el uso intensivo. - Ecosistemas y Comunidades vulnerables frente a fenómenos climáticos extremos, como sequías y tormentas intensas.