

2019



Instituto Nacional del Agua
Centro Regional Andino

“Evaluación de Amenazas Aluvionales en piedemonte del Área Metropolitana de Mendoza” (Informe Final)

Proyecto de Cooperación Técnica
GRT/MC 14 303-AR

Secretaría de Ambiente
y Ordenamiento Territorial
Agencia de Cambio Climático



MENDOZA
GOBIERNO





IT N° 191 - CRA

Informe Final revisado

EVALUACIÓN DE AMENAZAS ALUVIONALES EN PIEDEMONTE DEL ÁREA METROPOLITANA DE MENDOZA

**CONVENIO ENTRE
FUNDACION CRICYT - INSTITUTO NACIONAL DEL AGUA -
SECRETARÍA DE AMBIENTE Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL
(GOB. MENDOZA)**

Responsable:

Ing. Victor H. Burgos

Equipo de Trabajo:

Lic. Ana Paula Salcedo

Ing. Nadine Gärtner

Ing. Lucas Martinez

Ing. Agr. Carlos Mirábile

Lic. Mauricio Buccheri

Abog. María Davico

Abog. Federica Dussel

Colaboradores:

Geóg. Matías Ghilardi

Tec. Javier Zarategui

Publicación Interna

Mendoza, 24 de Abril de 2019

INDICE

RESUMEN	5
Capítulo 1 : INTRODUCCIÓN	7
1.1. Problemática	7
1.2. Área de estudio	8
1.3. Objetivos.....	9
1.4. Preguntas de investigación	10
1.5. Geomática y cartografía.....	10
1.5.1. Cartografía básica	10
1.5.2. Modelo Digital de Elevaciones (MDE).....	12
1.5.3. Georreferenciación	15
1.5.4. Sistema de Información Geográfica.....	15
1.5.5. Escala de trabajo.....	15
Capítulo 2 : METODOLOGÍA.....	16
2.1. Esquema Metodológico	17
2.2. Marco conceptual de la Evaluación Multicriterio (emc).....	17
2.2.1. Árbol Jerárquico y Matriz de criterios.....	18
2.2.2. Asignación de pesos.....	18
2.2.3. Cálculo de pesos globales	19
2.2.4. Ponderación del peso total de criterios y Verificación de Consistencia	19
2.2.5. Identificación de variables	20
2.2.6. Pesos de las variables principales y secundarias	23
2.3. Metodología para cada nivel de información	26
2.4. Escenarios de análisis	26
2.4.1. Situación Existente: Denominado Escenario 1 (E01)	26
2.4.2. Situación de Avance Antrópico con Desarrollo Urbano Tradicional (E02).....	27
2.4.3. Situación con Urbanizaciones No Convencionales (E03)	28
2.4.4. Situación con Avance Agrícola (E04).....	29
2.4.5. Situación con cambios en la cobertura natural de suelo por incendios (E05).....	31
2.4.6. Situación con Variabilidad Climática (E06).....	33
2.5. Caracterización de amenazas	33
2.5.1. Amenaza aluvional: Hidrología	33
2.5.1.1. Delimitación de subcuencas y divisorias de agua.....	33
2.5.1.2. Tormentas de diseño	34
2.5.1.3. Modelación hidrológica.....	36
2.5.1.4. Isócronas o Tiempos de viaje	37
2.5.1.5. Cálculo de las pérdidas de precipitación	37
2.5.1.6. Ensayos Granulométricos	38
2.5.1.7. Ensayos de Infiltración.....	39
2.5.2. Amenaza aluvional: Hidráulica.....	40
2.5.2.1. Modelo Hidráulico	40
2.5.2.2. Estimación de los coeficientes de rugosidad de Manning.....	41
2.5.3. Amenaza de procesos de remoción en masa	42
2.5.3.1. Índices Topohidrológicos.....	43
2.5.3.2. Índice topográfico de humedad - TWI (Topographic Wetness Index).....	44
2.5.3.3. Índice de Potencia de Cauce – SPI (Stream Power Index)	45
2.5.3.4. Factor topográfico LS.....	46

2.5.3.5.	Curvatura de perfil.....	46
2.5.3.6.	Modelo SINMAP	47
2.5.3.7.	Modelo Flow-R	47
2.5.3.8.	Método Graviilovic (EPM - Erosion Potential Model)	49
2.5.3.9.	Método RUSLE.....	50
2.5.4.	Amenaza por incendios.....	51
2.5.5.	Metodología para estimación de volúmenes de embalse en diques aluvionales	53
Capítulo 3 : CARACTERIZACIONES GENERALES		57
3.1.	Suelos	57
3.2.	Clima.....	58
3.2.1.	Precipitaciones.....	58
3.3.	Relieve	59
3.4.	Vegetación	59
3.5.	Relevamiento gps y fotográfico	60
Capítulo 4 : RESULTADOS HIDROLÓGICOS.....		63
4.1.	Modelos topológicos de cuencas.....	63
4.2.	Parámetros morfométricos	66
4.2.1.	Delimitación de cuencas	66
4.3.	Pérdidas de precipitación.....	73
4.3.1.	Tipología vegetal	74
4.3.2.	Coberturas de suelo	75
4.3.3.	Geomorfología	76
4.3.4.	Suelos.....	77
4.3.5.	Clasificación hidrológica de suelo	77
4.3.6.	Obtención de CN en condición II de humedad antecedente (CHA II).....	79
4.3.7.	Ajuste por pendientes.....	79
4.3.8.	Comparación decadal del CN	80
4.4.	Tormentas de proyecto.....	81
4.5.	Hietogramas.....	83
4.6.	Calibración ARHYMO	83
4.6.1.	Metodología para la calibración del modelo hidrológico	83
4.6.1.1.	Calculo de los traslados rígidos en los tramos.....	83
4.6.1.2.	Cálculo del tiempo de concentración con métodos convencionales	84
4.6.1.3.	Calibración de las salidas de simulaciones en ArHymo con los tiempos de concentración ...	84
4.6.1.4.	Modelo de Hygrid2k2	86
4.7.	Tiempos de Concentración.....	87
4.8.	Hidrogramas y gráficas de análisis.....	87
Capítulo 5 : RESULTADOS HIDRÁULICOS		93
5.1.	Modelación Hidráulica de Cuencas.....	93
5.2.	Estimación de volúmenes de embalses en diques aluvionales	95
5.3.	Resultados modelo Flow-R.....	101
5.4.	Resultados modelo SINMAP.....	101
5.5.	Análisis de Capacidad Hidráulica de Colectores Aluvionales	103
Capítulo 6 : RESULTADOS DEL ANALISIS DEL INCENDIO DEL 21/9/18		109

6.1.	Introducción	109
6.2.	Estimación de área afectada	109
6.3.	Análisis de la infiltración, retenciones de humedad y textura de suelo	117
6.4.	Análisis del cambio de CN	128
6.5.	Estimación de impactos hidrológicos.....	129
Capítulo 7 : RESULTADOS DEL ANALISIS MULTI-ESCENARIO		133
7.1.	Escenario de Avance Urbano Tradicional (E02)	133
7.2.	Escenario de Avance Urbano de Bajo Impacto (E03).....	133
7.3.	Escenario de Avance Agrícola / Industrial (E04)	134
7.4.	Escenario de Incendio (E05)	135
7.5.	Escenario de Cambio Climático (E06).....	136
7.6.	Resultados de Todos los Escenarios.....	136
Capítulo 8 : RESULTADOS DEL ANALISIS MULTI-CRITERIO.....		138
8.1.	Mapa de Amenazas Aluvionales por Evaluación Multi-Criterio	138
Capítulo 9 : DIAGNÓSTICO LEGAL		140
9.1	Marco legal general	140
9.2.	Leyes específicas del ambiente.....	144
9.3.	Marco jurídico municipal	159
9.3.1.	Municipalidad de la Ciudad de Mendoza.....	159
9.3.2.	Municipalidad de Luján de Cuyo.....	160
9.3.3.	Municipalidad de Godoy Cruz.....	162
9.3.4.	Municipalidad de Las Heras.	166
9.4.	Iniciativas legislativas para el Ordenamiento Territorial y los Usos del Suelo para la Provincia de Mendoza.	167
9.5.	Marco Legal sobre ocupación y ambiente en el Piedemonte.	170
9.6.	Organismos competentes	175
Capítulo 10 : PROPUESTA NORMATIVA		183
10.1.	Introducción	183
10.2.	Problemática abordada	183
10.3.	Alcance de los lineamientos legales para un futuro código.	185
10.4.	Naturaleza jurídica del futuro código de ocupación.....	186
10.5.	Lineamientos generales para una propuesta de código de ocupación y manejo del Piedemonte en el AMM.	186
10.5.1.	Limitaciones a la propiedad privada.	186
10.5.2.	Clasificación del piedemonte desde la perspectiva de la amenaza aluvional.....	188
10.5.3.	Propuesta de lineamientos para la ocupación residencial en zonas de media y baja peligrosidad	192
10.5.3.1.	Restricciones por movimientos de suelos.....	194
10.5.3.2.	Restricciones por erosión de suelo	195
10.5.3.3.	Tamaño del lote /Edificación (FOS); (FOT)	195
10.5.3.4.	Pendientes, Parcelas y densidad	195

10.5.3.5.	Longitud de calles.....	197
10.5.3.6.	Obras Hidráulicas menores (en zonas de amenaza media)	197
10.5.4.	Lineamientos legales generales para aunar criterios de ocupación del Piedemonte a partir de las amenazas hídricas.	199
10.5.4.1.	Instrumentos de ordenamiento territorial.....	201
10.5.4.2.	Instrumentos de gestión y ejecución	201
10.5.4.3.	Instrumentos de control	203
10.5.4.4.	Instrumentos económicos.....	203
Capítulo 11 : RESPUESTAS A PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN		205
Capítulo 12 : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		215
12.1.	Conclusiones respecto de los cambios en el potencial de infiltración en los últimos diez años	215
12.2.	Conclusiones respecto a los Escenarios Analizados.....	215
12.3.	Conclusiones respecto de los impactos hidrológicos debido a los últimos incendios en El Challao	216
12.4.	Conclusiones respecto a la Evaluación Multi-Criterio.....	217
12.5.	Recomendaciones respecto a Soluciones Estructurales	218
12.6.	Recomendaciones respecto a Soluciones No Estructurales	218
12.7.	Recomendaciones respecto al Uso del Mapa de Amenazas Aluvionales.....	219
12.8.	Recomendaciones respecto a la Seguridad Hídrica de Diques Aluvionales.....	220
12.9.	Recomendaciones respecto al Análisis de Riesgos	221
12.10.	Futuras Líneas de Acción	222
REFERENCIAS		223
ANEXO I : LÁMINAS.....		230
ANEXO II: PAUTAS PARA LA OCUPACIÓN DE ÁREAS DE PIEDEMONTE		231
ANEXO II : RELEVAMIENTO FOTOGRÁFICO.....		263
ANEXO III : PLANILLAS DE RESULTADOS		264
ANEXO IV : FICHAS DE CUENCAS.....		274
ANEXO V : JUSTIFICACIONES SEGÚN REVISIÓN A		298
ANEXO VI: JUSTIFICACIONES SEGÚN REVISIÓN B.....		300
ANEXO VII: JUSTIFICACIONES SEGÚN REVISIÓN C.....		303

RESUMEN

Con el presente estudio se pretende asistir al Gobierno de la provincia de Mendoza, en la adopción de medidas de adaptación y planificación territorial, que permitan urbanizar el piedemonte de una manera sustentable y/o restringir zonas de protección ambiental y servicios ecosistémicos. Conocer la amenaza hídrica y tipificar soluciones, propicia una correcta gestión del riesgo de desastres hidrometeorológicos.

Este informe cumple con el convenio entre la Secretaría de Ambiente y Ordenamiento Territorial (SAyOT) de la provincia de Mendoza y el Instituto Nacional del Agua (INA), en el marco del Proyecto de Cooperación Técnica GRT/MC 14 303-AR para Adaptación al Cambio Climático.

El área estudiada abarca una superficie de 1243 km², comprendida al oeste del Área Metropolitana de Mendoza (AMM), teniendo como límite Sur la Ruta Provincial (RP) N° 86 (camino a Tupungato por Los Cerrillos) y como límite Norte el camino a Villavicencio (RP 52). El límite Oeste lo define la divisoria de aguas del piedemonte oriental de la precordillera de Uspallata, y el límite Este está definido siguiendo una línea sur-norte pasando por calle N°4 (Agrelo), RP 82 (Panamericana), Corredor del Oeste, Boulogne Sur Mer y Canal Aluvional Las Heras.

Por medio de modelos numéricos (hidrológicos, hidráulicos y geomorfológicos) se analizaron amenazas e impactos hídricos por cambios de usos de suelo (ante avance de la frontera urbana o agrícola), por variabilidad climática (ante un potencial aumento de las precipitaciones) y por incendios. En total se procesaron más de 290 subcuencas. Por modelación hidráulica bidimensional de las principales cuencas, se estimaron áreas de inundación para caudales resultantes del modelo hidrológico confeccionado.

Se formularon 6 escenarios de comparación (Escenario Actual y Escenarios futuros: con y sin pautas de urbanización, con variaciones en la cobertura vegetal o cambios en la precipitación) y sus potenciales impactos. Particularmente, se analiza también los efectos causados por el incendio del día 21/9/18 en la zona del Challao y Cerro Arco.

Por medio de una Evaluación Multicriterio (EMC) se plantea para la situación actual, una categorización de áreas con diferentes grados de amenaza hídrica mediante procesamiento de variables geomorfológicas (como pendientes, distancia a cauces, tasas de erosión de suelos, distancias a cauces secos, longitudes de flujo, curvatura, índice topográfico de humedad y estabilidad de laderas), hidroclimatológicas (como caudales, posición del núcleo de tormenta, potencial de infiltración y tiempos de viaje) e hidráulicas (como planicies de inundación, velocidades de flujo y tasas de erosión de suelo).

Se analizó **el régimen normativo vigente**, tanto leyes, decretos, reglamentos y ordenanzas municipales. Se proponen acciones tendientes a aumentar la eficiencia legislativa. Se busca a través de este mecanismo evitar las contradicciones e incoherencias que puedan evidenciarse en las normativas vigentes y unificar de ser el caso, la legislación existente en un solo cuerpo legal, proponiendo la derogación de aquellas normativas dispersas que impiden en la práctica una aplicación efectiva.

Se presenta una propuesta de pautas de ocupación y de urbanización o restricción, tipificando obras de regulación pluvial no convencional, como trincheras de infiltración, reservorios de detención temporal, trampas de agua, etc.

Finalmente se indican algunas recomendaciones en base a las conclusiones del trabajo. Uno de los productos finales es relativo a un mapa síntesis de amenazas aluvionales que establece zonas dentro del área de estudio en grados de exposición al peligro hídrico. El uso de este mapa permitirá definir acciones de mitigación, prevención y criterios de planificación considerando los resultados y los escenarios analizados.

El informe está dividido en capítulos, el primero de los cuales describe el área de estudio, los objetivos y las preguntas de investigación. El capítulo 2 indica la metodología empleada y el marco teórico. El capítulo 3 presenta caracterizaciones generales ambientales. El capítulo 4 presenta el diagnóstico legal y normativo. Los capítulos 5 y 6 muestran todos los resultados hidrológicos e hidráulicos de las modelaciones realizadas. El capítulo 7 presenta en forma separada las consecuencias o impactos hidráulicos causados por el incendio del Cº Arco. El capítulo 8 indica los resultados del análisis multi-escenario evaluando los impactos futuros de diversas hipótesis (avance urbano tradicional, avance urbano sustentable, avance agrícola, incendios y cambio climático). El capítulo 9 sintetiza los resultados de la Evaluación Multicriterio para la obtención del **Mapa de Amenazas Aluvionales** y delimita zonas con diferentes grados de exposición. Luego, en el capítulo 10 se desarrolla la propuesta normativa incluyendo las propuestas técnicas. El capítulo 11 apunta a responder las preguntas de investigación planteadas y finalmente el capítulo 12 indica las principales conclusiones y recomendaciones.

En anexos se presentan: 24 Láminas (en formato 700 x 300 mm), 22 láminas A4 de caracterización de cuencas, relevamiento fotográfico y planillas de resultados de la aplicación de diferentes modelos (hidrológicos, hidráulicos, geomorfológicos, etc.)

CAPÍTULO 1 : INTRODUCCIÓN

1.1. Problemática

La provincia de Mendoza se caracteriza por una gran variedad de geoformas, que determinan la presencia de diversos procesos morfodinámicos. El **piedemonte**, unidad de enlace entre la región montañosa y la llanura, constituye un espacio de gran fragilidad ambiental, en donde se presentan **importantes riesgos naturales**, inherentes al sistema pedemontano mezclados con acciones antrópicas que pueden empeorar las condiciones y por consiguiente aumentar el riesgo.

El aglomerado urbano del Área Metropolitana de Mendoza (AMM), presenta un crecimiento territorial hacia el piedemonte. Los procesos antrópicos y la fuerte presión inmobiliaria sobre este frágil ecosistema, provocan una serie de procesos desfavorables, incluyendo alteración de funciones hidrológicas, poniendo en serio riesgo a un gran asentamiento poblacional ubicado aguas abajo, siendo numerosos los casos registrados de daños provocados por eventos torrenciales (Fernández et al., 1999; Vich y Pedrani, 2002, Guisasola, 2010).

Las anomalías recurrentes de precipitaciones violentas que provocan crecidas son un componente normal de la variabilidad del clima. Los efectos desfavorables de las crecidas conllevan importantes consecuencias socioeconómicas y medioambientales entre las que figuran pérdidas de vidas y bienes; migraciones humanas y animales masivas; degradación del medio ambiente; y escasez de alimentos, energía, agua y otras necesidades básicas.

El mencionado avance de la frontera urbana sobre el piedemonte, genera un considerable aumento de los escurrimientos pluviales, provocando inundaciones y obsolescencia de sistemas de drenaje existentes, entre las causas más importantes. El desarrollo de estas actividades provoca cambios que, desde el punto de vista hidrológico, se traducen en una modificación importante de los cauces naturales de drenaje, la pérdida de capacidad de infiltración de los suelos, la disminución del almacenamiento superficial y el aumento de contaminantes en el agua.

En zonas de pronunciadas pendientes, como el caso bajo estudio, las aguas de lluvia adquieren velocidad y erosionan cauces y calles de tierra, anegando temporalmente las zonas bajas. La erosión hídrica incrementa el escurrimiento a causa de la reducción de tasa de infiltración del suelo, y en consecuencia se reduce el almacenamiento de agua en el suelo y por lo tanto el crecimiento de las plantas, y por lo tanto disminuye la cubierta protectora aumentando la degradación. Es decir, incrementos en la escorrentía se traducen en incrementos de la erosión. Esta situación se ve aún más agravada por las tormentas de carácter convectivo que ocurren en la zona.

El **avance urbano sin planificación** hacia el piedemonte junto a otros cambios de usos de suelo como **deforestación** por tala indiscriminada de vegetación natural o **consolidación de caminos**, **incendios** intencionales, **avance de la frontera agrícola** (al sur del río Mendoza), etc., generan impactos reflejados en un aumento de caudales de crecidas aluvionales, producto de las típicas tormentas convectivas intensas y de corta duración que acontecen en la zona de estudio durante el período estival comprendido entre octubre y marzo.

La urbanización es uno de los procesos que afecta de manera más significativa las condiciones naturales de una cuenca y su ciclo hidrológico, alterando los hábitat naturales, impermeabilizando y

compactando el suelo, modificando las vías naturales de drenaje y aumentando la contaminación de los recursos de agua. El crecimiento urbano acelerado durante los últimos años, han puesto en evidencia los efectos de esta alteración significativa del medio ambiente y la hidrología natural, a tal punto que provocan daños por inundaciones incluso para condiciones de lluvias habituales.

En vistas de contribuir a un diagnóstico más detallado de la problemática, y en consonancia con el **Plan Provincial de Ordenamiento Territorial** la Secretaría de Ambiente y Ordenamiento Territorial de la provincia de Mendoza, ha firmado convenio con el Instituto Nacional del Agua, para estudiar los fenómenos torrenciales y el impacto producido por los avances no planificados, y proponer pautas y lineamientos tanto técnicos como normativos para una adecuada gestión del territorio.

El estudio de las consecuencias e impactos aluvionales permitirá definir zonas con diferente grado de amenaza hídrica, para definir estrategias de planificación que sirvan para restringir la presión inmobiliaria sin control y proponer pautas de urbanización sustentable con enfoque de cuenca que minimicen los impactos generados.

1.2. Área de estudio

El área de estudio se ubica en la provincia de Mendoza, Argentina, en la zona comprendida entre los 32° 30' y 33° 15' de latitud S y 68° 15' y 69° 30' de longitud O. Abarca parte de los departamentos de Las Heras, Ciudad de Mendoza, Godoy Cruz y Luján de Cuyo. Se extiende desde los 3.455 msnm hasta los 730 msnm y posee una superficie total de 1243 km².

En Figura 1-1 se presenta el área general donde se analizarán las amenazas aluvionales que impactan en el Área Metropolitana de Mendoza (AMM).

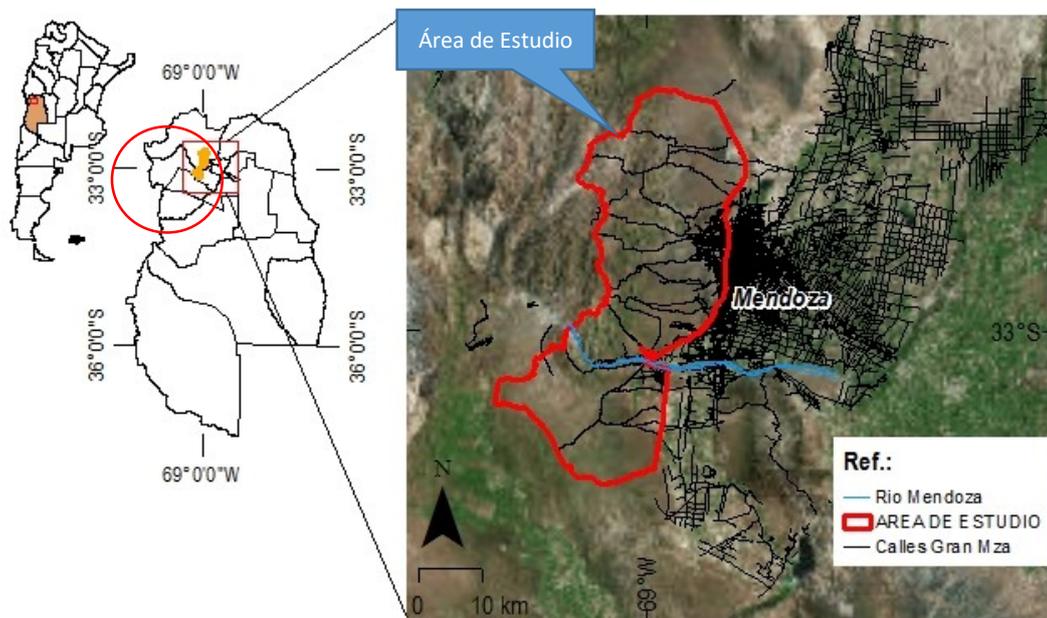


Figura 1-1 . Área de Estudio general sobre Imagen Satelital. Elaboración propia.

1.3. Objetivos

El **objetivo estratégico** del proyecto es **contribuir a la reducción de la vulnerabilidad** de la provincia de Mendoza ante el cambio climático (CC) **a través del aumento de la capacidad adaptativa** en el **sector hídrico**.

El **objetivo general** es **detallar la amenaza hídrica** en el piedemonte del Área Metropolitana de Mendoza, reconociendo los procesos hidrológicos, fluviales y geomorfológicos, de las cuencas intervinientes a fin de identificar posibles limitaciones y/o restricciones hidrológicas e hidráulicas, que deban ser consideradas en un proceso de Ordenamiento Territorial a escala Municipal y Provincial.

El alcance del estudio es a nivel de Estudio Hidrológico, Hidráulico y normativo de Base, con los siguientes objetivos específicos:

- a) Analizar **la peligrosidad y el impacto hidrológico** y entre otros factores de los fenómenos generadores de Riesgos SocioNaturales que se desarrollan en la zona del Piedemonte,
- b) **Identificar zonas críticas** en cuanto a deslizamientos, zonas inundables y erosiones; y
- c) **Plantear acciones de mitigación**, propuestas de criterios técnicos y legales, así como **pautas de ocupación** en el piedemonte.

Por último, el **presente informe** responde a los términos del Convenio, en cuanto a la entrega de productos. El convenio indica los siguientes productos y mapas a desarrollar:

Producto 1. Entrega de informe de avance (conteniendo la metodología detallada y el análisis de los antecedentes). Presentado en Octubre de 2018.

Producto 2. Entrega de informe final conteniendo un resumen ejecutivo y todos los resultados, conclusiones y recomendaciones pertinentes.

Entrega de láminas:

1. Mapa de Cuencas

2. Mapa de CN (curva número) / actualizado al 2018

3. Mapa de Curvas Isocronas / Tiempos de traslado de crecidas aluvionales

4. Mapas de clasificación de áreas de peligro:

- Mapa Peligrosidad Aluvional / Fragilidad Hidrológica

- Mapa de Peligrosidad de Deslizamientos / Generación de Sedimentos

En base al producto que se obtenga de los mapas anteriores se propondrán pautas de urbanización, tipificando obras de regulación pluvial no convencional, como trincheras de infiltración, reservorios de detención temporal, trampas de agua, etc.

1.4. Preguntas de investigación

Se dejan planteadas algunas preguntas de investigación que mediado el presente estudio se desean responder.

- ¿El sistema aluvional de defensas existente es suficiente para proteger el área urbana de los daños que ocasionan las crecientes originadas en el piedemonte?
- ¿Cómo afecta la presión antrópica al componente natural de la cuenca?
- ¿Qué rol tiene la cobertura vegetal y biodiversidad en la regulación del escurrimiento superficial?
- ¿Cuáles son las tasas presuntas de erosión hídrica?
- ¿Cuál es la pérdida de capacidad de almacenamiento en los diques aluvionales?
- ¿Cuál es el impacto en el comportamiento hidrológico de las cuencas naturales frente al avance urbano? ¿De qué manera se altera el sistema natural de evacuación pluvial? ¿De qué forma se afectan los asentamientos urbanos ubicados aguas debajo de los nuevos emprendimientos inmobiliarios?
- ¿Son suficientes las normativas de construcción para regular los excedentes pluviales?
- ¿Cómo resolver la evacuación final de los excedentes hídricos si el sistema actual de colectores aluvionales se encuentra saturado?
- Frente a un escenario de cambio climático, ¿Habría mayor número de tormentas convectivas de verano? ¿Cómo sería la respuesta en la situación actual de las cuencas pedemontanas?
- Desde la política pública de Ordenamiento Territorial: ¿puede orientarse o promoverse el crecimiento de aglomerados urbanos hacia el piedemonte?

1.5. Geomática y cartografía

1.5.1. Cartografía básica

Se recopiló toda la información disponible acerca del área de estudio. Se trabajó con hojas cartográficas IGN a escala 1:250 000, imágenes de satélite e información cartográfica de diferentes instituciones.

De los diversos estudios de relevamiento físico de la Provincia, se seleccionaron los que a continuación se detallan:

- a. **IGN - Instituto Geográfico Nacional:** La principal fuente de datos fue el *SIG250* en formato digital a escala 1:250.000. Los niveles de información incluyen:

1. Cursos de agua
2. Vías de comunicación
3. Ferrocarriles
4. Espejos de agua
5. Actividades Humanas
6. Accidentes Geográficos especiales
7. Puntos Geográficos destacados
8. Límites administrativos
9. Puentes

También se escanearon y georreferenciaron las siguientes cartas topográficas en escala 1:50.000:

10. 3369-9-2 Cordón San Bartolo
11. 3369-9-4 Cordón Paramillos
12. 3369-10-1 Cerro Peñas
13. 3369-10-3 Cerro Higueras
14. 3369-15-2 Casa de Piedra
15. 3369-16-1 Totoral
16. 3369-16-2 Lavalle
17. 3369-16-3 Mendoza
18. 3369-21-3 Ea La Carrera
19. 3369-21-4 Villa Bastías

- (b) INTA – Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, mediante su Atlas de suelos de la República Argentina.

El Atlas de Suelos de la República Argentina describe las regiones naturales, los Suelos y tablas de evaluación y degradación de cada provincia. En escala 1:500.000, en formato digital.

- (c) Imágenes de satélite de servidores gratuitos: Se recopilaron imágenes Landsat 8 y Sentinel de distintas fechas y resoluciones.
- (d) Relevamiento aerofotogramétrico del piedemonte (DIGID - IFTA, 1970) a escala 1:5.000 con curvas de nivel con equidistancias de 2 m.
- (e) Nuevos MDE Aerofotogramétricos de Mendoza Capital (IGN, 2017) de 5 m de resolución. (30 escenas) Ref.:

 3369-16-1-c.img	 3969-16-4-b.img
 3369-16-1-d.img	 3969-16-4-d.img
 3369-16-2-c.img	 3969-17-1-a.img
 3369-16-3-a.img	 3969-17-1-b.img
 3369-16-3-b.img	 3969-17-1-c.img
 3369-16-3-c.img	 3969-17-1-d.img
 3369-16-3-d.img	 3969-17-2-a.img
 3369-16-4-a.img	 3969-17-2-c.img
 3369-16-4-c.img	 3969-17-3-a.img
 3369-22-1-a.img	 3969-17-3-b.img
 3369-22-1-b.img	 3969-17-3-c.img
 3969-11-3-c.img	 3969-17-3-d.img
 3969-11-3-d.img	 3969-17-4-a.img
 3969-16-2-b.img	 3969-17-4-b.img
 3969-16-2-d.img	 3969-17-4-c.img

A nivel local, la Agencia Provincial de Ordenamiento Territorial (APOT) proveyó la siguiente información:

Tabla 1-1.- Fuentes de información

Nivel de información	Observación	Fuente
Curvas de nivel		IGN
Cotas en puntos característicos		IGN
Catastro urbano	-	Catastro provincial
Denominación de barrios		DISIME 2017
	Luján	http://geonode.lujandecuyo.gob.ar/geoserver/wms
Asentamientos informales		RENABAP 2018 *
Red vial	Huellas Secano	SIAT
	Ejes de calles	SIAT- CATASTRO
	Rutas Mendoza	DPV
Red de canales	Colectores Aluvionales	DPH, SIAT, Guisasola
	Red de riego	DGI
Agua y saneamiento		AYSAM
LAT, LMT	Áreas con servicio eléctrico (400 m. buffer)	EPRE
		http://sig.se.gob.ar/wmsenergia
		https://sig.se.gob.ar/visor/visorsig.php
Equipamiento urbano	https://buhogestion.mendoza.gov.ar/mapoteca	DISIME 2017
Avances urbanísticos	Proyectos en Comisión Reguladora Piedemonte	APOT
Estudio de fallas		CCT
Estudio aluvional		Guisasola
Resolución Límites Godoy Cruz, Las Heras y Luján		SUPREMA CORTE DE JUSTICIA - SALA PRIMERA

*Los Barrios Populares identificados en el RENABAP según Decreto Nacional 358/2017 son: “aquellos barrios populares que se encuentren integrados con un mínimo de 8 familias agrupadas o contiguas, en donde más de la mitad de la población no cuente con título de propiedad del suelo ni con acceso regular a al menos 2 de los servicios básicos”.

1.5.2. Modelo Digital de Elevaciones (MDE)

Se encuentra cada vez más difundido el uso de modelos digitales de elevación (MDE) en Hidrología e Hidráulica para el estudio de cuencas e inundaciones. La disponibilidad de MDE globales y gratuitos permite el acceso a información topográfica, sin embargo muchas veces su baja resolución y precisión no los habilita para estudios hidráulicos. Por tal motivo, se buscan metodologías alternativas para la generación de MDE de calidad suficiente para el estudio de los recursos hídricos. La Interferometría de Radar de Apertura Sintética (InSAR) se constituye como una técnica confiable para la obtención de MDE de resoluciones medias (si es en plataforma satelital) o altas (si es aerotransportado).

En el año 2015 y 2016, el INA-CRA se presentó a dos Anuncios de Oportunidad publicados por la DLR (Agencia Espacial Alemana) para la adquisición de imágenes TerraSAR-X y TanDEM-X. El proyecto

“Modelación hidrológica e hidráulica utilizando datos de alta resolución de TanDEM-X” resultó seleccionado para la adjudicación de imágenes radar en sectores del noroeste de la provincia de Mendoza y noreste de la provincia de Catamarca.

Para todo el estudio se utilizó el MDE TanDEM-X (DLR, 2016) (IDEM: Intermediate DEM) de 10 m de resolución.

En función de las precisiones definidas por la Agencia Espacial Alemana (DLR) el producto TanDEM-X IDEM utilizado, posee un error absoluto planimétrico de 10 m (1 píxel) y un error vertical (al 90% de confianza) de entre 2 a 4 m. En tabla siguiente se indica dichos valores.

Tabla 1-2. Precisiones del MDE TanDEM-X

DEM Product	Independent Pixel Spacing	Absolute Horizontal Accuracy, CE90	Absolute Vertical Accuracy, LE90	Relative Vertical Accuracy, 90% linear point-to-point error	Coverage
TanDEM-X DEM					
TanDEM-X DEM (standard product 0.4 arcsec)	~12 m (0.4 arcsec @ equator) see Sec. 4.3.1.3	<10 m	<10 m	2 m (slope ≤ 20%) 4 m (slope > 20%)	global
TanDEM-X DEM (1 arcsec)	~30 m (1 arcsec @ equator) see Sec. 4.4.2	<10 m	<10 m	Not specified	global
TanDEM-X DEM (3 arcsec)	~90 m (3 arcsec @ equator) see Sec. 4.4.2	<10 m	<10 m	Not specified	global
TanDEM-X Intermediate DEM					
IDEM (intermediate DEM)	~12 m (0.4 arcsec @ equator)	<10 m	<10 m	Not specified	regional

Obtenido de: DLR (2016)

Sin embargo, estudios recientes (Wessel et al, 2018) indican que las precisiones son aún mejores, demostrando mediante comparación (a nivel mundial) con más de 23.000 puntos de control geodésico, 19 tracks de GPS cinemático (cubriendo más de 66.000 km), que la media del error vertical absoluto es menor a +/-0.20 m, con un RSME (raíz del error cuadrático medio) de 1.4 m, y un error relativo al 90% de confianza inferior a 2 m.

Por otro lado, en estudios locales (Burgos et. al, 2017) se compara el MDE de TanDEM-X con MDE de distribución global y gratuita para la obtención de parámetros hidrológicos e hidráulicos. Para la comparación, además del MDE TanDEM-X (IDEM), se obtuvieron y procesaron 5 MDE: SRTM-C v4 (90 m), SRTM-X (30 m), MDE-Ar (30 m), AsterGDEM v2 (30 m), y ALOS-PALSAR DEM (12.5 m).

En la figura siguiente se observa un perfil y detalles de una porción de la cuenca Casa de Piedra.

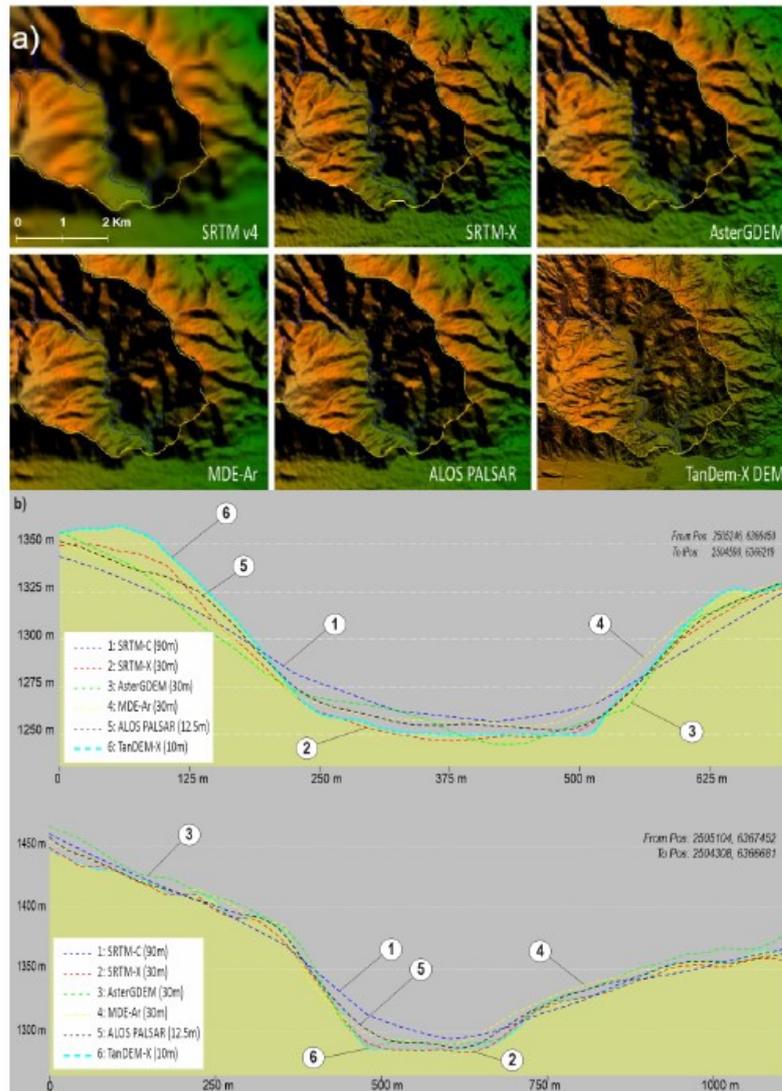


Figura 1-2. a) MDE utilizados en la comparación, b) Perfiles transversales en zona de cierre de cuenca. / tomado de Burgos et. al 2017

En el citado estudio se indica que TanDEM-X posee un RMSE de 1.8 m superando a todos los MDE analizados (ver tabla siguiente).

Tabla 1-3. Estadísticos de comparación de elevaciones (Burgos et al., 2017)

Fuente	Comparación de parámetros morfométricos					Estadísticos de diferencia en elevaciones en comparación con cotas conocidas									
	C_t [1/km]	K_f	R_c	K_c	K_m [m/km ²]	C_o	n	med	var	desv	min	max	asim	curt	RMSE
SRTM-C	0.60	0.15	0.440	0.160	10.18	11.68	229	-3.25	40.1	6.33	-19.7	33.3	11.3	18.5	7.1
SRTM-X	0.52	0.11	0.377	0.171	10.02	11.66	226	0.23	19.5	4.42	-18.8	13.9	1.4	4.7	4.4
Aster GDEM	0.55	0.11	0.380	0.170	10.15	11.72	229	0.56	35.1	5.93	-21.5	21.7	2.0	4.1	5.9
MDE-Ar	0.54	0.11	0.379	0.170	10.19	11.81	229	-3.49	24.4	4.94	-17.8	16.8	8.9	9.9	6.0
ALOS Palsar	0.53	0.11	0.375	0.173	10.03	11.65	229	-2.52	18.6	4.31	-10.7	15.4	8.0	6.5	5.0
TanDEM-X	0.55	0.11	0.371	0.174	10.04	11.72	326	-0.04	3.1	1.75	-7.1	6.0	-1.0	6.3	1.8

C_t : Coef. de Torrencialidad, K_f : Coef. de forma, R_c : Relación de elongación, K_c : Coef. de compacidad, K_m : Coef. de Masividad, C_o : Coef. Orográfico; n: Cantidad muestral, var.: Varianza, desv.: Desviación típica, min: Mínimo error; max: Máximo error, asim: Asimetría, curt.: Curtosis, RMSE: Raíz del error cuadrático medio.

1.5.3. Georreferenciación

Toda la cartografía se verificó o transformó al siguiente sistema de georreferenciación:

Marco de referencia: **POSGAR 2007** (Posiciones Geodésicas Argentinas año 2007)
Elipsoide de referencia: **WGS 84**
Sistema de proyección: **Gauss Krüger, faja 2**

1.5.4. Sistema de Información Geográfica

Compilada la información obtenida de los estudios antecedentes, en el área y sus inmediaciones, ajustables a los objetivos previamente propuestos, se procedió al procesamiento preliminar de la Información Cartográfica Básica mediante la confección del sistema de información geográfica de base a utilizar en el presente estudio.

Se utilizó la plataforma de ESRI en su versión ArcView v.3.2a y algunos procesamientos en SIG libre de código abierto como el QGIS.

1.5.5. Escala de trabajo

Se optó por dos escalas de trabajo: para la determinación de las cuencas aluvionales y modelación hidrológica, se seleccionó una escala de 1:50.000; y para el estudio hidráulico, una escala 1:40.000, sin embargo para la confección del mapa síntesis se empleará una escala de 1:50.000.

La escala es una herramienta en cartografía que vincula las unidades de mapa con las unidades del terreno. Trabajar a la escala adecuada permite realizar un uso correcto de la cartografía generada, la cual redundará en un uso pertinente para la gestión y planificación de las variables representadas.

La escala final del mapa de amenazas aluvionales será una resultante de las escalas de la información de entrada o de base utilizada para su generación. La principal información utilizada para el Análisis Multicriterio fue derivada del Modelo Digital de Elevaciones el cual se estima una escala de 1:40.000. Asimismo, se utilizaron también mapas a escalas provinciales (1:250.000) como por ejemplo cartografía de suelo del INTA, y estudios de geología, geomorfología y vegetación, que sirvieron para procesar el mapa de CN o potencial de infiltración, entre otros. Por tanto se define en 1:50.000 como escala final de trabajo y de interpretación del mapa de amenazas. Esto significa, en términos de comparación entre dimensiones del mapa y del terreno, que 1 cm del mapa de amenazas, representan 500 m del terreno. Por tanto 1 cm² son 25 has del terreno. Comparando estos valores con elementos del terreno, el uso correcto del mapa de amenazas es a nivel barrio o emprendimiento urbanístico. No se recomienda su uso a nivel lote o manzana.

Es importante hacer hincapié que el presente estudio abarca una superficie de 1200 km². Es decir, es un área de trabajo de orden regional, involucrando unidades geomorfológicas de dimensiones considerables, como es la Precordillera y su zona pedemontana. Habitualmente los estudios de orden regional están a escalas de 1:100.000 a menores. Por tanto, consideramos que la escala del presente trabajo responde interrogantes a nivel de consolidación urbana (loteos o barrios), más allá del orden regional, pero no a nivel local o detalle (parcela o lote).

CAPÍTULO 2 : METODOLOGÍA

La metodología se dividió en las siguientes áreas y actividades:

1. Búsqueda de Antecedentes:

- a. Se recabó toda información antecedente de la zona, tanto de estudios cartográficos, hidráulicos, hidrológicos, geotécnicos y legales o normativos que sirvan como información de base.
- b. Se efectuaron visitas de inspección a la zona de proyecto, que consistieron en recorridos con reconocimiento de cauces torrenciales y áreas adyacentes. Se realizaron relevamientos fotográficos y de GPS.

2. Sistema de Información Geográfica (SIG)

- a. Se confeccionó un SIG para la articulación y procesamiento de la información tal como infraestructura urbana, cartografía general, imágenes de satélite, suelos, etc.
- b. Para modelar el proceso hidrológico, se utilizó un *Modelo Digital de Elevaciones* (MDE) con una resolución de 10 m, que sirvió de base para la obtención de mapas derivados y parámetros geométricos. Para tipificación de cobertura vegetal, tipo de vegetación, y/o clasificación hidrológica de suelos en la cuenca, se utilizaron mapas antecedentes e imágenes satelitales de Landsat 8 (res.: 25 m) y Sentinel 2 (res.: 20 m).

3. Estudio de Hidrología Aluvional

- a. *Tormenta de Diseño*: Se tipificó la tormenta de proyecto para 7 recurrencias (2, 5, 10, 25, 50, 100 y 200 años), para obtener las láminas e intensidades de precipitación a utilizar. Se utilizaron las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia de la Tormenta de Proyecto para el Gran Mendoza (INA, 2008).
- b. *Parámetros morfométricos*: Mediante el SIG se delimitaron las cuencas o subcuencas que intervienen en la zona de estudio, obteniendo los parámetros morfométricos de las mismas, tales como longitudes de flujo, áreas de drenaje, pendientes, potencial de infiltración, cobertura vegetal, etc.
- c. *Modelo Hidrológico*: Se empleó un modelo de simulación matemática de transformación lluvia-escorrentamiento (Arhymo, 2010), que permitió obtener caudales simulados para distintos escenarios.

4. Estudio Geotécnico

- a. Se realizaron *estudios de suelos*, que permitieron determinar parámetros físicos como clasificación, diámetros característicos, tanto en el cauce principal como en los secundarios.
- b. Se realizaron *ensayos de permeabilidad*, con infiltrómetro de doble anillo, para determinar potencial de escurrimiento e infiltración en cuencas.

5. Estudios Hidráulicos

- a. *Modelo hidráulico*: Mediante la aplicación de un modelo hidráulico bidimensional (HEC RAS 5, 2017) que requirió como valores de entrada el MDE y perfiles transversales del terreno

siguiendo longitudinalmente los cauces, se determinaron planicies de inundación por medio de simulaciones matemáticas, de forma de obtener perfiles de superficies de agua en regímenes de flujo mixto, subcrítico y supercrítico.

b. *Erosión*: Por medio de transformaciones empíricas, se analizó la erosión generalizada y/o sedimentación producida en los cauces aluvionales.

6. Estudios Legales y Normativos

a. Se realizó un análisis de antecedentes regulatorios del piedemonte junto con un análisis de legislación nacional, provincial y municipal, así como de organismos con competencia en el área.

2.1. Esquema Metodológico

Basado en estudios anteriores realizados en la provincia y en otras localidades (Burgos, 2005; Maza & Burgos, 2005; Burgos, 2008a; Burgos & Vargas Aranibar, 2008; Burgos et. al, 2015; Burgos & Salcedo, 2016a, 2016b y 2016c; Burgos et. al, 2017; Burgos & Quiroga, 2017), el esquema metodológico general del trabajo se puede dividir en cuatro componentes principales:

- 1) **Análisis Numérico mediante modelos Hidrológico, Hidráulico y Geomorfológico;**
- 2) **Análisis Multi-Escenario;**
- 3) **Evaluación Multi-Criterio de Amenazas Aluvionales;**
- 4) **Propuestas Técnicas y Normativas.**

2.2. Marco conceptual de la Evaluación Multicriterio (emc)

Con la aplicación en un entorno SIG del método multicriterio Proceso Jerárquico Analítico (AHP por sus siglas en inglés de “Analytic Hierarchy Process”) se pretende caracterizar la zona de estudio, utilizando cada uno de los niveles de información (o criterios) que surjan de la tipificación de las variables a considerar en la evaluación de amenazas hídricas como base para la propuesta de determinación de áreas expuestas a amenazas aluvionales.

El **método AHP** es propuesto para este estudio por ser un método claro, robusto en cuanto a la ponderación numérica (matemática) de variables cualitativas y cuantitativas; donde se pueden tener en cuenta tanto criterios ambientales como sociales, permitiendo tomar decisiones a partir del conocimiento de expertos frente a un tema determinado, haciendo posible jerarquizar los criterios a partir de los objetivos con los cuales se pretende resolver un problema.

El método AHP es un instrumento útil cuando se presentan conflictos entre varios objetivos, ya que a través de la definición de criterios y las preferencias de los decisores por medio de atribución de pesos, permite la comparación entre los objetivos a alcanzar.

El proceso metodológico para la aplicación de esta herramienta de Evaluación Multicriterio (EMC) se desarrolla en la Figura 2-3.

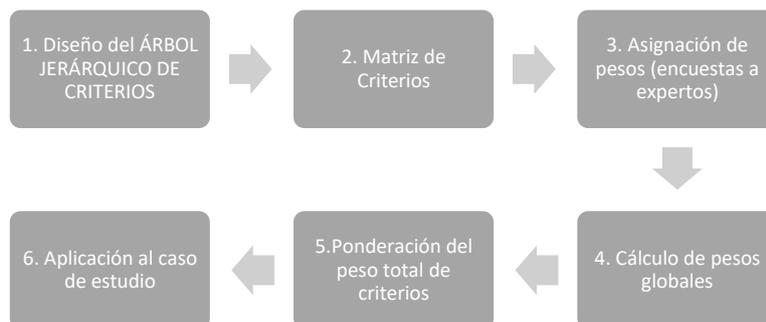


Figura 2-3. Metodología AHP. Elaboración propia.

2.2.1. Árbol Jerárquico y Matriz de criterios

Se trabajará con un solo nivel de jerarquía cuya matriz de criterios surge de un análisis exploratorio mediante consultas a expertos y de revisión bibliográfica.

2.2.2. Asignación de pesos

Para la asignación de pesos se confeccionó una encuesta (datos no mostrados) donde se evaluaron de a pares todas las variables consideradas. Con esta encuesta se incorporan las experiencias y criterios de expertos de diferentes especialidades mediante los juicios incluidos en las denominadas matrices de comparaciones pareadas. Estas matrices cuadradas $A=(a_{ij})$ reflejan la dominación relativa de un elemento frente a otro respecto a un atributo o propiedad en común. En particular, a_{ij} representa la dominación de la alternativa i sobre la j .

Saaty (1977 y 1980), propone la utilización de una escala fundamental para establecer los valores (juicios) correspondientes a las citadas comparaciones. Considerando un rango de valores entre 1/9 y 9 (ver Tabla 2-4) evita el problema que se plantea cuando se realizan comparaciones relativas. Para lograr la precisión requerida del proceso matemático empleado, los elementos comparados deben pertenecer a grupos homogéneos (Axioma 2 del método), o por lo menos relativamente próximos. La escala para representar las intensidades de los juicios está expresada en Tabla 2-4.

Tabla 2-4.- Escala de valoración de criterios (Saaty, 1977)

Intensidad	Definición	Explicación
1	De igual importancia	Las dos actividades (o variables) contribuyen de igual forma al objetivo
3	Moderada importancia	La experiencia y el juicio favorecen levemente la primera actividad (o variable) sobre la otra.
5	Importancia fuerte	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente la primera actividad (o variable) sobre la otra.
7	Muy fuerte o demostrada	La primera actividad es mucho más favorecida que la otra, su predominancia se mostró en la práctica.
9	Extrema	La evidencia que favorece la primera actividad sobre la otra es absoluta y totalmente clara.
2,4,6 y 8	Valores intermedios	Cuando se necesita un compromiso de las partes entre valores adyacentes.
Recíprocos	$a_{ij}=1/a_{ji}$	Hipótesis del método

2.2.3. Cálculo de pesos globales

Se calcularán los pesos locales a partir de la asignación directa de los valores a cada criterio normalizando de tal manera que la suma del nivel sea la unidad, usando la ecuación (1).

$$w_i = \frac{w_i}{\sum_{s=1}^{ml} w_s} \quad (1)$$

Donde w_i representa el valor a normalizar y ml el número total de valores. El resultado del cálculo se presenta en el capítulo de Resultados. Los pesos globales, para cada variable se muestran en Tabla 2-7.

2.2.4. Ponderación del peso total de criterios y Verificación de Consistencia

Lo que se busca obtener es un vector de prioridades, que representa la importancia relativa de los criterios comparados en cada una de las matrices de comparaciones a pares, por medio del vector propio de la matriz (autovalor). El tercer principio del método radica en la consistencia (lógica) de las evaluaciones. Implica que las matrices de comparación pareadas deban poseer:

- Transitividad de las preferencias: Si el criterio 1 (C1) es mejor que C2 y C2 es mejor que C3 entonces se espera que C1 sea mejor que C3. Implica que el orden de las preferencias por los elementos de un conjunto tenga un orden coherente y no contradictorio.
- Proporcionalidad de las preferencias: Si C1 es 3 veces mejor que C2 y C2 es 2 veces mejor que C3 entonces se espera que C1 sea 6 veces mejor que C3. Implica que exista un orden cuantificable entre los elementos de un conjunto y que tal orden se mantenga entre las distintas posibles comparaciones.

Dada la ausencia de valores exactos para la escala de la mente humana que no está preparada para emitir juicios 100 % consistentes (que cumplan las relaciones de transitividad y proporcionalidad) se espera que se viole la proporcionalidad de manera tal que no signifique violaciones a la transitividad.

Índice de Consistencia: es una medida de la desviación de la consistencia de la matriz de comparaciones a pares. La forma de obtenerlo es a través del máximo valor propio de la matriz de comparaciones y utilizando la ecuación (2). En casos donde pueda existir inconsistencia en los juicios el valor propio tiende a ser mayor que el rango de la matriz.

$$IC = \frac{\lambda_{Max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

Donde:

IC: Índice de Consistencia

λ : es el máximo valor propio de la matriz de comparaciones a pares.

n: es el número de criterios.

La **Razón de Inconsistencia (RI)** es el resultado de la relación entre el Índice de Consistencia y el Índice Aleatorio. El valor de esta proporción de consistencia no debe superar el 10 %, para que sea evidencia de un juicio informado (ecuación (3)).

$$RI = \frac{IC}{ICA} \delta 0.10 \quad (3)$$

Índice de Consistencia Aleatorio (ICA): es el índice de consistencia de una matriz recíproca aleatoria, con recíprocos forzados, del mismo rango de escala de 1 hasta 9. Los valores del ICA para diferentes cantidades de variables (n) obtenidos por simulación de 100.000 matrices aleatorias (Aguarón y Moreno-Jimenez, 2001) se presentan en *Tabla 2-5*. Para el caso de estudio se utilizó un ICA = 0.882. Si ocurriera el caso de que la proporción de consistencia es mayor a 10 %, entonces hay que volver a revisar los juicios ingresados en la matriz de comparaciones a pares y solucionar la inconsistencia (buscando consensos entre el o los agentes).

Tabla 2-5 : Índice de Consistencia Aleatoria

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ICA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484	1.513

2.2.5. Identificación de variables

En primer lugar se realizó un estudio general para la zona bajo estudio en el que se analizaron las características geológicas, geomorfológicas, edáficas, climáticas y bióticas, prestando especial atención a los valores de pendientes, relieve relativo, morfodinámica actual y ocurrencia de peligros geológicos naturales e inducidos.

En función de una extensa revisión de antecedentes y entrevistas o consultas a expertos se identificaron las variables a utilizar. La metodología incluyó una encuesta interna a especialistas de diferentes perfiles para evaluar el peso relativo de las mismas¹. Las variables consideradas en la evaluación mediante el método AHP fueron las siguientes:

- a) Aluvión
- b) Remoción en masa
- c) Incendio
- d) Sismo

¹ En esta línea se realizó un taller el día 07/09/2018, en paralelo con una capacitación en Ordenamiento Territorial del Instituto CIFOT (UNCuyo) para los Municipios, con profesionales de diferentes áreas. En esa oportunidad a través de un breve seminario-taller, se fortalecieron las capacidades institucionales relativas a la Gestión de Riesgos a Desastres, y se incluyó una encuesta con el uso del método AHP para evaluar los órdenes de preferencia de variables que representan las amenazas consideradas.



Figura 2-4. Seminario-Taller en el Municipio de San Rafael. 7 de setiembre de 2018

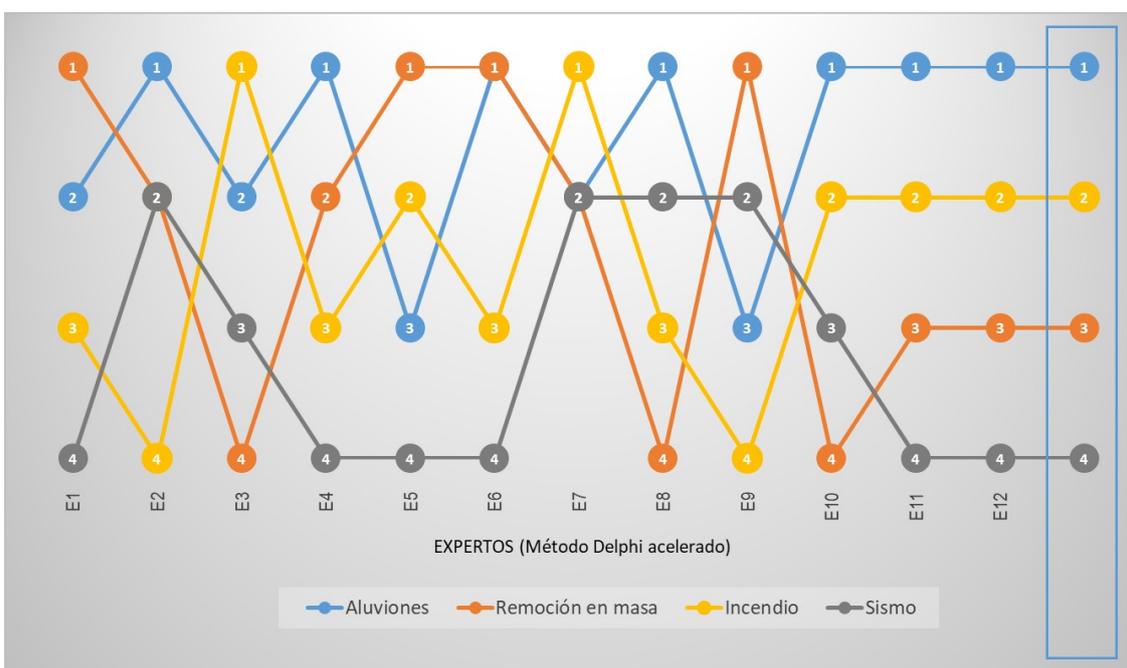


Figura 2-5. Síntesis de jerarquización de variables de amenazas múltiples mediante método AHP. Elaboración propia.

Los resultados se indican en Figura 2-5 y Tabla 2-6, donde se observa que la variable aluvión posee un peso relativo cercano al 40% y la variable remoción en masa un peso cercano a 20%. Si utilizáramos sólo dos variables los pesos relativos quedarían como: Aluvión = 60 % ; Remoción en Masa = 40 %.

Tabla 2-6 Análisis de encuestas y estimación de pesos individuales válidos.

Factor	Expertos												Vector de pesos (pond.x RC)
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	
Aluviones	36%	54%	31%	46%	37%	30%	13%	56%	19%	50%	54%	48%	37%
Remoción en masa	46%	21%	6%	33%	50%	30%	13%	6%	41%	12%	13%	16%	25%
Incendio	12%	5%	56%	13%	43%	26%	63%	12%	11%	26%	27%	21%	27%
Sismo	7%	21%	7%	8%	13%	15%	13%	26%	29%	12%	6%	15%	15%

Para cada especialista encuestado se realizó el análisis de las matrices pareadas, matriz normalizada y determinación del vector de ponderación individual, validando la consistencia lógica de sus respuestas. En la Figura 2-6 se observa resultado de una encuesta.

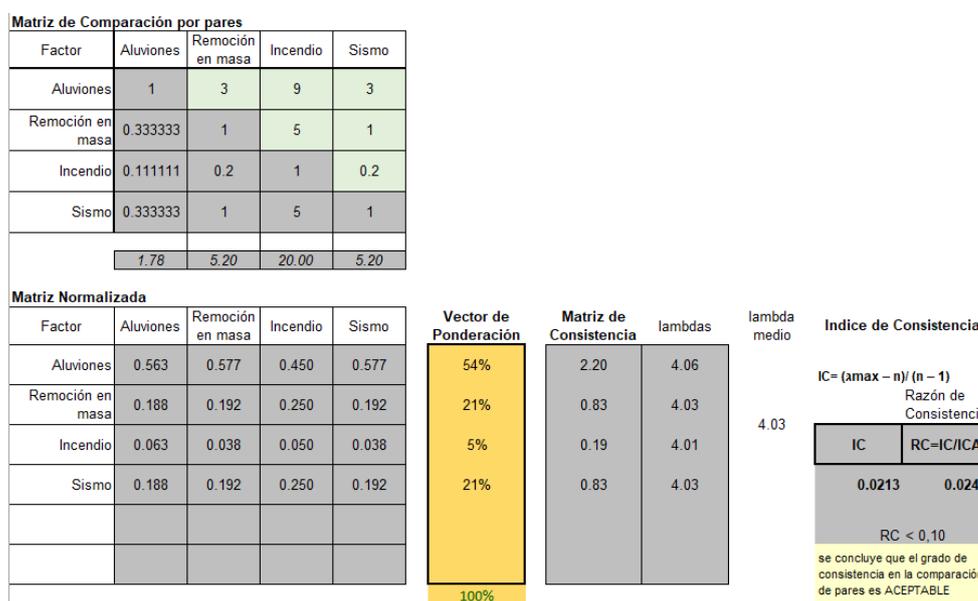


Figura 2-6. Matriz pareada individual y análisis de encuesta. Elaboración propia.

En vistas de la bibliografía de referencia, el reconocimiento de campo, sugerencias de expertos y la información disponible, las amenazas consideradas en el presente estudio fueron:

- **Aluviones (inundaciones); por medio de características morfométricas y modelación numérica hidráulica.**
- **Procesos de Remoción en Masa; (caracterización geológica y geomorfológica, análisis de cobertura vegetal, análisis de estabilidad de taludes, erosividad, producción y transporte de sedimentos)**

Estos pesos determinados con el método AHP, permitieron utilizar una ecuación del tipo (4) para estimar zonas de amenazas críticas o zonas con mejores aptitudes para incluir una propuesta urbana de bajo impacto.

$$MA = 0.6 \times AL + 0.4 \times PRM \tag{4}$$

Donde:

MA: Mapa de Amenazas Aluvionales

AL: Variable Aluvional

PRM: Variable de Procesos de Remoción en Masa

2.2.6. Pesos de las variables principales y secundarias

Las áreas definidas en el mapa de amenazas responden al producto de las 14 variables consideradas en la evaluación multicriterio. Previo a la multiplicación de cada variable por el peso asignado a cada una (según tabla siguiente) las mismas fueron normalizadas por medio de métodos convencionales.

Tabla 2-7 - Pesos de la variables para la EMC

Criterio	Subcriterio	Peso (%)
1	Amenaza Aluvional	60
1-1	Mapa de subcuencas (Superficie de cuenca aluvional)	10
1-2	Mapa de Diferencias de altura por subcuenca	10
1-3	Mapa de Longitudes de cauce por subcuenca	10
1-4	Mapa de isodistancias a cauces o torrentes	20
1-5	Mapa de pendientes	20
1-6	Mapa de Isocronas (tiempos de viaje)	20
1-7	Potencial de infiltración (Mapa de CN)	10
2	Amenaza de Procesos de Remoción en Masa y Erosión de Suelos	40
2-1	Mapa de Probabilidad de flujo aluvional	10
2-2	Mapa de Zonas de Inundación	10
2-3	Índice de Humedad (twi)	20
2-4	Mapa de inestabilidad de taludes (zonas críticas y estables)	20
2-5	Mapa de Potencia / relieve	15
2-6	Mapa Pérdida de suelo (Gavrilovic) (clases de pérdidas anuales)	15
2-7	Mapa de cárcavas	10

Se conformó la siguiente tabla con los valores estadísticos de cada variable y se normalizaron mediante las ecuaciones siguientes, en función de si era una variable directa o inversa:

$$z_d = \frac{v_i - \min}{\max - \min} ; \quad z_i = \frac{\max - v_i}{\max - \min}$$

Donde:

z_d = variable normalizada directa

z_i = variable normalizada inversa

max: máximo valor

min.: mínimo valor

v_i : variable

También se analizó la estandarización, por medio de

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

z: Variable estandarizada

x: media

μ : Media

σ : desviación estandar

Las variables inversas fueron aquellas que mientras aumenta el valor numérico de la variable se reduce la amenaza. Serían los casos de: Distancia a cauces, Isocronas, índice TWI y Estabilidad de

laderas (indicadas con * en la tabla siguiente). El resto son variables directas, es decir, mientras aumenta su valor, aumenta su aporte al mapa de amenaza aluvional.

En la tabla siguiente se indican las estadísticas de las variables y su estandarización. Para el mapeo se utilizaron las variables normalizadas, con mínimos de 0 y máximos de 1 para todas. Las variables indirectas fueron reclasificadas en forma inversa para que queden numéricamente todas directas.

Tabla 2-8 - Estandarización de variables para la EMC

Nº	Variable	Unidad Física	Min	Max	Media	Desv	Variable estandarizada			
							MIN	MAX	MEDIA	DESV
1	Superficie Subcuenca	Km ²	0.252	19.458	8.479	3.888	-2.116	2.824	0.00	1.00
2	Dif. Altura	m	19.380	1503.350	367.479	367.479	-0.947	3.091	0.00	1.00
3	Long. Cauce Mayor	Km	0.900	14.500	7.664	2.362	-2.864	2.895	0.00	1.00
4*	Distancia a Cauce	m	25.000	1250.000	330.718	256.537	-1.192	18.201	0.00	1.00
5	Pendiente	%	0.003	928.618	28.194	28.494	-0.990	31.600	0.00	1.00
6*	Isocronas	hs	0.000	2.613	0.933	0.487	-1.922	5.585	0.00	1.00
7	CN	adim	68.000	99.000	84.096	4.460	-3.609	3.342	0.00	1.00
8	Prob. Flujo Aluvión	%	0.000	2428.570	5.360	35.795	-0.150	67.698	0.00	1.00
9	Zonas Inundación	adim	0	1	mapa binario					
10*	Índice Topográf. Humedad (TWI)	adim	0	1	0.126	0.325	-0.387	2.688	0.00	1.00
11*	Índice Estabilidad Laderas	adim	-8.593	10.000	4.295	3.343	-1.284	1.706	0.00	1.00
12	Potencia de Cauce (SPI+TWI)	adim	0	1	mapa binario					
13	Pérd. Suelo - Erosión / Gavrilovic	tn/ha año	14.039	65648.125	3657.112	2408.553	-1.513	25.738	0.00	1.00
14	Cárcavas	adim	0	1	mapa binario					

La aplicación de la ecuación siguiente estima la EMC para cada celda.

$$EMC = v_1 \times p_1 + v_2 \times p_2 + v_3 \times p_3 \dots + v_{14} \times p_{14}$$

Donde vi representa el valor estandarizado de la variable i, y p representa el peso relativo de dicha variable i. Los pesos fueron indicados en Tabla 2-8.

Por lo tanto, si todas las variables están normalizadas (en forma directa) y la suma de pesos relativos llega a 1 (100%) la sumatoria total debería poseer un mínimo absoluto de 0 y un máximo absoluto de 1. En tabla siguiente se observa que el máximo valor llega a 0.92 con un mínimo de 0.04.

Tabla 2-9 - Estadística del mapa de amenazas aluvionales

		Unidad Física	Min	Max	Media	Desv
EMC	Mapa Síntesis AMENAZAS ALUVIONALES	adim	0.0485	0.9252	0.2679	0.084

La definición de umbrales, para la clasificación del mapa, estuvo dada por la asignación de tres valores (adoptados) que dividen el histograma de frecuencias (figura 13) con una diferencia a partir de la media muy cercana a media desviación estándar ($\mu \mp \frac{\sigma}{2}$). En figura siguiente se indican los umbrales adoptados y la escala (numérica) del mapa de amenazas.

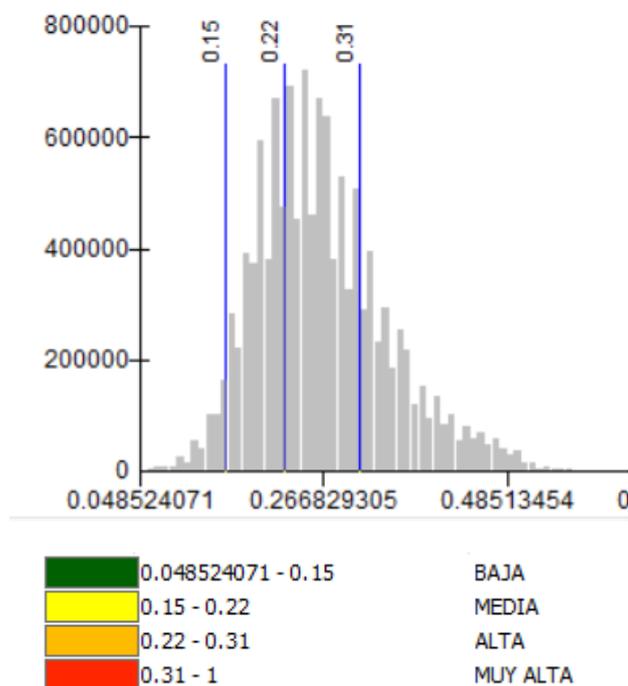


Figura 2-7. Histograma de frecuencias del mapa de amenazas y umbrales de clasificación adoptados.
Elaboración propia.

Las áreas rojas del mapa representarán zonas de amenaza aluvial muy alta, debido a encontrarse en el rango superior de la clasificación realizada, es decir que para muchas de las variables consideradas sus valores internos fueron altos, evidenciando una amenaza mayor. Las personas, infraestructuras y cualquier tipo de ocupación están expuestos a verse seriamente afectadas frente a cualquier tipo de evento aluvial.

Las áreas naranjas del mapa refieren a zonas de amenaza aluvial alta, en las que la ocupación permanente por parte de la población no es recomendada, las personas están en peligro incluso dentro de sus viviendas, ya que las edificaciones están expuestas a ser destruidas.

Las áreas amarillas incluye a todas las zonas con valores intermedios siendo éstos lugares con amenaza aluvial media. Se traduce en la posibilidad de una ocupación permanente por parte de la población, teniendo en cuenta una serie de criterios obligatorios en paralelo al desarrollo de obras de mitigación necesarias.

Y finalmente las áreas verdes implican valores bajos a nulos ubicados en la zona inferior de la clasificación realizada, debido a que la mayoría de las variables presentaron bajos valores, correspondiendo entonces a lugares con baja a amenaza aluvial. El grado de peligro es bajo, y tanto las personas como las edificaciones solo se verán afectada en caso de evento extremos.

La metodología para la generación del mapa de amenazas no contempla un análisis estocástico, por lo tanto no se puede hablar de mapa de probabilidades. Si bien dentro de las variables consideradas, existen al menos dos que sí indican probabilidades explícitas, la primera en el caso de las áreas inundables por medio de la probabilidad de ocurrencia (o la inversa del tiempo de retorno) de la precipitación considerada, en este caso 2% de probabilidad, y la segunda en forma cualitativa con la probabilidad de flujo, el resto expresa variables físicas (distancias, pendientes, tiempos, tasas de erosión, etc.) o variables binarias (SI o NO, 1 o 0) en la caso de zonas de erosión retrocedente (cárcavas), potencia de cauce y TWI.

2.3. Metodología para cada nivel de información

Para la **amenaza hidrológica** que incide tanto en la generación de escorrentías superficiales, como en procesos de remoción en masa, se caracterizó la morfometría de cada cuenca de aporte, utilizando la interfaz HEC GeoHMS (HEC, 2000 cit. en Burgos (2005) y un Modelo Digital de Elevaciones (MDE) con resolución de 12.5 m (ASF DAAC, 2017) y siguiendo la metodología indicada en Burgos & Salcedo (2014).

Para la división de áreas de acuerdo a la **saturación hídrica de suelos**, se utilizó el concepto de índice topográfico de humedad (twi, por sus siglas en inglés) (Beven y Kirby, 1979, cit. en Pack et. al, 1998) que indica la relación entre área de acumulación de flujo (upslope grid) y la pendiente de la celda analizada.

Para la amenaza de **procesos de remoción en masa**, se analizó la estabilidad de taludes, con el modelo SINMAP (Stability Index MAPping), el cual caracteriza cada celda (pixel) en función del índice de estabilidad (Pack et al, 1998; Tarolli y Tarboton, 2006).

Asimismo se analizaron coberturas vegetales con indicadores (SAVI; NDX, NDVI, NDS, NDW) por análisis de imágenes del satélite Landsat 8 (de fecha 14/02/2018) y Sentinel2 (de fecha Oct.2018).

Para la **amenaza de erosividad** o erodabilidad de suelos, se utilizarán simulaciones empíricas tipo Gavrilovic.

2.4. Escenarios de análisis

Entre los escenarios analizados, se encuentran:

2.4.1. Situación Existente: Denominado Escenario 1 (E01)

El **Escenario 1 (E01)** representa las condiciones actuales del área de estudio. Contiene la situación de avance urbano y agrícola, existentes al año 2018, y en función del mapa de usos estimado por teledetección mediante indicadores de cobertura vegetal, e impermeabilización de suelo. Asimismo este escenario contiene toda la infraestructura de defensa aluvional existente (diques aluvionales Maure, Frías, Papagayos y San Isidro) y los colectores indicados en Tabla 6-34, que se encuentran dentro del área de estudio.

Además, se utiliza para comparar todos los escenarios en forma relativa a esta situación actual (año 2018). Los impactos de los escenarios de análisis E02 a E06 fueron relativizados con este escenario

para comparar los resultados de hipotéticos avances urbanos (agrícolas o industriales), incendios y cambio climático respecto de esta situación actual.

Este escenario se modela para todas las recurrencias (de 2 a 200 años) y se calculó la ubicación crítica del núcleo de tormenta para cada sistema de subcuencas.

2.4.2. Situación de Avance Antrópico con Desarrollo Urbano Tradicional (E02)

Denominado **Escenario 2 (E02)**: Incluye un potencial avance del frente urbano mediante **construcciones tradicionales** (dameros, calles en máxima pendiente, grandes áreas impermeables, etc.) y sistemas urbanísticos similares a los de zonas planas. Se estimarán los impactos hidrológicos de tener avances urbanos de este tipo en diferentes cuencas pedemontanas.

Para los escenarios E02 y E03 se cambian las características internas de las subcuencas del modelo ArHymo siguiendo dichas relaciones de impermeabilidad y del valor del CN, como se indica a continuación y en tabla 2.10.

SCS propone:

Para distritos urbanos o industriales de tipo C (3): CN 91 → con las siguientes ecuaciones se estima la abstracción inicial a 5,9 mm

$$S = \left(\frac{25400}{CN} \right) - 254 \tag{5}$$

$$I_a = S^{0,55} \tag{6}$$

SCS propone también 75% de impermeabilización del área total

Tabla 2-10 - Parámetros del modelo hidrológico que representan el escenario E02

	CN	la [mm]	Proporción de área directamente conectada [%]	Proporción del área total [%]	Proporción de área directamente conectada [%]
urbano	90	6,3	84	62	52,08
industrial	91	5,9	90	75	67,5

En Anexo se encuentra la tabla completa con todas las subcuencas y sus respectivos parámetros.



Figura 2-8. Determinación de áreas impermeables (ejemplo)

Para la determinación de áreas permeables e impermeables, (área de calles, patios y coberturas forestales y vegetales) se analizó en base a digitalizaciones e interpretaciones de imágenes satelitales de alta resolución, teniendo en cuenta como ejemplo típico a un barrio en zona residencial, con los siguientes parámetros:

Techos típicos = azotea hasta 3°/5 % → 0,80

Calles = 0,90

$$X_{imp} = \frac{0,80 * Area_{calle} + 0,9 * Area_{techos}}{Area_{calle} + Area_{techos}} = 0,84 \quad (7)$$

Proporción del área impermeable respecto del área total = 62 %

2.4.3. Situación con Urbanizaciones No Convencionales (E03)

Denominado **Escenario 3 (E03)**: Incluye un potencial avance del frente urbano utilizando técnicas de bajo impacto (low impact development - LID o **Desarrollo Urbano de Bajo Impacto** - DUBI) compuesto por grandes áreas permeables, calles en curvas de nivel, lotes de mayor superficie, minimización de movimientos de suelos, sistemas de drenaje urbano no convencional como trincheras de infiltración, reservorios, trampas de agua, etc. Se analizará cuantitativamente la ventaja de optar por estos sistemas.

Para los escenarios E02 y E03 se cambian determinadas subcuencas rurales del modelo hidrológico ArHymo a subcuencas urbanas con sus características distintivas.

→ Se analizan dos diferentes casos para los DUBIs: para subcuencas ya urbanizadas y para subcuencas que se van a urbanizar.

→ Se incluyen en la modelación hidrológica 3 técnicas de bajo impacto: a) Barril de lluvia (500L para cada casa, b) Trincheras de infiltración, y c) (Re)permeabilización de lugares públicos.

→ También se tienen en cuenta el área promedio de lote según su zona (200m² a 600m²), el porcentaje de calle de cada subcuenca (30% en zonas residenciales y 10 % en zonas industriales).

2.5. Retención con barril de lluvia

$$Retención [mm] = \frac{500 \frac{L}{casa} * n_{casas}}{Area_{total} * 10000 \frac{m^2}{ha}} \quad (8)$$

2.6. Desconectar calles del sistema (retención en trincheras):

El Ministerio de Medioambiente y Protección de Alemania recomienda que las trincheras debieran retener completamente una lluvia de TR=2 y de 10 minutos de duración.

Para el caso de Mendoza , sería:

$$r_{10,2} = 75,2 \text{ mm} = 208 \text{ L/s*ha}$$

$$Retención [mm] = \frac{Area_{total} * \frac{porcentaje_{calles}}{100} * 208 \frac{L}{s * ha} * 60 \frac{s}{min} * 10 min}{Area_{total} * 10000 \frac{m^2}{ha}}$$

2.7. c) (Re)permeabilización de lugares públicos

- Urbano existente: según análisis SIG de barrio típico, se establece una fracción para plaza del área total como 1,52 %.
- Industrial existente: según análisis SIG de zona industrial, se establece una fracción del estacionamiento del área total como 5 %.
- Urbano futuro: se considera que habrá más espacios públicos en barrios nuevos y se establece una fracción plaza del área total como 2 %.

Tabla 2-11 - Parámetros del modelo hidrológico que representan el escenario E03

	Fracción Plaza /Estacionam. del Área [%]	Ximp dentro del área impermeable [%]	Proporción del área total [%]	Proporción de área directamente conectada [%]
Urbano existente	1,52	82,00	60,00	49,20
Urbano futuro	2,00	81,00	59,00	47,79
industrial	5,00	86,00	70,00	60,03

2.4.4. Situación con Avance Agrícola (E04)

Denominado **Escenario 4 (E04)**: Al sur del río Mendoza, el impacto antrópico más significativo es relativo al cambio de uso de suelo de cuencas aluvionales por parcelas de diferentes cultivos (en general vides). Se analiza el impacto hidrológico respecto a la situación actual.

En la agricultura local (vid en su mayoría), las plantaciones son en hileras, permitiendo la formación de canales que encauzan el flujo (aumento del flujo → menos posibilidad de infiltración → CN aumenta). Para viñedo se toma un valor de CN = 85 (Fattorelli & Fernandez, Tabla 7.8).

$$I_a = \left(\left(\frac{25400}{CN} \right) - 254 \right)^{0,55} \quad (9)$$

$$I_a = 8,1 \text{ mm}$$

Tabla 2-12 - Parámetros del modelo hidrológico que representan el escenario E04

Subcuenca	Área [km ²]	CN antes	CN después	la antes	la después
1202 (R12B)	9,163	74,8	85	11,6	8,10
1205 (R12E)	10,859	77,3	85	10,7	8,10
1302 (R13B)	1,335	78,9	85	10,2	8,10
1304 (R13D)	0,778	77,3	85	10,7	8,10
1305 (R13E)	3,52	79,2	85	10,1	8,10
1306 (R13F)	2,479	79,8	85	9,9	8,10
1401 (R14A)	5,011	77,9	85	10,5	8,10
1503 (R15C)	2,686	78,7	85	10,2	8,10

Como hipótesis de avance de frontera agrícola se modifican las cuencas 12, 13, 14 y 15 (Figura 2-9 a Figura 2-11).

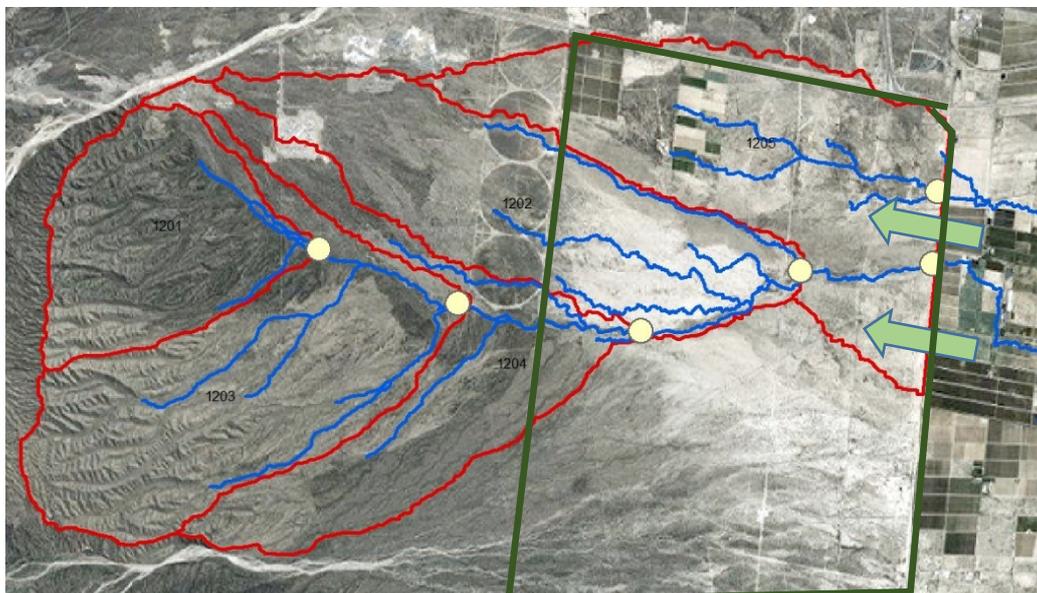


Figura 2-9. Potencial avance agrícola sobre cuenca 12

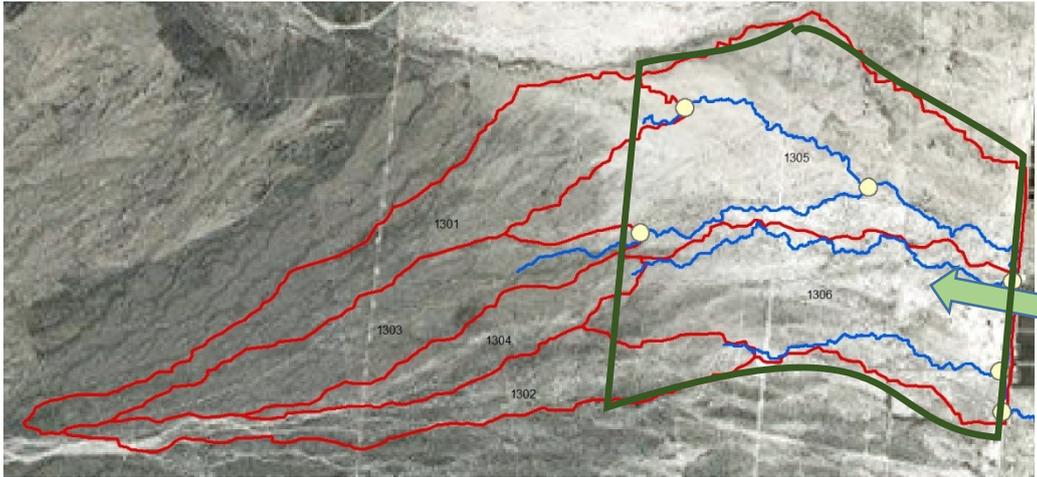


Figura 2-10. Potencial avance agrícola sobre cuenca 13

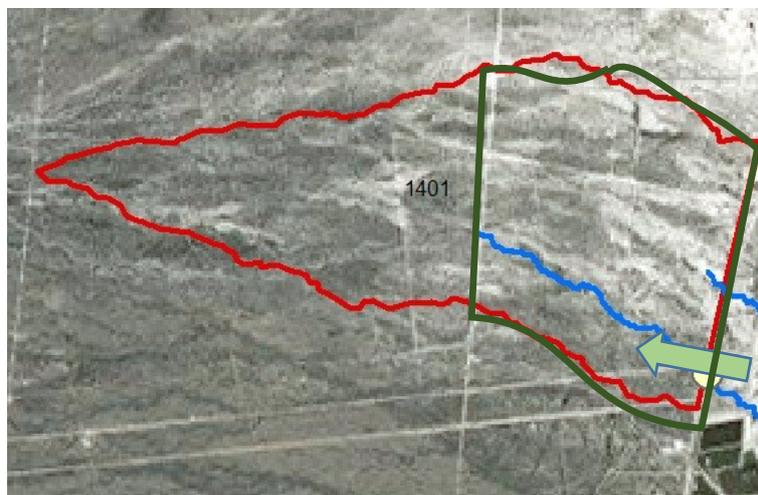


Figura 2-11. Potencial avance agrícola sobre cuenca 14

2.4.5. Situación con cambios en la cobertura natural de suelo por incendios (E05)

Denominado **Escenario 5 (E05)**: Se analiza el impacto producido por el fuego (intencional o natural) en diferentes zonas del piedemonte, luego de analizar el caso del incendio del día de la primavera del 2018.

Las hipótesis para determinar una zona que tenga mayores posibilidades de incendio (natural) fueron:

- 1) Presencia de vegetación.
- 2) Antecedentes de incendios históricos.
- 3) Zonas en cercanía de urbanización tienen mayor posibilidad de incendio.
- 4) Zona por encima de 2000 m tiene poca incidencia de incendio (analizando incendios previos todos terminan bajo los 2000 msnm).

- 5) Para no simular incendios demasiado grandes y analizar una amenaza poco probable (todo lo que se puede incendiar tampoco se va a quemar) se estableció un límite de incendio de 4000 ha por cuenca. El valor viene del incendio del año 1998 cuando se quemaron 3257,9 ha en una cuenca. Un aumento de 20 % para un futuro incendio parece dentro del rango probable.
- 6) Las subcuencas con el CN más bajo tienen mejor probabilidad de incendiarse que las subcuencas con el CN más alto.

En base a estos criterios se adoptó la siguiente franja (ver Figura 2-12) y se cambió el CN a 92. Siguiendo bibliografía internacional ("*forest burn region 3 in the USA*") y considerando que después del incendio no se forma un suelo hidrofóbico.

La abstracción inicial (I_a) normalmente se calcula con $S^{0,55}$; y después de incendios se recomienda calcularlo con (10).

$$I_a = 0,1 * S \quad (10)$$

Luego, con un CN = 92 $\rightarrow I_a = 4,4\text{mm}$

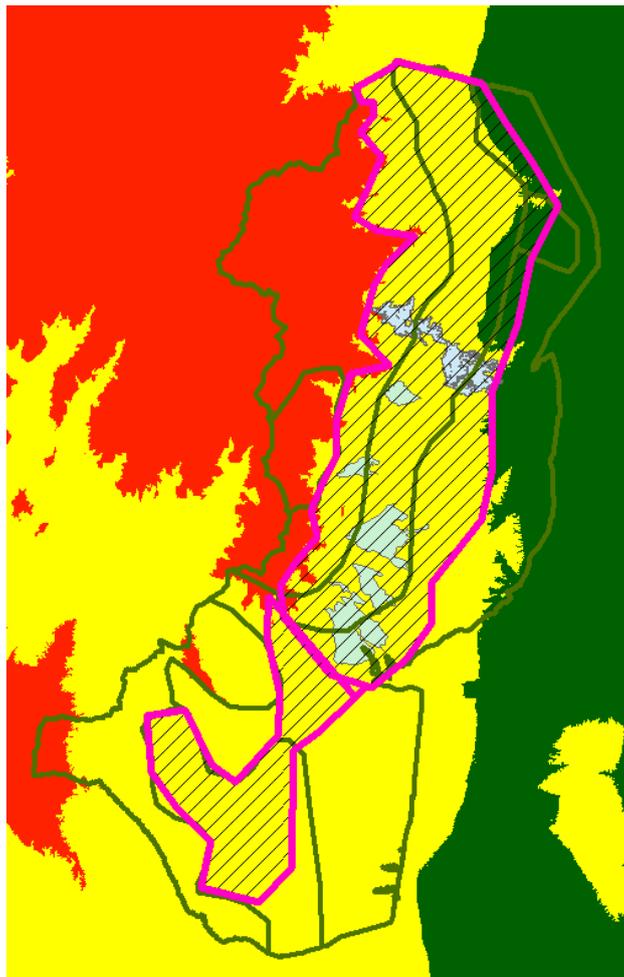


Figura 2-12. Zona adoptada (rayada) para simular efectos de incendio y a nivel de cuenca

2.4.6. Situación con Variabilidad Climática (E06)

Denominado **Escenario 6 (E06)**: Se analiza un aumento tendencial de precipitaciones con un horizonte al año 2065 y su impacto respecto de la situación actual.

Suposición: Escenario de cambio climático significa un aumento en la precipitación

Según Rodríguez et. al, (2014) se encontraron las siguientes relaciones tendenciales para los años 2033 – 2065 indicadas en Tabla 2-13.

Tabla 2-13 - Aumento de precipitaciones en función de la recurrencia para horizonte al año 2065

TR	AUMENTO
5	1.03
50	1.06
100	1.07

Se adoptó el escenario A1B que describe *un futuro con un crecimiento económico muy rápido, una población mundial que alcanza su punto máximo a mediados de siglo y disminuye a partir de entonces, y una rápida introducción de tecnologías nuevas y más eficientes. Los principales temas subyacentes son la convergencia entre regiones, el desarrollo de capacidades y el aumento de las interacciones culturales y sociales, con una reducción sustancial de las diferencias regionales en el ingreso per cápita. La familia de escenarios A1 se desarrolla en tres grupos que describen direcciones alternativas de cambio tecnológico en el sistema energético. Los tres grupos A1 se distinguen por su énfasis tecnológico: intensivo en fósiles (A1FI), fuentes de energía no fósiles (A1T) o un equilibrio en todas las fuentes (A1B).*²

Por otro lado, Haylock et. al (2015) (citado en Rusticucci, 2016) indican que en la región de Mendoza aumentó significativamente el número de días con precipitaciones por encima de 10 mm, partiendo de cerca de 4 días por año en los '60 a 8 días por año en la última década. También muestra una diferencia muy significativa en el número de eventos que superan 20 mm por día.

2.5. Caracterización de amenazas

2.5.1. Amenaza aluvional: Hidrología

2.5.1.1. Delimitación de subcuencas y divisorias de agua

La **delimitación de cuencas** y definición de redes de drenaje de cauces secos o torrentes, se realizó con Sistemas de Información Geográfica según Burgos (2005), utilizando Modelos Digitales de Elevación (MDE) de última generación (10 m de resolución) de tipo interferométricos (TanDEM-X), según Burgos y Salcedo (2014), considerando las pérdidas de precipitación por infiltración y abstracciones iniciales según Burgos (2008).

El MDE utilizado fue provisto por la DLR (Agencia Espacial Alemana por sus siglas en inglés) mediante la adquisición de imágenes TerraSAR-X y TanDEM-X mediante propuesta de proyectos de investigación en dos Anuncios de Oportunidad publicados por la DLR (Agencia Espacial Alemana) en el año 2015 y 2016. El proyecto "Modelación hidrológica e hidráulica utilizando datos de alta resolución

² <https://www.ipcc.ch/ipccreports/sres/emission/index.php?idp=3>

de TanDEM-X” resultó seleccionado para la adjudicación de imágenes radar en sectores del noroeste de la provincia de Mendoza.

Para el presente estudio se utilizó el MDE TanDEM-X (DLR, 2016) (IDEM: Intermediate DEM) de 10 m de resolución. Sólo para analizar los vasos de los diques aluvionales se utilizó el MDE de IGN con resolución de 5 m, ya que no cubre toda el área de estudio.

2.5.1.2. Tormentas de diseño

Las curvas de intensidad, duración y frecuencia utilizadas son las estimadas para el Gran Mendoza (INA CRA, 2008). Se utilizó una tormenta de 1 hora de duración y recurrencias de 2, 5, 10, 25, 50, 100 y 200 años (Tabla 2-14 y Figura 2-13).

Tabla 2-14.- Distribución temporal de tormentas de proyecto (sin decaimiento espacial)

Duración [min]	TR 2 acum [mm]	TR 5 acum [mm]	TR 10 acum [mm]	TR 25 acum [mm]	TR 50 acum [mm]	TR 100 acum [mm]	TR 200 acum [mm]
5	1,2	1,8	2,2	2,7	3,1	3,4	3,8
10	4,1	6,0	7,3	8,9	10,1	11,3	12,5
15	7,8	11,5	14,0	17,1	19,4	21,7	24,0
20	11,9	17,5	21,3	26,1	29,6	33,1	36,6
25	16,0	23,6	28,7	35,0	39,8	44,5	49,2
30	19,8	29,2	35,5	43,4	49,3	55,1	60,9
35	23,0	34,1	41,4	50,6	57,4	64,2	71,0
40	25,6	37,9	46,0	56,3	63,9	71,5	79,0
45	27,5	40,7	49,4	60,4	68,6	76,7	84,8
50	28,6	42,4	51,4	62,9	71,4	79,9	88,3
55	29,1	43,1	52,3	64,0	72,7	81,2	89,8
60	29,2	43,2	52,5	64,2	72,9	81,5	90,1

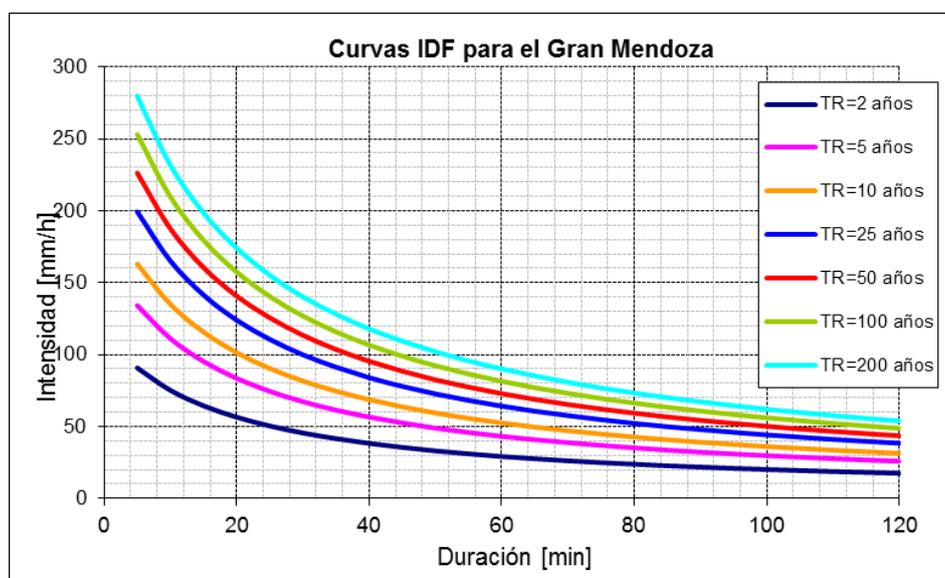


Figura 2-13.- Curvas IDF para el área del Gran Mendoza con tiempos de recurrencia de 2 a 200 años. Fuente: INA, 2008.

La relación Lámina-Área ajustada es:

$$\% \text{ Lluvia puntual} = 1 - 0,7632 * (1 - e^{-0,00769 * \text{Area}}) \quad (11)$$

A partir de esta ecuación se diseña una tormenta elíptica, donde cada elipse corresponde a una curva IDF. Un área de 8,8km² corresponde a un decaimiento espacial del 95%. Siendo el área de una elipse:

$$A_{\text{Elipse}} = a * b * \pi \quad (12)$$

y la relación de la elipse a:b = 2:1 (Burgos & Salcedo, 2015), calculando todas las otras elipses, se establece la siguiente isohieta patrón:

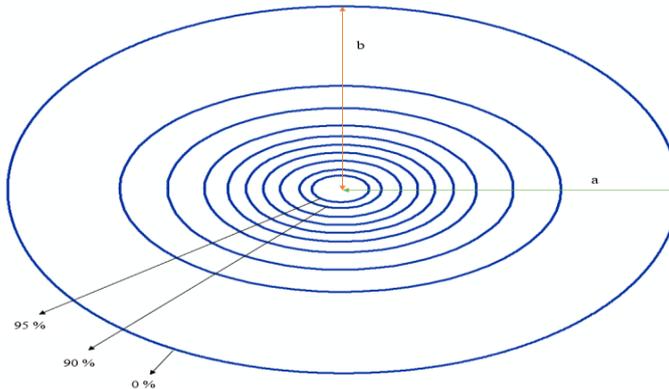


Figura 2-14.- Isohietas elípticas patrones para la zona del Piedemonte y su decaimiento espacial.
Fuente: INA, 2016.

Para el cálculo automatizado de las láminas medias ponderadas por área de subcuenca se programaron una serie de algoritmos en lenguaje Phyton, para encontrar las posiciones críticas del núcleo de la tormenta patrón sobre cada cuenca. Se estableció una grilla de 500 m de lado sobre cada cuenca, como referencia para ubicar los centros o núcleos de las isohietas elípticas patrones en cada uno de los nodos de referencia. Los 500 m fueron elegidos porque presentan la mejor relación de compromiso entre cantidad de simulaciones y resolución aceptables.

Luego de posicionarse el núcleo de la tormenta en el primer nodo y con el ángulo definido por cuenca, se determina la lámina de precipitación media areal para cada una de las subcuencas. Antes de poder determinar la precipitación media se tiene que convertir la tormenta patrón desde su formato shape a TIN y luego desde TIN a raster. Una vez convertido a raster, se puede rotar la tormenta para que tenga el mismo ángulo que la cuenca y tenga la mayor cobertura posible. A partir de allí se mueve la tormenta directamente a cada nodo, calculando nodo a nodo el decaimiento areal por subcuenca y la media ponderada por superficie total. Los datos de cada precipitación sintética se guardan en un archivo .txt y el dato del decaimiento espacial ponderado nodal se guarda en una matriz.

Después de haber generado precipitaciones para cada nodo, la herramienta busca los valores más altos del decaimiento espacial ponderado, es decir, la mayor cantidad de lluvia que cae en cada zona. Se determinan tres zonas: alta, media y baja y la herramienta genera un hietograma (archivos .dat de precipitación de entrada para el modelo hidrológico) para cada subcuenca y para cada posición crítica y recurrencia analizada.

Cabe destacar la cantidad de información que se procesa y genera, con tiempos computacionales importantes (del orden de 4 horas por cuenca).

Para dar un ejemplo, la cuenca 09 tiene 1924 nodos donde se posicionó la isohieta patrón, está dividida en 26 subcuencas, y una vez elegidas las máximas láminas medias de las tres posiciones críticas (zona alta, media y baja) para siete recurrencias (2, 5, 10, 25, 50, 100 y 200 años) se generaron 564 hietogramas en total (ver ecuación (13)), que luego fueron usadas como entradas para el modelo hidrológico.

$$n_{Hietogramas} = posiciones_{criticas} * subcuencas * recurrencias \quad (13)$$

2.5.1.3. Modelación hidrológica

Para la **Modelación Hidrológica** se utilizará el modelo de transformación lluvia-escorrentía **ARHymo** (Maza et. al, 1993 y Fornero et. al, 2002) y para el análisis y estudio de las precipitaciones se seguirán las metodologías y resultados indicados en (Burgos, 2005; Maza & Burgos, 2005; Burgos, 2008a; Burgos & Vargas Aranibar, 2008; Burgos et. al, 2015; Burgos & Salcedo, 2016a, 2016b y 2016c; Burgos et. al, 2017; Burgos & Quiroga, 2017).

Se obtendrán caudales para distintas probabilidades de ocurrencia de eventos de precipitación (Tiempos de retorno de 2 a 200 años), y se utilizarán como datos de entrada para la modelación hidráulica. Se hizo énfasis en la ubicación del núcleo de tormenta simulado, por lo que se procedió a utilizar algoritmos de automatización para encontrar los puntos críticos que maximicen los picos de caudales y los tiempos de llegada.

ArHymo es un modelo matemático de simulación de un sistema hidrológico que funciona con la transformación lluvia-caudal, clasificado como un modelo determinístico de parámetros concentrados y de eventos aislados o discreto. Sus siglas Ar significan Argentina e indican un modelo regional y el modelo HYMO, creado en 1973, es apócope de HYdrological MOdel (Maza, et al., 1993). El modelo es programado en lenguaje Fortran pero la versión actual (3.2), tiene una interfaz de usuario gráfica (GUI) y es de fácil manejo. Los valores de entrada para cada subcuenca y que definen al modelo son el área, el CN, la abstracción inicial (Ia), la longitud del cauce más largo y la diferencia en la elevación. A cada subcuenca se le asigna un hietograma. En cada subcuenca se calcula el hidrograma y se traslada este caudal mediante tramos y por nodos hasta la próxima subcuenca o hasta el próximo nodo. A los tramos se les puede asignar un tiempo de traslado que sirve para calibrar el modelo. Este tiempo de traslado se estima con la velocidad de escurrimiento (de 1 m/s a 4 m/s), la longitud del tramo o con la sección transversal, la pendiente y el coeficiente friccional.

Con el MDE se ejecutaron **geoprocesos hidrológicos** para obtención de dirección y acumulación de flujo (método D8), subcuencas de aporte y red de drenaje, así como el cálculo de parámetros morfométricos (superficie, perímetro, longitud del cauce más largo, pendiente).

También se obtuvieron variables hidráulicas e índices morfométricos y perfiles transversales en secciones características de la cuenca.

Además se caracterizó el orden o jerarquía de cauces en función del umbral definido para la definición de cauces de primer orden. Se utilizaron los siguientes umbrales 10 Ha y 50 Ha para analizar relaciones de Horton.

El tiempo de concentración define la rapidez de la respuesta de una cuenca ante una precipitación efectiva (Mintegui Aguirre y Robledo Sánchez, 1993). De acuerdo con Chow, et al (1994) el tiempo de tránsito del flujo desde un punto de la cuenca hasta otro puede deducirse a partir de la distancia y la velocidad de flujo. El tiempo para el cual toda la cuenca empieza a contribuir es el tiempo de concentración t_c . Para su estimación existen numerosas expresiones empíricas, utilizando en este trabajo las indicadas en Tabla 2-15.

Tabla 2-15.- Expresiones para el tiempo de concentración

Métodos	Expresión	Dimensiones
Kirpich	$t_c = \left(0,868 * \frac{L^3}{\Delta H}\right)^{0,385}$	L= [km], ΔH = [m]
Kerby	$t_c = 3,03 * n^{0,47} * L^{0,47} * S_c^{-0,23}$	n= [-], L= [km], S_c = [m/km]
Ragan and Dune	$t_c = 57,8 * n^{0,6} * I_R^{-0,4} * L^{0,6} * S_c^{-0,2}$	n= [-], I_R = [mm/h], L= [km], S_c = [m/km]
Bransby and Williams	$t_c = 0,97 * L * A^{-0,1} * S_c^{-0,2}$	L= [km], A= [km ²], S_c = [m/km]
Bruce and Clark	$t_c = 3,05 * n^{0,47} * L^{0,47} * S_c^{-0,23}$	n= [-], L= [km], S_c = [m/km]
Pilgrim and McDermott	$t_c = 0,76 * A^{0,38}$	A= [km ²]
Black et al.	$t_c = 1,02 * A^{-0,113} * S_c^{-0,215} * L^{1,015}$	A= [km ²], S_c = [m/km], L= [km]
Wong	$t_c = 57,8 * n^{0,6} * I_R^{-0,4} * L^{0,6} * S_c^{-0,2}$	n= [-], I_R = [mm/h], L= [km], S_c = [m/km]
Pezzoli	$t_c = 0,055 * L * S_c^{-0,5}$	L= [km], S_c = [m/m]
DNOS	$t_c = 0,419 * (K^{-1} * A^{0,3} * L^{0,2} * S_c^{-0,4})$	K=4,5 [-], A= [km ²], L= [km], S_c = [m/m]

2.5.1.4. Isócronas o Tiempos de viaje

Se confeccionaron mapas de isócronas mediante modelo HyGrid2k2 (Cazorzi, 2002) que permitió validar junto con tiempos de concentración estimados empíricamente los tiempos de arribo de los hidrogramas simulados con Arhymo.

Cazorzi (2002) desarrolló una serie de algoritmos para análisis hidrológicos mediante su modelo Woditem Higrad2K2, uno de los cuales permite estimar tiempos de tránsito, utilizando mapas de acumulación de flujo.

$$si [flow_{acum}] > 5000 \rightarrow v = 2 \left(\frac{flow_{acum}}{5000}\right)^{0,07} [m/s] \quad (14)$$

$$si 5000 > [flow_{acum}] > 500 \rightarrow v = 2 [m/s] \quad (15)$$

$$si [flow_{acum}] < 500 \rightarrow v = 0.5 [m/s] \quad (16)$$

La ecuación (14) expresa que si el área drenada supera un umbral de 5000 celdas (50 has) la velocidad estará en función del área drenada con un mínimo de 2 m/s. La ecuación (15) expresa la velocidad en cauce ($v=2$ m/s) cuando el área se encuentra entre el mínimo y el máximo umbral. Por último, (16) define la velocidad en ladera cuando el área drenada no supere las 500 celdas (5 Ha) igual a 0.5 m/s.

2.5.1.5. Cálculo de las pérdidas de precipitación

Se analizaron las condiciones edáficas y de vegetación para caracterizar las pérdidas de precipitación y el potencial de infiltración del terreno, mediante el método de la curva número (CN). El proceso fue llevado a cabo de forma distribuida utilizando números primos y tablas de clasificación

cruzada según Burgos, (2008). Para la confección del mapa de cobertura y tipología vegetal, se utilizó el mapa provincial de vegetación (Roig, et al. 1996) y un mapa de índice de vegetación normalizado obtenido mediante imagen Landsat.

Se validó el mapa de CN con ensayos de campo relativos a cuantificar la capacidad de infiltración de los suelos más representativos de la zona de estudio.

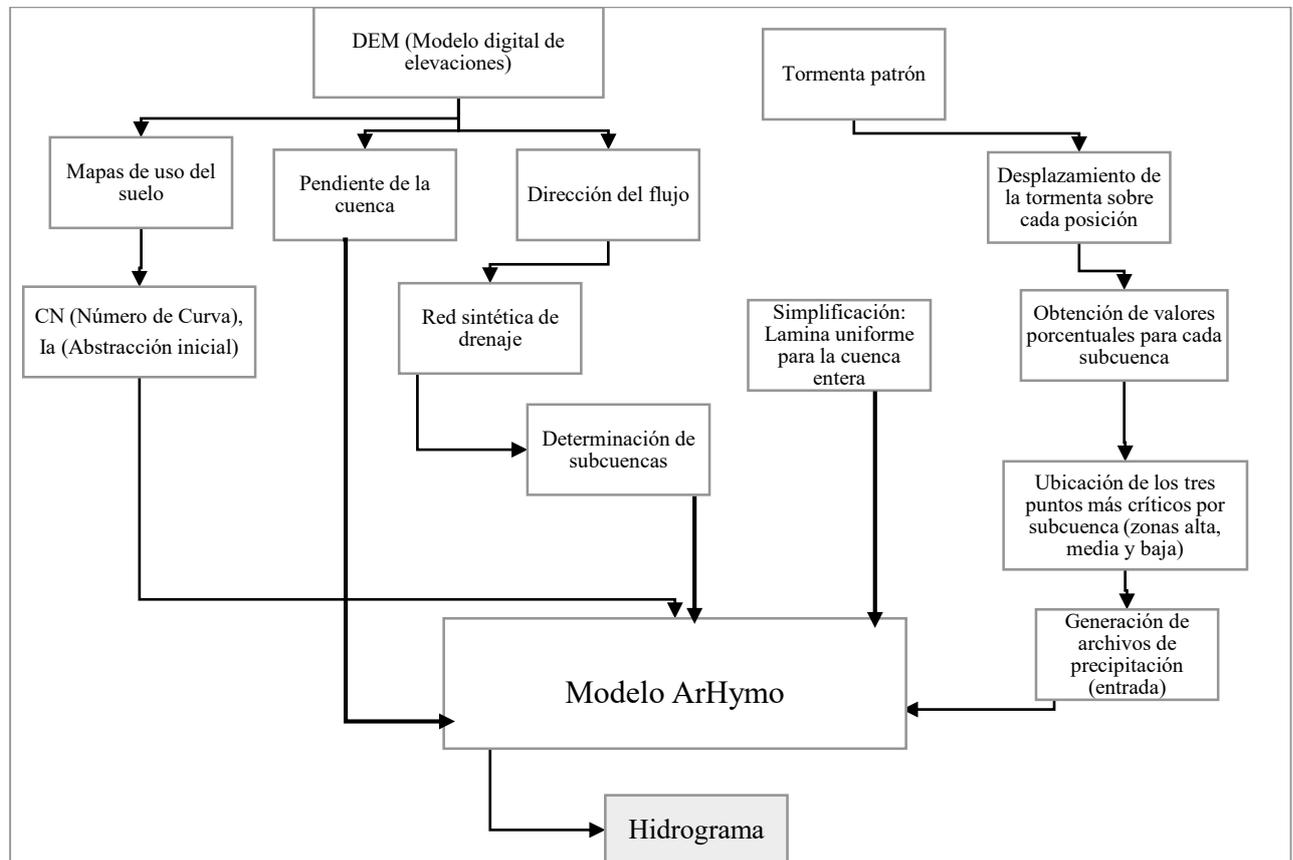


Figura 2-15 . Esquema del procedimiento para la obtención de los hidrogramas. Fuente Burgos y Gärtner, 2018)

2.5.1.6. Ensayos Granulométricos

En laboratorio se realizaron los ensayos granulométricos correspondientes. Una vez pasada la muestra de suelo por estufa a 105 °C y pulverizado para romper cascotes o grumos, se hace pasar por una serie organizada de tamices, de mallas con tamaños decrecientes y conocidos, desde arriba hacia abajo. El primer tamiz, es el de mayor tamaño y es donde inicia el tamizado. Se tapa con el fin de evitar pérdidas de finos; el último tamiz está abajo y descansa sobre un recipiente de forma igual a uno de los tamices, y recibe el material más fino no retenido por ningún tamiz.

El análisis granulométrico se realizó siguiendo los estándares de la norma USBR5205 que propone materiales y métodos para gradaciones a nivel de gravas y de arenas, permitiendo establecer los diámetros característicos para el cálculo de erosión generalizada. Asimismo indica para la extracción de muestras de suelo el método de doble cuarteo.



2.5.1.7. Ensayos de Infiltración

Se define como velocidad de infiltración a la velocidad de penetración del agua en el perfil del suelo cuando la superficie del terreno se cubre con una lámina de agua. Son diversos los factores que pueden afectarla, entre ellos:

La formación de costras superficiales como consecuencia de la alteración de la estructura del suelo, provocada por el impacto de las gotas de lluvia o riego por aspersión, o la lámina de agua en el riego por gravedad.

- Apertura y cierre de grietas en suelos vérticos.
- Operaciones de laboreo que pueden aumentar la permeabilidad en el suelo afectado por las labores, pero ocasionan capas duras (pie o suela de arado) en la capa inmediatamente contigua.
- La sales del agua y del suelo. Altas concentraciones de Cl^- y de $\text{SO}_4^{=}$ sódicos provocan la dispersión de coloides y afectan la estructura del suelo, dando lugar a una disminución de la velocidad de infiltración
- Aportes en el suelo de sedimentos del agua de riego o de aportes laterales. Estos materiales finos pueden depositarse y en suelos de textura fina producen un efector atenuador de la velocidad de infiltración.
- La sistematización de tierras que al igual que la erosión, pueden dar lugar al aforamiento de capas menos permeables.

Además de lo explicitado, se debe tener presente que la determinación de la velocidad de infiltración, tiene en sí, sus propias dificultades debido a la heterogeneidad de los suelos, al grado de compactación de estos, a lo largo del año, motivado por los sucesivos riegos o lluvias.

Para la determinación de la infiltración, el método más extendido es el de **doble anillo**. Es un método de campo en el que se utilizan dos anillos o cilindros de chapa, de distinto diámetro, que se introducen con cuidado en el suelo tratando de no disturbar o alterar las condiciones naturales del suelo. Se introducen uno dentro del otro, en ambos se coloca agua y se procede a medir las alturas de agua infiltradas en el anillo interno (el externo sirve de buffer).

2.5.2. Amenaza aluvional: Hidráulica

2.5.2.1. Modelo Hidráulico

El modelo utilizado para la modelación hidráulica fue el HEC-RAS. El software es ampliamente conocido y ha demostrado ser una de las mejores opciones a la hora de buscar resultados hidráulicos con hipótesis simples y de proceso dinámico, ya que integra datos provenientes de sistemas CAD o SIG en formato vectorial y luego con las líneas de inundación establecidas formar mapas raster de áreas de inundación o de alta amenaza.

HEC-RAS es una herramienta que ha venido evolucionando, y que a la fecha en su versión 5.07, cuenta con una extensión que permite simular el flujo de agua combinando modelos 1D/2D, así como totalmente 2D; basa su aplicación a través de dos ecuaciones; de Onda Difusa, que en términos generales permite procesar la información rápidamente y tiene mayores propiedades de estabilidad (propiedad del esquema numérico donde el redondeo de los errores permanece dentro de ciertos límites razonables). La otra ecuación que se puede utilizar es la de Saint Venant, ésta es aplicable a una gama más amplia en la resolución de problemas; la elección de una u otra va a depender de los objetivos del proyecto (Chero, 2015), para nuestro caso de estudio se utilizaron las ecuaciones de Saint Venant en 2D.

Para la resolución del algoritmo de cálculo, se utiliza la técnica de volúmenes finitos siendo el dominio físico descompuesto en polígonos, que son los volúmenes de control. Cada volumen tiene una superficie o contorno formado por los lados que encierran y una altura del tirante de agua (Bladé, 2009). La ventaja de utilizar esta técnica es permitir una mejora de la estabilidad y robustez del proceso numérico sobre las técnicas de diferencia finita y elementos finitos, de esta manera se puede manejar adecuadamente situaciones con régimen subcrítico, supercrítico y mixto.

Sobre el área de estudio del proyecto se generaron modelos individuales para cada cuenca. El programa HEC-RAS fue diseñado para trabajar con mallas no estructuradas pero también es posible trabajar con mallas estructuradas, estas no necesariamente tienen que ser ortogonales, sin embargo si fuese así la discretización numérica se vuelve más simple y eficaz. Para realizar el mallado computacional se sigue la técnica de triangulación de Delaunay.

Se puede indicar que el tamaño promedio de las celdas estuvo acorde con el MDE, es decir, unos 400 m² por celda de análisis (20 m x 20 m). Un ejemplo de grilla se indica en la figura siguiente donde se aprecia también el mapa de Manning utilizado. En algunos casos se pudo conformar grillas de cálculo de 100 m². El balance entre tiempos operacionales de cálculo y detalle de la grilla determinó en cada caso la ampliación o reducción de la malla.



Figura 2-16. Grilla del modelo geométrico y Coef. de Manning (ejemplo para Cuenca 8). Elaboración propia.

Los resultados que se utilizaron en el análisis multicriterio fueron las planicies o zonas de inundación, para una tormenta con 50 años de recurrencia (mediante la incorporación del hietograma de precipitación efectiva como condición de borde de toda la grilla 2D).

Luego de la definición de las grillas fue necesario adoptar un paso de tiempo adecuado para verificar la ecuación de Courant, indicadas con las ecuaciones siguientes.

p/Ecuación de Saint Venant:

$$C = \frac{V \cdot \Delta T}{\Delta X} \leq 1.0 \quad \text{Máximo valor de } C=3.0$$

p/Ecuación de onda difusa:

$$C = \frac{V \cdot \Delta T}{\Delta X} \leq 2.0 \quad \text{Máximo valor de } C=5.0$$

Donde:

C=Número de Courant

V=Velocidad de flujo

ΔT =Paso del tiempo computacional

ΔX =Promedio de tamaño de celda

Los tiempos de cálculo utilizados rondaron entre 1 a 5 segundos, el DT de las precipitaciones fue de 5 minutos (con duraciones de tormenta de 1 hora) y el de los hidrogramas de 4 min. Los tiempos de cómputo en muchos casos superaron las 2 o 3 hs.

2.5.2.2. Estimación de los coeficientes de rugosidad de Manning

Las pérdidas de energía son evaluadas por la fricción del fondo de la celda de análisis parametrizada con el coeficiente de Manning. La ecuación de Manning es el resultado del proceso de un ajuste de curvas, y por tanto es completamente empírica en su naturaleza. Debido a su simplicidad de forma y a los resultados satisfactorios que arroja para aplicaciones prácticas, la fórmula Manning

se ha hecho la más usada de todas las fórmulas de flujo uniforme para cálculos de escurrimiento en canal abierto.

Para cálculos de capacidad hidráulica se estiman los coeficientes de rugosidad, n , bien globalmente para todo el cauce o bien diferenciando áreas con distintas características. La estimación global de la rugosidad del cauce descansa necesariamente en una valoración subjetiva.

Para calcular entonces el coeficiente de rugosidad n se dispone de tablas (como la publicada por el U.S Department of Agriculture en 1955; Chow, 1959) y una serie de fotografías que muestran valores típicos del coeficiente n para un determinado tipo de canal (Ramser, 1929 y Scobey, 1939, Barnes, 1967).

La siguiente tabla muestra valores del coeficiente de rugosidad de Manning teniendo en cuenta las características del cauce:

Tabla 2-16.- Valores del coeficiente de Manning (n) para distintas situaciones

	n
Corrientes Naturales	
Limpias, orillas rectas, fondo uniforme, altura de lámina de agua suficiente	0,027-0,033
Limpias, orillas rectas, fondo uniforme, altura de lámina de agua suficiente, algo de vegetación	0,033-0,040
Limpias, meandros, embalses y remolinos de poca importancia	0,035-0,050
Lentas, con embalses profundos y canales ramificados	0,060-0,080
Lentas, con embalses profundos y canales ramificados, vegetación densa	0,100-0,200
Rugosas, corrientes en terreno rocoso de montaña	0,050-0,080
Áreas de inundación adyacentes al canal ordinario	0,030-0,200

Tabla tomada de S.M. Woodward and C. J Posey "Hydraulics of steady flow in open channels".

Para el caso de estudio, se confeccionó un mapa de rugosidad de Manning, utilizando como coeficientes, los siguientes:

Tabla 2-17.- Coeficientes de Manning adoptados

Zona / Tipo	Descripción	Coef. n Manning
Impermeable	Techos y pavimentos	0.020
Caminos	Caminos consolidados de tierra	0.025
Suelo sin vegetación	Suelo desnudos, picadas sísmicas y terreno natural con menos del 5% de cobertura vegetal	0.030
Cauces	Cauces aluvionales con presencia de vegetación riparia en bancos y fondo granular.	0.035
Cuenca	Interfluvios vegetados con matorrales arbustivos y vegetación xerófila.	0.050
Cerros	Cerrilladas, quebradas y roca expuesta.	0.075
Cultivos	Zonas de cultivos regulares (mayormente vid)	0.080
Urbano	Zonas urbanizadas	0.100

Adaptado de: (Fattorelli & Fernández, 2007)

2.5.3. Amenaza de procesos de remoción en masa

Para el análisis de la **amenaza de procesos de remoción en masa** en cabecera de cuencas que puedan producir aludes o flujos de detritos, se realizó una simulación con Flow-R y con SINMAP (Pack et. al, 1998; Tarolli y Tarboton, 2006). En algunas cuencas y tramos de cauces principales se pudo

confeccionar un modelo hidráulico para establecer por simulación numérica tanto tirantes y velocidades como áreas de inundación para un evento determinado. Se utilizó el modelo (HEC RAS) en modo bidimensional. El análisis de las tasas de producción de sedimentos, se basó en función de ecuaciones empíricas con el método de Gavrilovic.

Además se utilizaron otros mapas derivados del MDE que ayudan a detallar la geomorfometría de la cuenca.

2.5.3.1. Índices Topohidrológicos

La topografía es uno de los principales factores que controla la variación espacial de las condiciones hidrológicas, afectando la distribución espacial de la humedad del suelo, del flujo del agua subterránea y de los procesos erosivos.

Dos índices que se utilizarán en la determinación del mapa de amenazas hídricas (como variables de los procesos de remoción en masa) son: el **índice de humedad** (*TWI – Topographic Wetness Index*) y el de **potencia de cauce** (*SPI – Stream Power Index*). Ambos índices utilizan dos variables, A y $\tan\beta$, donde A es la superficie de contribución aguas arriba, expresado en metros cuadrados, y $\tan\beta$ es la pendiente local (tangente de la pendiente calculada en radianes).

“ A ” puede ser calculado bajo varias metodologías a partir del uso de SIG. Luego de haber realizado distintas pruebas utilizando datos de entrada obtenidos bajo diferentes metodologías, se calculó A bajo el método desarrollado por Tarboton (1997) denominado D_{inf} (D_{∞}) donde la dirección de flujo simple es determinada en la dirección de máximo descenso sobre 8 facetas triangulares formadas sobre una ventana de 3×3 píxeles centrada sobre el píxel a estudiar. Según Tarboton (1997), el uso de facetas triangulares evita la aproximación involucrada en ajustar un plano y la influencia de vecinos con mayor altitud sobre flujos aguas abajo. Tarboton sugirió el uso de facetas triangulares para remover la limitación de solamente considerar con 8 direcciones de flujo en los algoritmos de dirección simple como D8, permitiendo infinitos posibles caminos para el flujo en una dirección. El algoritmo de Tarboton (D_{inf}) admite también una sola dirección de flujo, pero permite que al área pueda fluir dentro de una o dos celdas dependiendo de la dirección (Seibert y McGlynn, 2007). Asimismo, este método no subestima drenajes como sucede con la técnica de múltiples direcciones desarrollada por Quinn (1991). El método de Quinn (1991) denominado dirección de flujo múltiple (*MFD – multiple flow direction*) distribuye flujo fraccionalmente a cada vecino de menor elevación en proporción a la pendiente hacia este vecino, basado en un sistema de valores de pesos de pendiente, tendiendo a producir patrones visuales más reales que el D8 evitando la concentración en líneas (Gimenez Suarez, 2008). Según Tarboton (1997), los métodos de dirección múltiple de flujo, tienen la desventaja que el flujo de un píxel es dispersado a todos los píxeles vecinos con elevación inferior, y que es importante minimizar esta dispersión ya que influye en la estimación del valor final de A .

En el estudio realizado por Gimenez Suárez (2008) se comparan varios métodos de cálculos de A , el autor llega a las siguientes conclusiones: el método D8 no presenta distribución o dispersión, pero las trayectorias de flujo son obligadas a seguir las direcciones de grilla. El método de dirección múltiple (MFD) de Quinn (1991) sigue la pendiente topográfica pero presenta una dispersión sustancial. El método Kinematic de Lea (1992) marcha bajando las curvas de nivel en forma de escalera, al igual que Rho8, desarrollado por Fairfield y Leymarie (1991), mientras el algoritmo DEMON desarrollado por Costa-Cabral y Burges (1994) y D_{inf} alcanzan un balance con una difusión levemente ancha. Para

Tarboton (1997) algunos píxeles calculados con D_{inf} no presentan difusión o propagación. En general cuando la pendiente topográfica está alineada con los ejes de la grilla, cardinal o diagonal, el procedimiento D_{inf} da los mismos resultados que el D8, y ambos son correctos (Tarboton, 1997). Sin embargo, cuando la pendiente topográfica no está alineada con una de las direcciones de la malla, los procedimientos difieren. D8 no presenta dispersión, pero a expensas de sesgo en la malla. D_{inf} sigue la pendiente topográfica al costo de presentar algo de dispersión (Tarboton, 1997). Gimenez Suarez (2008) somete a todos los algoritmos a un test estadístico ANOVA que si bien con el cual no encuentra diferencias significativas, define que lo más recomendable es la utilización del algoritmo D_{inf} de Tarboton (1997), el cuál es el “término medio” de las metodologías, ya que puede dirigir el flujo en infinitas direcciones y aunque adolece de no poder distribuir flujo a más de dos celdas, no sufre de la alta dispersión de MFD.

2.5.3.2. Índice topográfico de humedad - TWI (Topographic Wetness Index)

Se analizó la estimación de áreas con potencial capacidad de aporte de material sólido o **zonificación de saturación hídrica de suelos**, utilizando el concepto de índice topográfico de humedad (twi, por sus siglas en inglés) (Beven y Kirby, 1979, cit. en Pack et. al, 1998) que indica la relación entre área de acumulación de flujo (upslope grid) y la pendiente de la celda analizada.

El TWI es un índice que permite identificar potenciales zonas donde se concentra la humedad o sectores donde se acumula el agua. Fue desarrollado por Beven y Kirkby (1979) a partir del modelo de escurrimiento TOPMODEL, y se lo define como (17).

$$TWI = \ln(A/\tan\beta) \quad (17)$$

Como ya se comentara, ambos factores, A y $\tan\beta$ pueden ser calculados bajo distintas metodologías a partir del uso de SIG. Específicamente, el cálculo de α puede dar lugar a valores de TWI distintos, así como también el método de cálculo de la pendiente. Por tal motivo, es importante elegir los métodos de cálculo que mejor se adapten a las características morfológicas de la zona de estudio.

La grilla final de TWI está en un rango de valores que van de 7 a 27. A fin de clasificar este rango continuo de datos, los autores del método de TWI sugieren dividir en 4 clases (<8, de 8 a 9, 9 a 10 y >10). Estos rangos fueron comparados con porcentajes de saturación de suelo medidos en campo en una cuenca de estudio en Inglaterra (0% a 25%, 25% a 50%, 50% a 75%, mayor a 75%) Beven y Kirkby (1979).

En la Figura 2-17 se observan ejemplos de zonas de alta saturación en rojo (valores superiores a 10 en la grilla de TWI que de acuerdo con la clasificación de Beven y Kirkby estarían en valores potenciales en un 75% de suelo saturado), que al observar la imagen satelital son sectores de baja a media pendiente pero con áreas de contribución grande.

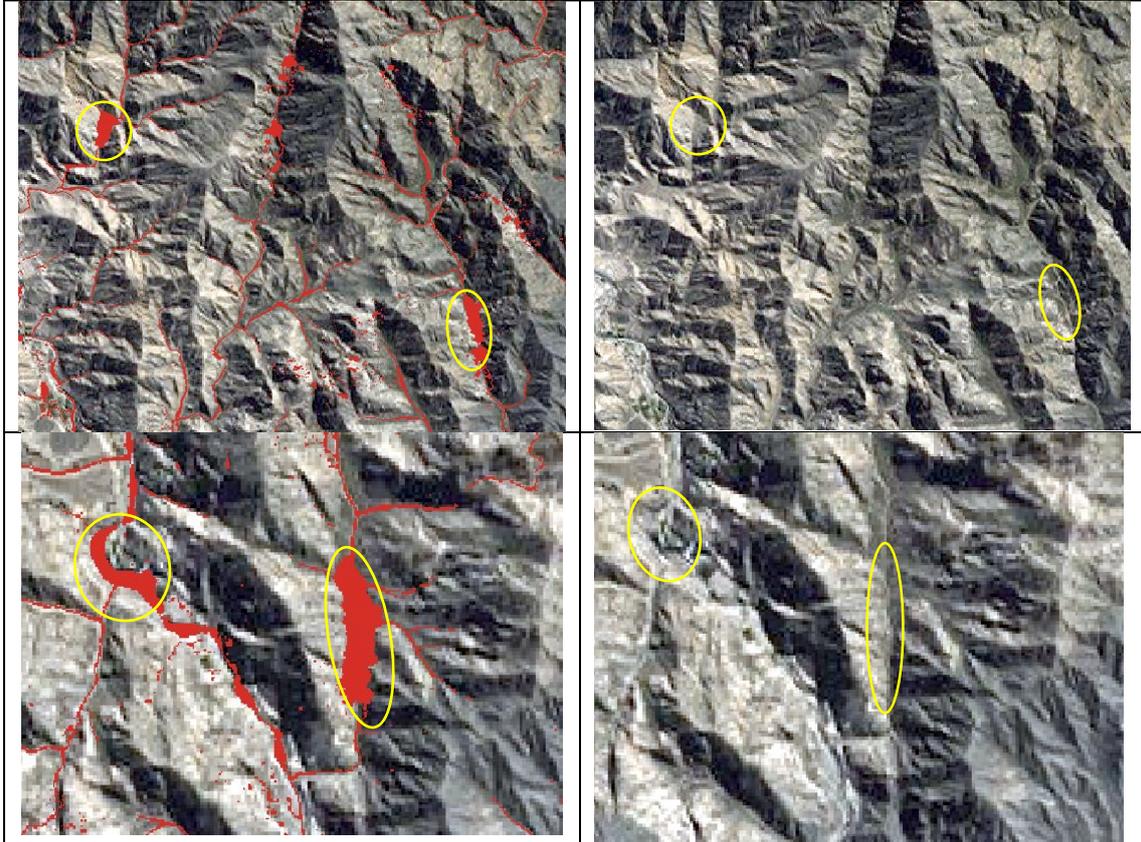


Figura 2-17. Zonas de saturación de humedad con TWI (elaboración propia)

Moore et. al (1991) encontró una gran correlación entre la distribución del TWI y la distribución del contenido de agua superficial en suelos de cuencas en barbecho. Asimismo, el nombrado autor encontró una relación lineal entre el TWI y la orientación de laderas.

2.5.3.3. Índice de Potencia de Cauce – SPI (Stream Power Index)

Este índice es usado para describir la fuerza de erosión de un cauce. A medida que el área de contribución y pendiente aumentan, la contribución de escorrentía de las zonas aguas arriba y la velocidad del flujo aumentan, por tanto, SPI y el riesgo de erosión asociado, se incrementan también. La ecuación usa A (superficie de contribución aguas arriba) y $\tan\beta$ (pendiente local) bajo la expresión (18).

$$SPI = A * \tan\beta. \quad (18)$$

Moore, et al (1991) encontró que el uso conjunto del TWI y SPI puede ser un buen predictor de procesos de cárcavamiento en cuencas agrícolas en barbecho. Por ejemplo en cuencas semiáridas en Australia, procesos de cárcavamiento incipiente se forman cuando $(TWI > 8) \& (SPI > 18)$. Sin embargo, en nuestra zona de estudio se encontró que al combinar ambos índices siguiendo la siguiente expresión “ $(TWI < 8) \& (SPI > 20)$ ” se identifican zonas de cárcavamiento, en particular en el sector pedemontano.

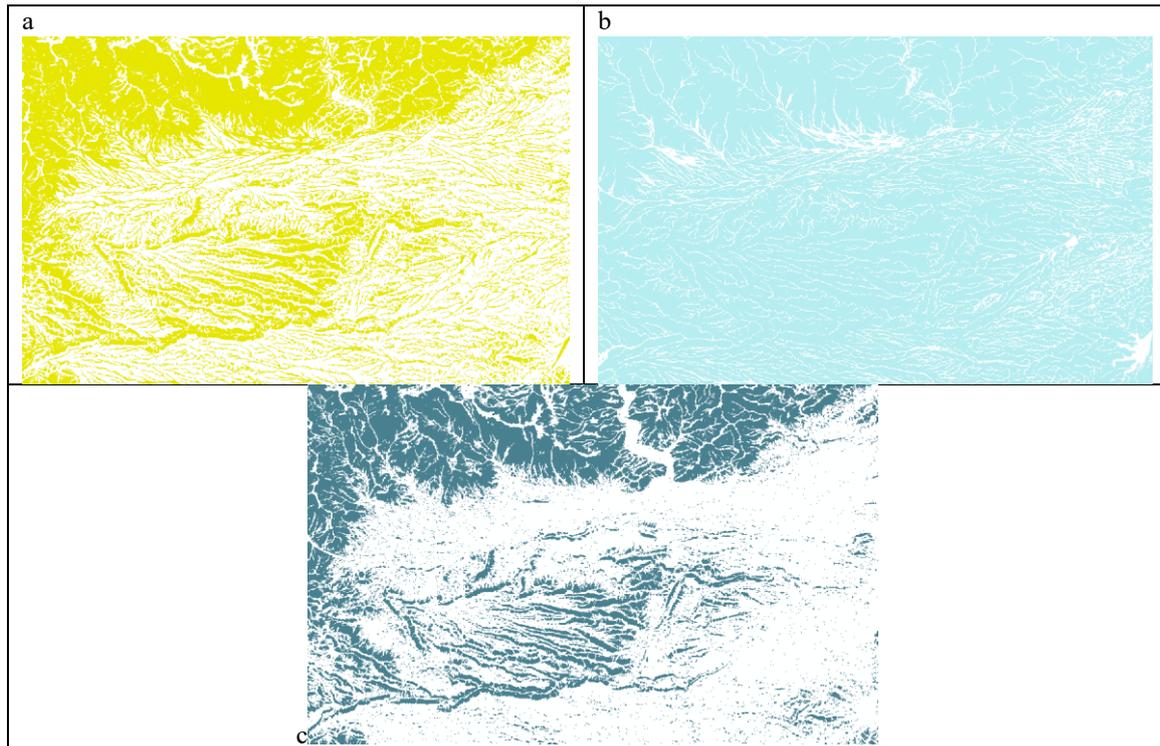


Figura 2-18. a: valores de SPI superiores a 20. b: valores de TWI inferiores a 8. c: Intersección de ambas capas $[(SPI > 2018) \& (TWI < 8)]$ (elaboración propia)

2.5.3.4. Factor topográfico LS

El factor LS es un componente del modelo paramétrico USLE (y sus versiones mejoradas RUSLE, RUSLE 3D) para la estimación de la pérdida del suelo. Este factor explica la incidencia de la topografía en la pérdida del sustrato.

El factor LS tiene en cuenta el efecto de la longitud y la inclinación de la pendiente en la erosión hídrica del suelo. Las investigaciones han demostrado que la pérdida del suelo es mucho menos sensible a los cambios en la longitud de la pendiente que a la inclinación de esta. De acuerdo con Renard (1997), un error del 10% en la estimación de la inclinación de la pendiente representa un 20% de error en el valor calculado de pérdida del suelo.

2.5.3.5. Curvatura de perfil

El perfil de curvatura mide el rango de cambio de la pendiente a lo largo del perfil del suelo, es decir calcula la curvatura en la dirección de la pendiente más pronunciada. La curvatura se expresa en 1/metros, por ejemplo una curvatura de 0.05 corresponde a un radio de 20 metros. Los valores positivos corresponden convexidades y los negativos a concavidades. Un valor 0 indica que la superficie es plana. Los valores de la variable para una zona de relieve suave oscila entre -0.5 a 0.5, mientras que en una zona abrupta de relieve accidentado, los valores oscilan entre -4 y -4. Se utiliza para la interpretación de geoformas y en como parámetro de fuentes de sedimentos en el modelo Flow-R.

2.5.3.6. Modelo SINMAP

Para la amenaza de **procesos de remoción en masa**, se analizó la **estabilidad de taludes** de las cabeceras de cuencas, con el modelo SINMAP (**Stability Index MAPping**), el cual caracteriza cada celda (pixel) en función del **índice de estabilidad** (Pack et al, 1998; Tarolli y Tarboton, 2006).

El modelo SINMAP se comporta de manera determinística cuando el valor máximo y mínimo de los parámetros es el mismo y cuando no se considera la cohesión. El modelo combina dos principios teóricos del análisis de estabilidad de laderas: el balance entre fuerzas de corte y resistentes, representado por el modelo simple de estabilidad denominado talud infinito (Figura 2), y la influencia de la presión de agua en los poros, representado por el índice de humedad topográfica (que relaciona áreas de aporte y pendiente de la celda), proporcionando una clasificación de estabilidad del terreno a partir del factor de seguridad.

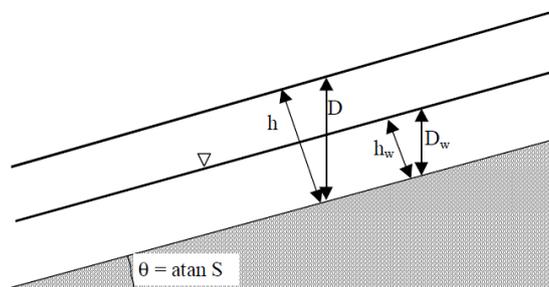


Figura 2-19. Esquema del modelo de talud infinito (extraído de Pack et al., 1999)

El **Factor de Seguridad (FS)** implica la relación entre las fuerzas de resistencia respecto a las de gravedad paralela a la superficie (19), y en el caso de estabilidad de una pendiente infinita sin presencia de agua se tiene que el FS está dado por la ecuación (20).

$$FS = \frac{\text{Fuerzas de Resistencia}}{\text{Fuerzas de corte (paralela a la pendiente)}} \quad (19)$$

$$FS = \frac{C}{\gamma \cdot H \cos^2 \beta \cdot \tan \beta} + \frac{\tan \theta'}{\tan \beta} \quad (20)$$

Siendo C la cohesión, γ la densidad específica, H la profundidad donde se encuentra la superficie de falla, β la inclinación del terreno y ϕ' el ángulo interno de fricción. Valor de FS superiores a 1.5 indican zona estable, FS= 1 es un valor crítico de equilibrio dinámico, y valores de FS menores a 1 son inestables. Para el caso de estudio se consideró zonas con FS < 0.6 como muy inestables.

2.5.3.7. Modelo Flow-R

Es un modelo de simulación desarrollado con Matlab (Horton et. al, 2011; Horton et al, 2013). Se trata de un modelo determinístico, empírico, con grilla regular.

Utiliza conceptos de direcciones de flujo múltiples (método Dinf en lugar del tradicional D8) por lo que es ideal para zonas con cauces anastomosados o entrelazados y divergentes, propios de conos de deyección. El resultado de la modelación es expresado en probabilidades de flujo, y en función de los criterios y coeficientes introducidos se puede limitar la dispersión en función de la energía cinética disponible.

El modelo lleva a cabo dos operaciones distintas:

- Identificación de las fuentes;
- Propagación y/o difusión.

Identificación de fuentes

La disponibilidad de sedimentos, la entrada del agua y el gradiente de la pendiente, son criterios relevantes para determinar la iniciación de aludes torrenciales (Takahashi, 1981; Rickenmann y Zimmermann, 1993). Por lo tanto, las áreas potenciales de activación pueden ser detectadas a partir de la combinación de la litología, el área que contribuye hacia arriba y el ángulo de la pendiente. La adición de la curvatura- plan y el uso de la tierra permiten obtener una detección más precisa (Horton et al., 2008). El modelo Flow-R introducido por Horton et al. (2008) detecta el área de fuentes potenciales de los parámetros anteriores en el MDE. Una parte de la detección se realiza a través de una relación entre el área contribuyente y la pendiente. La relación límite para eventos extremos [Eq. (21)(22)] se basa en las observaciones de Rickenmann y Zimmermann (1993):

$$\tan \beta_{\text{lim}} = 0.31 \cdot S^{-0.15} \quad \text{si } \text{SUA} < 2.5 \text{ km}^2 \quad (21)$$

$$\tan \beta_{\text{lim}} = 0.26 \quad \text{si } \text{SUA} \geq 2.5 \text{ km}^2 \quad (22)$$

Donde $\tan \beta_{\text{lim}}$ = gradiente de pendiente, SUA = superficie del área que contribuye pendiente arriba

El cálculo de las fuentes se lleva a cabo superponiendo varias cuadrículas de datos específicas, sujetas a los criterios de selección predeterminados. Por lo tanto, cada uno de los resultados de referencia se sitúan en una cuadrícula, en donde las celdas son identificadas como fuentes en una cuadrícula binaria (fuente - no fuente). Por cada punto de referencia, la pendiente permite determinar el umbral de disparo.

Difusión y Propagación

El modelo toma los resultados de la fuente identificada y calcula la zona de dispersión, para cada fuente. La elección de los algoritmos de difusión se lleva a cabo por parte del usuario. Desde una de las celdas, el algoritmo de propagación resulta en el mismo tipo de resultado o de una distribución probabilística sobre 8 celdas adyacentes. Estas probabilidades se reparten a lo largo de la pendiente más baja, de acuerdo con los criterios utilizados en los algoritmos seleccionados.

Los procesos son los siguientes: primero, se calculan las probabilidades por medio de un algoritmo de propagación, por lo general como una función de la pendiente. A continuación, la persistencia se determina (noción de inercia) como una función de la dirección anterior del flujo y se asocia a las probabilidades anteriores. Esta combinación se multiplica por la probabilidad de la celda central, para ser consistente a lo largo del área de extensión. El resultado es una superficie que cubre todas las celdas que pueden ser afectadas, junto con las probabilidades asociadas.

El principio de los cálculos de la energía se introduce, principalmente, para el cálculo de la distancia obtenida por el alud torrencial. Los algoritmos que tienen lugar son una función de las pérdidas por fricción y un límite a la energía cinética. La masa no es tomada en cuenta por los cálculos y los cálculos de energía se aplican a una masa unitaria. Hay límites obvios para este enfoque, pero evita la necesidad de estimar la masa móvil, información que es difícil de obtener para una gran región.

Considerando el artículo de la Conferencia en Geotécnica Pan-Am, 2011, para Argentina, llamado “*Debris flow susceptibility mapping at a regional scale along the National road N7, Argentina*”, se escogió como parámetros los dados por Perla et al. (1980), $\mu = 0.25$; $M/D = 100$, y que están programados en Flow-R. Para simular efectos de un flujo con menos detritos los parámetros se llevaron a valores de $\mu = 0.10$; $M/D = 2000$.

El cálculo de la energía se ilustra por el siguiente ejemplo. En el comienzo, (a) una fuente tiene un cierto potencial de energía. Luego (b), durante la difusión, una parte de esta energía se disipa de acuerdo con el algoritmo elegido. (c) El límite de la energía cinética interviene, si se activa, a partir de un umbral de energía determinado. (d) El flujo se detiene cuando la energía se convierte en cero.

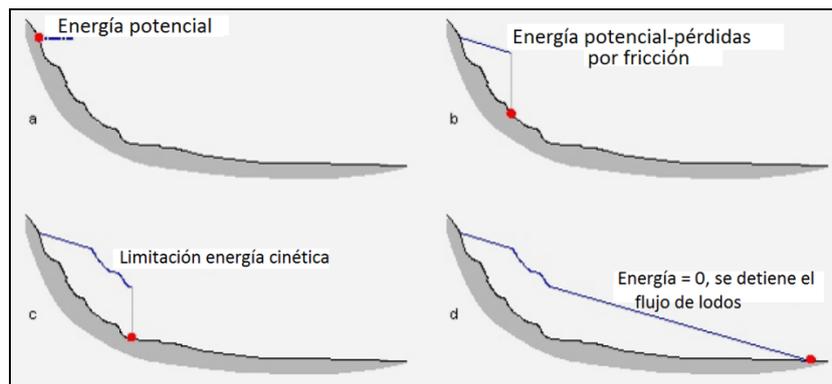


Figura 2-20. Inicio y fin de un alud torrencial. Fuente: Horton et al. (2008)

Para cada celda, se tiene un valor energético. Los resultados finales de los cálculos extienden las zonas con una noción de probabilidad. Como se ha señalado, los algoritmos que llevan a estas probabilidades no incluyen leyes de la probabilidad establecidas. Las probabilidades de este modo deben considerarse cualitativamente y no cuantitativamente, por ejemplo, para el establecimiento de un código de color representativo de la noción de peligro para un mapa, pero sin que se pueda atribuir frecuencias o períodos de retorno.

2.5.3.8. Método Grailovic (EPM - Erosion Potential Model)

La metodología de Gavrilovic (Gavrilovic, 1959 citado en Brea & Spalletti, 2000; Brea & Spalletti, 2003; Globevnik et al, 2003) está basada en un modelo empírico que estima el volumen de sedimentos por erosión de una cuenca, el cual es transportado por los cauces. Considera que los procesos erosivos son el resultado de la interacción de factores como el clima, la litología, el uso del suelo y la topografía entre otros. La expresión del volumen anual de sedimentos producidos y transportados (G) es función de la producción promedio anual de sedimentos (W) y el coeficiente de reposición o de retención de sedimentos (R), según (23) a (25).

$$G = W \cdot R \quad [m^3/año] \quad (23)$$

$$W = T \cdot h \cdot \pi \cdot Z^{\frac{3}{2}} \cdot F_c \quad [m^3/año] \quad (24)$$

$$R = \frac{[(O \cdot D)^{1/2} \cdot (L + Li)]}{[(L + 10) \cdot F]} \quad (25)$$

T es el coeficiente de temperatura obtenido de $T = \left[\left(\frac{t}{10}\right) + 0.1\right]^{1/2}$ donde t es la temperatura media anual, h la precipitación media anual [mm/año].

Fc es la superficie de la celda (pixel) [km²], por lo que la producción total de la cuenca se obtendrá de la integración de los valores distribuidos en la grilla.

Z es el coeficiente de erosión expresado como (26)

$$Z = X \cdot Y \cdot (\phi + i^2)^{\frac{1}{2}} \quad (26)$$

donde X es el coeficiente de uso del suelo (X_{adoptado}=0.7 en laderas y 0.9 en cauces), Y el coeficiente de resistencia a la erosión del suelo (Y_{adoptado}=0.8 en laderas y 1.3 en cauces), φ el coeficiente que evalúa los procesos de erosión observados (φ_{adoptado} =0.9) e i es la pendiente [m/m].

Para el factor de depositación (R), O es el perímetro de la cuenca [km], D es la diferencia del nivel medio de la cuenca (elevación media de la cuenca menos la mínima elevación) [km], Li la longitud total de los tributarios laterales de la cuenca [km] y L es la longitud del cauce principal [km]. Se consideró analizar a la cuenca en su totalidad y discretizada por subcuencas.

2.5.3.9. Método RUSLE

El método revisado de la ecuación universal de pérdida de suelo (RUSLE por su sigla en inglés) fue ampliamente utilizado, con la expresión (27):

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \quad (27)$$

donde:

A = Pérdida de suelo promedio anual en [t/ha año]

R = Factor erosividad de las lluvias en [J cm / m² h], Vich (2007) propone la expresión (28)

K = Factor erodabilidad del suelo en [t m² h / ha J cm]

LS = Factor topográfico (función de longitud-inclinación-forma de la pendiente), [adimensional]

C = Factor ordenación de los cultivos (cobertura vegetal), [adimensional]

P = Factor de prácticas de conservación, [adimensional] (P=1 debido a la inexistencia de cultivos)

$$R = 0.0052 \cdot P^{0.91} \cdot I30^{1.38} \quad (28)$$

donde: P es la precipitación acumulada del evento (se considera una recurrencia de 50 años igual a 72.9 mm), e I30 es la intensidad de la lluvia en 30 minutos igual a 113.5 mm/h, de acuerdo con las IDF del Gran Mendoza.

K y C son obtenidos de García Álvarez, et. al (2003) donde se toma en consideración la litología y la cobertura vegetal, indicando los valores adoptados en *Tabla 2-18*. LS es obtenido mediante reclasificación de la grilla de pendiente y se indica en *Tabla 2-18*. Los intervalos de las clases son de acuerdo con Mintegui y Robredo (1999).

Tabla 2-18 - Factores K y C

Cobertura vegetal	C	Litología	K
Estepa de altura de BC	0.16	Laderas (areniscas)	0.3
Estepa de altura de MC	0.11	Cauces (gravas y arenas)	0.2
Matorrales y cactáceas de BC	0.19	Cobertura vegetal	C

Tabla 2-19 .- Factor topográfico LS

Límites de gradiente	Factor LS
p < 3	0.25
3 < p < 12	1.45
12 < p < 20	3.40

Matorrales y cactáceas de MC	0.13	Jarillal de BC	0.13
Matorrales y cactáceas de AC	0.082	Jarillal de MC	0.082
		Jarillal de AC	0.041

$20 < p < 30$	7.55
$p < 30$	14.60

(BC: Baja cobertura; MC: Media cobertura, AC: Alta cobertura; p: pendiente en %)

2.5.4. Amenaza por incendios

Dado el gran número de factores que influyen en los procesos de erosión y escorrentía luego de un incendio es necesario para una adecuada evaluación de su posible mitigación, comprender los mecanismos y procesos geomorfológicos que controlan la respuesta hidrológica y erosiva en una condición post-incendio. Son muchos los antecedentes bibliográficos que resaltan los principales factores que afectan la escorrentía superficial y la producción de sedimentos luego de un evento de incendio (Prosser and Williams, 1998, Wilson, 1999, Johansen et al., 2001, Rulli and Rosso, 2005).

Los efectos de los incendios se asocian con la intensidad, recurrencia y duración del incendio forestal. Estos efectos pueden ser directos tales como pérdida de animales, pérdida de la vegetación y degradación del suelo. Por otro lado, los efectos indirectos, van desde la erosión del suelo y la contaminación del agua hasta el ensuciamiento de represas y deslizamientos de tierra (Ubeda y Sarricolea, 2016).

La ocurrencia de un incendio puede alterar los procesos de intercepción, infiltración, evapotranspiración, almacenamiento de la humedad en el suelo y el flujo del agua sobre la superficie del terreno (DeBano, 2009). Lavee et al (1995) concluyen que el principal efecto de los incendios de baja a moderada intensidad es producir una superficie similar a un mosaico que contiene dos parches rugosos en los que casi no hay posibilidad de generación de escorrentía, y parches lisos en los que el fuego puede conducir posteriormente a mayores tasas de escorrentía y erosión.

Otros autores sugirieron que el deterioro de la cubierta vegetal y la consecuente exposición de la superficie del suelo al impacto de la gota de lluvia juegan el papel principal en el aumento del flujo superficial y en la aceleración de la erosión del suelo. (Cerdà, 1998, Inbar et al., 1998, Marcos et al., 2000).

Por otro lado, diversos autores como Stoof et al (2010) indican que las cenizas no reducen la porosidad sino que favorece la retención de humedad (por aumento de la tensión superficial de las cenizas con diámetros menores a los limos). En Cerdà and Doerr, 2008, estiman una disminución de los caudales por aumento de la saturación de suelos debido a las cenizas que cambian la tensión superficial aumentando la retención de humedad.

A continuación se expresa una serie de conceptos sobre las propiedades físicas de infiltración y erosión de suelos afectados por incendios, con el fin de facilitar una amplia discusión que posibilite alcanzar criterios comunes que permitan la obtención de metodologías y acciones en los estudios de los suelos afectados.

El grupo de investigación SEDER "Soil Erosion and Degradation Research Group" con asiento en Valencia-España, en su trabajo "Infiltración, estabilidad de agregados y erosión de suelos afectados por incendios Forestales. Una visión a escala de pedón", presenta una visión global de los trabajos realizados por dicho grupo durante las dos últimas décadas; en el mismo se menciona que en las

semanas siguientes al incendio, la presencia de cenizas da lugar a altas tasas de infiltración y muy baja escorrentía y erosión, pero luego de algunas lluvias se elevan las tasas de escorrentía y erosión, siendo del orden de 2 a 4 veces mayores a las parcelas testigos (suelo sin afectar). Asimismo señalan que los incendios forestales también provocan una reducción de la estabilidad de los agregados, aunque es menor a la que condiciona la exposición de las laderas.

Las investigaciones realizadas por el mismo equipo a fin de cuantificar la capacidad de infiltración de los suelos con infiltrómetros de doble anillo y lluvia simulada (Cerdà, 1993a, 1995a) permitieron confirmar que suelo recientemente quemado (seis meses) presentaba tasas de infiltración inferiores a las del suelo quemado nueve años y medio antes. Cuando se determina la infiltración con infiltrómetros de doble anillo no se reproduce el impacto de la gota de lluvia. Además, se sobrevalora la infiltración real por la mayor presión de la columna de agua y la falta de aire entrampado (Cerdà, 1993a). Por lo tanto es aconsejable la realización de determinaciones con lluvia simulada para conocer el comportamiento ante lluvias copiosas ($55 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$).

Cerdà y Robichaud, 2009b afirman que el proceso de infiltración es altamente dependiente de las propiedades de la superficie del suelo, ya que el impacto de las gotas de lluvia hace que los primeros milímetros del suelo se compacten si no existe cubierta vegetal, y por ello se reduzca la capacidad de infiltración.

El impacto del incendio sobre la capacidad de infiltración de los suelos se debe tanto al efecto del calentamiento del suelo como a la pérdida de cubierta vegetal que es el factor clave en los procesos de erosión (Cerdà, 1998a, 2002a). Luego de un incendio, las condiciones edáficas varían desarrollándose procesos de degradación que darán lugar a suelos con menor actividad biológica, retención hídrica y fertilidad. Mataix-Solera et al. (2007a) señalan la posibilidad de que estos procesos de degradación no se desarrollen.

La estabilidad de los agregados del suelo es un parámetro que permite cuantificar el efecto del incendio sobre el mismo; conocer la resistencia de los agregados posibilitará conocer la erosionabilidad del suelo y prever su pérdida (Úbeda et al., 1989; Cerdà, 1996a).

Bodí, et al. (2012), infieren que la hidrofobicidad o repelencia al agua puede verse provocada, aumentada o disminuida según la temperatura alcanzada en el suelo. A grandes rasgos, si la temperatura alcanzada en el suelo es de $200 - 250 \text{ }^\circ\text{C}$, la provoca o la aumenta, y si $T > 300 \text{ }^\circ\text{C}$, la destruye (DeBano, 1981), esto se debería a la existencia de sustancias orgánicas que se volatilizan durante la combustión y se condensan posteriormente (Doerr et al., 2000). Los suelos ácidos y de textura arenosa son más propensos a la hidrofobicidad (Mataix y Doerr, 2004), pero ésta también pueden aparecer en suelos calcáreos.

Mataix et al. (2008) demostró que una baja relación materia orgánica/arcilla y una elevada presencia de caolinita en el suelo (terra rossa) principalmente Rhodoxeralfs, lo hacen muy poco susceptible a desarrollar hidroficidad.

Es importante tener en cuenta la persistencia y la distribución espacial de la hidrofobicidad ya que es un factor clave en la dinámica de las escorrentías en suelos quemados, ya que como consecuencia de ella, se produce reducción de la infiltración y un aumento tanto de la escorrentía y la erosión, además de disminuir la humedad del suelo en la zona hidrófoba (Doerr et al., 2009).

Estudios sobre la “Severidad del fuego y repelencia al agua en el suelo después de incendios forestales en Galicia-España” muestran que los suelos quemados afectados con una severidad baja suelen presentar una repelencia al agua de fuerte a moderada en el suelo superficial y subsuperficial. Como contraste, en los suelos de severidad moderada y alta, la aparición de repelencia se detecta en el suelo subsuperficial.

Es comúnmente aceptado que el nivel de repelencia al agua del suelo aumenta al aumentar la severidad del fuego en suelo (p.ej. Doerr et al., 2000; Ferreira et al., 2008; Lewis et al., 2006) no obstante Doerr y Lewis mencionan que la repelencia al agua del suelo tras incendio presenta una gran variabilidad espacial y su relación con la severidad del fuego en el suelo no es siempre evidente.

2.5.5. Metodología para estimación de volúmenes de embalse en diques aluvionales

Teniendo en cuenta que el MDE del IGN (2014)³ con resolución a 5 m, cubre dos de los tres diques aluvionales que conforman el cinturón de defensa aluvional existente (ver Figura 2-21), y en vistas de estimar un orden de magnitud del volumen de sedimentación, se incluye en el presente estudio dicho análisis.

La metodología empleada es relativa a la utilización de algoritmos de cálculo volumétrico (internos del SIG) en un área determinada en función de la cota para conformar la curva cota-volumen actual de cada dique.

En función de la comparación de la curva de volúmenes vs cota originales de cada dique aluvional respecto de las obtenidas con el MDE utilizado se determinarán las tasas anuales de sedimentación y el volumen o capacidad remanente de cada uno.

En el caso del Dique Los Papagayos, el MDE del IGN no cubre el área de embalse, por lo que se utilizó el MDE de TanDEM-X a resolución de 10 m en lugar de 5 m. Los resultados tendrán menor precisión que los anteriores, pero permitirán estimar un orden de magnitud. En este caso, el MDE TanDEM-X fue llevado de cotas elipsoidales a ortométricas mediante descuento de la diferencia entre geoide y elipsoide utilizando el modelo Geoide-Ar (Piñón, 2016).

Lógicamente, con un estudio topográfico de detalle en cada vaso de los 3 diques se mejorarían los resultados al reducir las incertidumbres.

³ <http://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/Geodesia/ModeloDigitalElevaciones/Mapa>

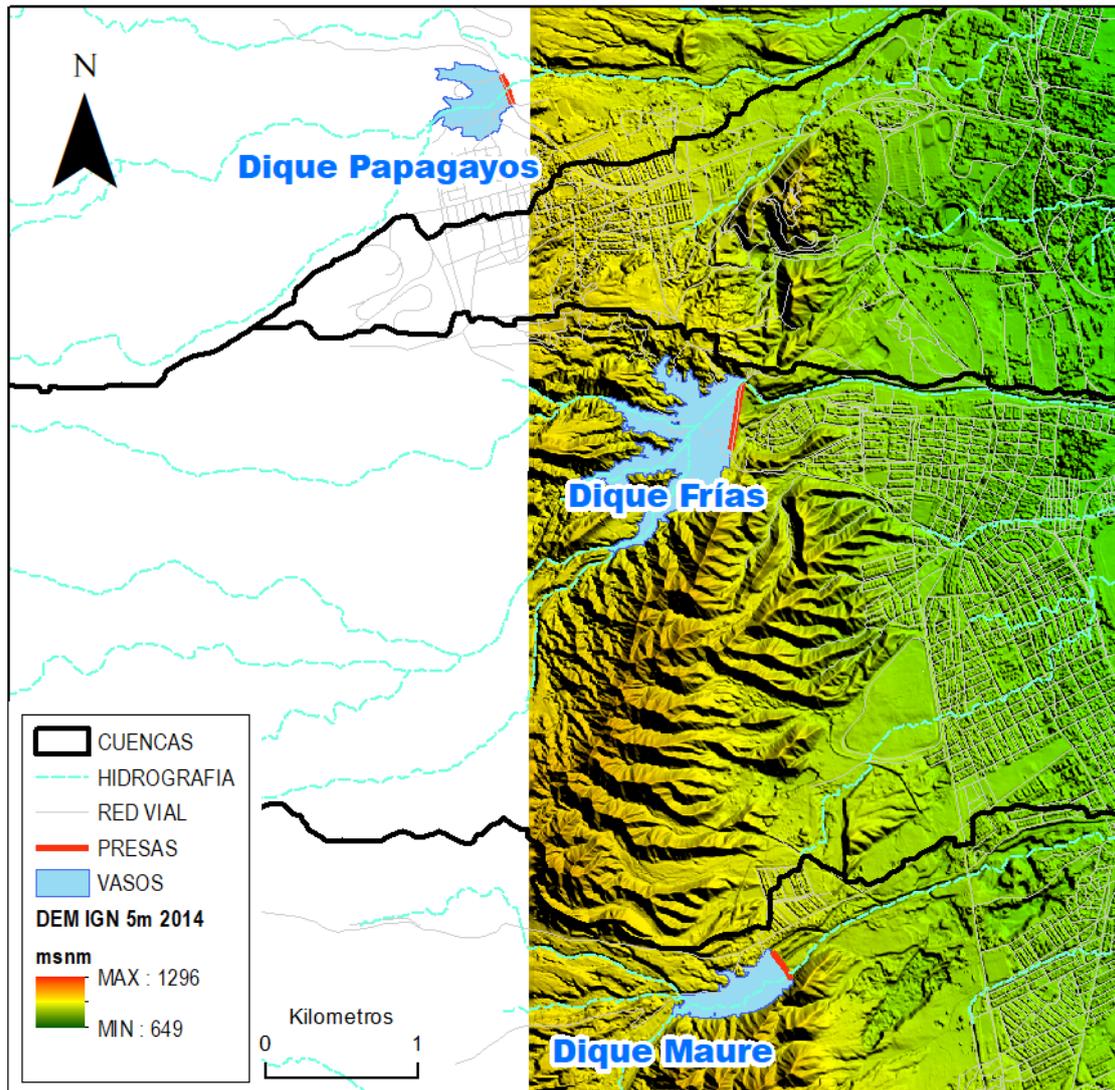


Figura 2-21 . Cobertura de MDE-Ar 5m y diques aluvionales. Elaboración propia.

Se recabó información de cada dique (INA, 2008; UTN, 1999) relativa a características y curvas cota-volumen.

La **presa Papagayos** fue construida en la década de 40, con una cuenca de aporte de aproximadamente 57 km² y un vaso de 0.60 Hm³ de capacidad de almacenamiento (UTN, 1999).

Tabla 2-20 Curva Cota – Volumen **Presa Papagayos**

COTA (msnm)	VOLUMEN (Hm ³)	OBSERVACIONES
961.50	0.000	
962.00	0.002	DESCARG. FONDO
962.50	0.003	
963.00	0.005	
963.50	0.006	
964.00	0.012	
964.50	0.018	

965.00	0.027	
965.50	0.036	
966.00	0.045	
966.50	0.054	
967.00	0.066	
967.50	0.079	
968.00	0.095	
968.50	0.111	
969.00	0.133	
969.50	0.154	
970.00	0.177	
970.50	0.200	
971.00	0.234	
971.50	0.268	
972.00	0.307	
972.50	0.345	
972.70	0.360	VERTEDERO: 972.7 (seg/ IT110-CRA)
973.00	0.388	
973.50	0.431	
974.00	0.480	
974.50	0.528	
975.00	0.582	
975.17	0.600	VERTEDERO 1: 975.17 / VERTEDERO 2: 975.80
975.50	0.636	
976.00	0.695	
976.50	0.754	CORONAMIENTO: 976.40 // EMBALSE MÁXIMO
978.50	0.854	
978.80		CORONAMIENTO: 978.80 (1999) seg/ UTN

En el estudio de referencia, que analizó la situación hidrológica e hidráulica del Zanjón Los Ciruelos (UTN, 1999) se realizó un relevamiento de la presa Papagayos y se obtuvieron los siguientes datos que fueron la base para el cálculo de los caudales.

COTAS	CORONAMIENTO	978.80 m SNM
	BASE DESCARGADOR NORTE	961.60 m SNM
	BASE DESCARGADOR SUR	962.82 m SNM
	SUPERIOR DESCARGADOR NORTE	975.48 m SNM
	SUPERIOR DESCARGADOR SUR	975.22 m SNM
	VERTEDERO TRAPECIAL	975.17 m SNM
	VERTEDERO RECTANGULAR	975.80 m SNM
ALTURAS	PRESA	17.20 m
	DESCARGADOR NORTE	13.88 m
	DESCARGADOR SUR	12.40 m

La **presa Frías**, en cambio, fue reconstruida en la década del 70, con una cuenca más pequeña (26 km²) y un vaso mucho mayor (2.33 Hm³). La tabla cota – volumen que se adjunta a continuación fue extraída de un plano conforme a obra de la Dirección Provincial de Hidráulica. La cota del vertedero es 923.50 m SNM con un ancho de 45 m.

*Tabla 2-21 Curva Cota – Volumen **Presa Frías***

COTA (m SNM)	VOLUMEN (Hm ³)
895.00	0.00
900.00	0.02
905.00	0.12
910.00	0.37
915.00	0.81
920.00	1.35
923.50	2.33
925.00	2.76
930.00	4.71

Respecto a la **presa Maure**, se indica la relación cota-volumen. La cota de vertedero es 936.50.

*Tabla 2-22 Curva Cota – Volumen **Presa Maure***

COTA (m SNM)	VOLUMEN (Hm ³)
925.00	0
926.00	0.001
927.00	0.005
928.00	0.012
929.00	0.025
930.00	0.045
931.00	0.073
932.00	0.109
933.00	0.153
934.00	0.204
935.00	0.263
936.00	0.330
937.00	0.405
938.41	0.528

En la Figura 2-22 se presentan las tres curvas originales, y se observa la gran diferencia de capacidad entre el dique Frías y los restantes.

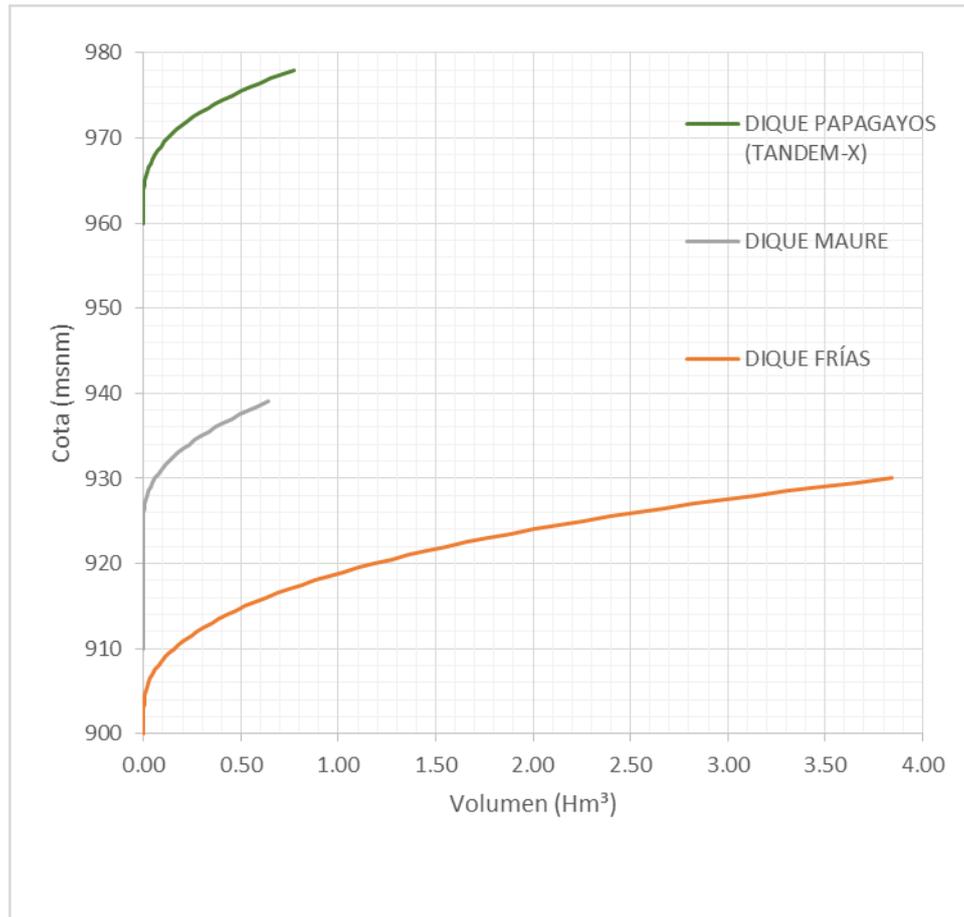


Figura 2-22 . Curvas originales de Cota-Volumen para los diques aluvionales

CAPÍTULO 3 : CARACTERIZACIONES GENERALES

3.1. Suelos

Los suelos predominantes pertenecen al orden de los **Aridisoles** y **Entisoles**, siendo ambos típicos suelos de zonas áridas y semiáridas. Los Aridisoles son suelos con escasa materia orgánica y nutrientes, asociados a vegetación de tipo xerofítica, con escaso porcentaje de cobertura. Los Entisoles son suelos jóvenes, con escaso desarrollo, sin la presencia de horizontes pedogenéticos. Son suelos claros, someros y pobres en materia orgánica.

Los suelos de la zona pueden caracterizarse en su mayoría como **Entisoles**, Suborden **Fluventes**, gran grupo **Torrifluventes típicos**. Estos suelos son acumulaciones de sedimentos tanto fluviales, glaciales o eólicos con distribución heterogénea. Se caracterizan por la presencia de un epipedón ócrico por debajo del cual se observa gran diversidad de caracteres morfológicos de acuerdo con su génesis y condiciones medioambientales presentes o pasadas. Es un sector sometido a erosión hídrica y eólica desencadenado por sobrepastoreo, agricultura, uso doméstico intensivo y deforestación.

Los suelos están originados en materiales transportados provenientes de la erosión precordillerana sin modificaciones edafogénicas debido al efecto inhibitor de la aridez. Distintos

agentes fueron los transportadores: vientos, gravedad, el agua aluvional y procesos glacio lacustres. Los conos de transición y sus planicies determinaron las características de los suelos signados por la sedimentación y la heterogeneidad a microescala (a nivel de parcela).

Se encuentran también suelos clasificados como **Entisoles torriortentes típicos**: profundos con textura dominante franco arenosa a franco arcillo limosa con consistencia variable y ligera concentración calcárea en distintas profundidades.

Finalmente, en la zona norte se encuentran **Aridisoles** (suborden Ortid, Paleortides) y son suelos asociados a climas áridos y semiáridos con vegetación xerófila, caracterizados por no poseer agua aprovechable para las plantas durante largos períodos de tiempo.

3.2. Clima

El clima es templado con características de semiárido. Norte (2000) y Vallone (2005) et al lo consideran como **seco desértico** dentro de la clasificación de Koeppen.

Régimen térmico: La temperatura media sigue un gradiente descendiente norte sur por la latitud y oeste - este por la altitud. Se registra una máxima absoluta de 40,6°C (en Las Heras) y una mínima absoluta de -7,8°C. La máxima media ocurre en enero alcanzando 32,2°C. El mes más frío es julio con una mínima media de 1,9°C (Servicio Meteorológico Nacional, 1990).

En esta zona de piedemonte, se presentan estaciones térmicas con un verano de cuatro meses, dos meses de otoño y tres meses de primavera e invierno cada uno (Abraham y Rodríguez Martínez, 2000). Las marcadas pendientes en sentido oeste este generan importantes diferencias térmicas. En los sectores altos (cota 1500 m) se origina un ambiente de marcado termo periodismo diario (sobre todo estival, 29,5°C a 14°C).

3.2.1. Precipitaciones

Las precipitaciones no constituyen un recurso hídrico utilizable directamente para riego tanto por su carácter esporádico como por sus altas intensidades. En términos generales se observa un gradiente pluviométrico creciente hacia el oeste debido al efecto orográfico. Son menores a los 300 mm anuales, por lo general estivales, pero en el borde vecino al cordón montañoso las mismas se incrementan por efecto orográfico, alcanzando valores muy superiores - siempre en verano - en episodios de corta duración y gran intensidad que generan copiosas escorrentías con efectos erosivos.

Las tormentas se concentran principalmente en los meses de Octubre a Marzo, siendo en su mayoría de carácter convectivo (alta intensidad y corta duración). Generalmente las lluvias que producen escurrimiento (lluvia erosivas) son aquellas que superan los 12 mm, con intensidades máximas en 30 minutos mayores a 15 mm/h.

Fenómenos agrometeorológicos

Heladas : Capitanelli (1997) ubica para la zona la primera helada (temprana) el 14 de mayo con una desviación media de 20 a 25 días. Para las heladas tardías la fecha media calculada es el 10 de octubre con una desviación probable de 25 días para el Sur. En el sector norte la fecha de la última

helada es el 4 de septiembre con igual desvío. Las zonas con mayor riesgo corresponden a la oriental de Agrelo y Perdiel en Luján.

Granizo: El granizo posee asimismo una diferenciación espacial determinada con consecuencias traumáticas en varias áreas. No solamente afecta la cosecha en curso sino que pueden acarrear en cultivos perennes daños en periodos siguientes. El riesgo es medio, alcanzando un porcentaje de daños en vid del 20% anual en el sur hasta el 5% en límite norte (Ortiz Maldonado, 2001).

3.3. Relieve

Las planicies pedemontanas son agradacionales en el piedemonte y constituyen una transición hacia la llanura desde formaciones cordilleranas o precordilleranas. Los depósitos modernos son acumulaciones de sedimentos detríticos de escasa selección, grueso calibre que configuran morenas, conos de deyección, detritos de falda y derrumbes.

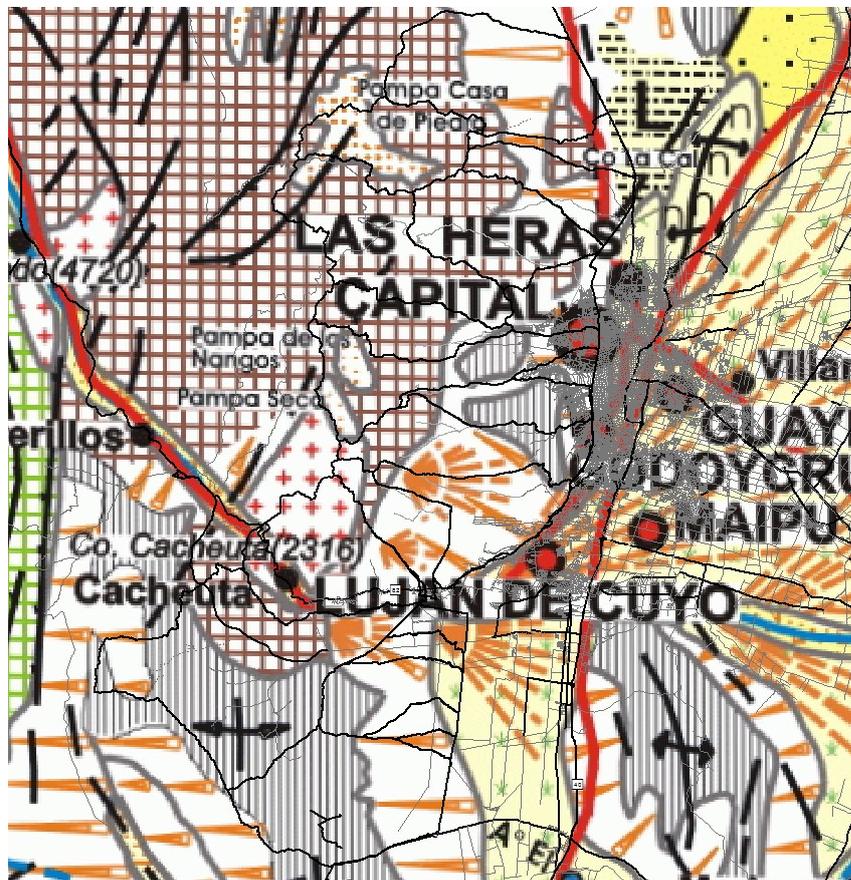


Figura 3-23. Mapa Geomorfológico (Abraham et. al, 1996)

3.4. Vegetación

Los piedemontes, bajadas y playas corresponden a una formación de estepa semiárida arbustiva: jarillal. Esta formación alcanza los 1400 m.s.n.m.

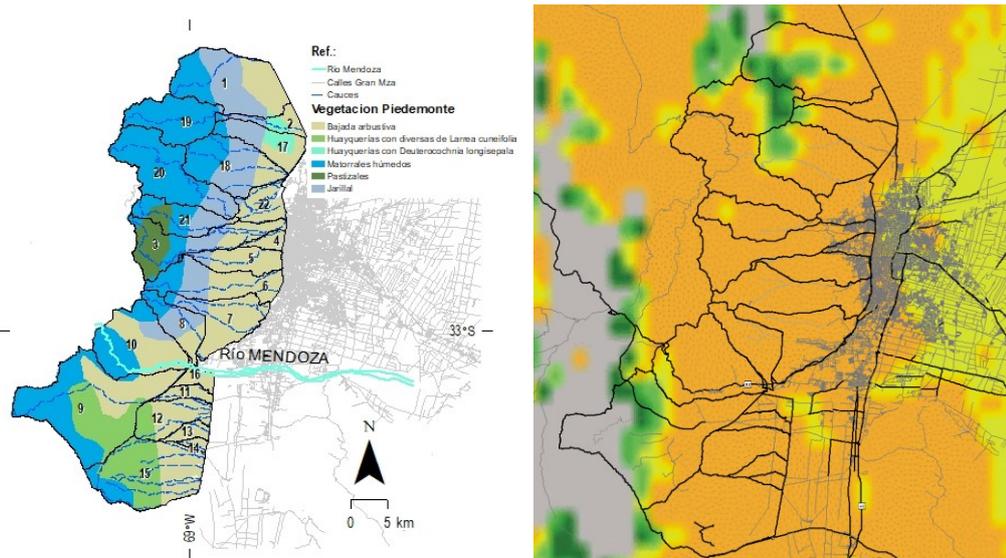


Figura 3-24 . Mapa de Tipología y de cobertura Vegetal. Elaboración propia en base a Abraham (1996) y Roig (1996).

3.5. Relevamiento gps y fotográfico

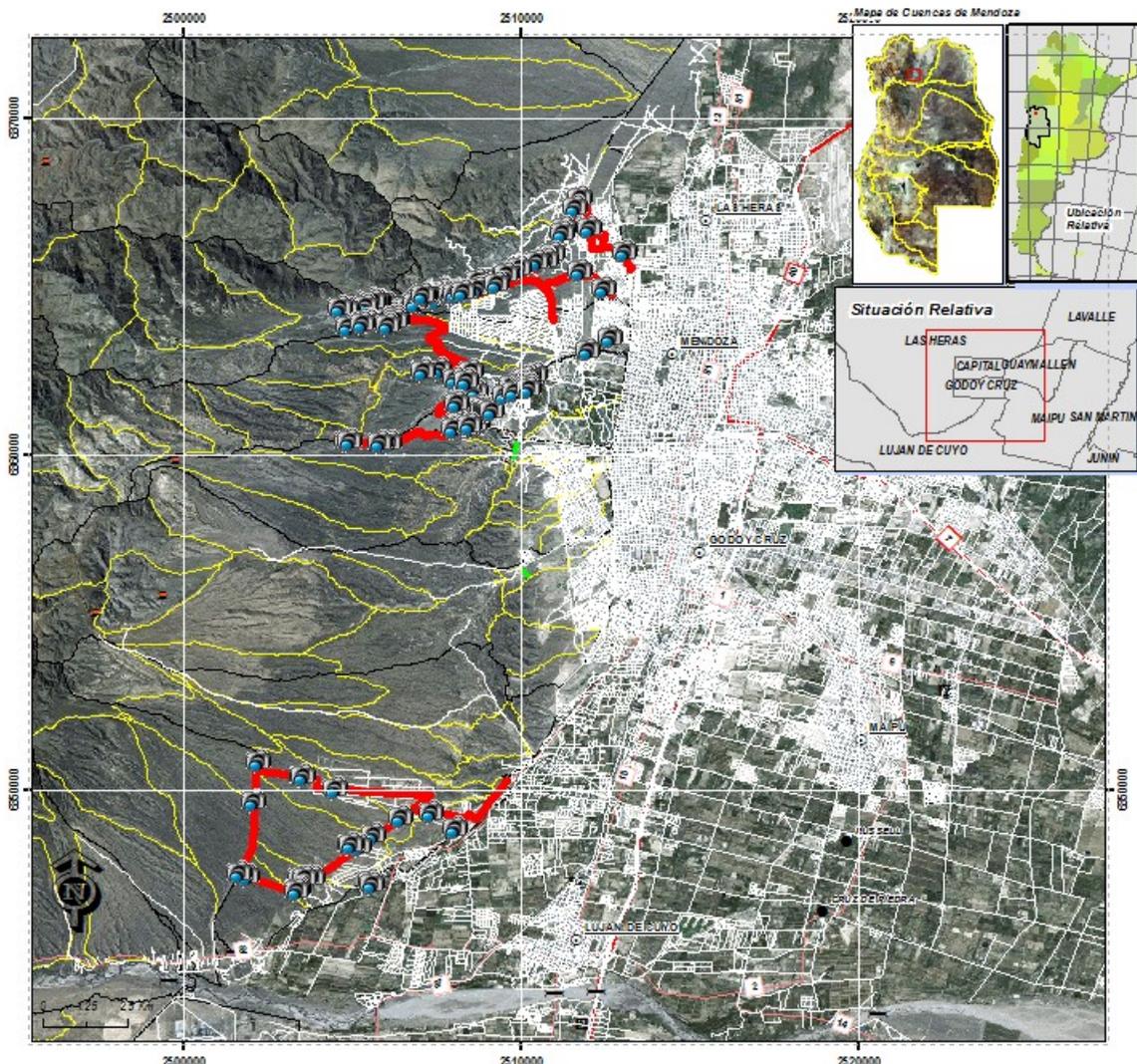


Figura 3-25 . Mapa de relevamientos y ensayos realizados. Elaboración propia

En el Anexo se adjuntan las planillas de campo para toma de muestras de suelo, relevamiento fotográfico y ensayos de infiltración realizados.

La inspección de campo permitió reconocer la geomorfología de la zona donde se evidencian los cauces secos anastomosados, con erosiones de fondo y laterales principalmente. La cobertura vegetal natural encontrada fue buena como se muestran en las fotos siguientes.



Fotografía 3: margen Este del Colector Las Heras



Fotografía 4: cobertura vegetal típica en zona El Challao



Fotografía 5: vaso del dique Papagayos



Fotografía 6: margen Este del Arroyo San Isidro



Fotografía 7: arroyo El Challao



Fotografía 8: confluencia del arroyo Casa de Piedra y San Isidro con el arroyo El Challao



Fotografía 9: muro de contención aluvional también llamado dique San Isidro



Fotografía 10: mejoras de suelo sobre el arroyo El Challao para disminuir la erosión y arrastre de material



Fotografía 11: lado Oeste de la Av. Champagnat



Fotografía 12: vegetación típica de la zona de estudio
Larrea cuneifolia

CAPÍTULO 4 : RESULTADOS HIDROLÓGICOS

4.1. Modelos topológicos de cuencas

En las figuras siguientes se presentan los esquemas topológicos (conexión de cuencas, tramos y nodos) de todas las cuencas analizadas en el área de estudio.

Cada ícono verde representa una subcuenca, donde se han cargado los parámetros morfométricos según Tabla 4-24 y se ha asignado su precipitación de acuerdo con la posición del núcleo de tormenta de proyecto respetando el decaimiento espacial.

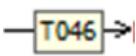
Los íconos celestes representan a los embalses (diques aluvionales) incorporando para su análisis las curvas altura-volumen (H-V) y las curvas de descargas.

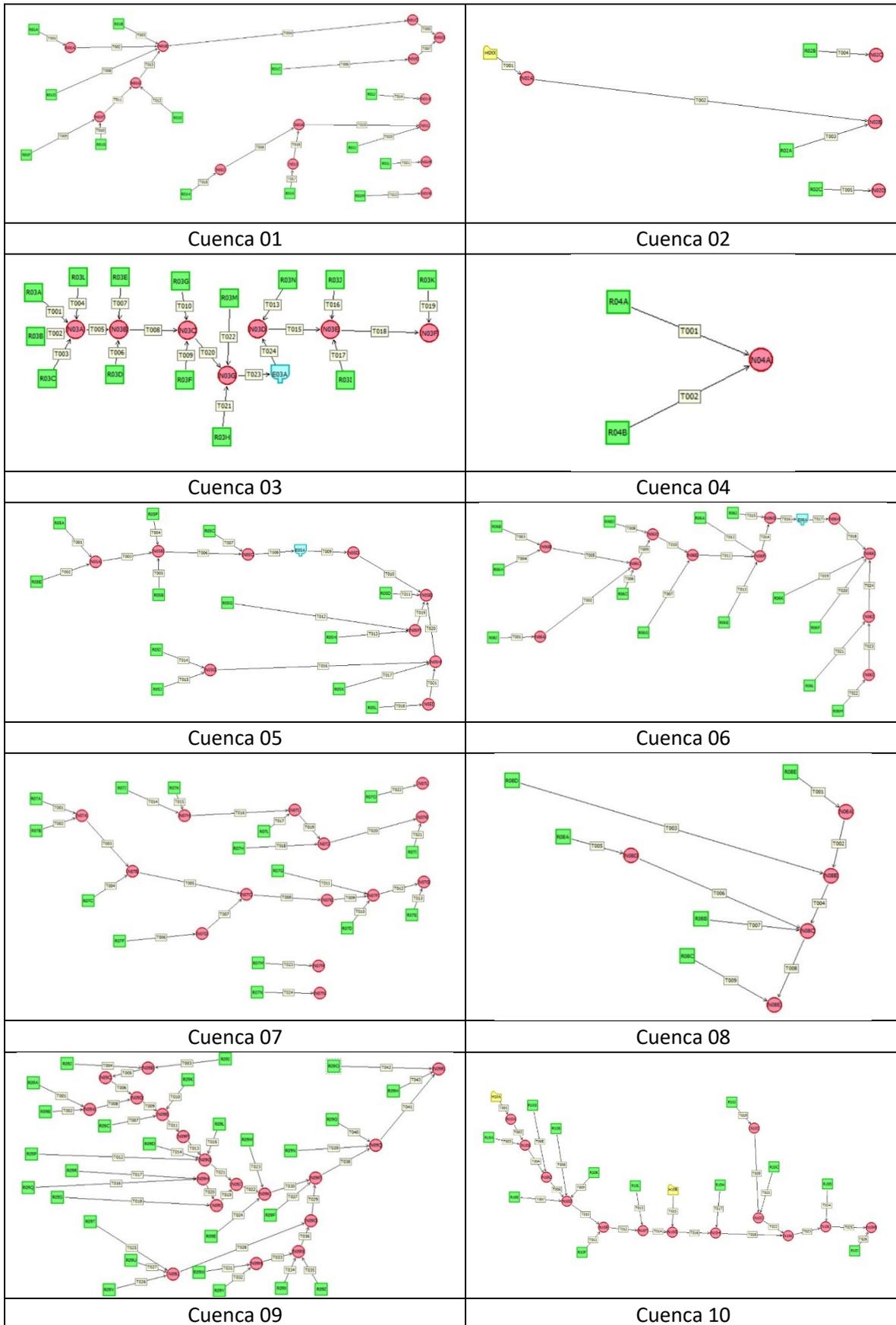
Los íconos marrones, indican tramos de tránsito hidrológico, de forma de incorporar en el modelo la amortiguación y laminación del hidrograma de crecida producido en el cauce.

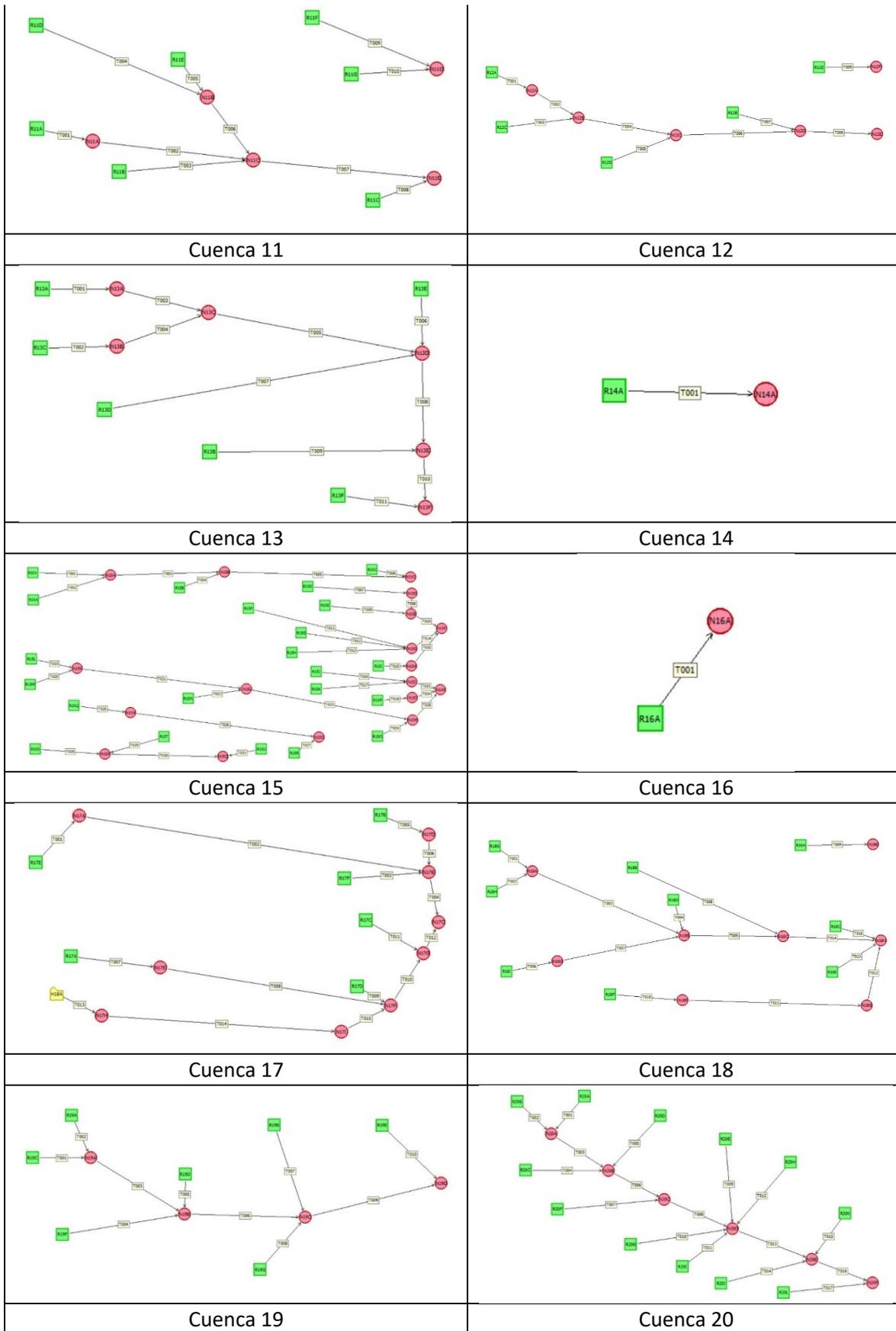
Los íconos rojos representan nodos donde el modelo suma los hidrogramas, de forma de obtener resultados parciales de la crecida en función de la ubicación en la cuenca general. Los resultados de algunos de estos nodos se utilizarán en la modelación hidráulica de secciones transversales o para estimar potenciales desbordes de tramos y posibles afectaciones.

A modo de resumen se indica en la Tabla 4-23 la representación de íconos del modelo Arhymo y a continuación se indican los esquemas topológicos por cuencas.

Tabla 4-23 . Íconos del modelo Arhymo

Ícono	Representa
	Subcuenca y denominación
	Nº de Tramo de conexión topológica entre cuenca y nodo
	Nodo y denominación. Conecta y suma hidrogramas
	Embalse y denominación (ver Tabla 11.4)
	Sección transversal y denominación. Utilizado para tránsito hidrológico entre nodos.
	Hidrograma derivado y denominación





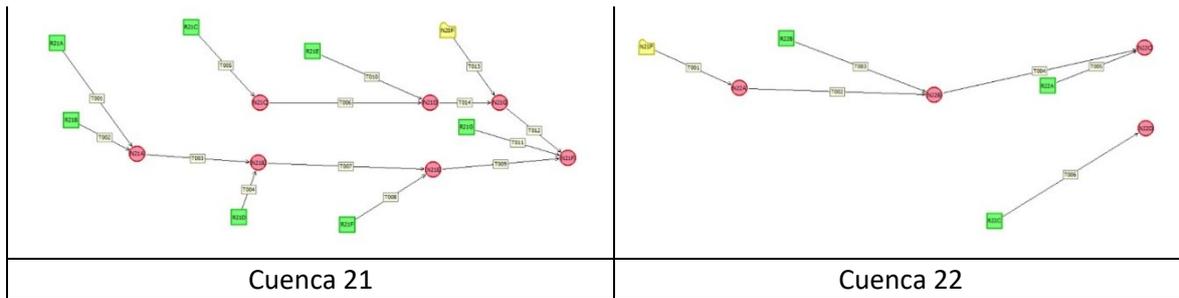


Figura 4-26 . Esquemas topológicos para modelación hidrológica de cuencas

4.2. Parámetros morfométricos

4.2.1. Delimitación de cuencas

Se resumen en las siguientes figura y tabla los parámetros morfométricos que se incorporarán en la modelación hidrológica.

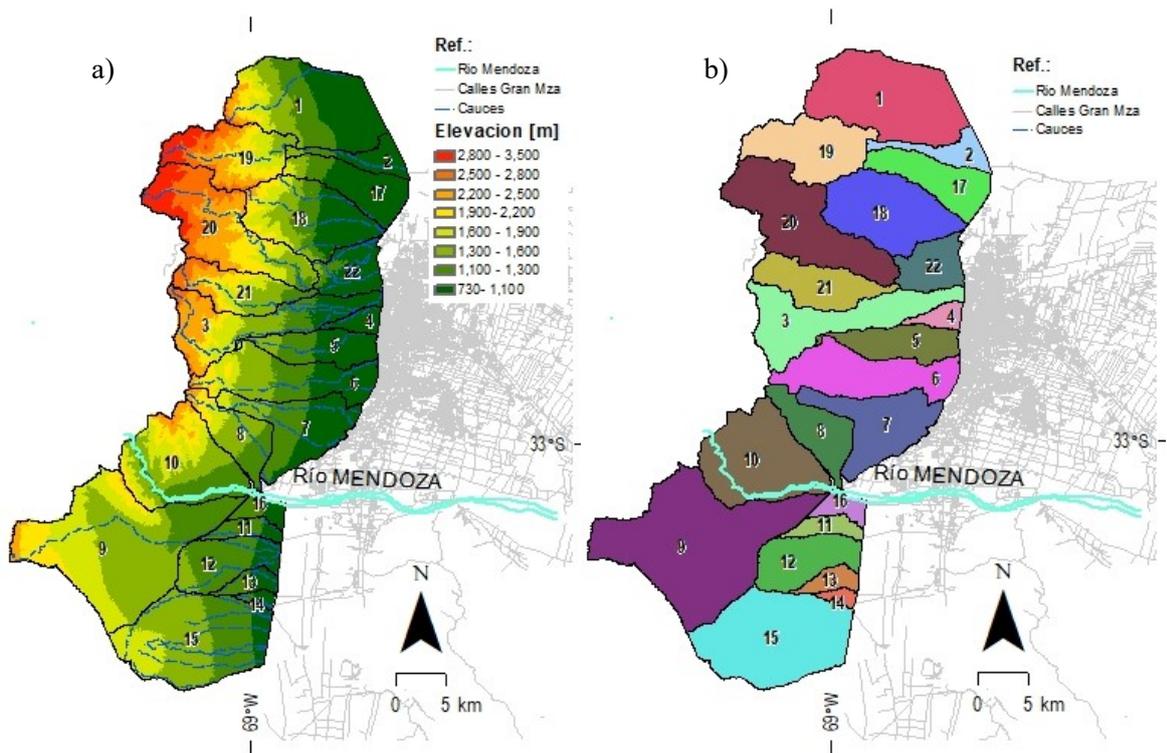


Figura 4-27 . a) Modelo digital de elevación (TandDEM-X, DLR, 2016); b) Delimitación de cuencas . Elaboración propia.

Tabla 4-24 Parámetros morfométricos sub-Cuencas

Cuenca	Código Subcuenca	Nombre de cuenca	Nombre subcuencas	Área [km ²]	Perímetro [km]	Hmax [m]	Hmin [m]	ΔH [m]	Lc [km]	Pendiente [m/m]	CNII slope	S [mm]	la=S ^{0.55} [mm]
1	0101	Cerro La Torre	Co. La Torre 2	6.88	12.4	2491.3	1234.8	1256.5	6.1	0.204	59.1	176.0	17.2
	0102			5.11	13.3	1482.9	1042.1	440.8	5.9	0.075	60.2	167.8	16.7
	0103			19.05	28.7	1523.1	863.7	659.3	11.2	0.059	61.7	157.7	16.2
	0104		El Algarrobito	3.43	9.5	2315.4	1314.0	1001.5	4.2	0.240	59.3	174.3	17.1
	0105		Co. La Torre 3	3.38	8.7	1993.9	1172.3	821.6	3.9	0.210	58.7	178.9	17.3
	0106		Cdon. Mogote del Pozo 1	5.69	9.7	2922.4	1814.8	1107.6	3.6	0.305	82.6	53.3	8.9
	0107		Co. La Torre 1	9.16	15.7	2738.7	1338.1	1400.6	6.9	0.202	62.5	152.6	15.9
	0108		Cdon. Mogote del Pozo 2	5.25	16.5	2233.7	1090.9	1142.9	7.7	0.148	61.1	162.0	16.4
	0109			9.86	26.0	1464.2	856.1	608.1	10.9	0.056	59.8	170.9	16.9
	0110			4.09	14.9	1227.5	859.1	368.4	8.1	0.045	60.5	166.1	16.6
	0111		Co. Aguaditas	8.43	13.5	1757.0	1093.7	663.2	6.3	0.105	59.7	171.2	16.9
	0112			19.46	25.7	1427.0	840.6	586.3	10.9	0.054	59.7	171.7	16.9
	0113			8.87	17.3	1201.1	817.6	383.5	8.8	0.043	59.4	173.5	17.0
2	0201	Cerro Cal		12.06	30.3	1743.8	748.7	995.1	14.5	0.069	60.5	165.8	16.6
	0202		Co. Cal	4.55	9.3	1031.5	755.8	275.7	3.4	0.080	70.8	104.8	12.9
	0203		Co. Blanco	3.45	17.0	1115.7	741.4	374.2	9.4	0.040	59.5	173.1	17.0
3	0301	Zjon de Los Ciruelos	Co. Librillo	6.42	11.9	2804.4	2386.6	417.8	5.4	0.077	81.6	57.4	9.3
	0302		Co. Librillo	8.43	13.2	2452.2	2043.4	408.8	6.6	0.062	77.9	72.2	10.5
	0303		Co. Mogote Colorado	8.81	15.1	2602.9	1623.8	979.1	7.0	0.139	81.0	59.6	9.5
	0304		Puesta La Obligación	3.38	9.3	2017.8	1480.9	536.9	4.4	0.123	83.1	51.7	8.8
	0305		Pto. El Chambón 2	4.80	13.7	2302.3	1399.0	903.3	5.7	0.158	82.0	55.8	9.1
	0306		Pto. El Chambón 1	3.31	13.1	2189.5	1324.9	864.6	5.7	0.153	81.7	57.0	9.2
	0307		Rio Papagayos 1	3.68	10.6	1570.5	1197.5	373.0	5.5	0.068	79.7	64.7	9.9
	0308		Rio Papagayos 3	4.76	12.3	1261.9	990.8	271.2	6.0	0.046	79.6	65.2	9.9
	0309		Rio Papagayos 2	1.51	6.9	1035.7	911.3	124.4	3.2	0.039	80.7	60.9	9.6
	0310		Pto. Agua del Medio	5.58	16.4	1267.2	879.0	388.2	8.1	0.048	80.3	62.2	9.7
	0311		Co. Angostura	5.72	15.0	1074.9	784.4	290.5	8.3	0.035	88.1	34.3	7.0
	0312		Qda. Agua de las Faldas	9.12	16.1	2467.7	1627.0	840.8	8.7	0.097	76.2	79.5	11.1
	0313		Co. Casa de Piedra 2	3.96	11.5	1488.9	1089.2	399.7	5.8	0.069	82.4	54.1	9.0
	0314		Co. Casa de Piedra 1	4.98	16.1	1437.8	968.3	469.4	9.5	0.049	82.7	53.1	8.9
	0401		Co. de la Gloria 1	7.84	17.1	1100.1	804.2	296.0	9.3	0.032	87.3	36.9	7.3

4	0402	Parque Gral	Co. de la Gloria 2	2.30	8.4	955.4	813.2	142.2	3.9	0.036	89.0	31.4	6.7
5	0501	Zjon Frías	Agua La Batea 1	10.87	23.2	1841.1	998.6	842.6	12.3	0.069	80.3	62.3	9.7
	0502		Agua La Batea 2	4.51	12.2	1099.9	948.1	151.8	4.8	0.032	83.3	51.0	8.7
	0503		Zjon. Frías 1	0.95	6.0	1036.0	948.1	87.9	2.5	0.035	85.4	43.3	7.9
	0504		Zjon. Frías 2	1.44	7.9	1001.1	823.2	177.9	4.1	0.044	86.7	39.1	7.5
	0505		Cieneguita 1	4.52	15.3	1519.1	1089.5	429.6	8.3	0.052	79.5	65.5	10.0
	0506		Rio Papagayos 4	5.06	16.3	1380.6	948.1	432.5	8.8	0.049	78.0	71.5	10.5
	0507		Villa Hipódromo 3	2.10	6.3	1074.8	873.6	201.2	3.7	0.054	82.7	53.0	8.9
	0508		Villa Hipódromo 2	1.28	7.2	945.3	830.9	114.4	3.1	0.036	88.8	32.1	6.7
	0509		Villa Hipódromo 4	1.00	6.2	1077.7	883.8	194.0	3.1	0.062	80.7	60.7	9.6
	0510		Villa Hipódromo 5	2.50	7.9	1082.4	900.5	182.0	4.2	0.043	81.6	57.5	9.3
	0511		Villa Hipódromo 1	2.15	8.5	944.2	835.7	108.5	4.6	0.024	85.6	42.6	7.9
0512	Villa Hipódromo 5	0.60	4.5	901.5	854.4	47.1	1.9	0.025	89.0	31.4	6.7		
6	0601	Zjon Maure	Cieneguita 2	4.66	12.1	1202.8	964.1	238.8	6.3	0.038	82.6	53.5	8.9
	0602		Co. Melocotón 1	8.19	16.0	2343.8	1321.7	1022.0	9.2	0.111	81.8	56.5	9.2
	0603		Puesto Punta del Agua	13.57	19.2	1691.9	1096.3	595.6	9.6	0.062	75.8	81.1	11.2
	0604		Las Trancas	9.21	21.1	1828.1	1033.9	794.3	11.5	0.069	77.7	73.0	10.6
	0605		Co. Puntudo 1	7.91	15.7	1232.2	964.4	267.8	8.0	0.033	78.1	71.1	10.4
	0606		Co. Puntilla	5.63	10.8	1094.2	861.8	232.5	8.0	0.029	82.2	54.9	9.0
	0607		Co. Puntudo 2	3.99	14.3	1637.3	1152.9	484.5	5.1	0.095	76.8	76.7	10.9
	0608		Co. Melocotón 2	4.82	10.5	2121.3	1349.8	771.5	7.6	0.102	80.9	59.8	9.5
	0609		Qda. del Peral	5.99	13.2	2738.8	1660.3	1078.4	5.2	0.209	84.3	47.2	8.3
	0610		Dique Maure	0.44	3.3	1008.9	951.7	57.2	1.4	0.041	83.8	48.9	8.5
	0611		Colector Maure	1.41	8.5	987.9	859.2	128.6	3.3	0.039	82.5	53.7	8.9
	0612			3.42	9.2	1097.4	909.4	187.9	4.6	0.041	80.8	60.2	9.5
	0613			1.71	8.3	1103.1	912.2	190.9	4.4	0.043	80.6	61.3	9.6
7	0701	Canal Tejo-Sosa		4.50	9.8	2021.6	1402.1	619.4	5.1	0.121	81.7	57.0	9.2
	0702			3.63	16.0	1599.8	1222.5	377.3	6.2	0.061	76.2	79.2	11.1
	0703		Colector Blanco Encalada	4.91	13.2	1282.2	1037.0	245.3	6.1	0.040	80.8	60.4	9.5
	0704		Colector Sosa 2	2.98	11.0	1075.9	990.7	85.2	5.4	0.016	83.2	51.5	8.7
	0705		Colector Sosa 1	0.29	2.6	1031.1	976.0	55.2	1.0	0.058	71.9	99.1	12.5
	0706		Colector Blanco Encalada	6.77	11.9	1246.3	1049.3	197.0	5.5	0.036	77.3	74.6	10.7
	0707		Colector Sosa 3	5.74	15.7	1254.0	990.7	263.3	8.3	0.032	83.9	48.8	8.5
	0708			7.11	20.0	1495.2	1014.9	480.3	10.6	0.045	76.3	79.0	11.1
	0709		Colector Tejo	1.55	7.8	1041.9	965.3	76.6	4.2	0.018	76.6	77.6	11.0

	0710			4.25	13.3	1478.1	1087.4	390.7	7.3	0.054	76.5	77.8	11.0
	0711			8.43	21.2	1299.1	996.0	303.1	8.7	0.035	76.3	78.9	11.1
	0712		Co. Petaca	2.72	9.1	1059.4	968.8	90.5	4.2	0.021	74.5	86.9	11.7
	0713		Colector Blanco Encalada	2.14	7.7	1192.9	1078.3	114.6	3.3	0.035	77.6	73.1	10.6
	0714		Colector Blanco Encalada	4.67	9.2	1182.8	1081.9	100.9	2.8	0.036	76.1	79.8	11.1
	0715		Co. Pelota	1.82	6.0	1102.3	958.6	143.7	1.7	0.087	80.2	62.8	9.7
8	0801	Colector Blanco Encalada	Puesto Sosa	9.60	15.2	2218.4	1223.0	995.4	8.2	0.122	78.1	71.1	10.4
	0802		Colector Blanco Encalada	8.52	15.7	1623.7	1146.1	477.6	8.1	0.059	74.6	86.4	11.6
	0803		Colector Blanco Encalada	8.53	19.2	2016.4	1080.6	935.8	9.9	0.094	76.4	78.6	11.0
	0804		Qda. del Manzano	7.40	14.8	2751.0	1541.2	1209.8	7.1	0.170	84.9	45.3	8.1
	0805		Colector Blanco Encalada	3.39	11.6	1612.5	1220.7	391.8	5.8	0.068	75.8	81.1	11.2
9	0901	Qda de las Avispas		14.66	16.8	1817.5	2462.6	645.2	7.0	0.092	86.1	41.1	7.7
	0902			8.74	16.2	1658.5	2297.1	638.5	7.4	0.086	86.5	39.5	7.6
	0903			5.93	12.8	1449.8	1712.7	262.8	5.9	0.045	85.3	43.6	8.0
	0904			4.39	13.1	1383.6	1644.8	261.2	6.4	0.041	83.6	49.7	8.6
	0905			12.67	23.9	1315.2	1664.3	349.1	8.6	0.040	85.9	41.8	7.8
	0906			5.15	13.3	1250.4	1389.8	139.4	5.2	0.027	86.9	38.3	7.4
	0907			10.21	19.9	1137.8	1353.3	215.6	10.3	0.021	82.2	55.1	9.1
	0908			4.29	14.0	1090.7	1184.7	94.1	7.4	0.013	75.3	83.4	11.4
	0909		Co. Colorado de	6.37	14.4	1625.6	2319.9	694.3	4.5	0.154	83.4	50.7	8.7
	0910			7.48	12.5	1516.4	1912.1	395.6	7.1	0.056	84.8	45.6	8.2
	0911		Co. Mano 1	7.75	11.8	1523.8	2248.0	724.2	4.6	0.157	82.7	53.1	8.9
	0912		Co. Dedos 1	5.19	10.3	1449.4	2142.9	693.5	3.0	0.235	82.2	55.1	9.1
	0913			1.76	6.3	1377.2	1870.3	493.1	2.7	0.186	82.1	55.5	9.1
	0914			1.36	6.2	1301.1	1861.3	560.2	3.0	0.186	82.3	54.7	9.0
	0915			11.64	18.1	1160.8	1723.5	562.7	9.5	0.059	82.5	54.0	9.0
	0916			4.17	13.6	1636.7	2094.8	458.1	7.1	0.065	86.6	39.4	7.5
	0917			6.13	13.3	1547.4	2070.7	523.3	6.5	0.081	86.8	38.6	7.5
	0918			3.62	14.7	1436.3	1817.3	381.0	7.9	0.048	86.5	39.5	7.6
	0919			4.70	10.0	1613.5	2085.9	472.3	5.0	0.095	86.5	39.6	7.6
	0920			7.23	13.0	1492.0	2040.6	548.6	6.3	0.087	86.5	39.6	7.6
0921		8.46	19.6	1349.2	1722.8	373.7	8.9	0.042	87.5	36.3	7.2		
0922		4.99	10.5	1504.7	1937.9	433.2	4.6	0.094	86.8	38.7	7.5		
0923		4.94	12.4	1425.3	1884.5	459.2	6.0	0.076	87.3	36.9	7.3		
0924		16.54	31.0	1295.6	1630.8	335.2	10.5	0.032	87.4	36.6	7.2		

	0925			2.29	11.0	1455.2	1893.4	438.2	5.9	0.075	87.4	36.5	7.2
	0926			5.71	13.2	1451.4	1928.9	477.5	6.7	0.071	87.4	36.7	7.3
10	1001	Rio Mendoza- Toma de los españoles	Co. Nahuel	2.91	8.3	2194.5	1279.6	914.9	2.5	0.363	87.7	35.6	7.1
	1002			3.64	11.5	2211.8	1226.9	984.9	6.2	0.159	87.4	36.7	7.3
	1003			5.02	17.4	2345.3	1144.2	1201.2	7.6	0.159	81.8	56.7	9.2
	1004		Pto. La Crucecita	6.48	12.3	1467.5	1115.5	352.0	4.6	0.076	76.4	78.6	11.0
	1005		Co. De la Cruz	6.80	12.4	2336.8	1213.0	1123.8	4.4	0.257	86.4	40.1	7.6
	1006		Co. Dedos 2	7.24	14.0	2221.9	1163.2	1058.7	6.2	0.170	84.7	45.9	8.2
	1007		Qda. Baños	8.06	13.8	2655.5	1258.4	1397.2	7.7	0.182	87.0	38.1	7.4
	1008			8.12	14.1	2299.6	1169.4	1130.1	6.5	0.174	84.1	48.1	8.4
	1009		Rio Mendoza	8.62	19.4	1221.3	1090.7	130.6	10.8	0.012	82.3	54.5	9.0
	1010		Qda. De la Cruz	9.08	14.9	2691.1	1506.2	1184.9	7.6	0.156	85.3	43.8	8.0
	1011		Qda. de Estudiantes	12.33	20.8	2666.3	1163.0	1503.4	9.0	0.168	86.5	39.5	7.6
1012	Qda. Camellos	13.26	19.6	2551.9	1181.7	1370.2	8.2	0.167	85.6	42.8	7.9		
11	1101	Agrelo 1		2.72	10.1	1227.2	1131.1	96.1	5.7	0.017	77.1	75.6	10.8
	1102		Destilería 5	1.62	8.9	1134.0	1082.8	51.2	5.2	0.010	78.9	68.0	10.2
	1103		Destilería 2	0.68	4.9	1090.4	1071.0	19.4	2.1	0.009	79.8	64.3	9.9
	1104		Destilería 4	3.55	10.3	1172.2	1105.9	66.3	5.6	0.012	74.9	84.9	11.5
	1105		Destilería 7	2.29	9.1	1135.9	1089.6	46.3	5.6	0.008	83.2	51.2	8.7
	1106		Destilería 3	1.03	6.1	1109.1	1081.2	27.9	3.6	0.008	85.1	44.3	8.0
	1107		Destilería 6	0.84	4.7	1093.7	1071.6	22.0	2.5	0.009	80.0	63.4	9.8
12	1201	Agrelo 2		6.09	10.3	1456.8	1164.5	292.3	4.4	0.066	86.2	40.8	7.7
	1202		Cárcel 1	9.16	17.1	1220.0	1086.4	133.7	9.8	0.014	74.8	85.6	11.6
	1203			10.32	18.1	1457.0	1132.6	324.4	7.2	0.045	79.8	64.1	9.9
	1204		Cárcel 2	7.46	23.5	1368.8	1103.6	265.2	8.4	0.032	79.2	66.9	10.1
	1205			10.86	18.2	1164.3	1062.7	101.6	8.4	0.012	77.3	74.7	10.7
13	1301	Agrelo 3		1.99	11.4	1259.9	1096.7	163.2	6.5	0.025	77.4	74.0	10.7
	1302			1.33	10.5	1250.1	1086.0	164.2	5.8	0.028	78.9	67.8	10.2
	1303			1.46	8.5	1238.0	1101.5	136.5	4.6	0.030	79.5	65.5	10.0
	1304			0.78	6.5	1205.6	1101.7	103.9	3.5	0.030	77.3	74.5	10.7
	1305			3.52	10.7	1129.8	1060.2	69.6	5.3	0.013	79.2	66.7	10.1
	1306			2.48	8.2	1121.7	1057.4	64.3	5.1	0.013	79.8	64.3	9.9
14	1401	Agrelo 4		5.01	11.3	1178.0	1030.9	147.2	7.5	0.020	77.9	71.9	10.5
15	1501	Agrelo 5	Pto. Agua de los	16.30	20.1	1836.6	1318.2	518.4	10.1	0.052	87.2	37.2	7.3
	1502			11.15	20.9	1589.4	1133.2	456.2	10.7	0.043	82.2	54.9	9.1

	1503			2.69	13.2	1228.5	1045.1	183.4	7.0	0.026	78.7	68.7	10.2
	1504			4.17	11.7	1454.6	1157.0	297.6	6.1	0.049	81.7	56.8	9.2
	1505			7.59	19.1	1273.1	1047.3	225.8	8.2	0.028	82.1	55.5	9.1
	1506			7.66	14.7	1761.9	1296.5	465.4	7.6	0.061	85.1	44.3	8.0
	1507			12.14	20.6	1459.3	1044.7	414.6	10.1	0.041	83.7	49.5	8.5
	1508			2.93	8.9	1504.0	1248.1	255.8	4.7	0.054	79.4	65.7	10.0
	1509			3.48	13.8	1352.2	1055.0	297.3	7.5	0.040	84.5	46.6	8.3
	1510		Pto. Agua Salada	7.29	17.8	1823.0	1251.3	571.7	9.6	0.059	84.6	46.2	8.2
	1511			4.42	18.0	1436.6	1057.4	379.2	9.1	0.042	83.7	49.6	8.6
	1512		Co. Bueyes	3.33	8.5	1868.3	1545.0	323.2	4.1	0.079	86.8	38.6	7.5
	1513			1.23	7.4	1562.5	1349.7	212.8	3.9	0.055	86.3	40.2	7.6
	1514			2.43	8.9	1375.4	1167.8	207.6	4.5	0.046	79.5	65.5	10.0
	1515			1.85	8.7	1201.9	1074.1	127.8	3.9	0.033	86.2	40.6	7.7
	1516			2.63	13.6	1384.7	1065.1	319.6	7.3	0.044	84.0	48.3	8.4
	1517			4.54	13.0	1732.9	1321.6	411.3	7.0	0.059	86.3	40.3	7.6
	1518			1.33	9.8	1334.6	1120.8	213.8	5.1	0.042	80.9	59.9	9.5
	1519		Pto. Agua de los Burros	5.05	11.0	1843.1	1537.0	306.1	5.1	0.060	86.6	39.2	7.5
	1520		Agua Salada	5.67	12.2	1580.0	1282.9	297.2	6.4	0.047	86.1	40.9	7.7
	1521			0.68	5.0	1332.3	1264.5	67.7	1.3	0.053	76.7	77.0	10.9
1522	Pto. Agua de los Bueyes	7.88	12.0	1806.7	1551.7	255.0	5.0	0.051	86.9	38.1	7.4		
16	1601	Destilería	Destilería 1	10.67	18.1	1156.4	1071.2	85.3	7.5	0.011	85.0	45.0	8.1
17	1701	Colector Las Heras 2	Co. Rodeito	8.00	16.3	2022.7	946.1	1076.6	8.9	0.122	59.5	172.8	17.0
	1702			4.84	14.2	1023.3	740.4	283.0	7.2	0.039	59.3	174.6	17.1
	1703		Co. del Mirador	12.66	22.5	1178.7	730.2	448.5	13.0	0.035	60.0	169.6	16.8
	1704			4.83	15.5	982.2	763.4	218.8	7.8	0.028	60.9	162.9	16.5
	1705			3.02	8.4	2153.2	1270.2	883.1	4.4	0.201	61.2	160.8	16.3
	1706		Loma Larga	10.08	24.8	1366.3	739.8	626.5	12.4	0.051	60.2	168.0	16.7
18	1801	Qda. de las Chilcas	Co. Bravo	11.27	20.0	2151.7	895.6	1256.1	10.4	0.120	60.6	165.4	16.6
	1802		Q. del Algarrobito	7.07	22.7	2103.0	839.4	1263.5	12.4	0.102	62.1	154.9	16.0
	1803		Puesto Pantanillo 1	7.46	21.8	1419.2	778.4	640.8	11.6	0.055	59.9	169.9	16.9
	1804		Puesto Pantanillo 2	10.62	20.9	1311.1	782.4	528.6	10.5	0.050	61.6	158.1	16.2
	1805		Punta de Quisco	8.45	18.9	1338.6	778.4	560.2	10.3	0.055	75.2	83.8	11.4
	1806		Co. Arco	6.33	11.6	1705.0	947.5	757.5	4.9	0.155	82.2	55.1	9.1
	1807		Mogotes de la Corredera	9.46	18.9	2678.3	1212.8	1465.5	8.4	0.174	82.3	54.5	9.0
	1808		Puesto las Chilcas	13.27	16.9	2221.1	1190.6	1030.5	7.9	0.130	82.2	55.1	9.1

	1809			4.33	10.1	2021.9	1168.5	853.4	4.2	0.205	82.4	54.1	9.0
19	1901	Higueras	Cdon. Mogote del Pozo 3	4.36	9.7	2941.2	2332.7	608.4	4.7	0.130	76.1	79.7	11.1
	1902			11.43	17.4	2984.0	1510.0	1474.0	9.7	0.152	81.4	58.0	9.3
	1903		Cuchilla amarilla	10.12	16.5	3099.5	2332.5	767.0	5.8	0.133	75.8	81.0	11.2
	1904		Co.del Diablo	12.11	17.8	2822.2	1718.4	1103.8	8.2	0.134	80.3	62.2	9.7
	1905		Puesto El Total	6.09	14.5	2172.2	1355.8	816.4	5.3	0.153	65.1	136.1	14.9
	1906		Quebrada. Chaparro	10.81	15.7	2761.0	1718.6	1042.4	8.0	0.130	78.0	71.7	10.5
	1907		Qda. del Total	6.58	12.9	2584.9	1509.8	1075.1	5.6	0.191	82.2	54.9	9.0
20	2001	Casa de Piedra	Co. Pampa	9.73	17.9	3140.0	2462.5	677.5	7.9	0.086	80.3	62.3	9.7
	2002		Qda. Rincón del Cerro	12.01	18.9	3455.5	2462.8	992.8	8.1	0.122	82.3	54.5	9.0
	2003		Agua del Negro	9.71	15.2	3156.2	2323.0	833.2	7.3	0.114	84.0	48.6	8.5
	2004		Loma Amarilla	4.38	10.8	2690.4	2323.0	367.4	4.7	0.079	83.4	50.6	8.7
	2005		Casa de Piedra	10.63	15.4	2694.2	2040.1	654.1	5.5	0.120	83.1	51.8	8.8
	2006		Agua de las Mulas	7.51	14.7	3127.6	2228.5	899.2	7.0	0.129	83.4	50.4	8.6
	2007		Puesto Guamparito	13.53	17.9	2882.3	1982.5	899.8	8.7	0.103	83.3	50.8	8.7
	2008		Puesto Las Tres	6.33	11.4	2364.7	1576.2	788.5	7.3	0.108	82.2	55.1	9.1
	2009		Q. de Molles	4.88	10.0	2397.7	1576.2	821.5	5.5	0.149	81.7	56.9	9.2
	2010		Co. Áspero	5.05	10.6	2269.4	1395.4	874.0	4.5	0.192	81.4	58.1	9.3
	2011		Co. Gateados	8.70	14.1	2136.6	1233.1	903.5	6.6	0.137	81.6	57.1	9.3
	2012		Q. de las Canteras	4.77	10.8	1814.5	1139.6	674.9	4.4	0.155	85.4	43.6	8.0
21	2101	San Isidro	Mogote de la Guanaca	10.78	15.2	2767.8	2049.4	718.4	5.1	0.140	83.5	50.3	8.6
	2102		Co. Bellavista	10.37	14.1	2553.8	1653.9	899.9	5.6	0.161	81.9	56.0	9.1
	2103		Q. de los Bueyes	10.17	15.9	2395.6	1273.5	1122.1	8.0	0.141	82.1	55.2	9.1
	2104		Rio San Isidro 2	5.96	13.7	2307.7	1315.7	992.0	6.5	0.154	83.3	51.1	8.7
	2105		Rio San Isidro 1	7.79	19.1	2135.3	1091.8	1043.5	7.9	0.133	84.5	46.6	8.3
22	2201	Colector Las Heras	Loma Redonda	10.18	15.8	1252.7	784.4	468.3	7.6	0.062	84.9	45.0	8.1
	2202		Co. del Arco	10.04	16.1	1696.5	839.5	857.0	8.0	0.107	86.0	41.4	7.7
	2203		Challao	9.79	18.3	1035.3	786.8	248.5	6.8	0.037	85.5	43.2	7.9
				1243.90									

4.3. Pérdidas de precipitación

Para la estimación de las pérdidas de la precipitación, que incluyen la infiltración y las abstracciones iniciales (por retención foliar en la vegetación y encharcamientos), se utilizó la metodología del número de curva (NRCS, 2009) pero distribuida en el espacio caracterizando el potencial de infiltración del suelo con técnicas de teledetección, geoprocesos en un Sistema de Información Geográfica (SIG), tablas de reclasificación de doble entrada y un modelo digital de elevaciones (MDE), en función del uso, la cobertura vegetal y el tipo hidrológico de suelo (Burgos, 2008b) y finalmente con un post-proceso por pendientes (Huang et. al, 2006). Para la estimación de coberturas vegetales se procesaron imágenes satelitales Landsat 8 y Sentinel 2A de fechas recientes (octubre 2018).

Una forma de resumir la metodología empleada (Burgos, 2008b) es mediante la representación por flujograma de las operaciones realizadas. Se presenta en la Figura 4-28 dicho esquema.

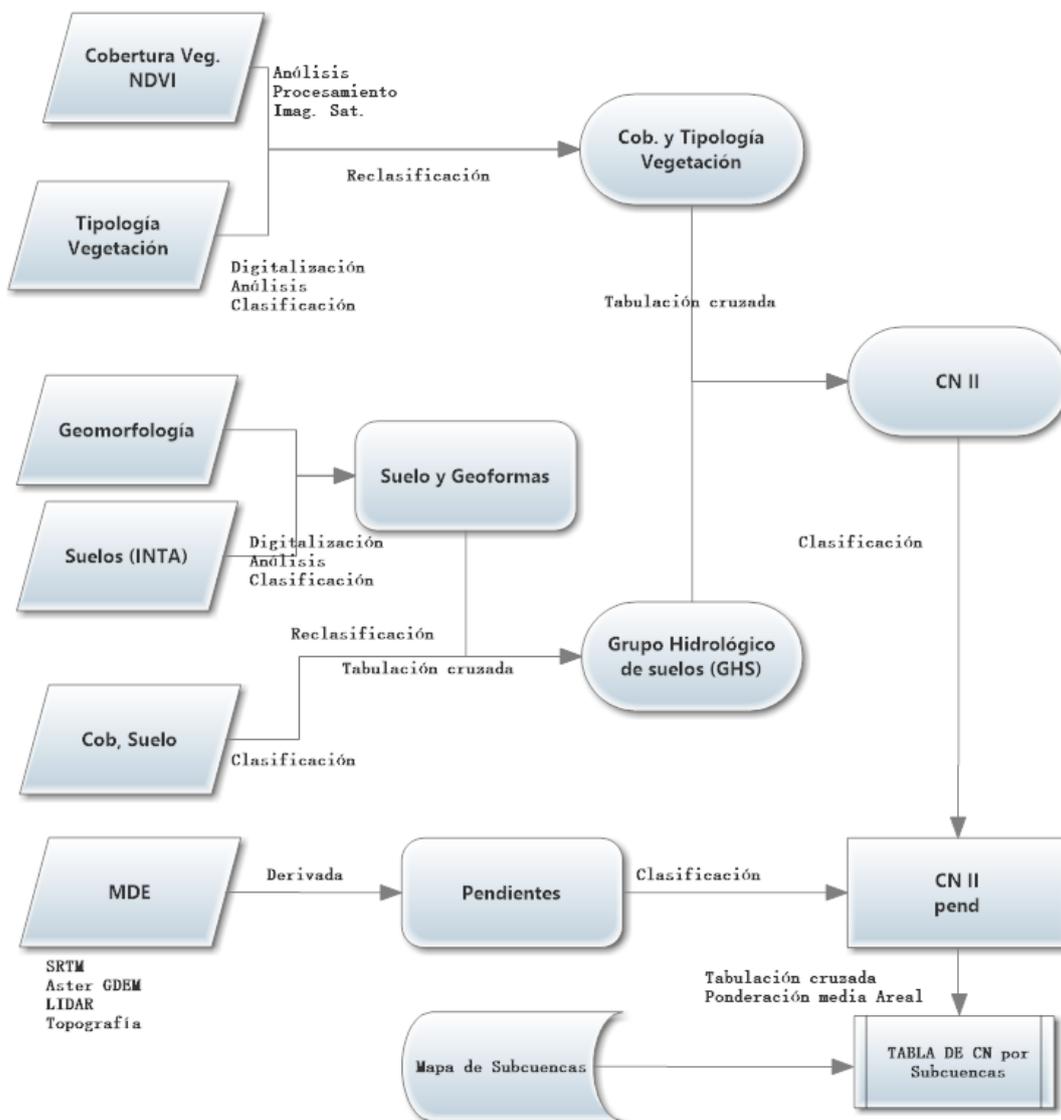


Figura 4-28 . Flujograma cartográfico aplicando álgebra de mapas y reclasificación para cálculo de CN.
Fuente: Burgos, 2008.

A cada una de las variables que intervienen en los mapas para la obtención de CN se les asignó un número primo. Así pues, si se multiplican los diferentes mapas dará un resultado diferente por cada combinación (Ferrer et al, 1995). Para obtenerlo en SIG de manera automática, se realizó un archivo de reclasificación con los valores posibles. El mapa resultante se volvió a clasificar asignando los correspondientes CN.

Complementan a las pérdidas de precipitación por infiltración las relacionadas con las abstracciones iniciales (I_a), que en este estudio fueron estimadas con las expresiones siguientes.

$$I_a = S^{0.55} \tag{29}$$

$$S = (25400/CN) - 254 \tag{30}$$

4.3.1. Tipología vegetal

El mapa de tipología vegetal (Roig, 1996) se presenta en Figura 4-30. Se identifican en el área de estudio dos grupos de vegetación: vegetación de montaña, vegetación de bolsones y huayquerías. El primer grupo se encuentra en las partes altas de las cuencas al Oeste de la zona de estudio. El segundo grupo se encuentra en la parte central y baja de las cuencas. En Tabla 4-25 se indican algunas características.

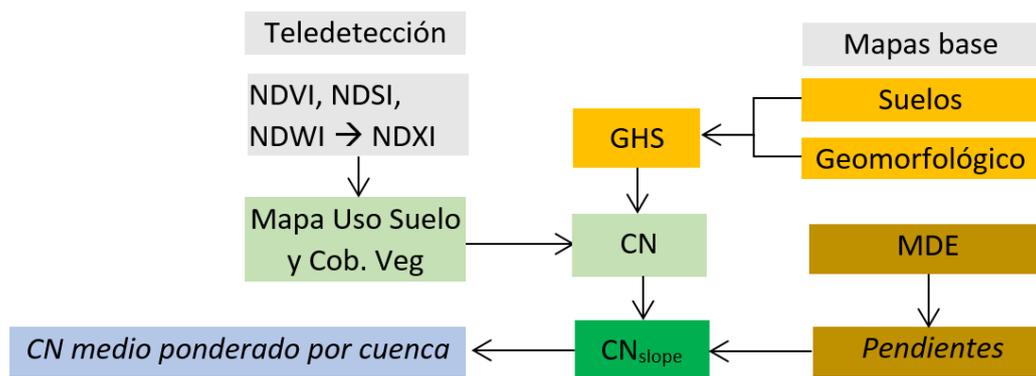


Figura 4-29 . Flujograma cartográfico aplicando algebra de mapas y reclasificación para cálculo de CN

Tabla 4-25 . Clasificación de vegetación

Tipo	Grupos	Predominio	Capacidad de retención
De montaña	Matorrales y cactáceas	<i>Junellia scoparia, Colliguaja integerrina, Schinus fasciculatus</i>	Buena
	Pastizales	<i>Stipa tenuissima (coironales)</i>	Muy buena
	Jarillal	<i>Larrea divaricata</i>	Buena
De bolsones y huayaquerías	Bajada arbustiva	<i>Larrea cuneifolia y Stipa tenuis</i>	Buena
	Huayquerías	<i>Diversas Larrea cuneifolia</i>	Buena
	Huayquerías	<i>Deuterocochnia longisepala</i>	Buena

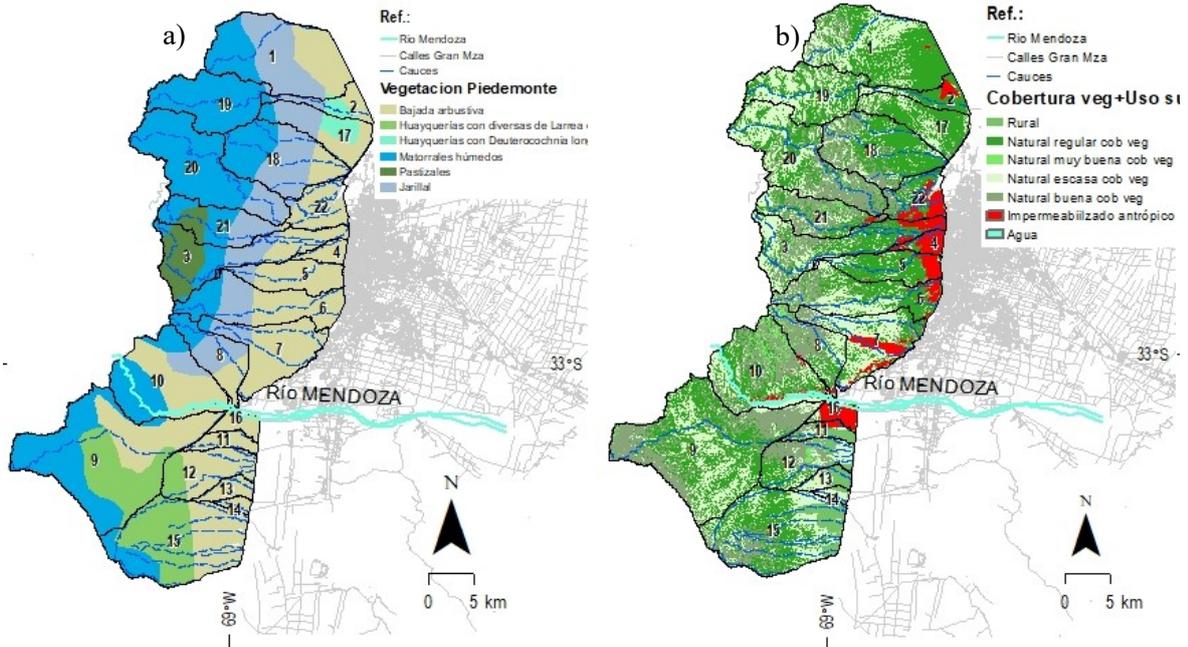


Figura 4-30 . a) Mapa de vegetación (Fuente: IADIZA); b) Cobertura de suelos (elaboración propia)

4.3.2. Coberturas de suelo

El mapa de coberturas de suelo se realizó mediante el procesamiento de imágenes satelitales y aplicación de clasificación no supervisada. Las imágenes satelitales utilizadas corresponden al satélite Landsat 8 con fecha 14 de febrero de 2018. Inicialmente se realizaron preprocesamientos como la corrección radiométrica de las imágenes a fin de transformarlas a valores de reflectancia al tope de la atmósfera y corrección atmosférica utilizando la técnica DOS (“Dark Object Subtraction”). Luego se calcularon tres índices de diferencia normalizada, Índice de Vegetación (NDVI), Índice de Agua (NDWI) e Índice de Suelos (NDSI) con el objeto de diferenciar las 3 coberturas más comunes presentes en cada escena. Los índices utilizan las bandas espectrales del visible (VIS rojo y verde), del infrarrojo cercano (IR) e infrarrojo medio (SWIR) de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

$$NDSI = \frac{(SWIR - IR)}{(SWIR + IR)} \quad (31)$$

$$NDVI = \frac{(IR - R)}{(IR + R)} \quad (32)$$

$$NDWI = \frac{(VIS - SWIR)}{(VIS + SWIR)} \quad (33)$$

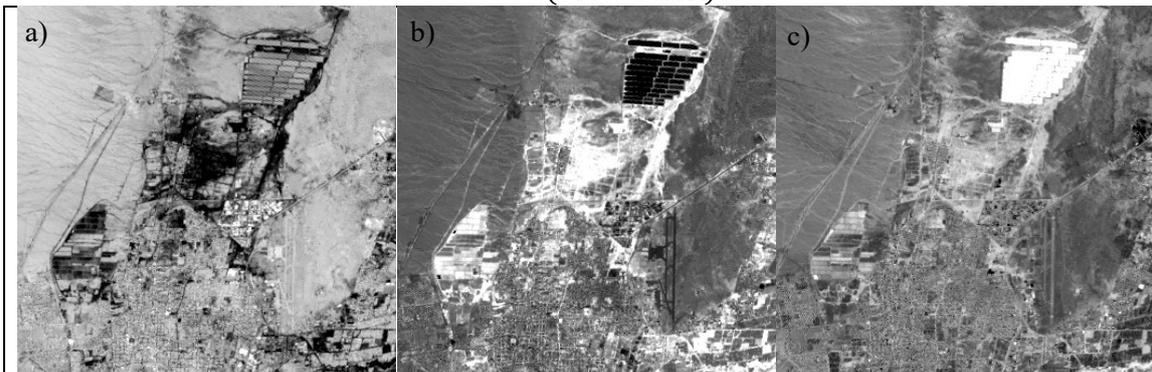


Figura 4-31 . a) NDSI, b) NDVI, c) NDWI (elaboración propia)

En la Figura 4-31 se aprecia un recorte de la zona de trabajo, en las cuales se observan las coberturas en tonalidades de grises. Los pixeles más claros corresponden a sectores de mayor reflectancia que, según el índice, corresponderá a la cobertura que más refleja. Por ejemplo, en la imagen de NDWI (índice de agua) las piletas de la planta de tratamiento de efluentes cloacales aparecen en colores claros a blancos, indicando alta reflectancia por ser agua. Mientras que la zona de cultivos y viñedos aparece en colores claros (alta reflectancia) en el índice de vegetación (NDVI).

La generación de estos tres índices permite realizar una composición falso color compuesto de índices de acuerdo a la metodología de Takeuchi y Yasuoka (2005), como se observa en Figura 4-32, en la cual se realiza una composición RGB colocando el NDSI en el canal del Rojo, el NDVI en el canal del Verde y el NDWI en el canal del azul. Los mencionados autores denominaron a la composición color como NDXI, obteniéndose como resultado un mapa temático donde las superficies con agua aparecen con predominio de color azul, la vegetación con predominio de color verde, mientras que el suelo desnudo, la vegetación seca y las áreas urbanas oscilan entre el rojo y amarillo generando tonalidades anaranjadas (Sepulcri, M. 2015). De esta forma pueden diferenciarse mejor las coberturas presentes en una escena.

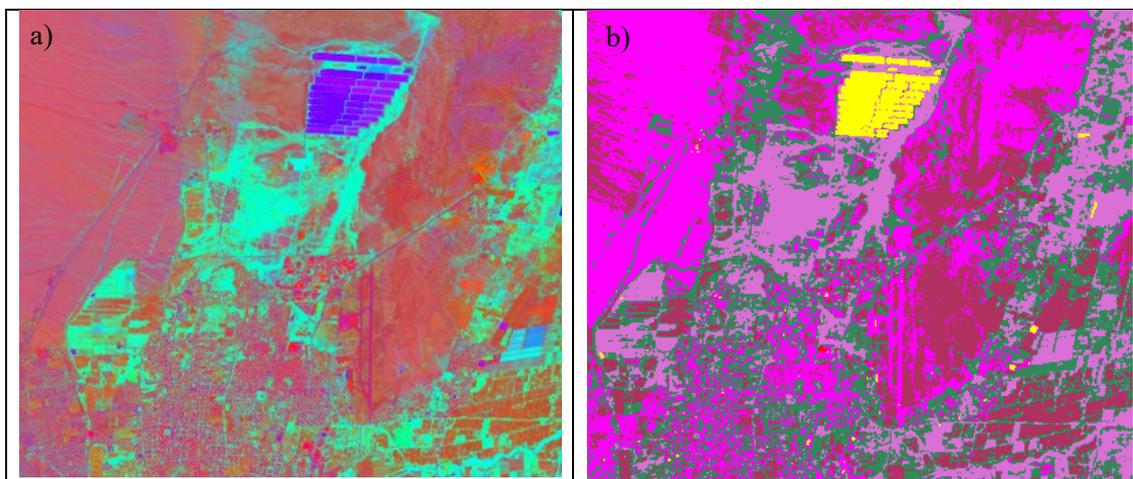


Figura 4-32 . a) NDXI, b) Clasificación ISODATA con posterior reagrupamiento de clases analizando histogramas. Elaboración propia.

Finalmente, utilizando la composición de NDXI se ejecuta una clasificación no supervisada (ISODATA) a fin de identificar clases de coberturas homogéneas. Se solicitó a la clasificación que identifique 15 clases, luego observando los histogramas se agruparon clases, obteniéndose finalmente 7 a saber: (rural, impermeabilizado antrópico, 4 clases de cobertura vegetal natural diferenciando en escasa, regular, buena y muy buena cobertura, y finalmente agua). En este sentido, la utilización de la composición de índices, y no las bandas simples, optimiza la clasificación y facilita la obtención y posterior verificación analizando el histograma de cada clase. El mapa final con las clases de cobertura de suelo se observa en Figura 4-30B.

4.3.3. Geomorfología

Sobre la región involucrada se diferencian tres tipos de geoformas como puede observarse en la Tabla 4-26 y Figura 4-33a. La primera (montaña) con altitudes que oscilan entre 1900 y 3000 mts.; con condiciones de aridez y paisaje erosionado por encauzada de precipitación pluvial. La segunda (piedemonte) está conformado por material no consolidado, discontinuo y en tránsito. Esta área recibe máximo aporte de precipitaciones y da origen a torrentes con flujos

divergentes con erosión. La última zona (planicie) presenta disminución de pendientes con oasis de cultivo y ares urbanas (Abraham, 1996).

Tabla 4-26. Clasificación del mapa de geomorfología

Tipo	Predominio	Pendientes	Permeabilidad
MONTAÑA	Precordillera: plegada por la orogenia hercínica, peneplanizada en el Mesozoico y elevada en bloques por el diastrofismo andino. Rocas predominantemente paleozoicas.	Fuertes	Baja
	Plutones: núcleo intrusivo que aflora como batolitos, macizos y cuerpos menores. Paleo y Mesozoico.	Altas	Baja
PIEDEMONTE	Cerrilladas pedemontanas y huayquerías: edad cuaternaria, elaborada sobre depósitos continentales terciarios, plegados y elevados por la neotectónica.	Altas a medias	Muy buena
	Depresiones: originada por la tectónica andina y rellenada por sedimentos continentales terciarios y cuaternarios.	Altas a medias	Muy buena
PLANICIE	Planicies con niveles diferenciados de pedimentos, bajadas y abanicos.	Medias a bajas	Buena

4.3.4. Suelos

Los suelos han sido clasificados en tres grupos, en el primer grupo se encuentran rocas en zonas altas y en terrazas aluvionales se encuentran los otros dos grupos Entisoles y Ardisoles (INTA, 1995). En el sector de montaña predominan los materiales derivados de rocas del lugar. En áreas de piedemonte los suelos derivan de materiales secundarios. El primer grupo presenta pendientes en el orden del 6% al 20%, son rocas que presentan poca meteorización. El segundo grupo poseen alta pendientes con fase muy pedregosa con buen drenaje. El tercer grupo se encuentra dentro de la llanura aluvial, posee drenaje imperfecto con textura franca y pendientes en el orden de 0.5% a 3%. En Figura 4-33b se puede observar la distribución de suelos.

Tabla 4-27. Clasificación de suelo

Grupo	Subgrupo	Drenaje
Roca	Cordillera	Malo
Entisoles	Torriortente	Bueno
	Torrifluventes	Regular
Ardisoles	Paleortides	Regular

4.3.5. Clasificación hidrológica de suelo

La metodología del NRCS, clasifica el potencial de escurrimiento en cuatro grupos como se observa en la Tabla 4-28. Grupo hidrológico de suelo (A, B, C y D) en función del tipo de suelo y geomorfología. En nuestra región no existe cartografía del tipo hidrológico de suelo, por lo que para obtener el mapa se procedió a interpretar, confeccionar y digitalizar mapas de geomorfología (Figura 4-33a) y tipo de suelo (Figura 4-33b).

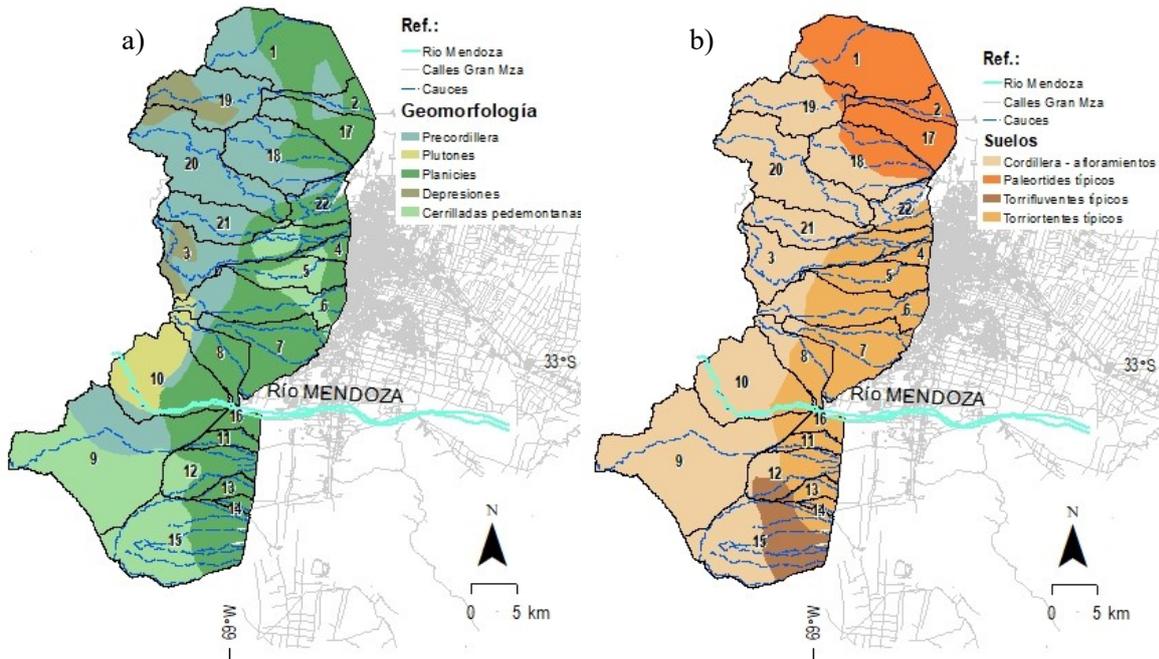


Figura 4-33 . a) Mapa Geomorfológico; b) Distribución de suelos (Fuente: INTA)

En la Tabla 4-29 se asigna los GHS al área de estudio mediante el cruzamiento de los mapas de geomorfología y suelo. El mapa de GHS final se puede observar en la Figura 4-34b.

Tabla 4-28. Grupo hidrológico de suelo

Grupo hidrológico de suelo	Potencial de escorrentía	Pendiente	Suelos típicos
A	Escaso	0 a 3%	Arenas y gravas excesivamente drenadas
B	Moderado	3% a 10%	Texturas medias
C	Medio	> 10%	Texturas finas o suelos con una capa que impide infiltración
D	Elevado	-	Suelos de arcillas hinchadas o suelos pocos profundos sobre capas impermeables

Tabla 4-29 . Tabulación cruzada mapa grupo hidrológico de suelo y geomorfología

Geología / Litología	Planicies con niveles diferenciados de pedimentos, bajadas y abanicos.	Depresiones: originada por la tectónica andina y rellenada por sedimentos continentales terciarios y cuaternarios.	Precordillera: plegada por la orogenia hercínica, penneplanizada en el Mesozoico y elevada en bloques por el diastrofismo andino. Rocas predominantemente paleozoicas.	Cerrilladas pedemontanas y huayquerías: edad cuaternaria, elaborada sobre depósitos continentales terciarios, plegados y elevados por la neotectónica.	Plutones: núcleo intrusivo que aflora como batolitos, macizos y cuerpos menores. Paleozoico y Mesozoico.
Cordillera - afloramientos	D	B	C	D	D
Paleortides típicos	A	-	A	D	-
Torriortentes típicos	B	-	C	C	-

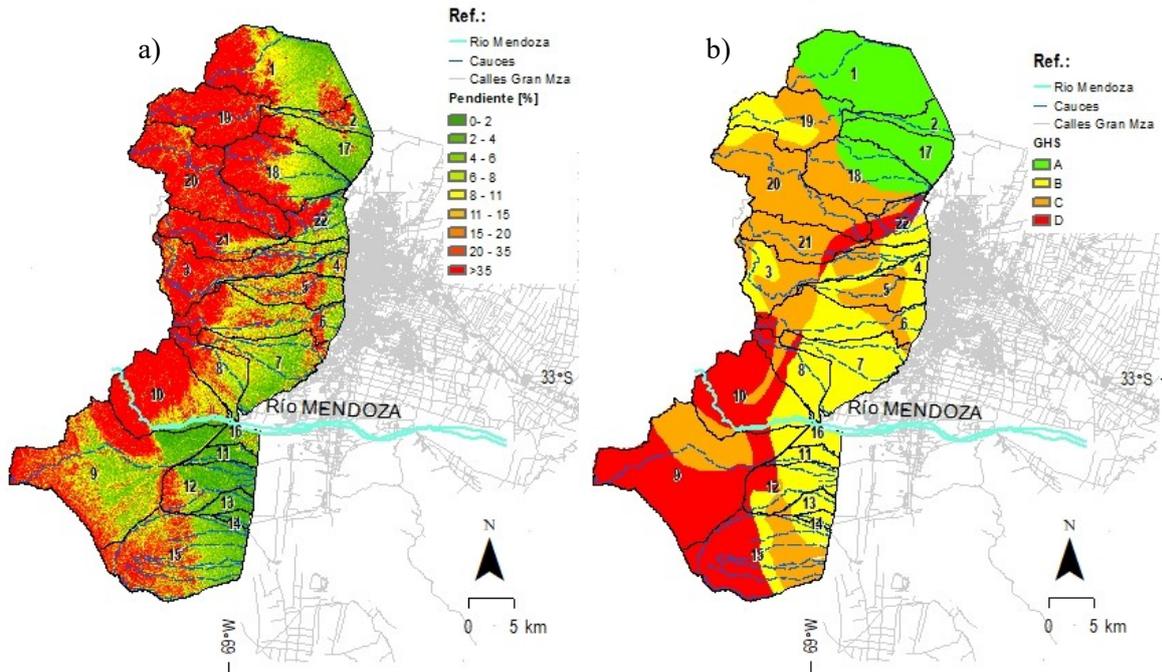


Figura 4-34.- a) Mapa de pendientes clasificadas, b) Mapa de Grupo hidrológico de suelo (GHS) / Elaboración propia

4.3.6. Obtención de CN en condición II de humedad antecedente (CHA II)

De acuerdo con el flujograma de la Figura 4-29, se cruzó la tipología y cobertura vegetal, con el GHS, asignando por reclasificaciones sucesivas los correspondientes valores de CN como se muestra en la Tabla 4-30 (Chow, 1994) (Fatorelli y Fernandez, 2007) y representa en la Figura 4-35a.

Tabla 4-30. Tabla de doble entrada para asignación de CNII

Cobertura Vegetal y Uso del Suelo	GHS			
	A	B	C	D
Rural	-	80	87	-
Impermeabilizado antrópico	82	89	92	94
Natural: escasa/nula cobertura vegetal	63	77	85	88
Natural: regular cobertura vegetal	59	74.5	83	87
Natural: buena cobertura vegetal	55	72	81	86
Natural: muy buena cobertura vegetal	50	68	79	84
Agua	99	99	99	99

4.3.7. Ajuste por pendientes

Una vez obtenido la distribución espacial del CNII se procedió al ajuste de acuerdo al flujograma de la Figura 4-29. El método original no tiene en cuenta los efectos de las pendientes ya que las áreas de estudio donde se aplica generalmente presentan pendientes bajas del orden de 1% a 5%. Sin embargo, la zona de estudio del proyecto presenta pendientes elevadas en

algunas zonas superiores al 5%; por ello la pendiente es un factor importante para determinar los escurrimientos superficiales. Según (Mahboubeh et al, 2012) se ajustó el mapa de CN (CHA II) mediante la ecuac. (34).

$$CN_{II}^{\alpha} = CN_{II} * \frac{322.79 + 15.63 (\alpha)}{\alpha + 323.52} \quad (34)$$

donde CN_{II} es el valor obtenido mediante el método NRCS, CN_{II}^{α} es el valor de número de curva ajustado mediante la pendiente y α es la pendiente ($m \cdot m^{-1}$)

4.3.8. Comparación decadal del CN

Obtenido el mapa actualizado se procedió a analizar los cambios producidos desde el 2008 a la actualidad. Las diferencias en la generación entre ambos mapas fueron la resolución del MDE, la cobertura vegetal y el uso de suelo. Se indican en Tabla 4-31 los resultados de comparar el valor medio ponderado por área para cada cuenca.

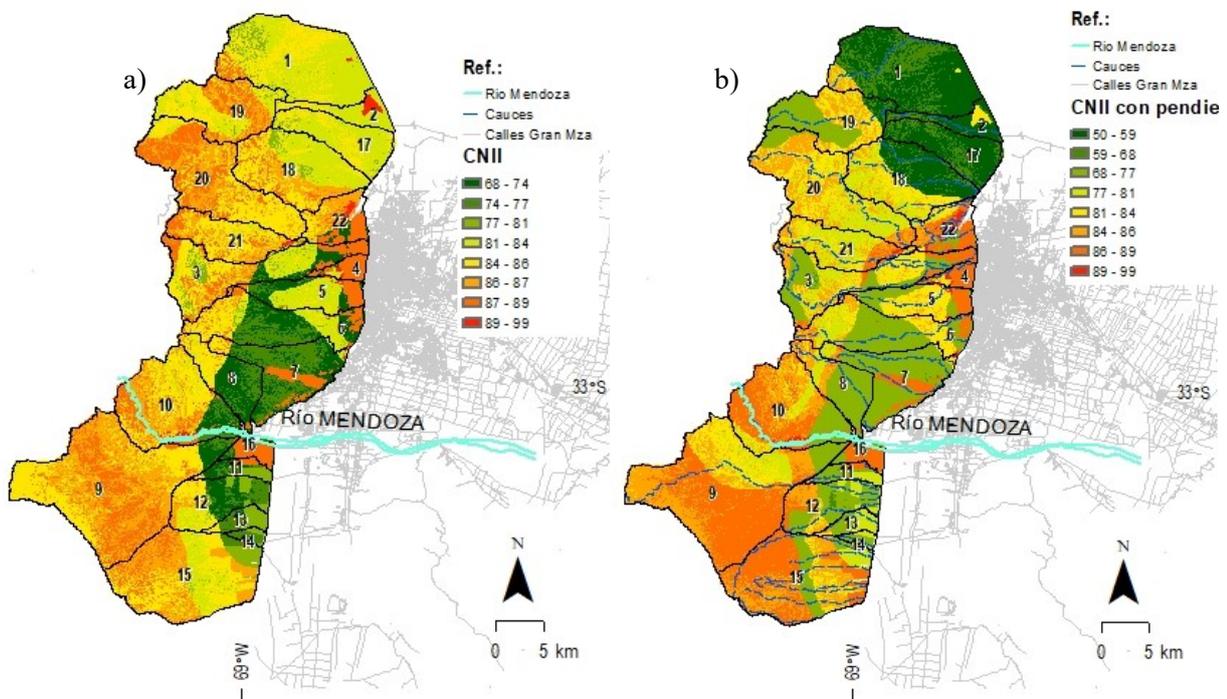


Figura 4-35 .-a) Mapa de CN_{II} , b) CN_{II}^{α} . Elaboración propia

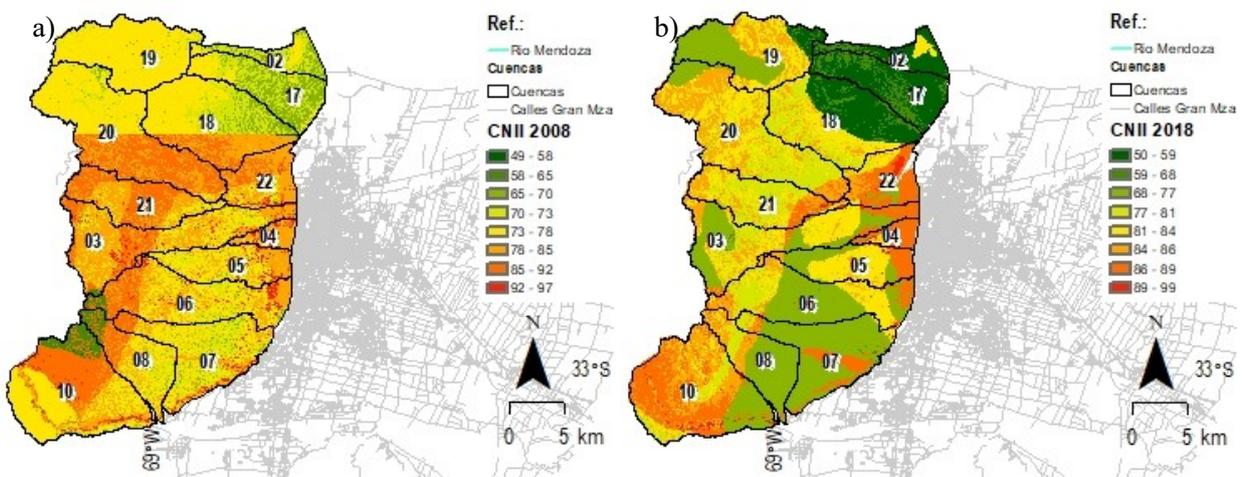


Figura 4-36 . a) CN_{II}^{α} (año 2008) , b) CN_{II}^{α} (año 2018). Elaboración propia

Tabla 4-31. Análisis de las diferencias decadales del CN (valores medios areales)

Indicador		CN 2008	CN 2018	Dif. (CN)	Dif. (%)	DIF. % MIN	DIF. % MAX
CN AREA TOTAL	media	78.3	78.6	0.3	0.4%		
	desviación estandar	7.12	8.85	1.7	24.3%		
	max	97	99	2.0	2.1%		
	min	49	50	1.0	2.0%		
CN por subcuencas	02 Cerro Cal	71.6	62.7	-8.9	-12.4%	-21.0%	9.8%
	03 Zjon de Los Ciruelos	81.0	80.8	-0.2	-0.2%	19.8%	-6.2%
	04 Parque Gral San Martin	82.8	87.7	4.8	5.8%	18.1%	-6.0%
	05 Zjon Frías	78.5	81.6	3.1	3.9%	22.9%	-6.4%
	06 Zjon Maure	79.3	79.6	0.3	0.4%	20.2%	-6.3%
	07 Canal Tejo-Sosa	76.6	78.3	1.6	2.1%	22.2%	-6.5%
	08 Colector Blanco Encalada	76.6	78.0	1.5	1.9%	22.2%	-3.9%
	10 Rio Mendoza - Toma Españoles	79.4	84.6	5.2	6.5%	22.7%	2.5%
	17 Colector Las Heras 2	71.0	60.1	-10.9	-15.4%	-21.1%	5.6%
	18 Qda. de las Chilcas	76.2	71.6	-4.6	-6.0%	1.3%	-6.6%
	19 Higueras	74.6	77.8	3.1	4.2%	-21.4%	13.4%
	20 Casa de Piedra	80.4	82.6	2.3	2.8%	7.5%	-3.7%
	21 San Isidro	84.1	83.0	-1.2	-1.4%	4.8%	-3.6%
	22 Colector Las Heras	82.9	85.5	2.6	3.1%	4.8%	-3.6%

4.4. Tormentas de proyecto

Para generar los hietogramas de cálculo, se utilizaron las curva Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) desarrolladas para la zona de estudio (INA, 2008) según Figura 4-37.

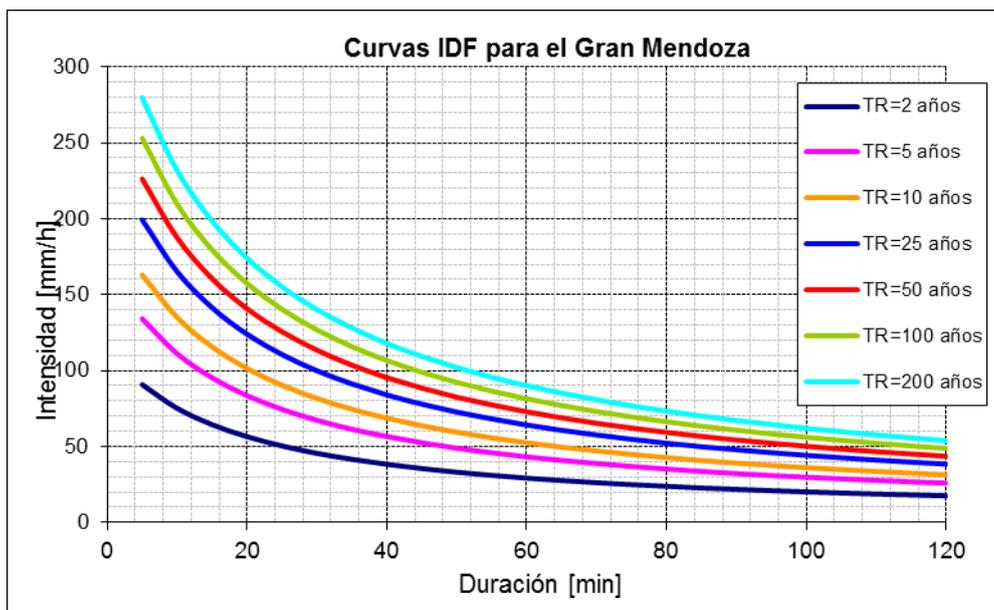


Figura 4-37 . Curvas IDF para el área del Gran Mendoza con tiempos de recurrencia de 2 a 200 años.

Fuente: INA, 2008.

La relación Lámina-Área ajustada (que indica el decaimiento espacial de la tormenta) sigue la relación (35).

$$\% \text{ Lluvia puntual} = 1 - 0,7632 * (1 - e^{-0,00769 * \text{Area}}) \quad (35)$$

A partir de esta ecuación se diseña una tormenta elíptica, donde cada elipse corresponde a una curva IDF. Un área de 8,8km² corresponde a un decaimiento espacial del 95%. Siendo el área de una elipse:

$$A_{\text{Elipse}} = a * b * \pi \quad (36)$$

y la relación de la elipse a:b = 1,5:1 (Burgos & Salcedo, 2015), calculando todas las otras elipses, se establece la siguiente isohieta patrón:

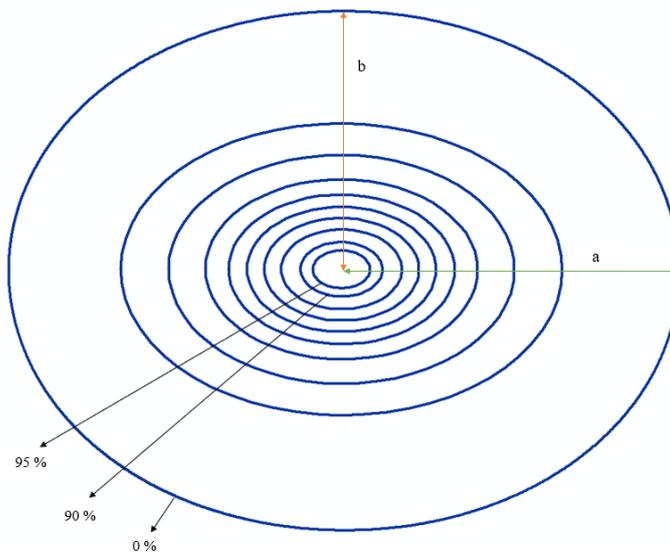


Figura 4-38 . Isohietas elípticas patrones para la zona del Piedemonte y su decaimiento espacial

Para encontrar la posición más crítica de la tormenta se calcularon más de 12.000 posiciones y luego se analizó la influencia más crítica sobre cada una de las cuencas. En la Figura 4-39 se observa la precipitación media areal de las coordenadas geográficas correspondientes a una cuenca en particular (Cuenca N°09). La gráfica se divide en las 3 zonas previamente mencionadas (alta, intermedia, baja). En cada zona puede identificarse una estrella, que corresponde al punto crítico, es decir, donde se da la precipitación máxima. Estos 3 puntos son de suma importancia, ya que son los únicos valores que usará ArHymo. Con esta información se generaron los hietogramas.

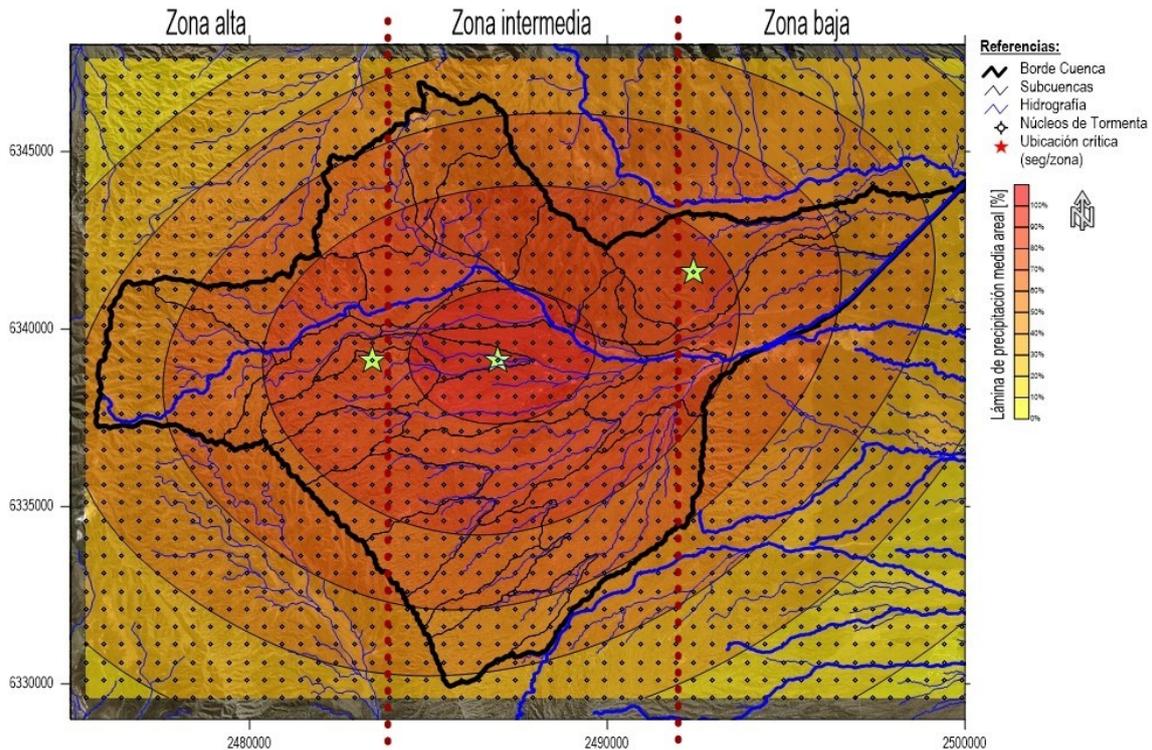


Figura 4-39 . Lámina de precipitación media areal según la ubicación del Núcleo de Tormenta en la cuenca "La Quebrada de las Avispas" (009). Elaboración propia.

4.5. Hietogramas

Con 3 posiciones críticas, 199 subcuencas y 7 recurrencias se generaron 4.179 hietogramas en total. Los hietogramas tienen un Δt de 5 minutos y la precipitación es acumulada ($\text{mm}_{\text{acumul.}}$).

$$n_{\text{Hietogramas}} = \text{posiciones}_{\text{críticas}} * \text{subcuencas} * \text{recurrencias} \quad (37)$$

4.6. Calibración ARHYMO

4.6.1. Metodología para la calibración del modelo hidrológico

4.6.1.1. Cálculo de los traslados rígidos en los tramos

En el modelo ArHymo se tiene que asignar un tiempo de traslado en minutos de una subcuenca a un nodo o de un nodo a otro nodo. Con la longitud del cauce (=longitud del tramo) y la velocidad se puede calcular el tiempo de traslado. Para establecer valores de límite se considera 1 m/s como velocidad encauzada mínima y 5 m/s como velocidad encauzada máxima. Para poder estimar un tiempo de traslado de entrada se asigna una velocidad a un rango de pendiente (pendiente de $< 3\% = 1\text{ m/s}$; $\geq 3\%$ pero $\leq 5\% = 3\text{ m/s}$; $> 5\% = 5\text{ m/s}$). Para mejorar los resultados de la simulación y acercarse más a la realidad se calcula la velocidad con la fórmula de Manning. Para eso se usa la pendiente media del cauce (calculado y extraído del DEM en GIS), el valor de Strickler (asignado según la ubicación del tramo en GIS), y el radio hidráulico (asignado según la forma del tramo en GIS). Con la velocidad resultante y la longitud del cauce se puede estimar un tiempo de entrada para cada tramo.

Se considera que la velocidad dentro de un tramo sea constante. La Tabla 4-32 muestra los pasos y los valores para la cuenca 018.

Tabla 4-32. Calibración de tránsitos en tramos de traslados en cuenca 18

Tramos	s [m]	Velocidad constante en toda la cuenca			Velocidad según la pendiente			Velocidad con la fórmula de Manning				
		tmin [min]	tmax [min]	t [min]	pend [%]	v [m/s]	t [min]	pend [%]	k [(m ^{1/3})/s]	R [m]	v [m/s]	t [min]
		v = 5,00 m/s	v = 1,00 m/s	v = 2,5 m/s								
T001	0	0	0	0			0	0,00	28	0,50	0,00	0
T002	0	0	0	0			0	0,00	28	0,50	0,00	0
T003	9389	31	156	63	4,37	3	52	4,37	28	0,50	3,69	42
T004	0	0	0	0			0	0,00	28	0,50	0,00	0
T005	253	1	4	2	1,58	1	4	1,58	28	0,50	2,22	2
T006	0	0	0	0			0	0,00	28	0,50	0,00	0
T007	8735	29	146	58	4,49	3	49	4,49	28	0,50	3,74	39
T008	2589	9	43	17	2,24	1	43	2,24	28	0,50	2,64	16
T009	0	0	0	0			0	0,00	28	0,50	0,00	0
T010	0	0	0	0			0	0,00	28	0,50	0,00	0
T011	6012	20	100	40	2,78	1	100	2,78	28	0,50	2,94	34
T012 - Colector	195	1	3	1	1,54	1	3	1,54	50	0,50	3,91	1
T013	0	0	0	0			0	0,00	28	0,50	0,00	0
T014	132	0	2	1	1,52	1	2	1,52	28	0,50	2,17	1
T015	0	0	0	0			0	0,00	28	0,50	0,00	0

4.6.1.2. Cálculo del tiempo de concentración con métodos convencionales

Ante la falta de datos para calibrar y validar los resultados, se usan varios métodos para corroborarlos. Uno de estos métodos es el cálculo del tiempo de concentración. Se emplearon las ecuaciones indicadas en Tabla 2-15. Debido al hecho de que muchos de estos métodos están limitados a áreas pequeñas, se eliminaron los valores atípicos y se calculó la media de todos los valores de las subcuencas. Los resultados se muestran en Tabla 4-34.

4.6.1.3. Calibración de las salidas de simulaciones en ArHymo con los tiempos de concentración

El tiempo de concentración de la salida de la simulación debiera coincidir con el tiempo de concentración (Tc) anteriormente calculado. Este Tc está definido como el tiempo entre el punto de inflexión de la curva de recesión del hidrograma y el fin de la precipitación efectiva. La curva se ajustó con un código del software MATLAB. La curva de ajuste es una función racional de orden 2-4 y tiene la siguiente forma:

$$f(x) = \frac{p_1 * x^2 + p_2 * x + p_3}{x^4 + q_1 * x^3 + q_2 * x^2 + q_3 * x + q_4} \quad (38)$$

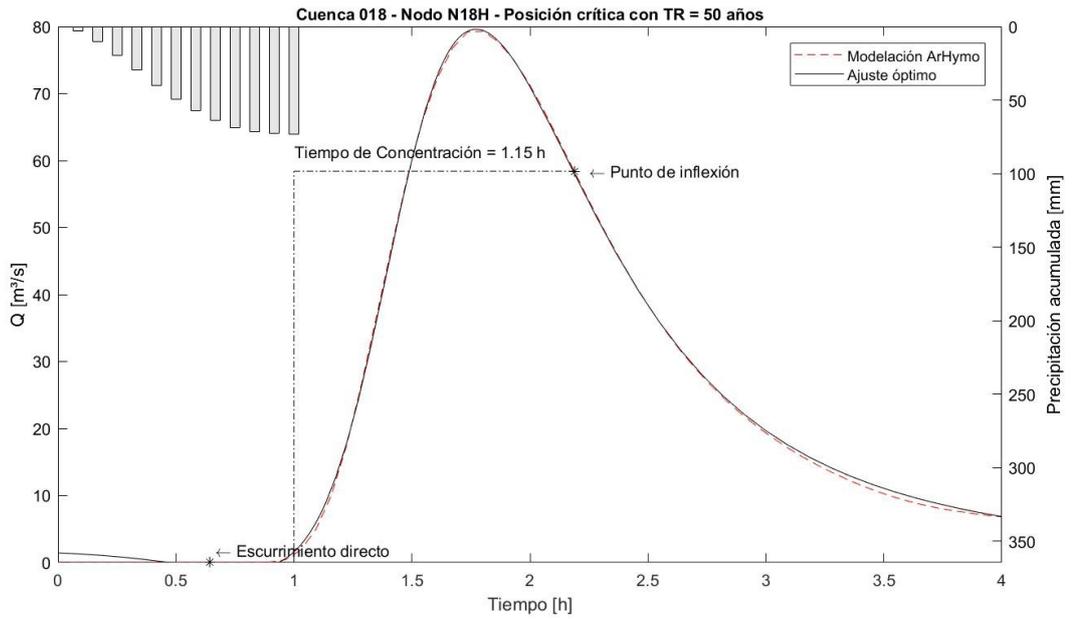


Figura 4-40 . Hidrograma simulado y ajustado con función racional, y estimación de tiempo de concentración (ejemplo sobre cuenca 018). Elaboración propia.

Los resultados indican buen ajuste a la utilización de ecuaciones empíricas, como se muestra en Tabla 4-33 y Figura 4-41.

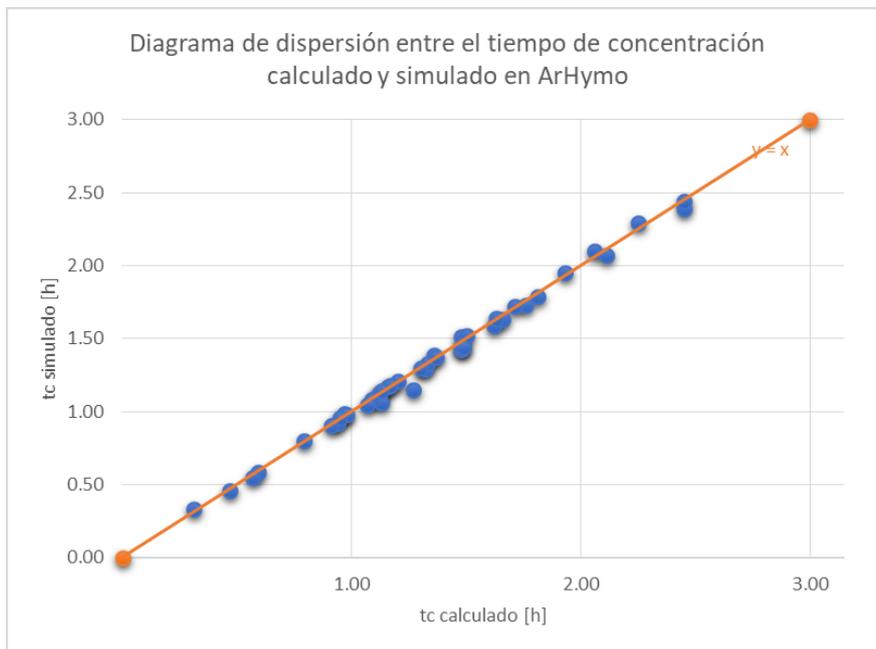


Figura 4-41 . Diagrama de dispersión entre Tc calculado y simulado

Tabla 4-33 Comparación de Tiempos de concentración (calculado y simulado)

Cuenca	Nodo de salida	tc_calc [h]	tc_sim [h]	Dif. [%]	Cuenca	Nodo de salida	tc_calc [h]	tc_sim [h]	Dif. [%]
001	N01D	1,32	1,29	2,1		N11E	1,93	1,95	1,0
	N01H	0,94	0,92	2,1	012	N12E	1,81	1,79	1,1
	N01L	1,12	1,13	0,7		N12F	1,50	1,52	1,3
	N01M	1,12	1,12	0,3	013	N13F	1,66	1,63	1,8
	N01N	0,97	0,99	1,8	014	N14A	1,17	1,18	0,9
002	N02B	1,16	1,17	0,9	015	N15C	2,25	2,29	1,8
	N02C	0,47	0,46	1,5		N15F	1,71	1,72	0,6
	N02D	0,98	0,98	0,1		N15O	1,36	1,39	2,2
003	N03F	2,45	2,39	2,4		N15Q	1,33	1,33	0,0
004	N04A	1,13	1,06	6,2		N15R	1,63	1,64	0,6
005	N05E	1,62	1,59	1,9	016	N16A	1,30	1,30	0,0
006	N06K	1,76	1,73	1,7	017	N17A	0,95	0,96	1,0
007	N07G	1,48	1,43	3,6		N17C	1,09	1,09	0,5
	N07K	1,48	1,51	2,3		N17F	1,07	1,05	2,1
	N07L	0,31	0,34	8,7	018	N18E	0,79	0,80	1,3
	N07M	0,59	0,58	1,1		N18H	1,37	1,37	0,0
	N07N	0,57	0,55	3,2	019	N19D	1,48	1,45	2,0
008	N08E	1,27	1,15	9,4	020	N20F	2,11	2,07	1,9
009	N09R	2,45	2,44	0,3	021	N21F	1,49	1,44	3,4
010	N10M	2,06	2,10	1,9	022	N22C	1,13	1,15	1,3
						N22D	0,91	0,90	0,6

4.6.1.4. Modelo de Hygrid2k2

Otra forma de verificar los tiempos de concentración, fue mediante el software “Woditem – Hygrid2k2” que permite calcular y visualizar los tiempos de concentración, mediante la confección de curvas isocronas. (Ver Lámina 8 EMC06 ISOCRONAS del Anexo)

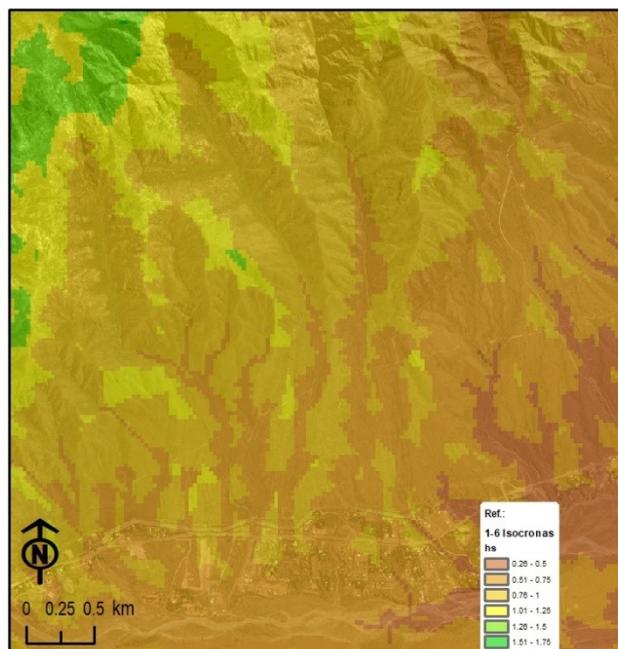


Figura 4-42 . Curvas isocronas (ejemplo para zona Colonia Suiza en cuenca 10). Elaboración propia.

Cuando el hidrograma de la simulación es estable para varias recurrencias y diferentes posiciones de la tormenta, el tiempo de concentración simulada coincide con la media calculada, los tramos estén dentro de los tiempos establecidos y el modelo de Hygrid2k2 coincida con sus tiempos de concentración, se toma el modelo hidrológico como calibrado.

4.7. Tiempos de Concentración

Los tiempos de concentración representan de alguna forma la respuesta hidrológica de la cuenca, e indican una estimación para la duración del evento más desfavorable. Es el tiempo requerido por una partícula de agua para fluir hidráulicamente desde el punto más distante de la cuenca hasta su salida.

Para cada subcuenca se estimaron los mismos, con las ecuaciones indicadas en la metodología. Se presentan los resultados obtenidos.

Si bien las ecuaciones utilizadas para la estimación del tiempo de concentración indican una relación directa con características inherentes a la forma de la cuenca, también incidirá la ubicación del núcleo de tormenta, por lo tanto se toman estas estimaciones para validar los resultados de la modelación hidrológica, sirviendo de base para corroborar los tiempos al pico de cada hidrograma de subcuencas.

Tabla 4-34 Tiempos de concentración para los nodos de salida

Nombre	Tc medio [h]						
N01D	1,32	N05E	1,62	N11D	1,20	N15R	1,63
N01H	0,94	N06K	1,76	N11E	1,93	N16A	1,30
N01L	1,12	N07G	1,48	N12E	1,81	N17C	1,45
N01M	1,12	N07K	1,48	N12F	1,50	N18E	0,79
N01N	0,97	N07L	0,31	N13F	1,66	N18H	1,37
N02B	1,16	N07M	0,59	N14A	1,17	N19D	1,48
N02C	0,47	N07N	0,57	N15C	2,25	N20F	2,11
N02D	0,98	N08E	1,27	N15F	1,71	N21F	1,49
N03F	2,45	N09R	2,45	N15O	1,36	N22C	1,13
N04A	1,13	N10M	2,06	N15Q	1,33	N22D	0,91

4.8. Hidrogramas y gráficas de análisis

Se modelaron 201 subcuencas, para 7 recurrencias (de 2 a 200 años). Los caudales obtenidos, tiempos al pico y volúmenes se tabulan en Anexo. En las siguientes figuras se presentan algunos de los hidrogramas obtenidos.

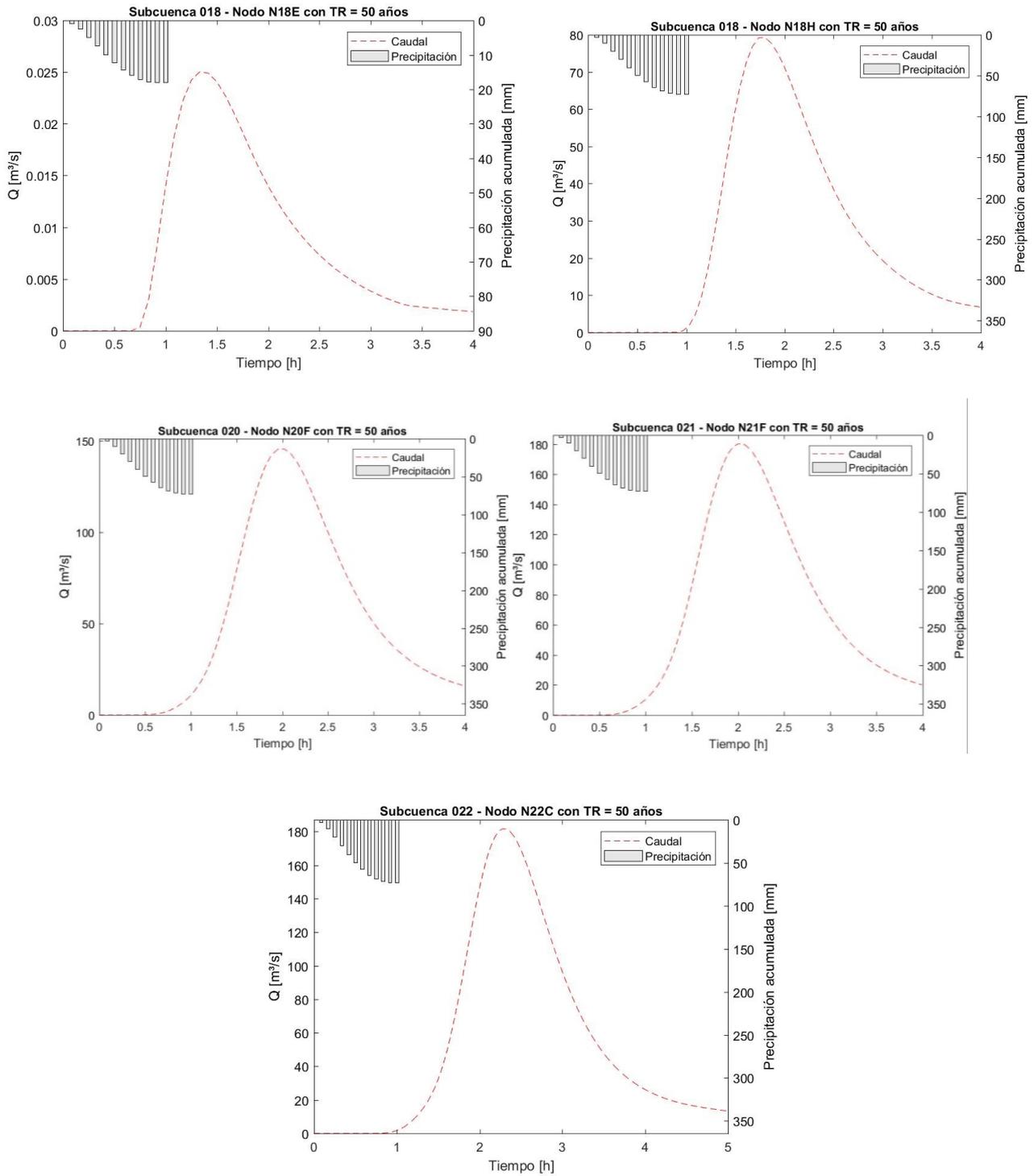


Figura 4-43 . Hidrogramas (cuencas 20, 21, 22 y 18 – TR = 50 años)

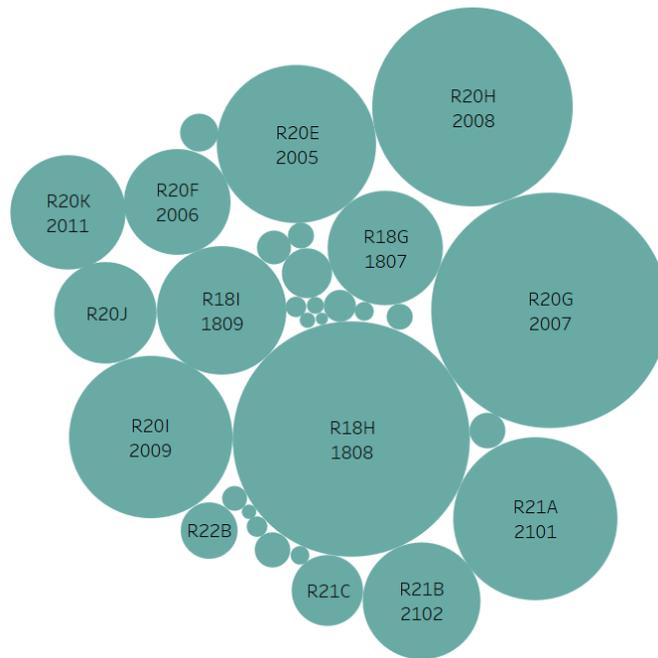


Figura 4-44 . Gráfico de burbujas relativizando la importancia de los caudales obtenidos

Resultados del ArHymo para TR 200

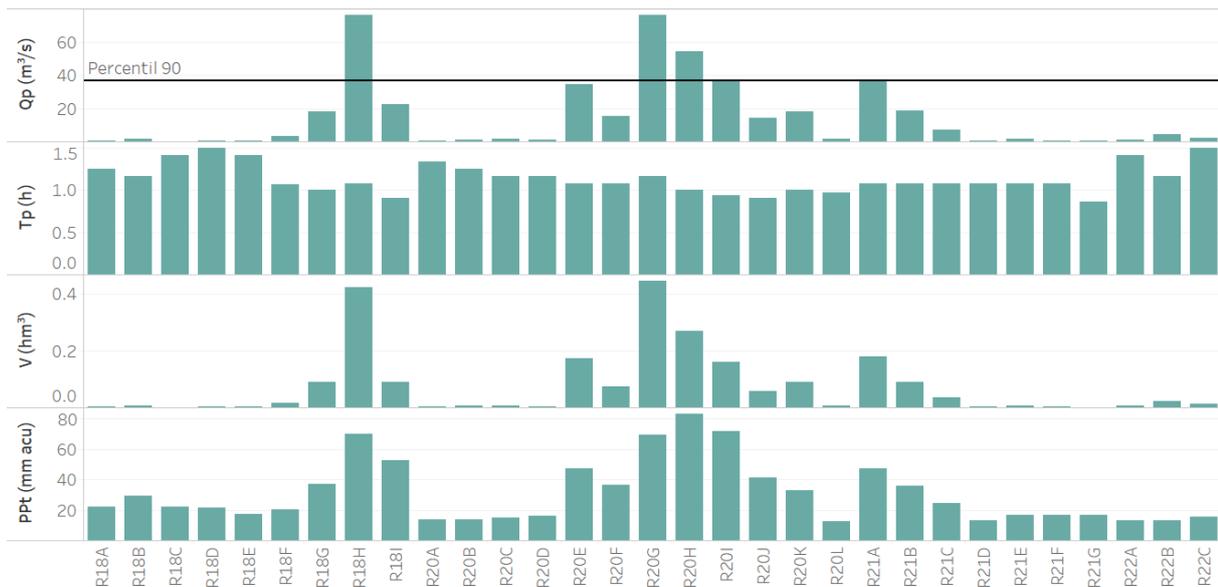


Figura 4-45 . Resultados TR = 200 años Comparativa entre Caudal, Lluvia y Tiempos de respuesta

Un análisis muy útil es correlacionar las precipitaciones de entrada con los caudales simulados. En la Figura 4-46 se indica una relación funcional entre caudal pico y precipitación acumulada estimada por correlación estadística. Se indica la relación encontrada con la ecuación (39) y los resultados en Tabla 4-35.

Sería un insumo para avanzar en el pronóstico de caudales del Sistema de alerta Temprana (SAT) y luego ajustar con observaciones de caudales.

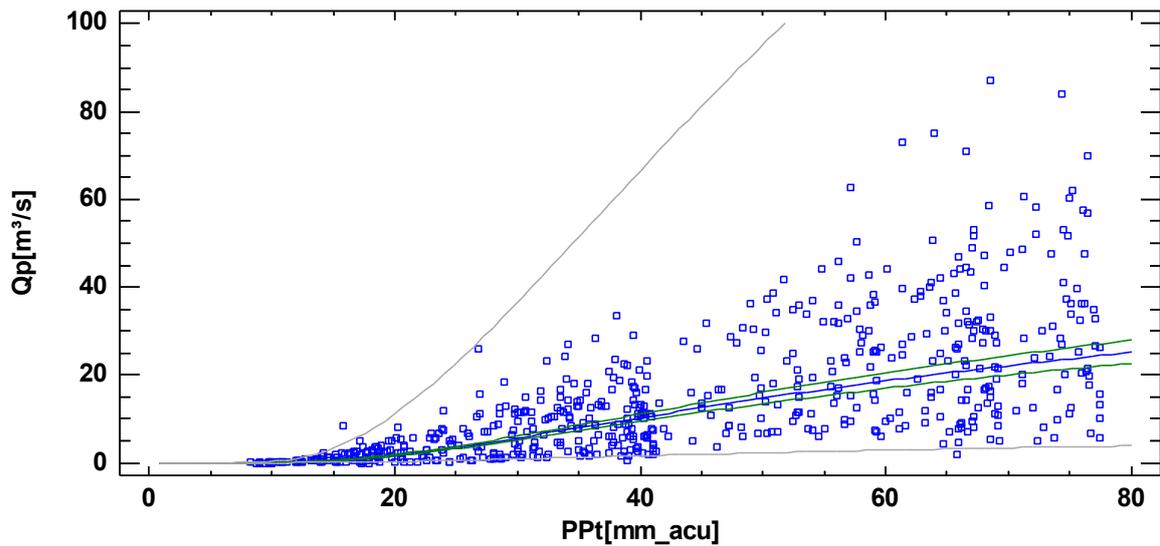


Figura 4-46 . Relación funcional entre caudales para diferentes láminas de lluvia

$$Q_p = e^{(4.1194 - 71.671 / PP_{tot.acum})} \quad (39)$$

Tabla 4-35 Comparación de diferentes modelos alternos para correlación Lluvia-Caudal

Modelo	Correlación	R ²
Curva S	-0.8410	70.72%
Multiplicativa	0.8116	65.87%
Logarítmico-Y Raíz Cuadrada-X	0.7755	60.13%
Raíz Cuadrada Doble	0.7748	60.02%
Raíz Cuadrada-Y Log-X	0.7694	59.19%
Raíz Cuadrada de Y	0.7664	58.73%
Exponencial	0.7332	53.76%
Raíz Cuadrada-X Cuadrado-X	0.7281	53.02%
Raíz Cuadrada-Y Inversa de X	-0.7055	49.78%
Lineal	0.6811	46.38%
Cuadrado de X	0.6731	45.30%
Raíz Cuadrada de X	0.6713	45.06%
Log-Y Cuadrado-X	0.6508	42.36%
Logaritmo de X	0.6474	41.91%
Inversa de X	-0.5550	30.80%
Cuadrado Doble	0.5183	26.87%
Cuadrado de Y	0.5016	25.16%
Cuadrado-Y Raíz Cuadrada-X	0.4809	23.13%
Cuadrado-Y Log-X	0.4496	20.21%
Doble Inverso	0.3885	15.09%
Cuadrado-Y Inversa de X	-0.3596	12.93%
Inversa-Y Log-X	-0.2864	8.20%
Inversa-Y Raíz Cuadrada-X	-0.2415	5.83%
Inversa-Y Cuadrado-X	-0.1534	2.35%
Inversa de Y	<sin ajuste>	
Logístico	<sin ajuste>	
Log probit	<sin ajuste>	

Tabla 4-36 Resultados de la mejor correlación Lluvia-Caudal
Coeficientes

	Mínimos Cuadrados	Estándar	Estadístico	
Parámetro	Estimado	Error	T	Valor-P
Intercepto	4.11937	0.071226	57.8352	0.0000
Pendiente	-71.6707	1.91146	-37.4952	0.0000

Análisis de Varianza

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	1272.07	1	1272.07	1405.89	0.0000
Residuo	526.603	582	0.904817		
Total (Corr.)	1798.68	583			

Regresión Simple - Qp[m³/s] vs. PPt[mm_acu]

Variable dependiente: Qp[m³/s]

Variable independiente: PPt[mm_acu]

Coefficiente de Correlación = -0.840968

R-cuadrada = 70.7227 por ciento

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 70.6724 por ciento

Error estándar del est. = 0.951219

Error absoluto medio = 0.734912

Estadístico Durbin-Watson = 0.748008 (P=0.0000)

Autocorrelación de residuos en retraso 1 = 0.622783

Puesto que el valor-P en la tabla ANOVA es menor que 0.05, existe una relación estadísticamente significativa entre Qp[m³/s] y PPt[mm_acu] con un nivel de confianza del 95.0%.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo ajustado explica 70.7227% de la variabilidad en Qp[m³/s]. El coeficiente de correlación es igual a -0.840968, indicando una relación moderadamente fuerte entre las variables.

El error estándar del estimado indica que la desviación estándar de los residuos es 0.951219. Este valor puede usarse para construir límites de predicción para nuevas observaciones.

Para futuros estudios se prevé identificar posibles zonas homogéneas y mejorar los ajustes.

Otro análisis estadístico posible es identificar comportamientos similares de cuencas. En la Figura 4-47 y Figura 4-48 se presentan gráficos donde se destacan algunos nodos de las cuencas 18, 20 y 21 (zona de Casa de Piedra y San isidro) con comportamientos similares.

Resultados del ArHymo para TR 200

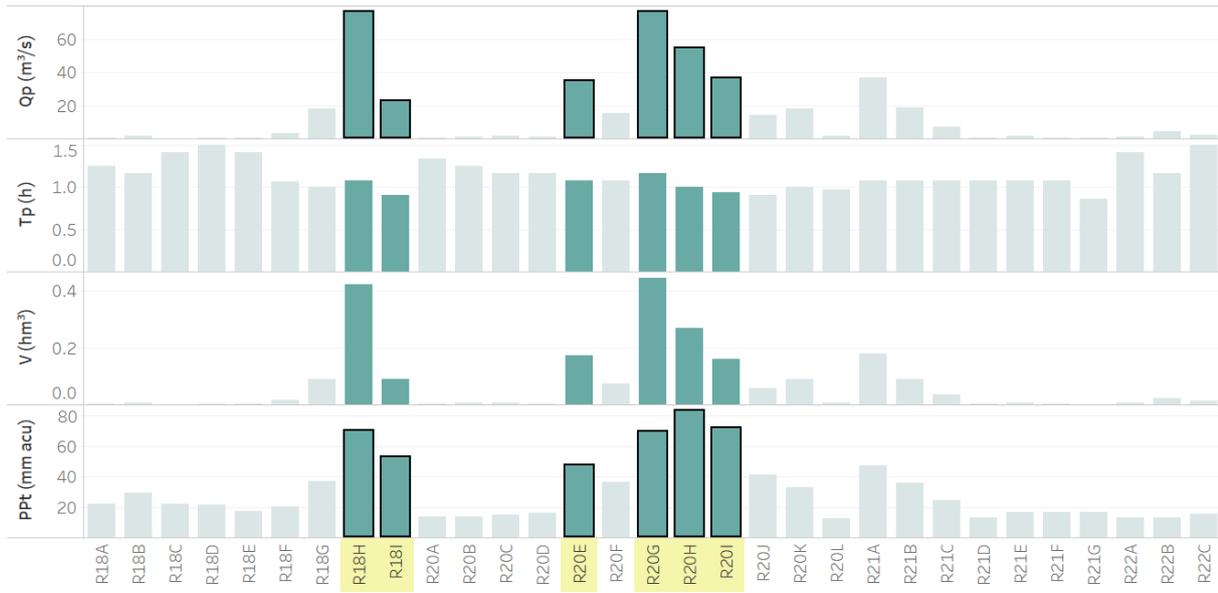


Figura 4-47 . Análisis (parcial) de subcuencas con comportamientos diferenciados

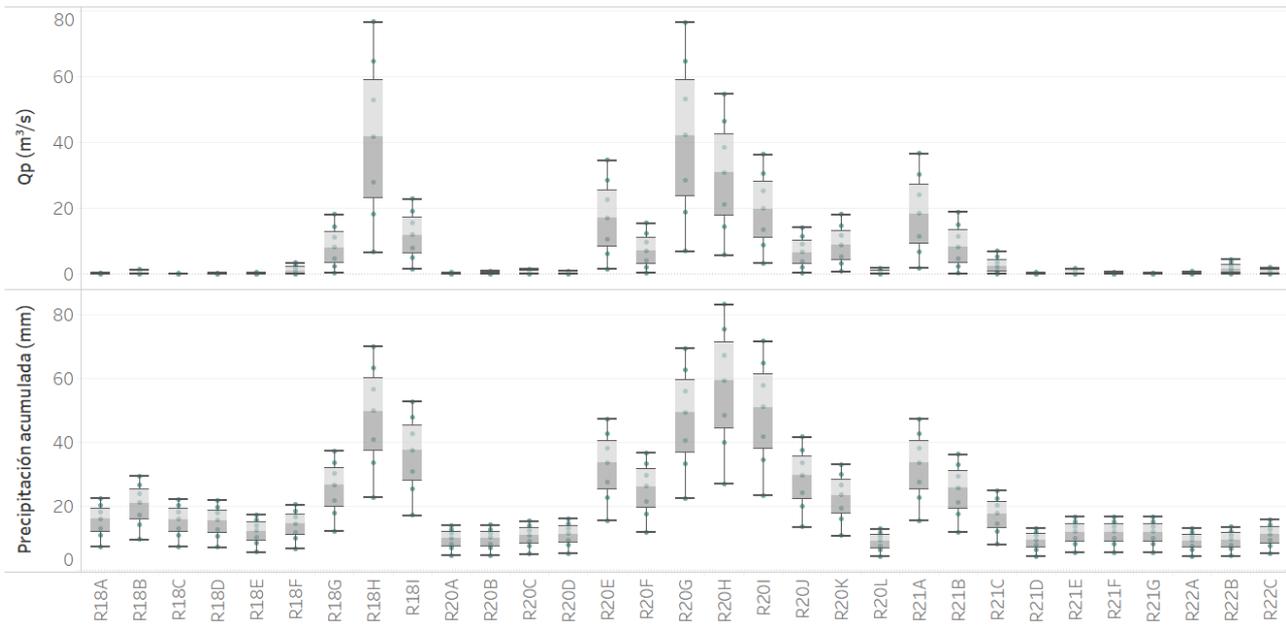


Figura 4-48 . Gráfico de caja y bigotes comparando precipitación y caudales

CAPÍTULO 5 : RESULTADOS HIDRÁULICOS

5.1. Modelación Hidráulica de Cuencas

Se generaron modelos individuales para cada cuenca. La grilla conformada con el MDE se indica en Figura 5-49 (la cuenca 8 a modo de ejemplo) donde se aprecia también el mapa de Manning utilizado.

Los resultados que se utilizarán en el análisis multicriterio serán las planicies o zonas de inundación, para una tormenta con 50 años de recurrencia (mediante un hietograma efectivo de entre 25 y 30 mm).

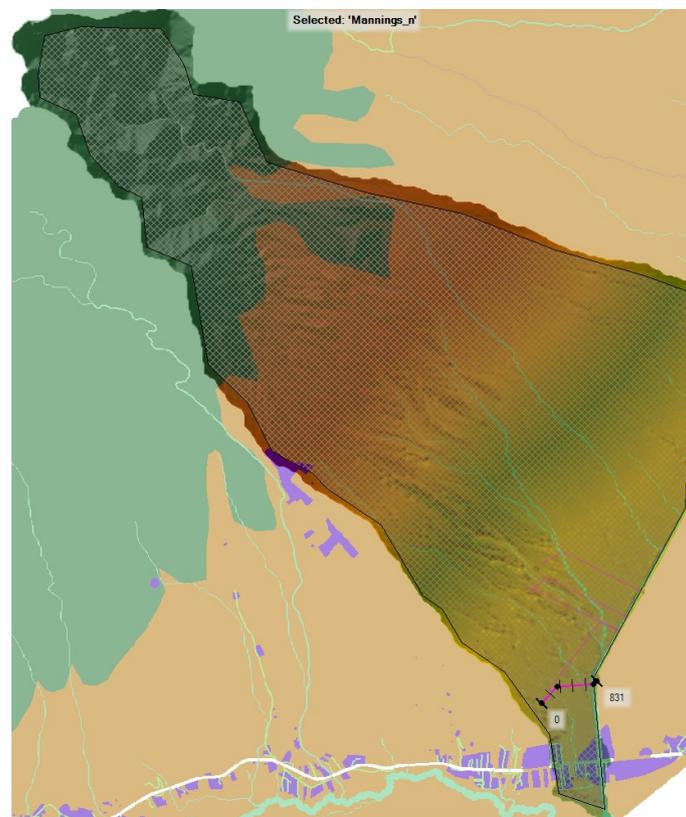


Figura 5-49 . Grilla del modelo geométrico y Coef. de Manning (ejemplo para Cuenca 8). Elaboración propia.

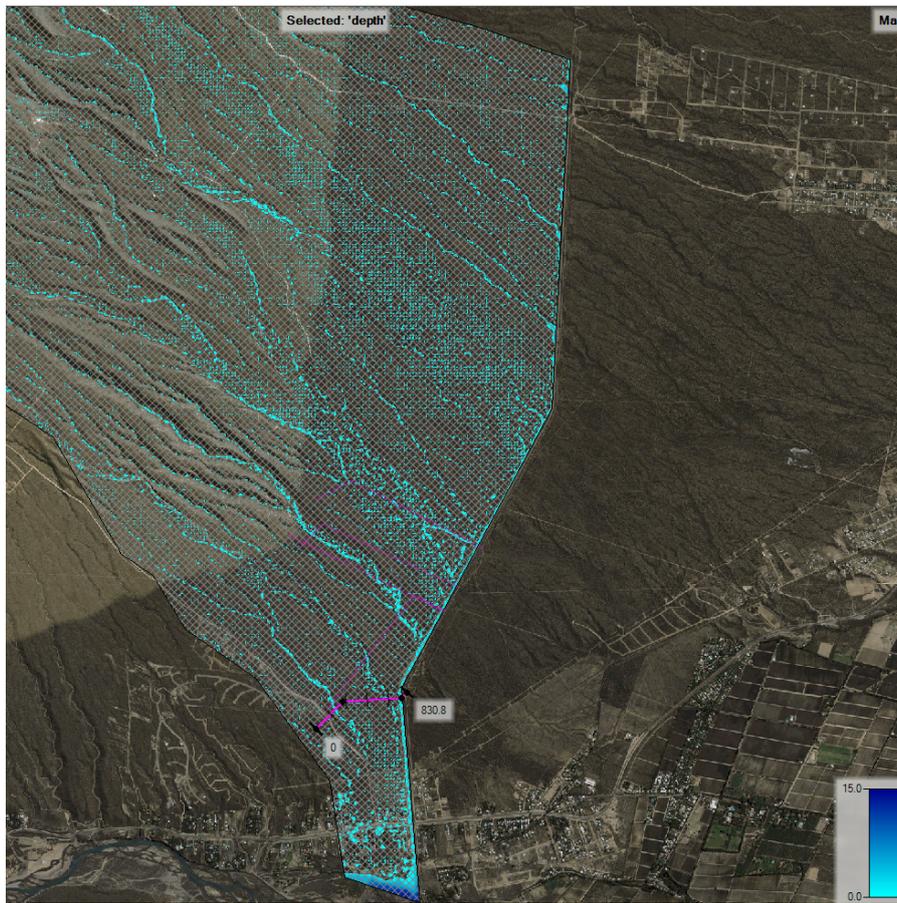


Figura 5-50 . Resultados de alturas de agua (ejemplo para Cuenca 08). Elaboración propia.

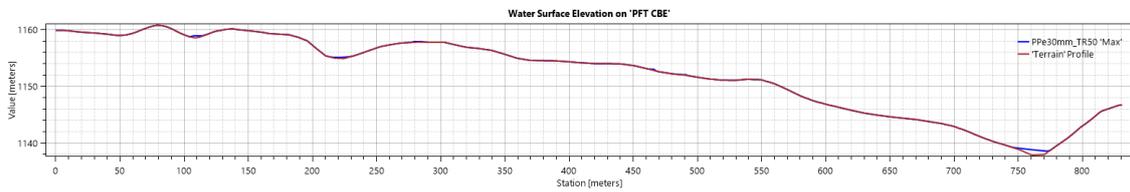


Figura 5-51 . Perfil de alturas de agua (ejemplo para Cuenca 08)



Figura 5-52 . Resultados de zonas inundables (ejemplo para zona Diques Papagayos y Frías). Elaboración propia.

Los resultados se sintetizan en lámina EMC09: Mapa de ZONAS DE INUNDACIÓN, para toda la zona bajo estudio.

5.2. Estimación de volúmenes de embalses en diques aluvionales

Se presentan los resultados del análisis de capacidad de embalse actual de los diques aluvionales, en función de la metodología descrita en Capítulo 2.5.5.

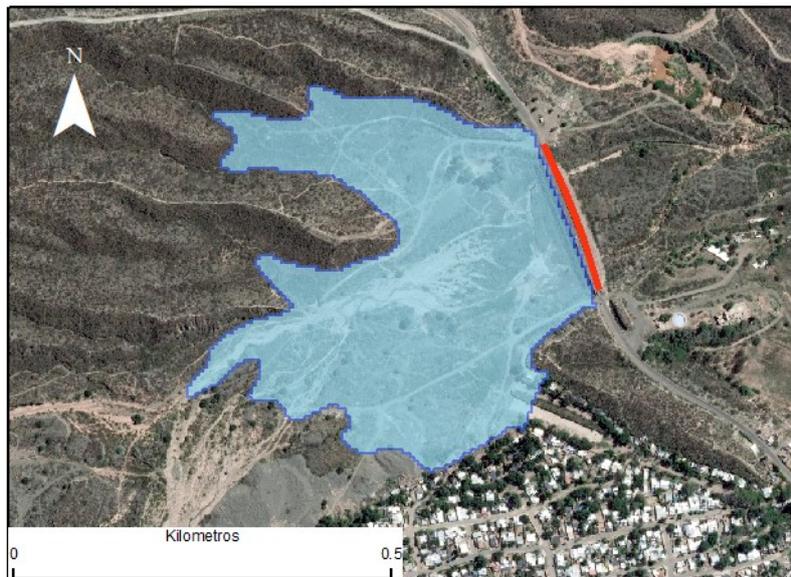


Figura 5-53 .Vaso del Dique Papagayos a cota de vertedero. Elaboración propia.

Tabla 5-37. Curvas Cota-Volumen Dique Papagayos

Cota [m]	Volumen [Hm3] TanDEM-X (2017)	Volumen [Hm3] ORIGINAL (1942)	Cota [m]	Volumen [Hm3] TanDEM-X (2017)	Volumen [Hm3] ORIGINAL (1942)
961,60	0,000	0,000	972,00	0,224	0,307
962,00	0,000	0,002	972,70	0,269	0,364
962,80	0,000	0,004	973,00	0,290	0,388
963,00	0,000	0,005	973,30	0,312	0,415
964,00	0,000	0,012	974,00	0,366	0,480
965,00	0,005	0,027	975,00	0,452	0,582
966,00	0,016	0,045	975,10	0,461	0,601
967,00	0,035	0,066	975,80	0,527	0,672
968,00	0,060	0,095	976,00	0,546	0,695
969,00	0,090	0,133	976,40	0,586	0,746
970,00	0,126	0,177	976,50	0,746	
971,00	0,170	0,234	977,00	0,781	
			978,00	0,807	

Dique Papagayos

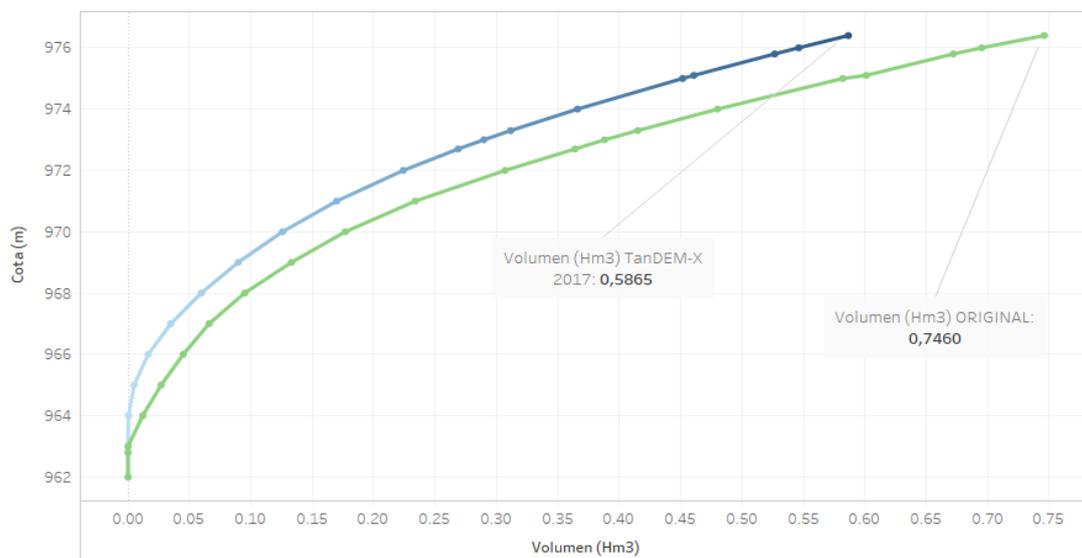


Figura 5-54. Curvas Cota-Volumen del Dique Papagayos (1975/2017)

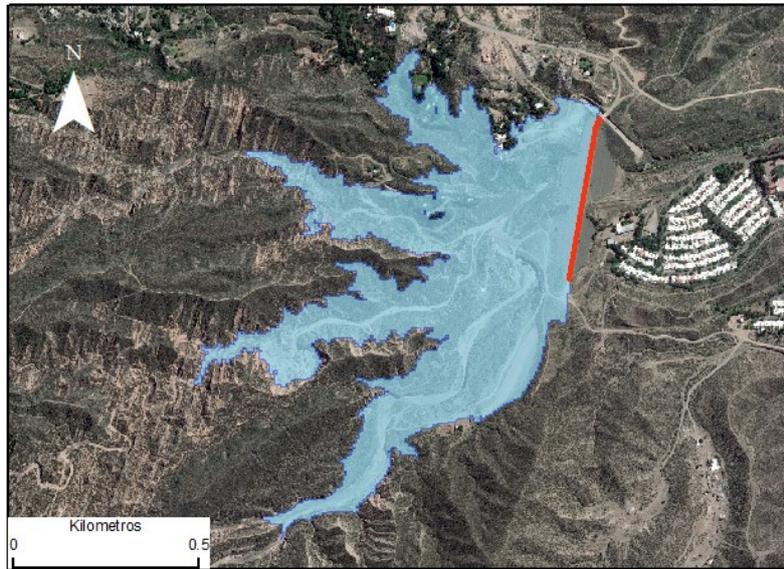


Figura 5-55 .Vaso del Dique Frías a cota de vertedero. Elaboración propia.

Tabla 5-38. Curvas Cota-Volumen Dique Frías

Cota [m]	Volumen [Hm3] IGN MDE-Ar (2014)	Volumen [Hm3] ORIGINAL (1971)	Cota [m]	Volumen [Hm3] IGN MDE-Ar (2014)	Volumen [Hm3] ORIGINAL (1971)
901.50	0.000	0.000	914.00	0.430	
902.00	0.000		914.50	0.475	
902.50	0.000	0.070	915.00	0.523	0.800
903.00	0.001		915.50	0.573	
903.50	0.002		916.00	0.628	
904.00	0.004		916.50	0.685	
904.50	0.007		917.00	0.746	
905.00	0.011	0.125	917.50	0.810	1.125
905.50	0.017		918.00	0.878	
906.00	0.024		918.50	0.949	
906.50	0.034		919.00	1.024	
907.00	0.046		919.50	1.103	
907.50	0.060	0.200	920.00	1.185	1.500
908.00	0.075		920.50	1.272	
908.50	0.093		921.00	1.363	
909.00	0.112		921.50	1.457	
909.50	0.133		922.00	1.556	
910.00	0.157	0.350	922.50	1.659	2.050
910.50	0.182		923.00	1.768	
911.00	0.211		923.50	1.883	2.150
911.50	0.241		924.00	2.004	
912.00	0.274		924.50	2.130	
912.50	0.309	0.550	925.00	2.260	2.650
913.00	0.347		925.50	2.396	
913.50	0.387		926.00	2.537	
			926.50	2.683	
			927.00	2.836	3.430
			927.50	2.994	
			928.00	3.158	3.625

Dique Frias

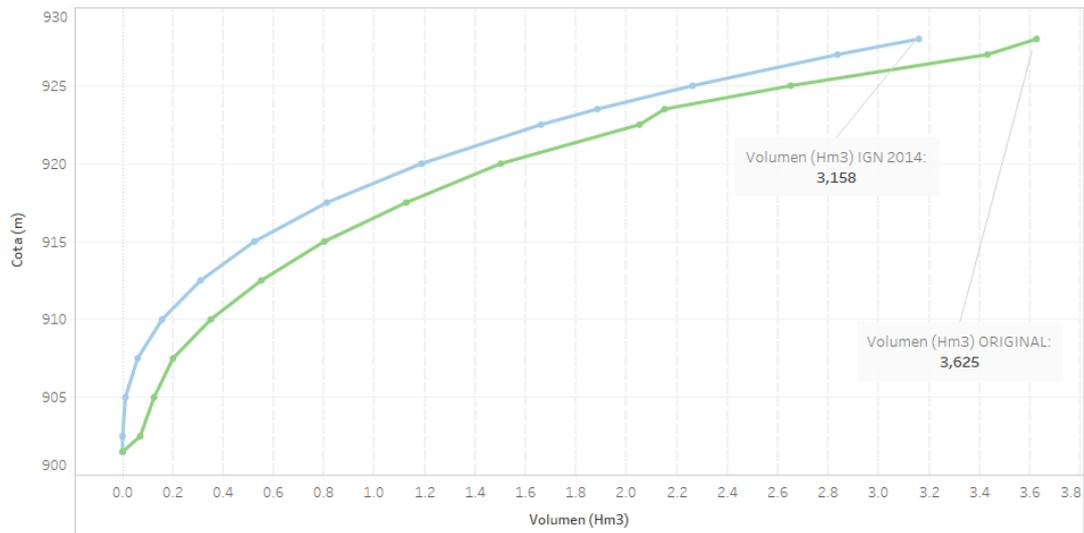


Figura 5-56. Curvas Cota-Volumen del Dique Fías (1975/2014)

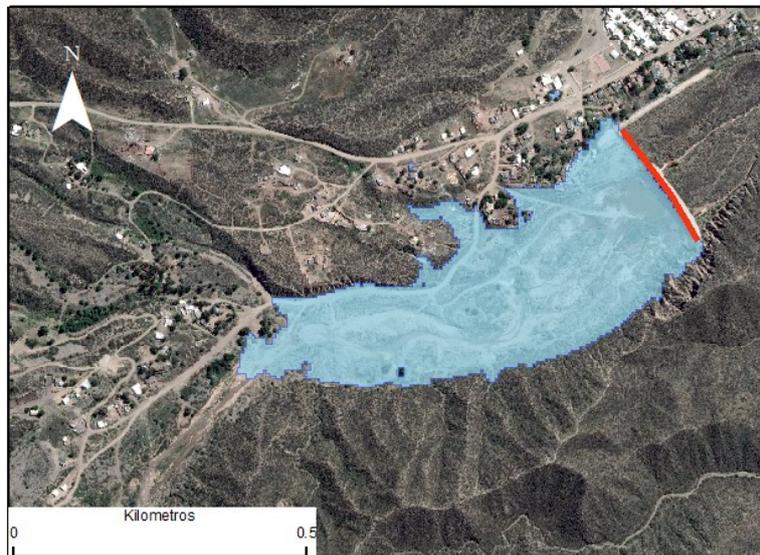


Figura 5-57. Vaso del Dique Maure a cota de vertedero. Elaboración propia.

Tabla 5-39. Curvas Cota-Volumen Dique Maure

Cota [m]	Volumen [Hm3] IGN MDE-Ar (2014)	Volumen [Hm3] ORIGINAL (1940)	Cota [m]	Volumen [Hm3] IGN MDE-Ar (2014)	Volumen [Hm3] ORIGINAL (1940)
922,00	0,000	0,000	928,50	0,027	
922,50	0,000		929,00	0,036	0,210
923,00	0,000	0,005	929,50	0,047	
923,50	0,000		930,00	0,060	0,283
924,00	0,000	0,017	930,50	0,074	
924,50	0,000		931,00	0,090	0,370
925,00	0,000	0,040	931,50	0,109	
925,50	0,000		931,80	0,121	0,450
926,00	0,001	0,072	932,00	0,129	0,470
926,50	0,002		932,50	0,152	
927,00	0,006	0,108	933,00	0,177	0,585
927,50	0,012		933,50	0,204	
928,00	0,019	0,155	934,00	0,233	
			934,50	0,264	
			935,00	0,297	0,713

Dique Maure

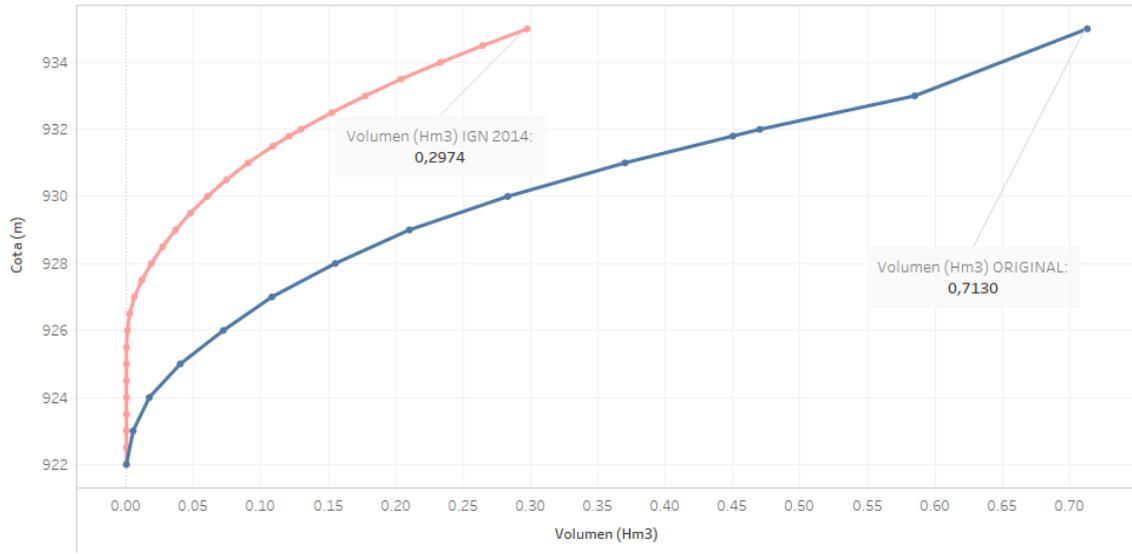


Figura 5-58. Curvas Cota-Volumen del Dique Maure (1975/2014)

Tabla 5-40. Análisis de capacidades actuales de retención de sedimentos

Dique	Año Construcción	Área Cuenca [Km ²] (seg/DH)	Cap. Retención [Hm ³]	Cap. Evacuación Aliviadero [m ³ /s]	Cap. Evacuación Descargador Fondo [m ³ /s]	Altura presa [m]	Cota vertedero [msnm]	Capacidad Original (a VERTEDERO) [Hm ³]	Capacidad al 2014 [Hm ³]	% Reducción Volumen	Tasa promedio sedimentación anual [m ³ /año]
Los Papagayos	1942	57.0	0.80	300.00	25.00	19.5	975.17	0.600	0.461 *	23%	1935
Frías	1971	26.0	2.30	380.00	26.00	30.0	923.50	2.330	1.882	19%	10423
Maure	1940	60.0	0.53	200.00	38.00	20.0	931.80	0.450	0.129	71%	4162

* Capacidad estimada al 2017 con TanDEM-X

Dique	Cota Coronamiento [msnm]**	Capacidad Original (a CORONAMIENTO) [Hm ³]	Capacidad A CORONAMIENTO al 2014 [Hm ³]	Vol. Sedim. [Hm ³]	% Reducción Volumen	Tasa promedio sedimentación anual [m ³ /año]
Los Papagayos	976.40	0.746	0.586 *	0.16	21%	2222
Frías	928.00	3.625	3.158	0.47	13%	10857
Maure	935.00	0.713	0.297	0.42	58%	5397

** seg/ UTN, 1999

** seg/ INA, 2008

A partir de estos datos, se desprende que el si bien todos los diques poseen una reducción de capacidad, es el Dique Maure el que presenta un mayor porcentaje de disminución de la misma.

5.3. Resultados modelo Flow-R

Este modelo permitió establecer, con un adecuado ajuste de sus parámetros, la máxima dispersión de potenciales flujos (bifásicos) provenientes de fuentes productoras de sedimentos, originadas por procesos de remoción en masa.

Los mapas resultantes se interpretan como probabilidades de flujo, destacando la potencialidad del modelo en utilizar algoritmos de direccionamiento de flujo como el D_{inf} (D_{∞}) (Tarboton, 1997) o el de dirección de flujo múltiple (Quinn, 1991) muy adecuados a las condiciones locales, con redes de avenamiento (cauces) paralelos, entrelazados y divergentes.

En la Figura 5-59 se presenta un ejemplo (Cuenca 10) donde se observan las probabilidades mencionadas. En lámina EMC08: Mapa de Prob. de Flujo Aluv. Se presenta el resultado para toda el área de estudio.

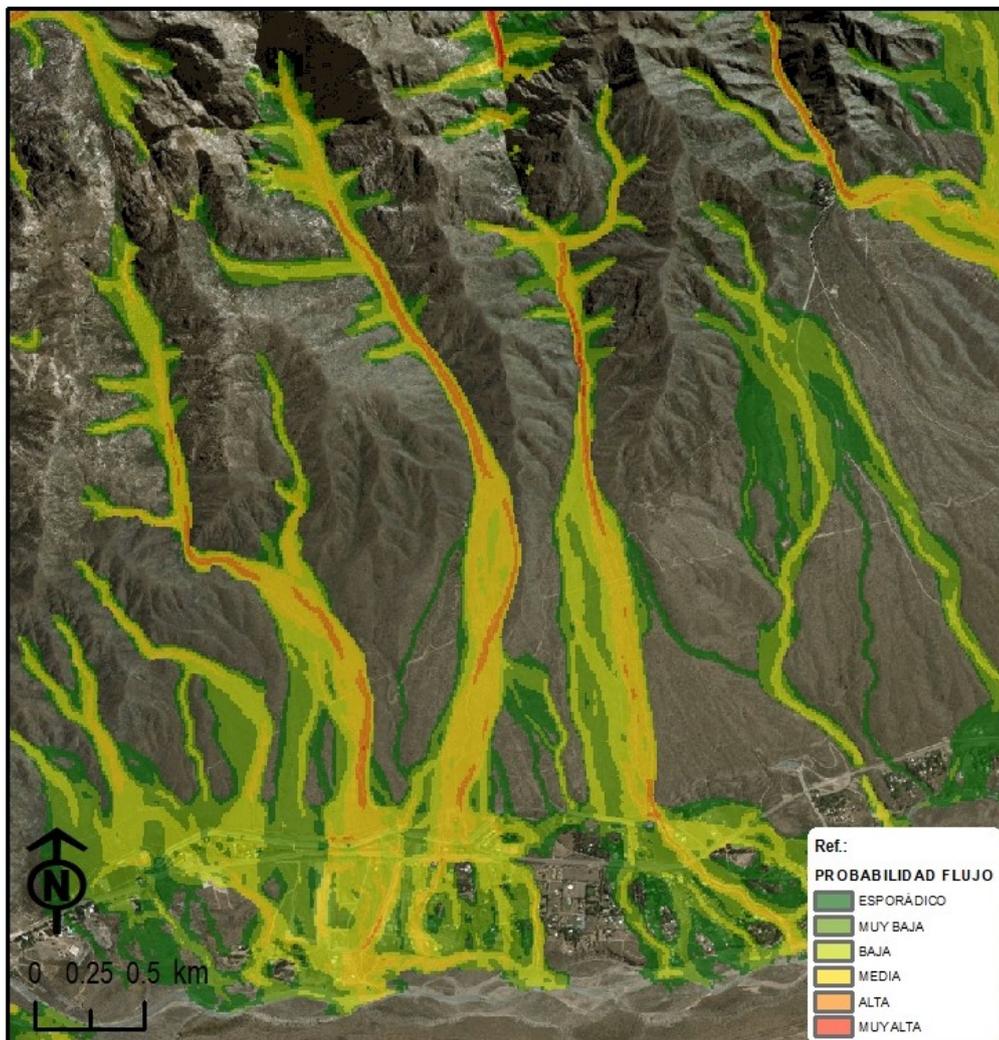


Figura 5-59. Salidas del modelo Flow-R (ejemplo para zona Cuenca 10). Elaboración propia.

5.4. Resultados modelo SINMAP

Se determinaron zonas con **índices de estabilidad** menores a 1,5 (inestables), que podrían ser zonas de producción de sedimentos o detritos. En Figura 5-60 se presenta un ejemplo y en Lámina EMC11, el mapa de Estabilidad de Laderas para toda la zona de estudio.

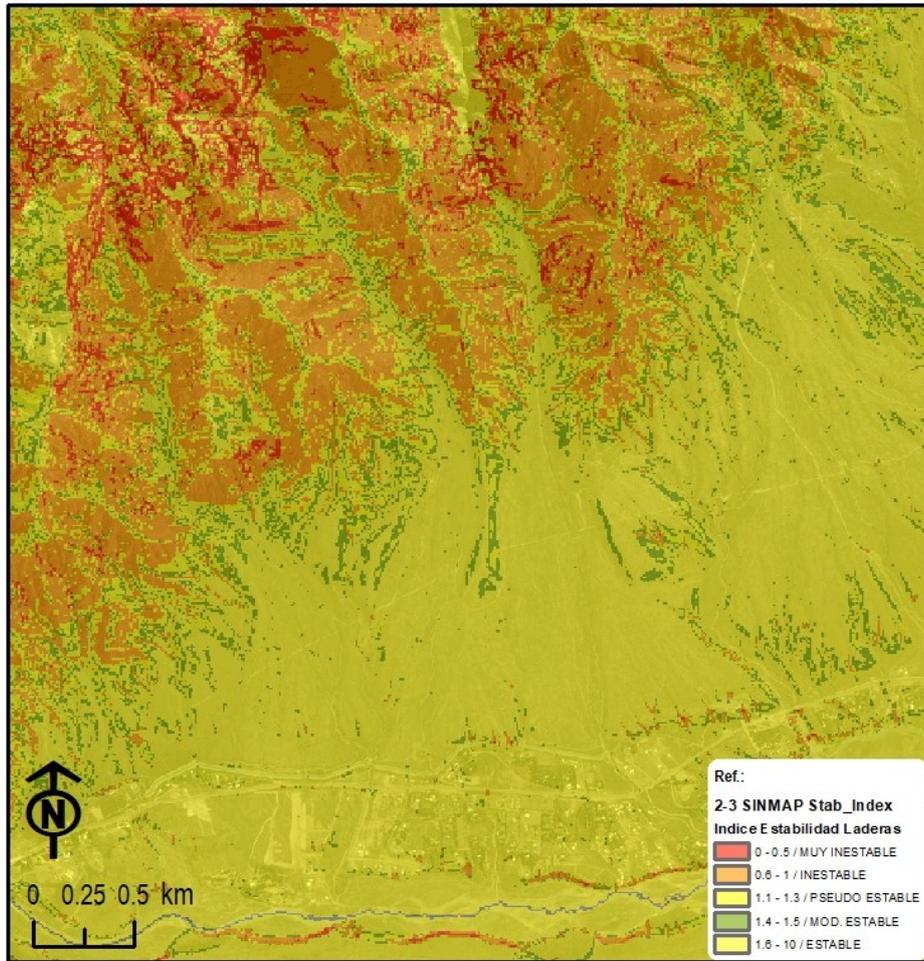


Figura 5-60. Salidas del modelo SINMAP (ejemplo para zona Cuenca 10). Elaboración propia.

Finalmente, por análisis con índices toponhidrológicos, se estiman zonas de potencial cárcavamiento o erosión retrocedente, como se aprecia en Figura 5-61



Figura 5-61. Zona de potenciales cárcavas (ejemplo para zona Cuenca 10). Elaboración propia.

5.5. Análisis de Capacidad Hidráulica de Colectores Aluvionales

La falta de información de aforos de crecida así como de características hidráulicas de los colectores aluvionales es un gran problema a la hora de validar los resultados obtenidos de los diferentes modelos.

Con el fin avanzar en una validación futura tanto de los caudales obtenidos como de capacidades en los colectores, se procedió a la recopilación de diferentes bibliografías para la obtención de datos. Cabe aclarar que el alcance del presente estudio no comprende el relevamiento preciso de los colectores, por esta razón se tomó como referencia los valores de la bibliografía consultada (Guisasola, 2010).

En Tabla 5-41 se pueden observar los diferentes colectores importantes que posee Mendoza junto con sus capacidades, aquellos que no poseen valor es debido a que no se encontró registro alguno.

Tabla 5-41. Características de colectores

NOMBRE	TIPO	AREA CUENCA [km ²]	LONG. [km]	CAPAC. [m ³ /s]	OBSERVACIÓN
CANAL SOSA	Descargador	-	3,58	200,00	Forma parte de un sistema mixto en conjunto con el sistema de riego. Pendiente media del 2%
COLECTOR BALCARCE	Descargador	-	1,30	-	Recoge los desagües pluviales del área que antiguamente ocupaba el Zanjón Maure, que desagua directamente al
COLECTOR BARRIO LOS CERRILLOS	Descargador	-	0,91	-	Suelo Natural
CANAL RIO SECO	Descargador	-	1,61	-	Suelo natural
RIO SECO TEJO - VIAMONTE - LINIERS	Descargador	-	5,43	80,00	Forma parte de un sistema mixto en conjunto con el sistema de riego
ZANJON CACIQUE GUAYMALLEN	Gran colector aluvional	-	27	250,00	Es el principal canal de riego y de desagüe aluvional que atraviesa, de Sur a Norte. Tiene múltiples funciones. Entre 15 y 20 metros de ancho y entre 2 y 3,5 metros de alto.
COLECTOR BARRIO SOL Y SIERRA	Descargador	-	0,88	-	Suelo natural
PARQUE INDUSTRIAL	SD	-	5	-	Suelo Natural
COLECTOR BLANCO ENCALADA	Escudo	-	7	-	Desagua sus crecidas hacia el cauce del Rio Mendoza, con dirección predominante norte-sur. Construido con muros de hormigón y lecho natural
CANAL PESCARA	Descargador	-	22	-	Cauce que conduce grandes caudales provenientes de Luján, Maipú y Guaymallén
ZANJON FRIAS	Matriz	-	6	100,00	Muros de 5 metros de altura. Ancho de 25 metros que disminuye paulatinamente hacia la zona urbana. Pendiente de 2,5 a 1
COLECTOR INFANTA	Colector escudo intermedio	-	1,74	-	
PAPAGAYOS - ZANJON DE LOS CIRUELOS	Matriz	-	8,44	-	Revestido con sección de hormigón aguas abajo de la Avenida Champagnat, unos 5000 metros aguas abajo del Dique Papagayos, tanto en el fondo como en los muros laterales. El ancho de las sucesivas etapas es muy variable, desde los 30 mts. hasta los 10 mts.
COLECTOR LOS CERRILLOS	Escudo, colector de crecidas pluviales intermedio	-	3,36	45,00	Tributario del Maure, protegiendo amplia zona urbana de Godoy Cruz. Recientemente impermeabilizado

ZANJON MAURE	Matriz	60	5,74	200,00	Pendiente 2,5 a 1,5%. Ancho variable de 2,5 a 3 metros
COLECTOR CIVIT	Descargador	-	1	-	Forma parte de un sistema mixto en conjunto con el sistema de riego
COLECTOR DEL OESTE	Descargador	-	4,21	-	Forma parte de un sistema mixto en conjunto con el sistema de riego
COLECTOR BOULOGNE SUR MER	Colector escudo intermedio	-	7,37	24,00	El canal nace como tal en la Rotonda de calle Regalado Olgúin, se desarrolla hacia el norte hasta su desembocadura en el Colector Las Heras, con una longitud de 6000 metros.
COLECTOR DE BASE CONDOR	Descargador	-	1,70	-	Recorre la calle Dr. Notti y descarga sobre colector Papagayos
COLECTOR LAS HERAS	Escudo	27080	20	-	Creado en 1968
COLECTOR HIJUELA CHACRAS DE CORIA	Descargador y vertedero	-	2	-	Forma parte de un sistema mixto en conjunto con el sistema de riego
COLECTOR GORRITI	Descargador	-	1,78	26,00	Pendiente media del 1,5%, las velocidades asociadas son muy altas. Forma parte de un sistema mixto en conjunto con el sistema de riego
COLECTOR GORRITI	Descargador	-	0,16	-	-
CANAL JARILLAL	Descargador	-	0,1	-	-
ZANJON MAURE	Matriz	-	0,25	-	-
COLECTOR CALLE SEGURA	Descargador	-	0,65	-	-
COLECTOR MOSCONI	Descargador	-	1,13	-	-
CANAL JARILLAL	Descargador	-	5,6	-	De hormigón armado, con un ancho de 2,50 m y 1,30 m de alto
CANAL JARILLAL	Descargador	-	4,21	-	El Canal Jarillal se encuentra totalmente revestido con una sección
COLECTOR LAS HERAS	Colector escudo	-	0,41	-	-

En Figura 5-62 se representan la información recabada.

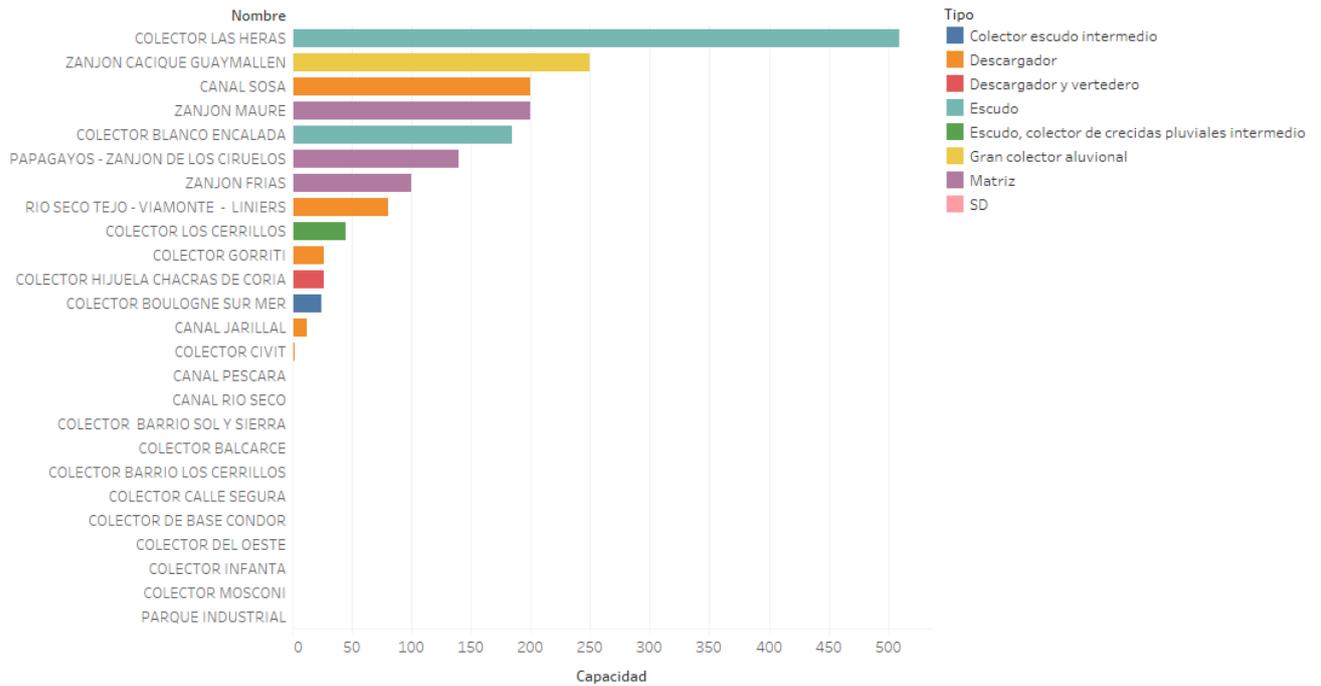


Figura 5-62. Capacidad hidráulica de colectores

La configuración de los colectores en general se puede observar en la figura 4; para tener mayor detalle de la ubicación de las obras se procedió a separar del área de estudio en cuatro zonas, cada una de ellas se puede observar en la Figura 5-63 a Figura 5-67.



Figura 5-63. Ubicación de colectores aluvionales. Elaboración propia

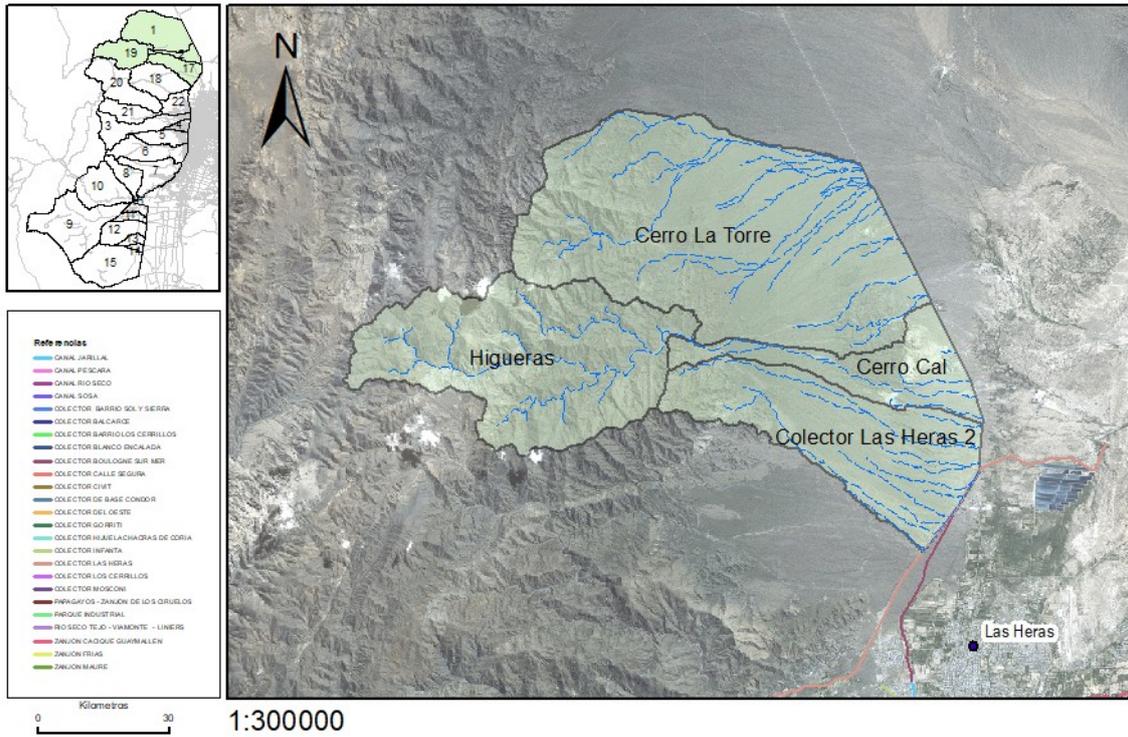


Figura 5-64. Ubicación de colectores aluviales (Zona 1). Elaboración propia

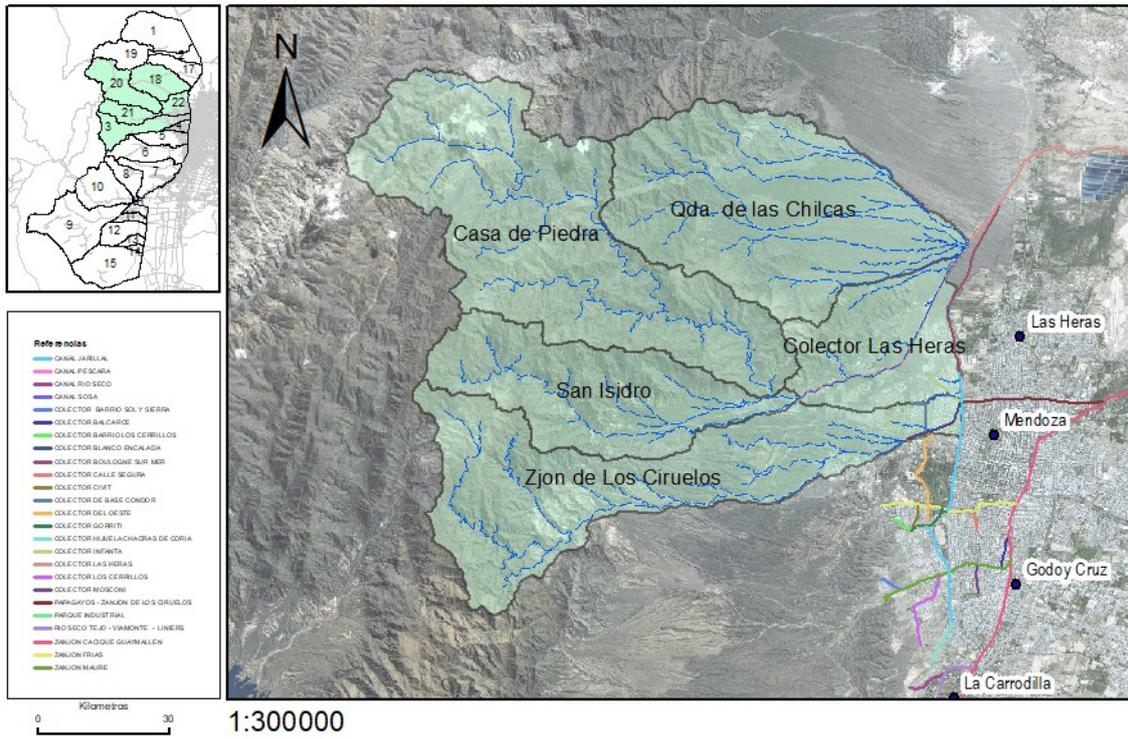


Figura 5-65. Ubicación de colectores aluviales (Zona 2). Elaboración propia

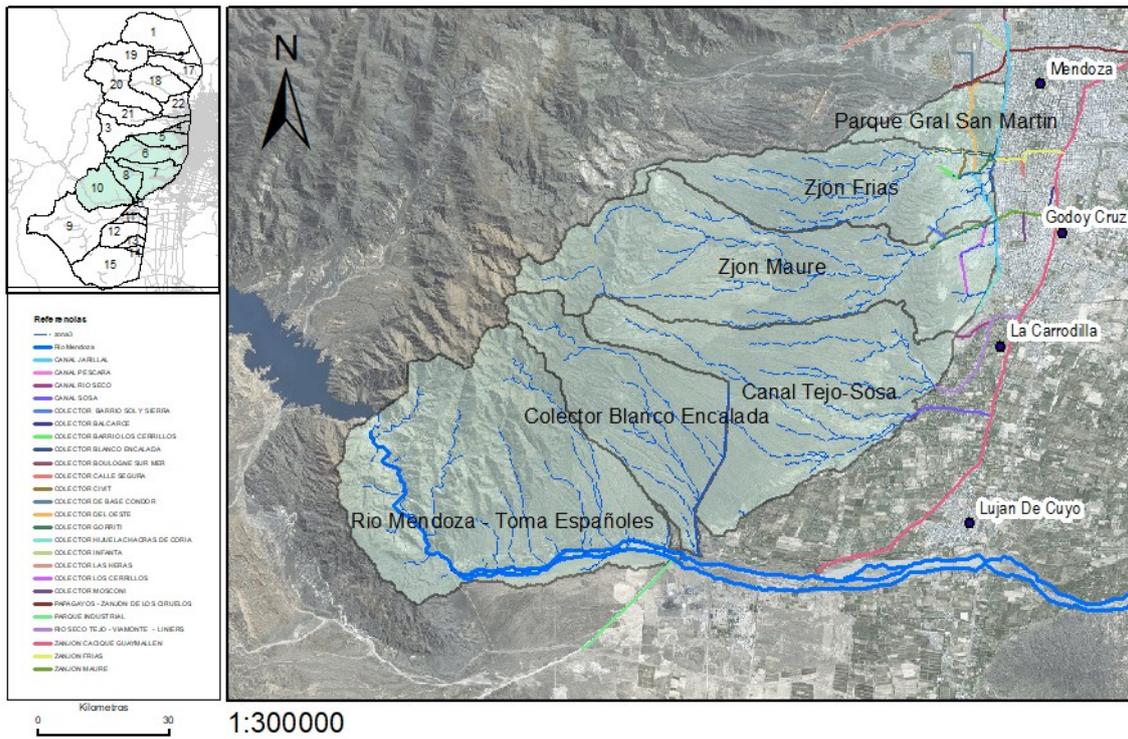


Figura 5-66. Ubicación de colectores aluvionales (Zona 3). Elaboración propia.

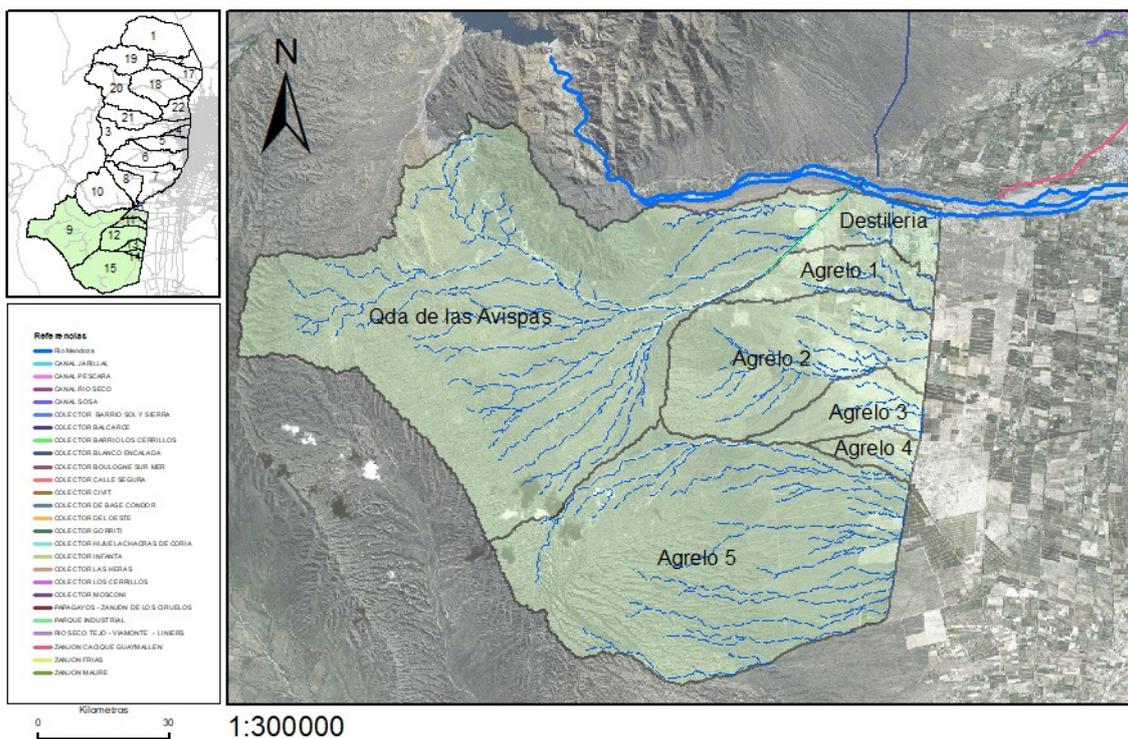


Figura 5-67. Ubicación de colectores aluvionales (Zona 4). Elaboración propia.

CAPÍTULO 6 : RESULTADOS DEL ANALISIS DEL INCENDIO DEL 21/9/18

6.1. Introducción

Durante el 21 de setiembre de 2018 (día de la primavera y de los estudiantes), se produjeron más de 150 focos de incendio en toda la provincia. El más importante, producto de acciones antrópicas junto con condiciones meteorológicas adversas (viento zonda) provocó la afectación de más de 1500 Has en el Cº Arco, a unos pocos kilómetros de la ciudad de Mendoza.

A dos semanas de que se extinguiera por completo el incendio, que afectó al mencionado cerro e inmediaciones, los cambios más superficiales en el ecosistema de ese sector del piedemonte ya empiezan a observarse. En lo referido a flora se perdieron forestales como algarrobos, chañares y jarillas -además de pastizales-, que son fundamentales para el control aluvional (sus grandes raíces absorben gran cantidad de agua y funcionan como barrera). La fauna y los pobladores cercanos también se vieron perjudicados y afectados.

En el marco de un convenio entre la Secretaría de Ambiente y la Fundación Cricyt, el Instituto Nacional del Agua ya comenzó a trabajar en el diagnóstico y evaluación de impactos hidrológicos y el estado de degradación ecosistémica para luego en una segunda fase, especialistas del CCT elaboren un Plan maestro de restauración ecológica.

Se analizan los cambios que produjo el fuego en el ciclo hidrológico, como el impacto de la pérdida de cobertura vegetal, cambios en la infiltración y retención inicial, así como en la producción y transporte de sedimentos. En etapas posteriores se analizarán los daños económicos de los servicios ecosistémicos que prestaba la zona pedemontana.

6.2. Estimación de área afectada

Para la evaluación de áreas incendiadas se suele utilizar **índices de vegetación (IV)**, los cuales usualmente combinan las bandas del visible (rojo), del infrarrojo cercano (IRC) y algunos también del infrarrojo medio (SWIR). El principio físico que utilizan expresa que vegetación en buen estado genera un contraste marcado entre las bandas del visible, en particular rojo (0.6 a 0.7 μm) y el infrarrojo cercano (0.7 a 1.1 μm). Mientras que en el visible los pigmentos de las hojas absorben la mayor parte de la energía que reciben, estas sustancias apenas afectan al IRC. Razón que produce un notable contraste espectral entre la baja reflectividad de la banda del Rojo, respecto al IRC, permitiendo separar con relativa claridad vegetación sana de vegetación enferma, senescente u otras cubiertas. Cuando la vegetación sufre algún tipo de estrés como por ejemplo sequías o plagas, su reflectividad será inferior en IRC aumentando paralelamente en el Rojo, debido a la menor absorción clorofílica, generando un menor contraste entre bandas (Chuvieco, 2002). En el caso de la banda SWIR, este rango del espectro es muy sensible al contenido de agua, indicando que mayor contenido de agua, mejor salud vegetal.

Justamente porque los IV permiten evaluar rápidamente el estado relativo de la vegetación en una zona, múltiples factores pueden afectar su estado y la producción de biomasa. Entre ellos pueden usarse para determinar el efecto de la biomasa en sequías, anegamientos, incendios, desmontes, granizo, plagas, entre otros.

Para la determinación del área quemada de los incendios sucedidos a finales de septiembre de 2018, se utilizaron imágenes del satélite **Sentinel-2**, desarrollado por la Agencia Espacial Europea (ESA) como parte del **Programa Copernicus** para mejorar la observación de la tierra y dar apoyo a servicios de monitoreo de bosques, detección de cambios y manejo de desastres naturales. El Sentinel-2 consiste en dos satélites idénticos (2A y 2B) y posee 13 bandas que se describen en la tabla a continuación.

Tabla 6-42.- Características espectrales y espaciales de Sentinel 2

Bandas Sentinel-2	Sentinel-2A		Sentinel-2B		Resolución espacial (m)
	Longitud de onda central (nm)	Ancho de banda (nm)	Longitud de onda (nm)	Ancho de banda (nm)	
Banda 1 – aerosoles costero	443.9	27	442.3	45	60
Banda 2 – Azul	496.6	98	492.1	98	10
Banda 3 – Verde	560	45	559	46	10
Banda 4 – Rojo	664.5	38	665	39	10
Banda 5 – Vegetación	703.9	19	703.8	20	20
Banda 6 – Vegetación	740.2	18	739.1	18	20
Banda 7 – Vegetación	782.5	28	779.7	28	20
Banda 8 – (infrarrojo cercano) NIR	835.1	145	833	133	10
Banda 8A – (infrarrojo cercano estrecho) Narrow NIR	864.8	33	864	32	20
Banda 9 – vapor de agua	945	26	943.2	27	60
Banda 10 – infrarrojo medio (SWIR – Cirrus)	1373.5	75	1376.9	76	60
Banda 11 – infrarrojo medio (SWIR)	1613.7	143	1610.4	141	20
Banda 12 – infrarrojo medio (SWIR)	2202.4	242	2185.7	238	20

Fuente: www.earth.esa.int

Para el presente trabajo se procesaron 3 imágenes nivel 1-C, las cuales poseen algunas correcciones básicas como radiométrica, geométrica y remuestreo. Se expresa en valores de reflectancia al tope de la atmósfera (TOA). La imagen del 18/09 es del satélite S2A y las del 23/09 y 03/10 es del satélite S2B.

En la Figura 6-68 se observa la zona de afectación del incendio a partir de una imagen composición falso color compuesto utilizando las bandas 11 (infrarrojo medio), B8A (infrarrojo cercano estrecho) y 4 (visible, rojo). La zona quemada se observa en tonalidades bordo y los focos de incendio aun prendidos en la imagen del 23/09, en color naranja y rojo.

Existe una amplia variedad de índices espectrales de vegetación para la detección de zonas quemadas. En este caso se utilizará el **Cociente Normalizado de zona Quemada (NBR)** para la delimitación del área quemada, y el **Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)** para evaluar los cambios de la vegetación en la zona quemada. Asimismo se estimará también un **Índice de Humedad (IH)** para analizar la zona de afectación.

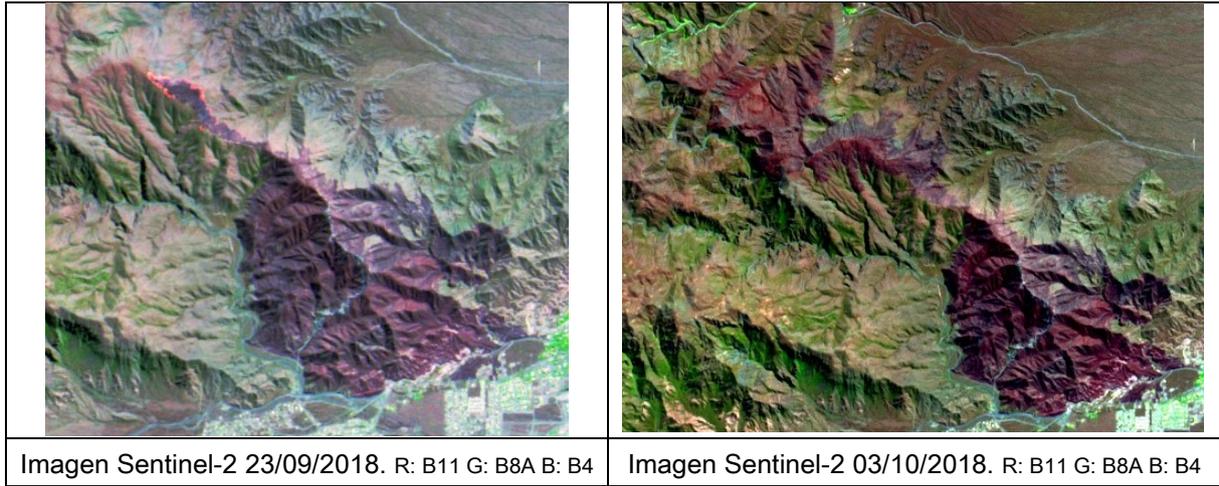


Figura 6-68 .Zona de afectación del incendio del 21 al 24 de Setiembre de 2018

El NBR fue creado por los autores Key y Benson (1999). En algunas publicaciones (Gonzaga, 2014; Correa, 2016) indican que es uno de los índices más utilizados para cartografiar área quemada, así como para identificar los niveles de daño que ha sufrido la vegetación por el incendio. Este índice utiliza las bandas infrarroja cercana (NIR) e infrarroja media (SWIR). De acuerdo con Gómez y Martín (2008) la diferencia entre las dos bandas con las que trabaja este índice ofrece un mayor contraste entre las áreas antes del fuego y después del fuego. La banda NIR es más sensible al contenido de clorofila vinculado a la salud de planta, mientras que la SWIR es sensible a los cambios de contenido de agua. El NBR se computa de acuerdo con la siguiente fórmula.

$$NBR = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR} \quad (32)$$

En la Figura 6-69 se observa el índice NBR para las fechas del 23 de septiembre y 3 de octubre de 2018. El área quemada se identifica en tonos negros y muy oscuros.

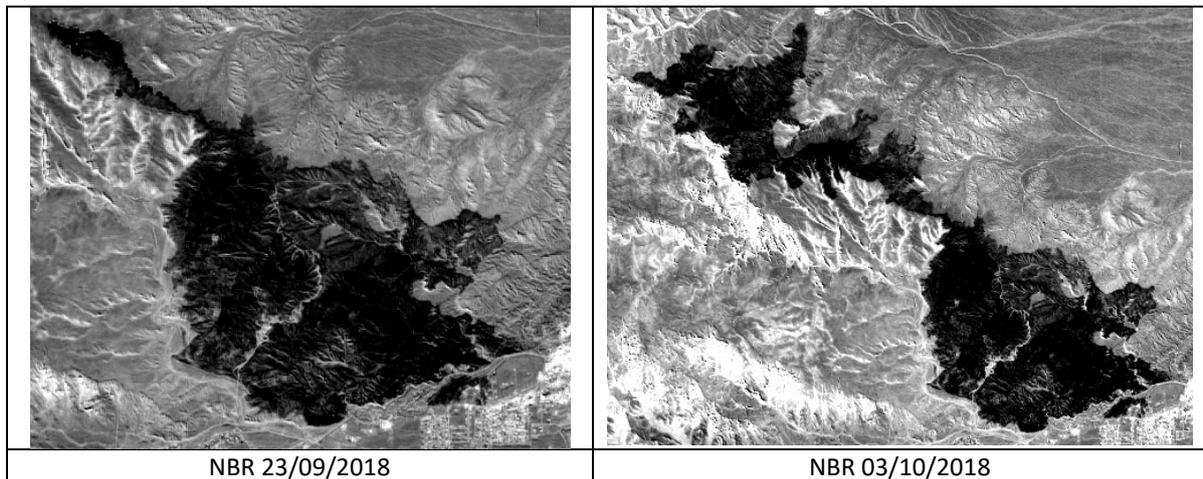


Figura 6-69. Índices NBR en etapa durante y después del incendio

Para extraer la máscara de área quemada (MAQ) utilizando la imagen NBR, se generaron áreas de entrenamiento en las cuales se calculan estadísticos como desvío estándar y media. Luego se solicita al programa busque pixeles o “haga crecer” las zonas de entrenamiento, cuyos pixeles vecinos poseen los mismos parámetros estadísticos. Este procedimiento se realizó para las imágenes del índice NBR de fecha 23/09 y 03/10. Luego se estimó la superficie (proyectada) de cada MAQ, para la fecha del 23/09 fue de **1010 has** y para la del 03/10 **1564 has**.

Considerando el relieve del terreno, la superficie real (topográfica) afectada por los incendios llega a 1807 has.

En la Figura 6-70 se observa la imagen NBR con superposición de la máscara de área quemada (MAQ) con línea negra.

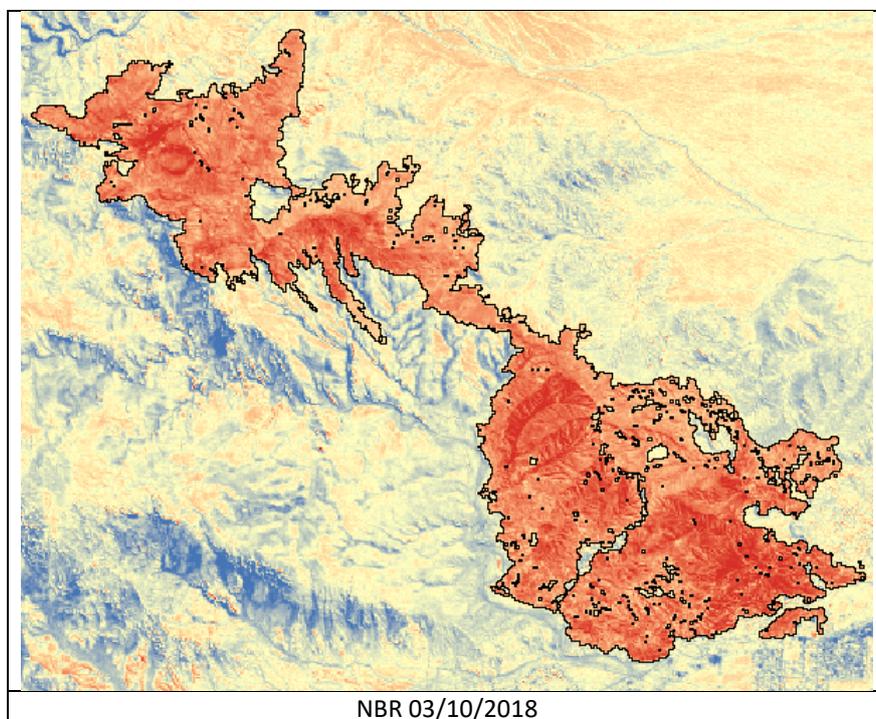


Figura 6-70: Área de afectación por incendios. Elaboración propia.

Utilizando la MAQ se calculó el NDVI e IH en las fechas pre (18/09/2018) y post (03/10/2018) incendio a fin de identificar estadísticamente los cambios en la cobertura y ayude a evaluar las variaciones en el Número de Curva (CN) y por tanto en el potencial de infiltración del suelo.

El NDVI es uno de los índices de vegetación más comunes y utilizados. Fue diseñado para evaluar el vigor de la biomasa vegetal (Figura 6-71a). Este índice utiliza las bandas del NIR y del visible ROJO, y se calcula según la siguiente ecuación.

$$NDVI = \frac{NIR - ROJO}{NIR + ROJO} \quad (33)$$

El Índice de Humedad (IH) utiliza las bandas B8A (infrarrojo cercano estrecho) y B11 (SWIR) del Sentinel-2, (Figura 6-71b) y se computa bajo la siguiente ecuación:

$$IH = \frac{NIR \text{ estrecho} - SWIR 1613.7 \text{ um}}{NIR \text{ estrecho} + SWIR 1613.7 \text{ um}} \quad (34)$$

En Figura 6-73 y Tabla 6-43 se indican los resultados finales.

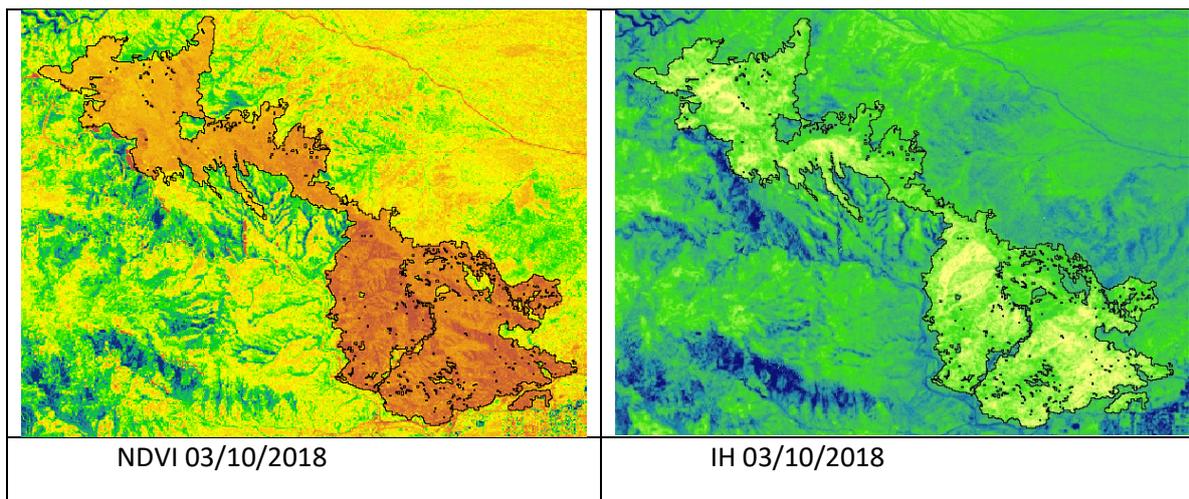


Figura 6-71: Índices NDVI y de Humedad

Tabla 6-43.- Resultados de afectación según índices

Estadísticos	NDVI		IH	
	No quemado	Quemado	No quemado	Quemado
Media	0.135	0.085	-0.017	-0.184
Mínimo	-0.097	-0.124	-0.182	-0.331
Máximo	0.373	0.268	0.157	0.006
Desvío estándar	0.032	0.032	0.047	0.042

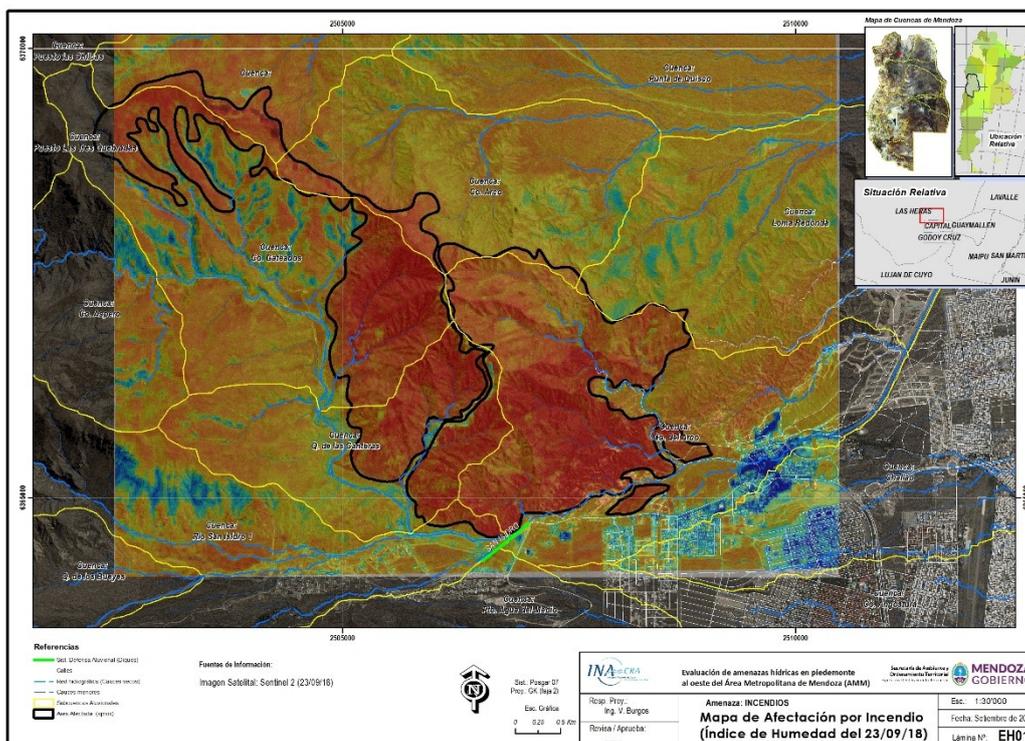


Figura 6-72: Zona afectada por el incendio mediante procesamiento de imagen satelital Sentinel2 del 23/9/18. Fuente: Elaboración propia.



Figura 6-73: Vista de las antenas en Cerro Arco y faldeos quemados.

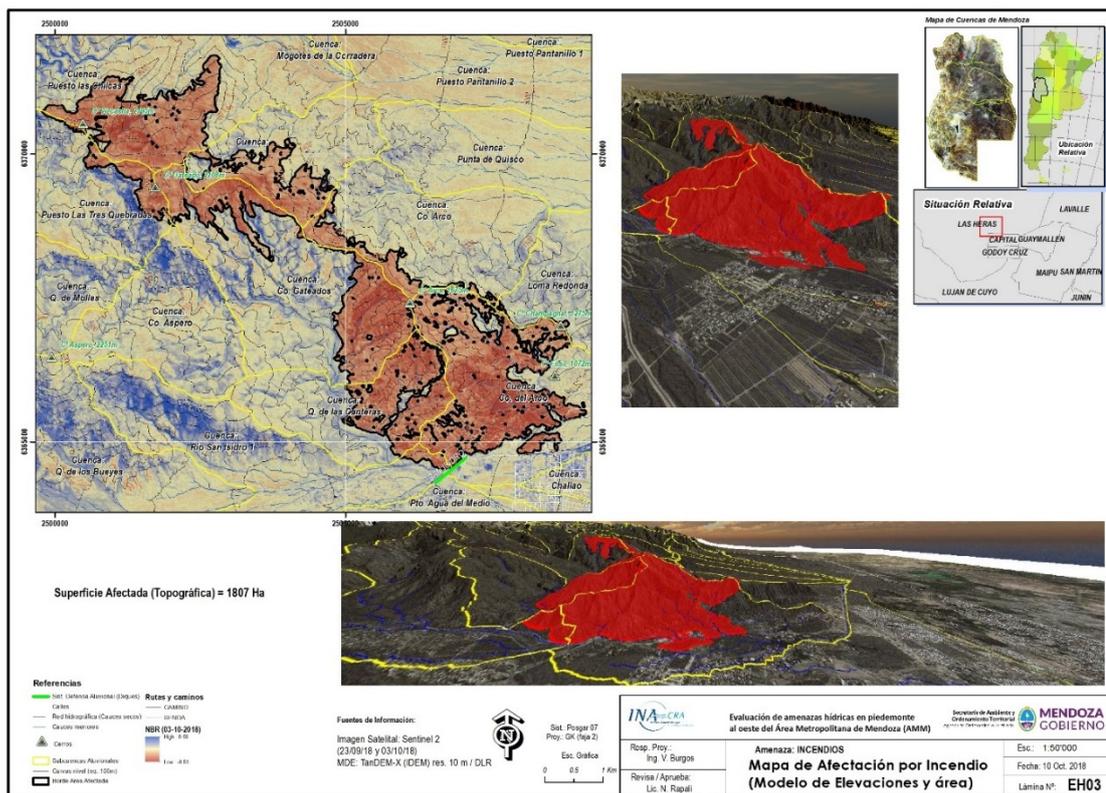


Figura 6-74: Zona total afectada por el incendio mediante procesamiento de imagen satelital Sentinel2 del 3/10/18. Elaboración propia. (ver Lámina Anexa)



Figura 6-75: Fotografías de campaña.

Determinada la magnitud espacial del incendio, se modelan los afectos hidrológicos mediante parametrización de condiciones de infiltración potencial y pérdidas de abstracción inicial por denudación de suelos.

De la Figura 6-76 a la Figura 6-78 se presentan las subcuencas afectadas y los parámetros pre y pst-incendio adoptados para analizar los impactos hidrológicos.

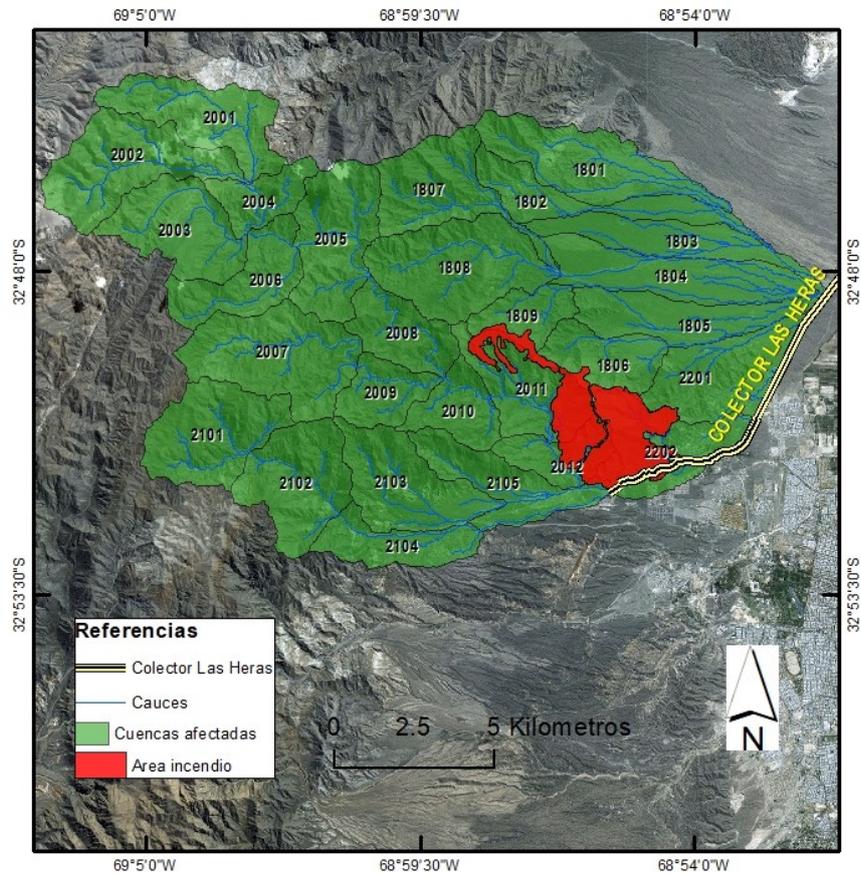


Figura 6-76: Cuencas y subcuencas afectadas por el incendio. Elaboración propia.

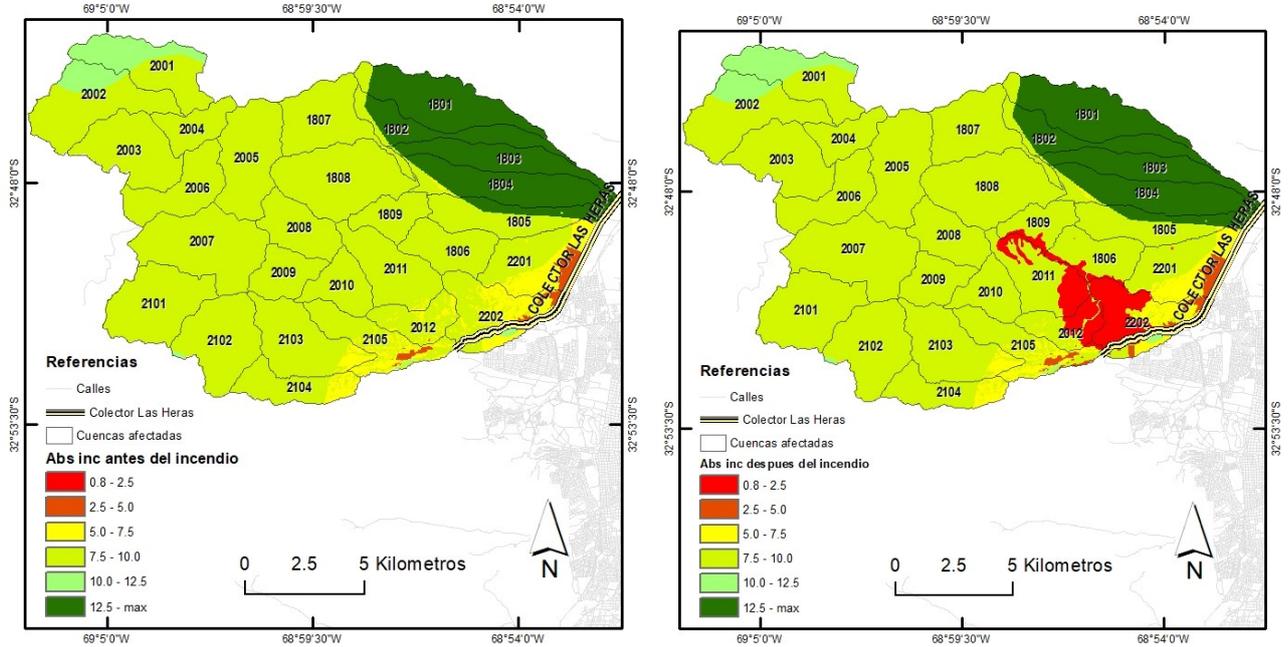


Figura 6-77: Parámetros hidrológicos (la) pre y post-incendio. Elaboración propia.

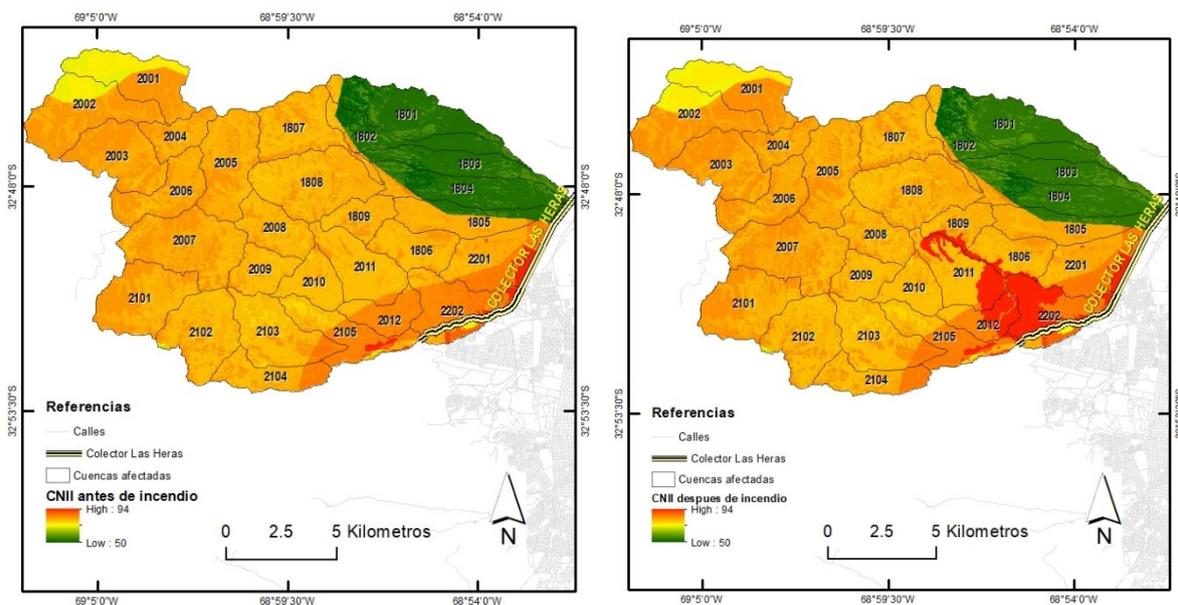


Figura 6-78: Parámetros hidrológicos(CN) pre y post-incendio. Elaboración propia.

6.3. Análisis de la infiltración, retenciones de humedad y textura de suelo

Para el caso de las **pérdidas de la precipitación debidas a retenciones por la canopia o dosel vegetal** (denominadas en el modelo como abstracciones iniciales) se utilizó la ecuación 35 en lugar de la ecuación 36:

$$I_a = 0.05 S \tag{35}$$

$$I_a = S^{0.55} \tag{36}$$

Para analizar la posible pérdida de infiltración debido a la hidrofobicidad que puede producir el incendio se realizaron 2 ensayos de infiltración con método de doble anillo y ensayos de sedimentación volumétrica y granulometrías de 4 muestras de suelo.





Figura 6-79: Fotografías de ensayos de infiltración

En tablas siguientes se presenta el análisis realizado.

ENSAYO DE INFILTRACIÓN Nº 01

Localidad : Challao

Propiedad: Fiscal

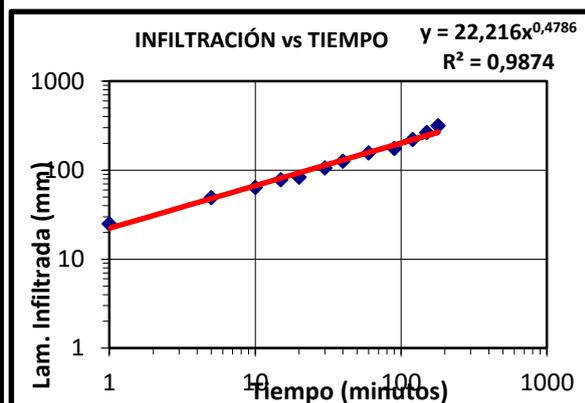
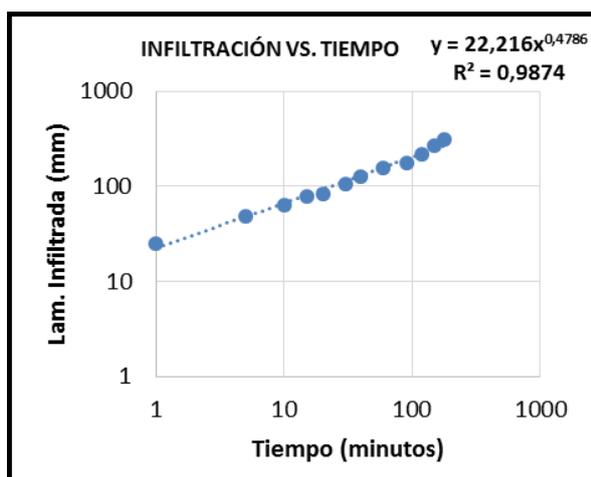
Fecha: 03-10-2018

Sitio: zona quemada- costado norte del camino

Comentarios: 32°51'32.8" 68°54'50"

Tabla 6-44.- Determinación de la ecuación de infiltración

DETERMINACIÓN DE LA ECUACIÓN DE INFILTRACIÓN				
$x (m) = A * t ^ B$		A= 22,22		
		B= 0,479		
$lb (mm/h) = a * (-600 * b) ^ b$		lb= 31,90		ib=inf. Basica
$a = A * B * 60$ $b = B - 1$				
Tiempo (min) Acumulado	Lámina (mm) Acumulada	LN Tiempo Acumulado	LN Lámina Acumulada	Lámina (mm) Estimada
0	0			
1	25	0,0	3,2	22,2
5	49	1,6	3,9	48,0
10	64	2,3	4,2	66,9
15	78	2,7	4,4	81,2
20	83,5	3,0	4,4	93,2
30	106	3,4	4,7	113,1
40	125,5	3,7	4,8	129,8
60	156,5	4,1	5,1	157,6
90	175,5	4,5	5,2	191,4
120	220,5	4,8	5,4	219,7
150	264,5	5,0	5,6	244,4
180	314,5	5,2	5,8	266,7



ENSAYO DE INFILTRACIÓN N° 02

Localidad : Challao

Propiedad: Fiscal

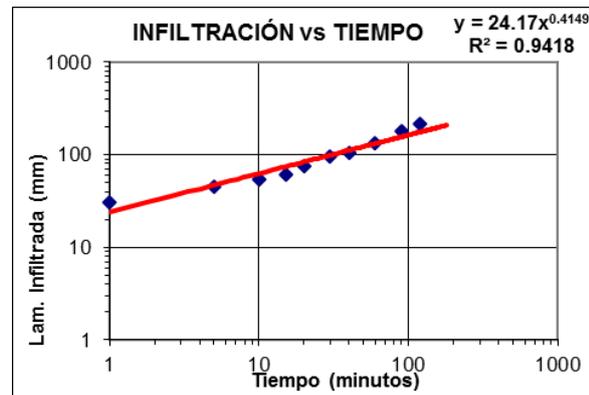
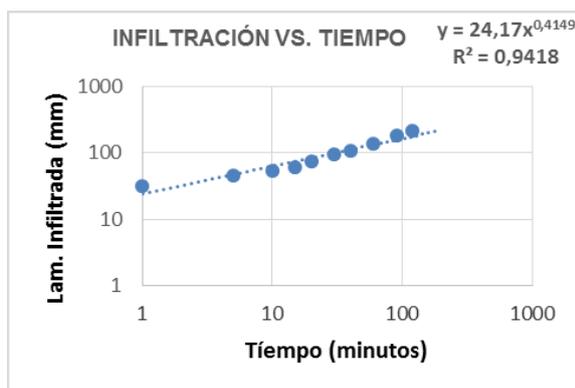
Fecha: 03-10-2018

Sitio: Zona natural (no afectada). Costado norte del camino

Comentarios: 32°51'54" 68°54'55"

Tabla 6-45.- Determinación de la ecuación de infiltración

DETERMINACIÓN DE LA ECUACIÓN DE INFILTRACIÓN				
$x (m) = A * t ^ B$		A=	24,17	
		B=	0,415	
$lb (mm/h) = a * (-600 * b) ^ b$		lb=	19,50	ib=inf. Basica
$a = A * B * 60$ $b = B - 1$				
Tiempo (min)	Lámina (mm)	LN Tiempo	LN Lámina	Lámina (mm)
Acumulado	Acumulada	Acumulado	Acumulada	Estimada
0	0			
1	31	0,0	3,4	24,2
5	45	1,6	3,8	47,1
10	54	2,3	4,0	62,8
15	61	2,7	4,1	74,3
20	75	3,0	4,3	83,8
30	96	3,4	4,6	99,1
40	105	3,7	4,7	111,7
60	135	4,1	4,9	132,1
90	179	4,5	5,2	156,3
120	214	4,8	5,4	176,2



En las planillas de laboratorio adjuntas, se presentan los ensayos realizados resumidos en Tabla 6-44 y Tabla 6-45. Se observan en la Figura 6-85 las curvas granulométricas resultantes y en Tabla 6-46 las clasificaciones texturales realizadas.

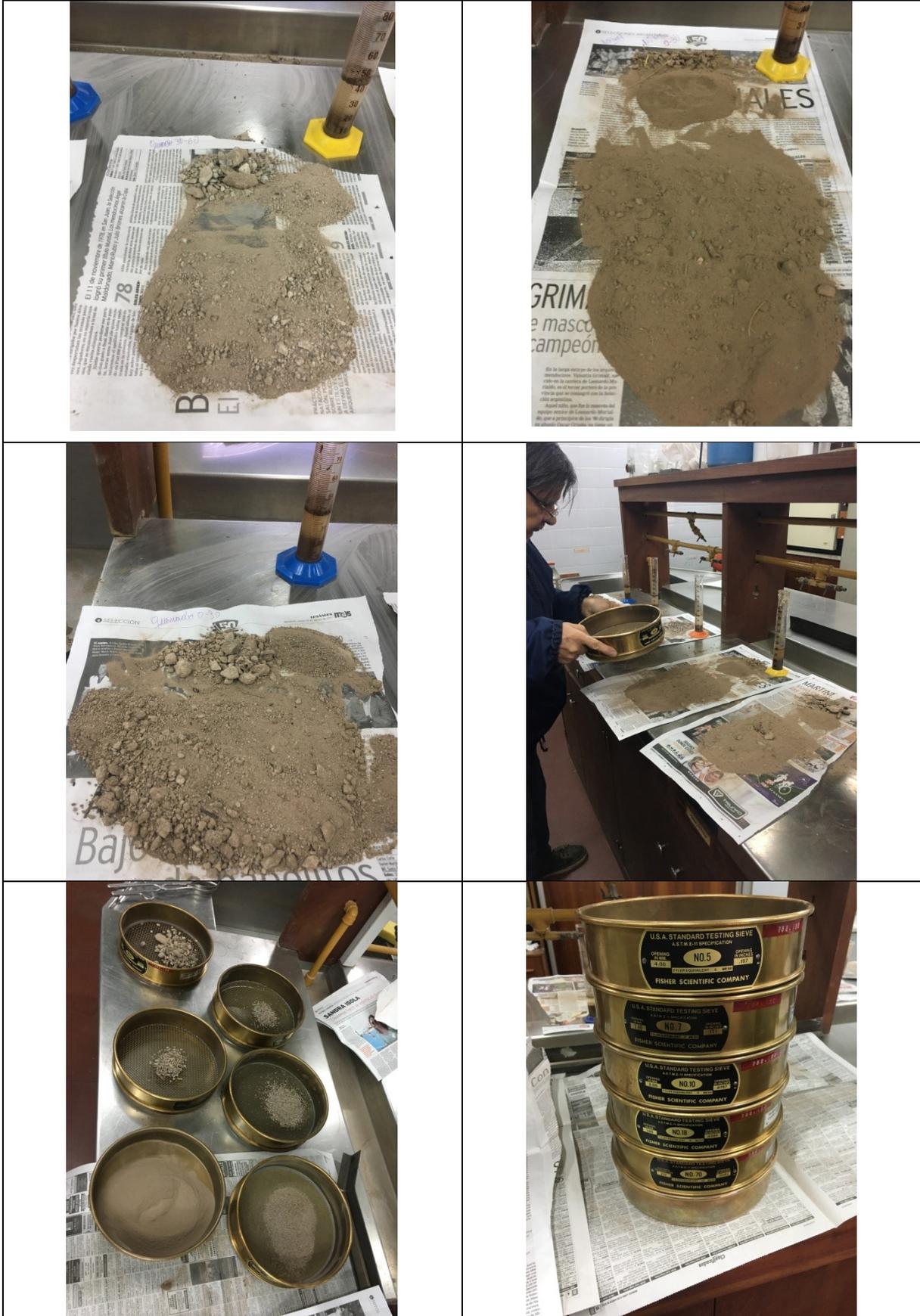


Figura 6-80: Fotografías de ensayos granulométricos y de textura

Para determinar la **textura** se extrajo mediante pala barreno muestras de suelo en los dos sitios donde se efectuaron los ensayos de infiltración, a dos profundidades 0 a 30 cm, y de 30 a 60 cm. El análisis indica lo siguiente:

El **área quemada** presenta la característica de estar el material fino mezclado con canto rodado tamaño granza a ripio en un 5 a 10 % del volumen del suelo.

El **área natural** (no afectada) presenta mayor proporción material fino y en la capa de 30 a 60 esta mezclada con material grueso tamaño ripio pequeño a mediano

Mediante inspección ocular luego de tamizado:

Área quemada:

capa 00-30 cm	fase gruesa:	con piedras tipo granza pequeña y ripio pequeño
	fase más fina:	tipo arena intermedia.
capa 30-60 cm	fase gruesa:	arena gruesa y ripio pequeño
	fase más fina:	tipo arena intermedia
capa 40-70 cm	fase gruesa:	arena gruesa- granza pequeña-ripio pequeño
	fase más fina:	arena intermedia

Área natural:

capa 00-30 cm	fase gruesa:	granza pequeña
	fase más fina:	franco
capa 30-60 CM	fase gruesa:	ripio pequeño a mediano
	fase más fina:	franco arenoso fino

El análisis textural mediante la técnica de “**volumen de sedimentación**” arroja el siguiente resultado de la porción más fina del suelo.

Tabla 6-46.- Análisis textural de muestras

Área	Ensayo de infiltración	Suelo Prof. 0-30 cm	Suelo Prof. 30-60 cm	Suelo Prof. 40-70 cm
Quemada	Nº1	Franco (96)	Franco arenoso (84)	Arenoso Franco (80)
Natural (no afectada)	Nº2	Franco- Franco Arenoso (88)	Franco- Franco Arenoso (92)	-----

		GRANULOMETRÍA				
1	Área de Trabajo:	0-30 cm de la superficie				
3	Ref. Método de Ensayo:	01-zona afectada				
4	Fecha de Muestreo en Terreno:	08/10/2018				
5	Fecha de Ensayo:	10/10/2018				
6	Ubicación General del Ensayo	Normas Ensayos Vialidad Nacional				
7	Objeto de los Ensayos:	Laboratorio INA de Suelos				
8	Muestra N°:	Granulometría				
9	Coordenadas:	32°51'32.8" / 68°54'50"				
10	Responsable del Ensayo:	Lucas Martinez				
11	Identificación Equipos Utilizados:	Balanza	OJAUS Brainw eigh B3000 d			
		Juego de Tamices	FISHER ASTM E-11 Especification			
		Estufa	FISHER Isotemp Model 350 G			
12	Ensayo MUESTRA 1					
12.1.- GRANULOMETRÍA						
Masa muestra seca inicial		(g)	314.8			
Masa Retenida Total Tamizada		(g)	314.60			
Pérdida		(%)	0.1			
TAMICES			RETENIDO			PASA
Serie (mm)	Serie Provisoria ASTM	Serie Complementaria (mm)	Peso (g)	Parcial (%)	Acumulado (%)	Acumulado (%)
		75	0.00	0.00	0.00	100.00
		40	0.00	0.00	0.00	100.00
		20	0.00	0.00	0.00	100.00
		10	0.00	0.00	0.00	100.00
4	N°5		62.70	19.93	19.93	80.07
2.8	N°7		18.60	5.91	25.84	74.16
2	N°10		20.30	6.45	32.29	67.71
1	N°18		33.10	10.52	42.82	57.18
0.0212	N°70		76.20	24.22	67.04	32.96
Depósito Receptor			103.70	32.96	100.00	0.00
12.2.- DIÁMETROS CARACTERÍSTICOS						
D84 =			5.18			
D50 =			0.71			
D30 =			0.02			
D60 =			1.27			
D10 =			0.32			
				Cu =	3.98	

Figura 6-81: Ensayo granulométrico Muestra 1

			GRANULOMETRÍA			
1	Área de Trabajo:		30-60 cm de la superficie			
3	Ref. Método de Ensayo:		01-zona afectada			
4	Fecha de Muestreo en Terreno:		08/10/2018			
5	Fecha de Ensayo:		10/10/2018			
6	Ubicación General del Ensayo		Normas Ensayos Vialidad Nacional			
7	Objeto de los Ensayos:		Laboratorio INA de Suelos			
8	Muestra N°:		Granulometría			
9	Coordenadas:		32°51'32.8" / 68°54'50"			
10	Responsable del Ensayo:		Lucas Martinez			
11	Identificación Equipos Utilizados:	Balanza	OJAUS Brainw eigh B3000 d			
		Juego de Tamices	FISHER ASTM E-11 Especification			
		Estufa	FISHER Isotemp Model 350 G			
12	Ensayo MUESTRA 2					
12.1.- GRANULOMETRÍA						
Masa muestra seca inicial		(g)	602.8			
Masa Retenida Total Tamizada		(g)	602.60			
Pérdida		(%)	0.03			
TAMICES			RETENIDO			PASA
Serie (mm)	Serie Provisoria ASTM	Serie Complementaria (mm)	Peso (g)	Parcial (%)	Acumulado (%)	Acumulado (%)
		75	0.00	0.00	0.00	100.00
		40	0.00	0.00	0.00	100.00
		20	0.00	0.00	0.00	100.00
		10	0.00	0.00	0.00	100.00
4	N°5		126.70	21.03	21.03	78.97
2.8	N°7		43.80	7.27	28.29	71.71
2	N°10		41.40	6.87	35.16	64.84
1	N°18		71.20	11.82	46.98	53.02
0.0212	N°70		180.60	29.97	76.95	23.05
Depósito Receptor			138.90	23.05	100.00	0.00
12.2.- DIÁMETROS CARACTERÍSTICOS						
D84 =	5.43					
D50 =	0.90					
D30 =	0.25					
D60 =	1.59					
D10 =	0.01					
			Cu =		107.06	

Figura 6-82: Ensayo granulométrico Muestra 2

INA CRA Instituto Nacional del Agua Centro Regional Andino		GRANULOMETRÍA				
1	Área de Trabajo:	0-30 cm de la superficie				
3	Ref. Método de Ensayo:	02-zona no afectada				
4	Fecha de Muestreo en Terreno:	08/10/2018				
5	Fecha de Ensayo:	10/10/2018				
6	Ubicación General del Ensayo	Normas Ensayos Vialidad Nacional				
7	Objeto de los Ensayos:	Laboratorio INA de Suelos				
8	Muestra N°:	Granulometría				
9	Coordenadas:	32°51'54" / 68°54'55"				
10	Responsable del Ensayo:	Lucas Martinez				
11	Identificación Equipos Utilizados:	Balanza	OJAUS Brainw eigh B3000 d			
		Juego de Tamices	FISHER ASTM E-11 Especificación			
		Estufa	FISHER Isotemp Model 350 G			
12	Ensayo MUESTRA 3					
12.1.- GRANULOMETRÍA						
Masa muestra seca inicial		(g)	392.2			
Masa Retenida Total Tamizada		(g)	391.60			
Pérdida		(%)	0.15			
TAMICES			RETENIDO			PASA
Serie (mm)	Serie Provisoria ASTM	Serie Complementaria (mm)	Peso (g)	Parcial (%)	Acumulado (%)	Acumulado (%)
		75	0.00	0.00	0.00	100.00
		40	0.00	0.00	0.00	100.00
		20	0.00	0.00	0.00	100.00
		10	0.00	0.00	0.00	100.00
4	N°5		32.50	8.30	8.30	91.70
2.8	N°7		10.40	2.66	10.96	89.04
2	N°10		10.70	2.73	13.69	86.31
1	N°18		15.00	3.83	17.52	82.48
0.0212	N°70		36.20	9.24	26.76	73.24
Depósito Receptor			286.80	73.24	100.00	0.00
12.2.- DIÁMETROS CARACTERÍSTICOS						
D84 =	1.40					
D50 =	0.02					
D30 =	0.01					
D60 =	15.00					
D10 =	0.01					
			Cu =	1301.04		

Figura 6-83: Ensayo granulométrico Muestra 3

		GRANULOMETRÍA				
1	Área de Trabajo:	30-60 cm de la superficie				
3	Ref. Método de Ensayo:	02-zona no afectada				
4	Fecha de Muestreo en Terreno:	08/10/2018				
5	Fecha de Ensayo:	10/10/2018				
6	Ubicación General del Ensayo	Normas Ensayos Vialidad Nacional				
7	Objeto de los Ensayos:	Laboratorio INA de Suelos				
8	Muestra N°:	Granulometría				
9	Coordenadas:	32°51'54" / 68°54'55"				
10	Responsable del Ensayo:	Lucas Martinez				
11	Identificación Equipos Utilizados:	Balanza	OJAUS Brainw eigh B3000 d			
		Juego de Tamices	FISHER ASTM E-11 Especification			
		Estufa	FISHER Isotemp Model 350 G			
12	Ensayo MUESTRA 4					
12.1.- GRANULOMETRÍA						
Masa muestra seca inicial		(g)	456.6			
Masa Retenida Total Tamizada		(g)	456.50			
Pérdida		(%)	0.02			
TAMICES			RETENIDO			PASA
Serie (mm)	Serie Provisoria ASTM	Serie Complementaria (mm)	Peso (g)	Parcial (%)	Acumulado (%)	Acumulado (%)
		75	0.00	0.00	0.00	100.00
		40	0.00	0.00	0.00	100.00
		20	0.00	0.00	0.00	100.00
		10	0.00	0.00	0.00	100.00
4	N°5		117.60	25.76	25.76	74.24
2.8	N°7		20.70	4.53	30.30	69.70
2	N°10		17.40	3.81	34.11	65.89
1	N°18		25.00	5.48	39.58	60.42
0.0212	N°70		45.20	9.90	49.49	50.51
Depósito Receptor			230.60	50.51	100.00	0.00
12.2.- DIÁMETROS CARACTERÍSTICOS						
D84 =			6.27			
D50 =			0.02			
D30 =			0.01			
D60 =			0.96			
D10 =			0.00			
				Cu =	228.47	

Figura 6-84: Ensayo granulométrico Muestra 4

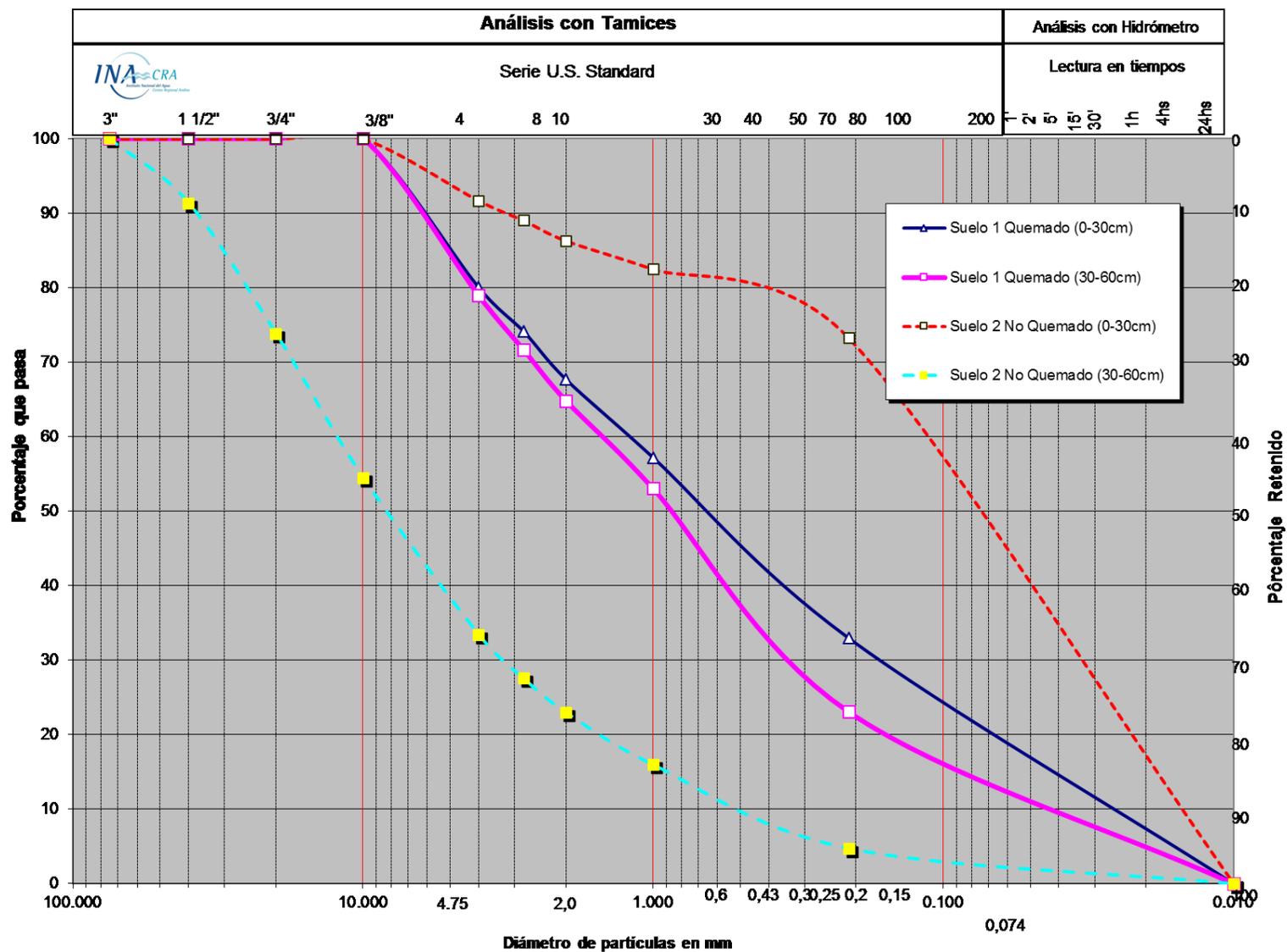


Figura 6-85: Curva granulométrica

6.4. Análisis del cambio de CN

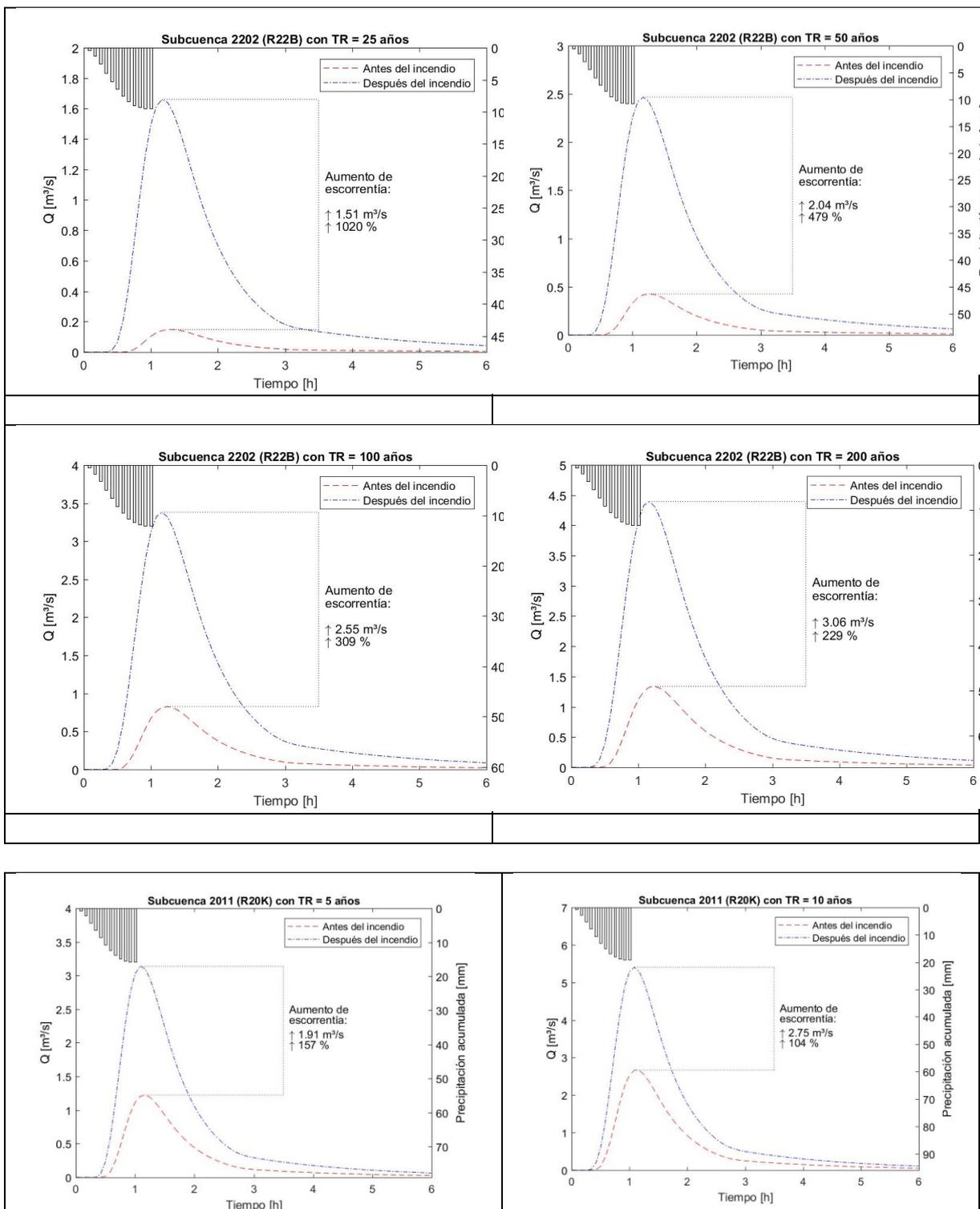
Adoptando un CN = 94 para las celdas dentro de la máscara de afectación por incendio estimada por teledetección (ver Figura 6-72).

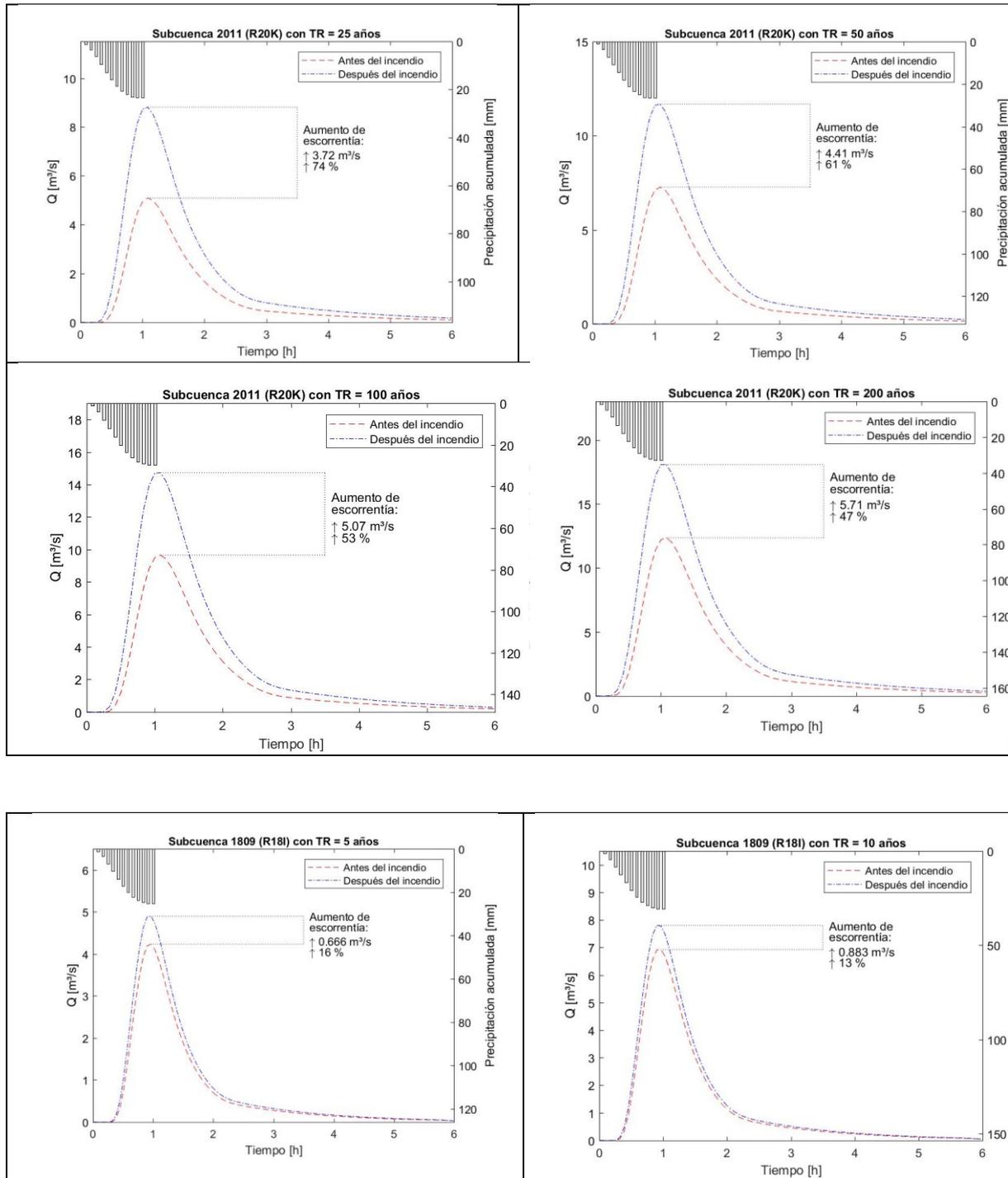
Tabla 6-47.- Comparación decadal del CN

Subcuenca	SITUACION CON INCENDIO		ESCENARIO PREVIO (SIN INCENDIO)		VARIACION CN II	VARIACION la
	CNII	la	CNII	la		
1801	60.54	16.6	60.56	16.6	0.0	-0.1
1802	62.12	16.0	62.12	16.0	0.0	0.2
1803	59.92	16.8	59.92	16.9	0.0	-0.4
1804	61.64	16.2	61.64	16.2	0.0	0.1
1805	75.32	11.5	75.20	11.4	0.2	1.1
1806	83.18	8.1	82.18	9.1	1.2	-10.6
1807	82.34	8.8	82.35	9.0	0.0	-2.7
1808	82.17	8.9	82.17	9.1	0.0	-2.3
1809	83.52	8.1	82.43	9.0	1.3	-10.2
2001	80.34	9.8	80.31	9.7	0.0	0.6
2002	82.37	9.1	82.34	9.0	0.0	0.5
2003	83.95	8.4	83.95	8.5	0.0	-0.2
2004	83.39	8.7	83.40	8.7	0.0	0.1
2005	83.07	8.7	83.07	8.8	0.0	-0.4
2006	83.44	8.6	83.44	8.6	0.0	0.0
2007	83.33	8.6	83.34	8.7	0.0	-0.6
2008	82.17	8.9	82.17	9.1	0.0	-2.3
2009	81.69	8.9	81.71	9.2	0.0	-3.8
2010	81.39	9.0	81.40	9.3	0.0	-4.0
2011	85.65	6.3	81.64	9.3	4.9	-32.0
2012	88.74	5.1	85.35	8.0	4.0	-36.2
2101	83.48	8.5	83.48	8.6	0.0	-1.0
2102	81.94	8.9	81.95	9.1	0.0	-2.9
2103	82.14	8.8	82.14	9.1	0.0	-3.3
2104	83.26	8.5	83.25	8.7	0.0	-2.5
2105	84.64	8.0	84.49	8.3	0.2	-3.6
2201	85.02	8.0	84.95	8.1	0.1	-1.5
2202	90.29	4.2	85.99	7.7	5.0	-45.4
2203	85.46	8.1	85.45	7.9	0.0	2.7

6.5. Estimación de impactos hidrológicos

Se presentan los resultados de la modelación hidrológica evidenciando los cambios o impactos en el caudal pico de los hidrogramas simulados para diferentes recurrencias. Los resultados están calibrados con la metodología descrita, restando validar las modelaciones hidrológicas con eventos observados o al menos con indicadores hidráulicos (resacas de inundaciones o anegamientos históricos en puntos con sección conocida).





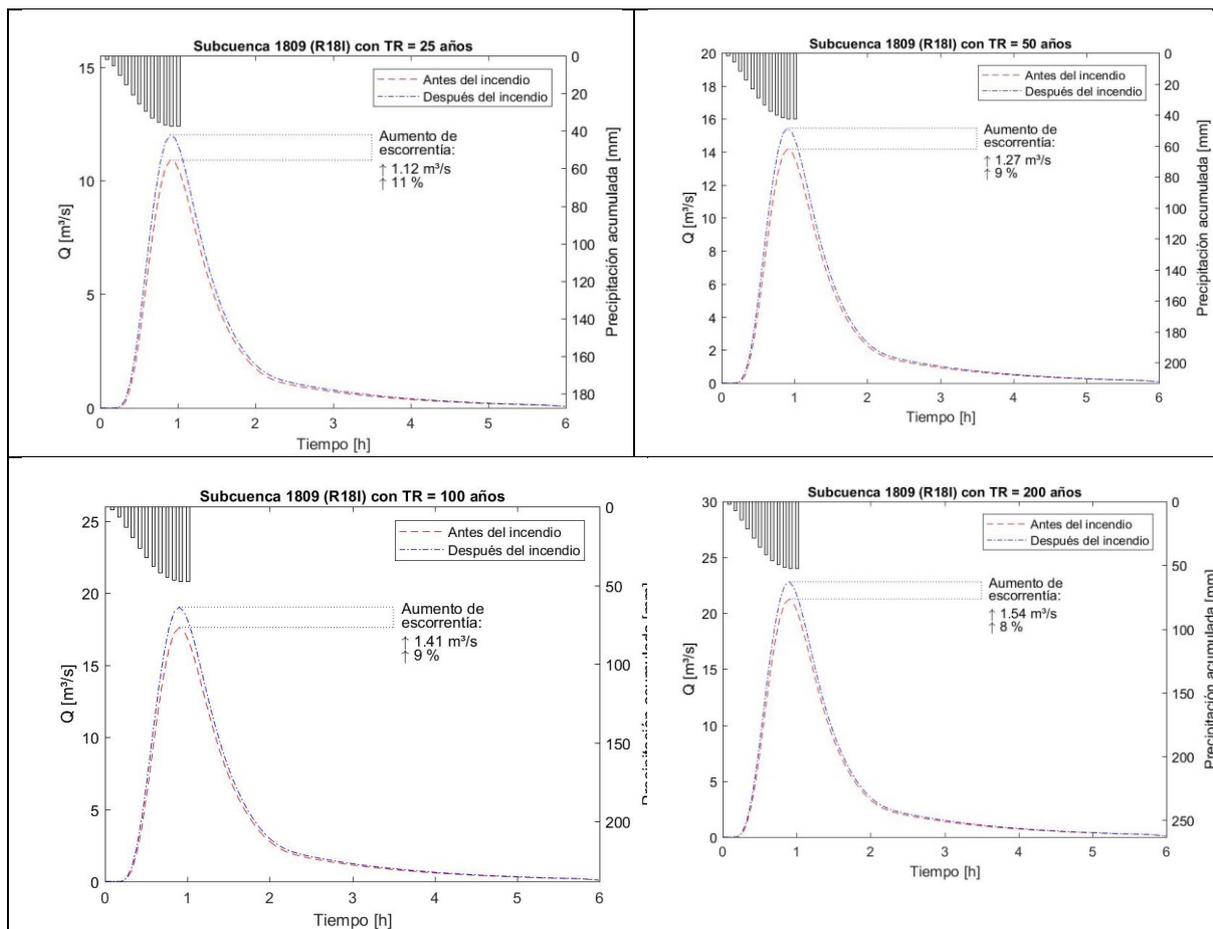


Figura 6-86: Hidrogramas resultantes en escenario antes y después del incendio

En las tablas siguientes se presentan los resultados numéricos.

Tabla 6-48.- Impactos hidrológicos debido al incendio (sólo subcuenca afectadas)

Aumento del caudal [%]						
Subcuenca	TR5	TR10	TR25	TR50	TR100	TR200
18F	548%	84%	42%	31%	25%	21%
18I	16%	13%	11%	9%	9%	8%
20K	157%	104%	74%	61%	53%	47%
22B	0%	0%	1020%	479%	309%	229%
prom.	240%	67%	287%	145%	99%	76%
Aumento del caudal [m^3/s]						
Subcuenca	TR5	TR10	TR25	TR50	TR100	TR200
18F	0.06	0.17	0.31	0.04	0.50	0.59
18I	0.67	0.88	1.12	1.27	1.41	1.54
20K	1.91	2.75	3.72	4.41	5.07	5.71
22B			1.51	2.04	2.55	3.06
prom.	0.88	1.27	1.66	1.94	2.38	2.72

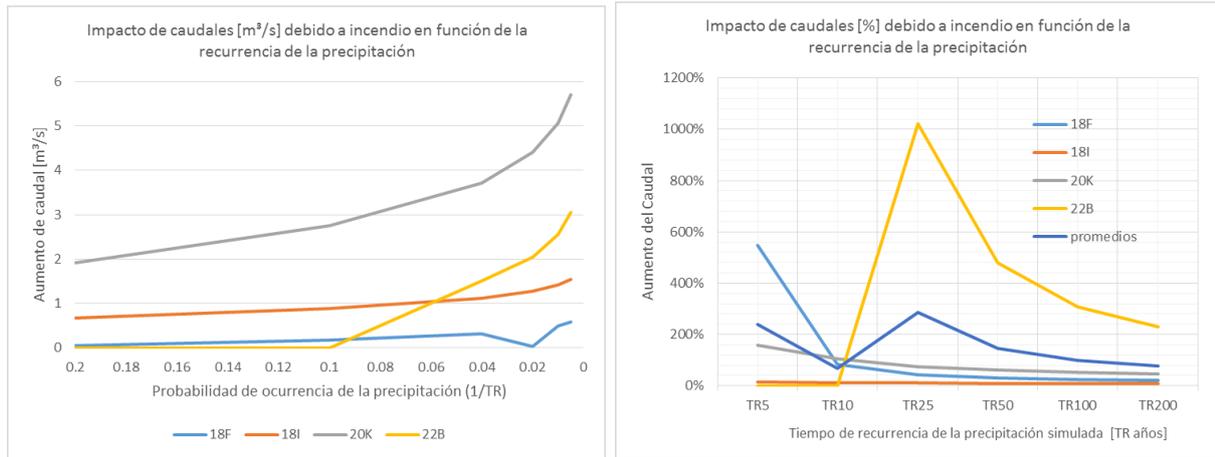


Figura 6-87: Impacto de caudales en función de recurrencia de la lluvia para situación después del incendio

CAPÍTULO 7 : RESULTADOS DEL ANALISIS MULTI-ESCENARIO

7.1. Escenario de Avance Urbano Tradicional (E02)

El impacto que produce una **urbanización tradicional** (con calles en la máxima pendiente, con damero ortogonal, pocos espacios verdes, etc.) en las zonas indicadas en Figura 7-88 puede llegar a multiplicar el valor del caudal pico entre 2 a más de 6 veces (respecto a la condición actual o natural), como lo indican los hidrogramas de Figura 7-89 (se muestran sólo ejemplos para cuencas 22-C Colector Las Heras, y 07-G Colector Sosa); y resumen siguiente.

Tabla 7-49. Resumen de Impactos en caudal (E02)

Impacto	TR5	TR50	TR100
MEDIA	112.7%	93.3%	81.5%
MAX	595.90%	568.1%	636.3%
MIN	3.8%	0.8%	0.5%

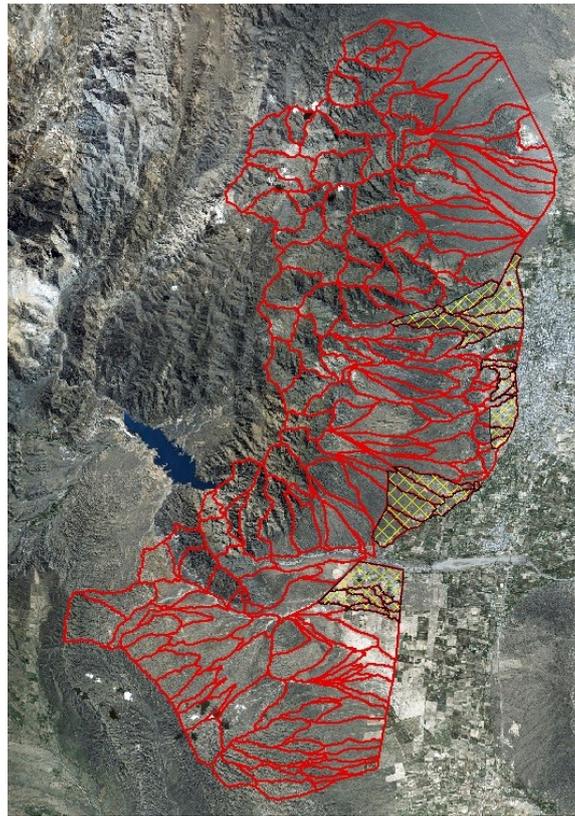


Figura 7-88. Zonas de potencial avance urbano (en amarillo). Elaboración propia.

7.2. Escenario de Avance Urbano de Bajo Impacto (E03)

Este escenario incluye un avance urbano pero mediante un Desarrollo Urbano de Bajo Impacto (Burgos, 2017) que incluye sistemas de retención temporal de crecidas, retardadores, o simples

trincheras de infiltración, coincidentes con las propuestas técnicas descritas en el capítulo 10 y en el Anexo II.

A modo de síntesis se puede indicar una gran disminución del impacto por urbanización, llegando a valores que multiplican entre 1,3 a 2.5 veces el caudal máximo, siempre comparando con la situación actual o natural previa. Si se suman restricciones fuertes sobre control hidráulico, del tipo “impacto cero” se podría igualar la condición previa, pero requeriría mayores obras de infraestructura.

Tabla 7-50. Resumen de Impactos en caudal (E03)

Impacto	TR5	TR50	TR100
MEDIA	35.7%	19.9%	15.1%

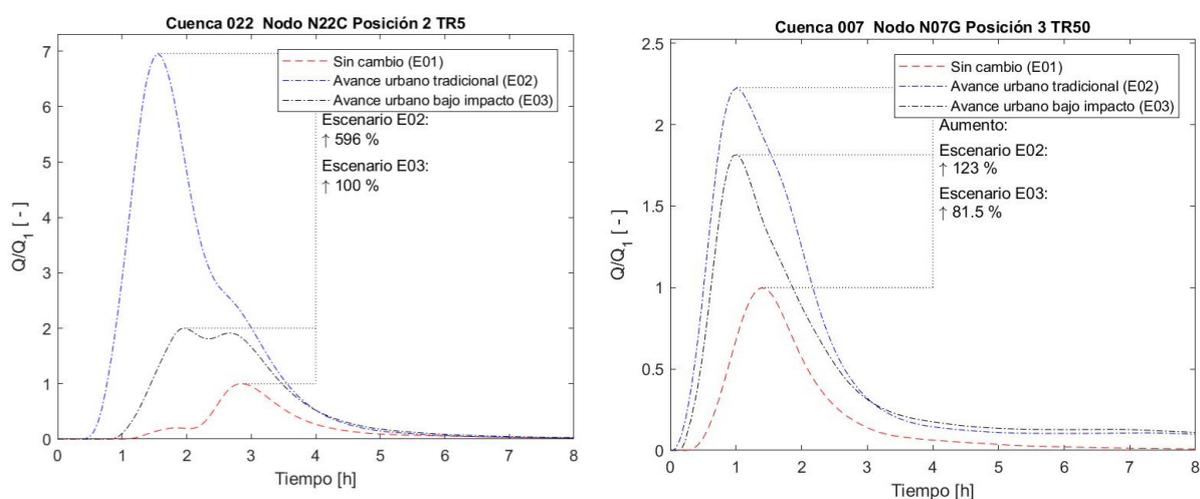


Figura 7-89. Impacto hidrológico por avance urbano (con y sin técnicas sustentables)

7.3. Escenario de Avance Agrícola / Industrial (E04)

Respecto a este escenario se analizó el impacto producido por cambio en la cobertura vegetal (natural) que produce el avance de la frontera agrícola. En Tabla 7-51 se observa que los caudales máximos se podrían incrementar (en promedio) entre 27 al 49 %

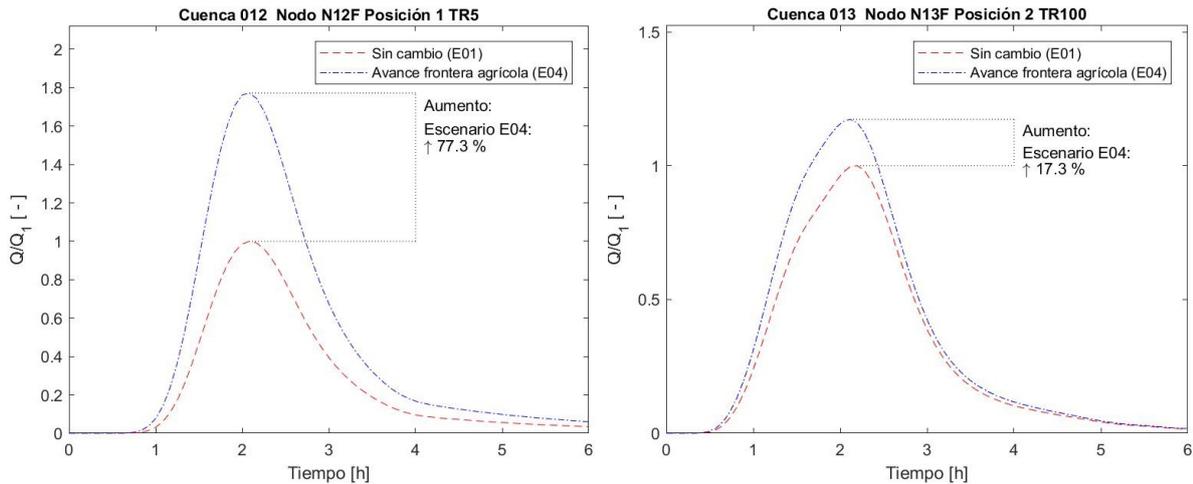


Figura 7-90. Impacto hidrológico por avance de frontera agrícola

Los hidrogramas de Figura 7-90 están adimensionalizados (mediante la relación de caudales de cada escenario respecto al caudal de la situación actual) para mejor comprensión. En anexos del informe principal se encuentran los resultados en unidades de caudal, tiempos al pico y volúmenes.

Tabla 7-51. Resumen de Impactos en caudal (E04)

Impacto	TR5	TR50	TR100
MEDIA	49.3%	30.17%	27.3%

7.4. Escenario de Incendio (E05)

El Escenario 5 tenía como objetivos analizar el impacto de posibles incendios en las zonas centrales de las cuencas analizadas en toda la región. Se presentan en Tabla 7-52 los resultados, siguiendo la metodología indicada en capítulo 2.4.5.

Tabla 7-52. Impactos por incendio

Nodo	TR5	TR50	TR100	Torm.	Nodo	TR5	TR50	TR100	Torm.
N01D	390%	124%	103%	Posic. 3	N12E	72%	39%	35%	Posic. 2
N01H	0.0%	8%	7%	Posic. 1	N13	N/C	N/C	N/C	
N01L	N/C	637%	517%	Posic. 1	N14	N/C	N/C	N/C	
N02B	N/C	192%	129%	Posic. 1	N15C	59%	29%	26%	Posic. 2
N03F	42%	114%	64%	vs Posic	N15F	45%	24%	21%	Posic. 2
N04	N/C	N/C	N/C		N15O	N/C	N/C	N/C	
N05E	10%	2%	1%	Posic. 2	N15Q	N/C	N/C	N/C	
N06K	33%	178%	104%	Posic. 2	N15R	59%	32%	28%	Posic. 2
N07G	25%	19%	18%	Posic. 2	N16	N/C	N/C	N/C	
N07K	63%	31%	27%	Posic. 2	N17A	N/C	N/C	N/C	
N07L	N/C	N/C	N/C		N17C	N/C	107%	91%	Posic. 3
N07M	N/C	293%	243%	Posic. 2	N17F	76%	55%	51%	Posic. 1
N08E	170%	90%	80%	Posic. 2	N18H	142%	151%	130%	Posic. 2
N09R	34%	21%	19%	Posic. 3	N20F	170%	22%	25%	Posic. 2
N10M	105%	57%	51%	Posic. 3	N21F	67%	41%	37%	Posic. 1
N11D	N/C	N/C	N/C		N22C	73%	75%	71%	Posic. 3

Se resumen los resultados en Tabla 7-53 y Figura 7-91.

Tabla 7-53. Resumen de Impactos en caudal (E04-incendio)

Impacto	TR5	TR50	TR100
media	102%	91%	82%

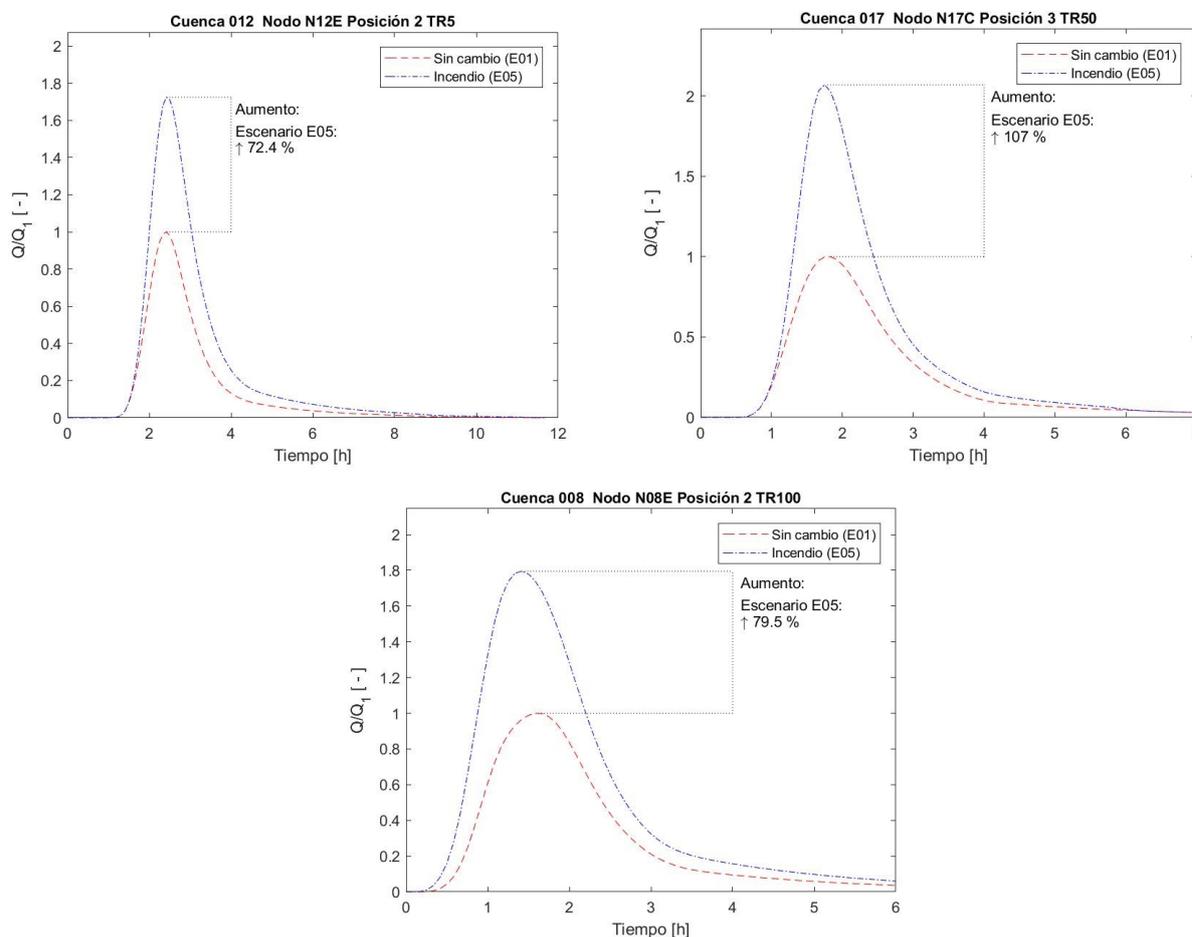


Figura 7-91. Impacto hidrológico por incendios

7.5. Escenario de Cambio Climático (E06)

Este escenario indica impactos menores a los anteriores, con aumentos de caudal del orden del 19 al 24 % respecto a la condición actual.

Tabla 7-54. Resumen de Impactos en caudal (E06)

Impacto	TR5	TR50	TR100
MEDIA	19.3%	24.4%	23.6%

7.6. Resultados de Todos los Escenarios

En Tabla 7-55 y Figura 7-92 y Figura 7-93 se presentan resumen de todos los escenarios.

Tabla 7-55. Resumen de Impactos en caudal (aumentos relativos a situación actual)

	URBANO TRADIC.	DUBI	AGRICOLA	INCENDIOS	CC
	E02	E03	E04	E05	E06
TR 5	113%	36%	49%	102%	19%
TR 50	93%	20%	30%	91%	24%
TR 100	81%	15%	27%	82%	24%

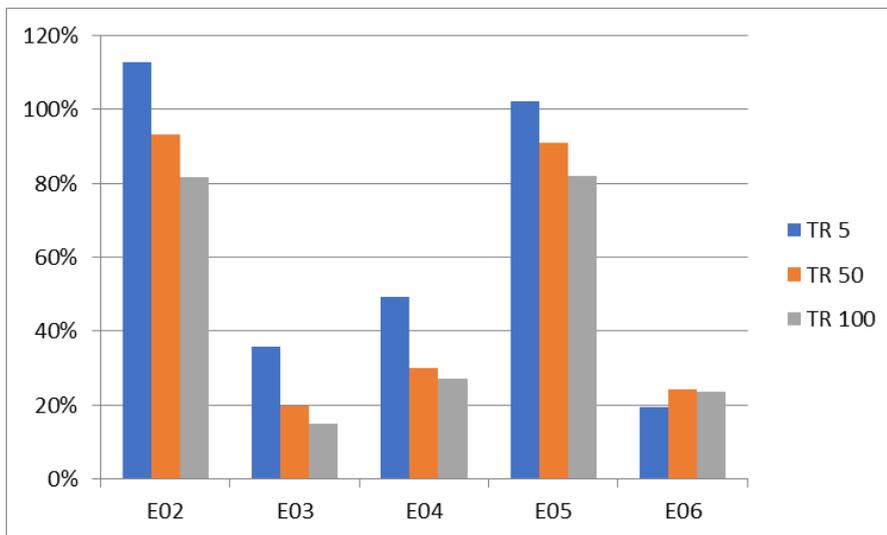


Figura 7-92 . Análisis multi-escenario, Impactos (aumentos promedios) de cada escenario

Comparación General (prom.) Caudales de Escenarios. 3 Recurrencias / 3 Posiciones de tormenta.

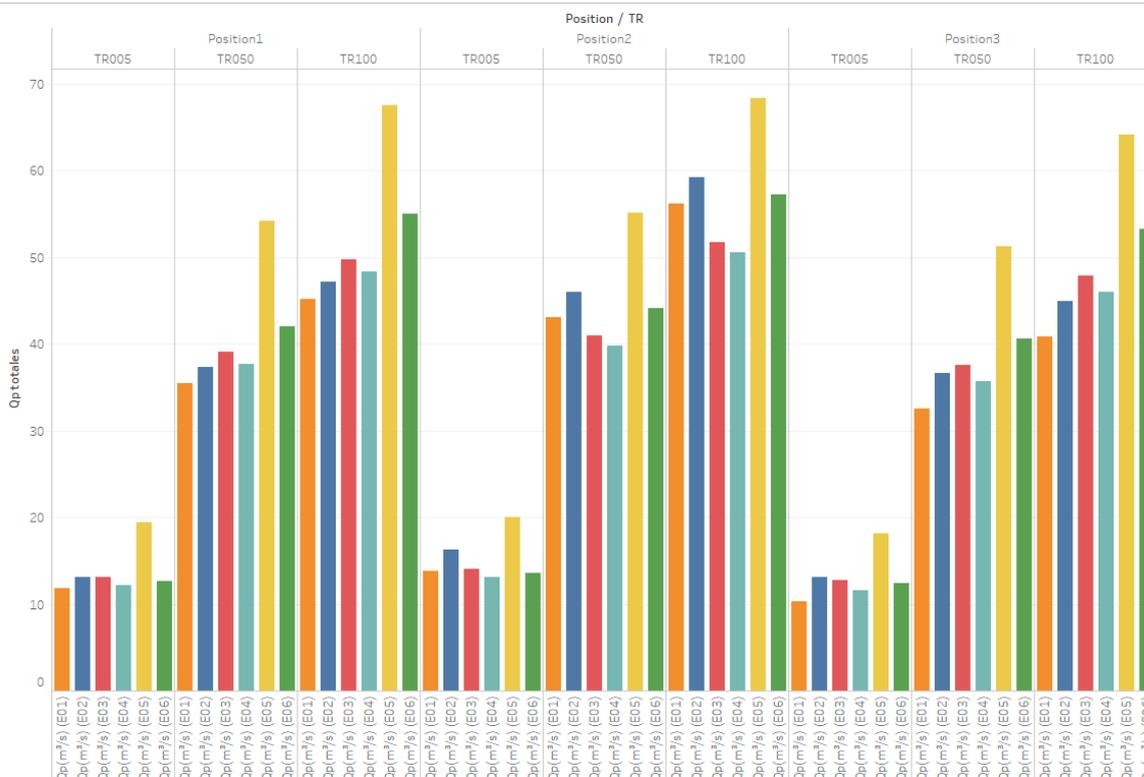


Figura 7-93 . Gráfica comparativa general de resultados Multi-Escenario



CAPÍTULO 8 : RESULTADOS DEL ANALISIS MULTI-CRITERIO

8.1. Mapa de Amenazas Aluvionales por Evaluación Multi-Criterio

En Anexo se presentan las láminas de cada variable utilizada, para toda el área bajo estudio y a una escala de impresión de 1:125.000. A modo de ejemplificación se considera la cuenca del Aº San Isidro para su entendimiento, donde se aprecia todos los niveles (o variables) utilizadas.

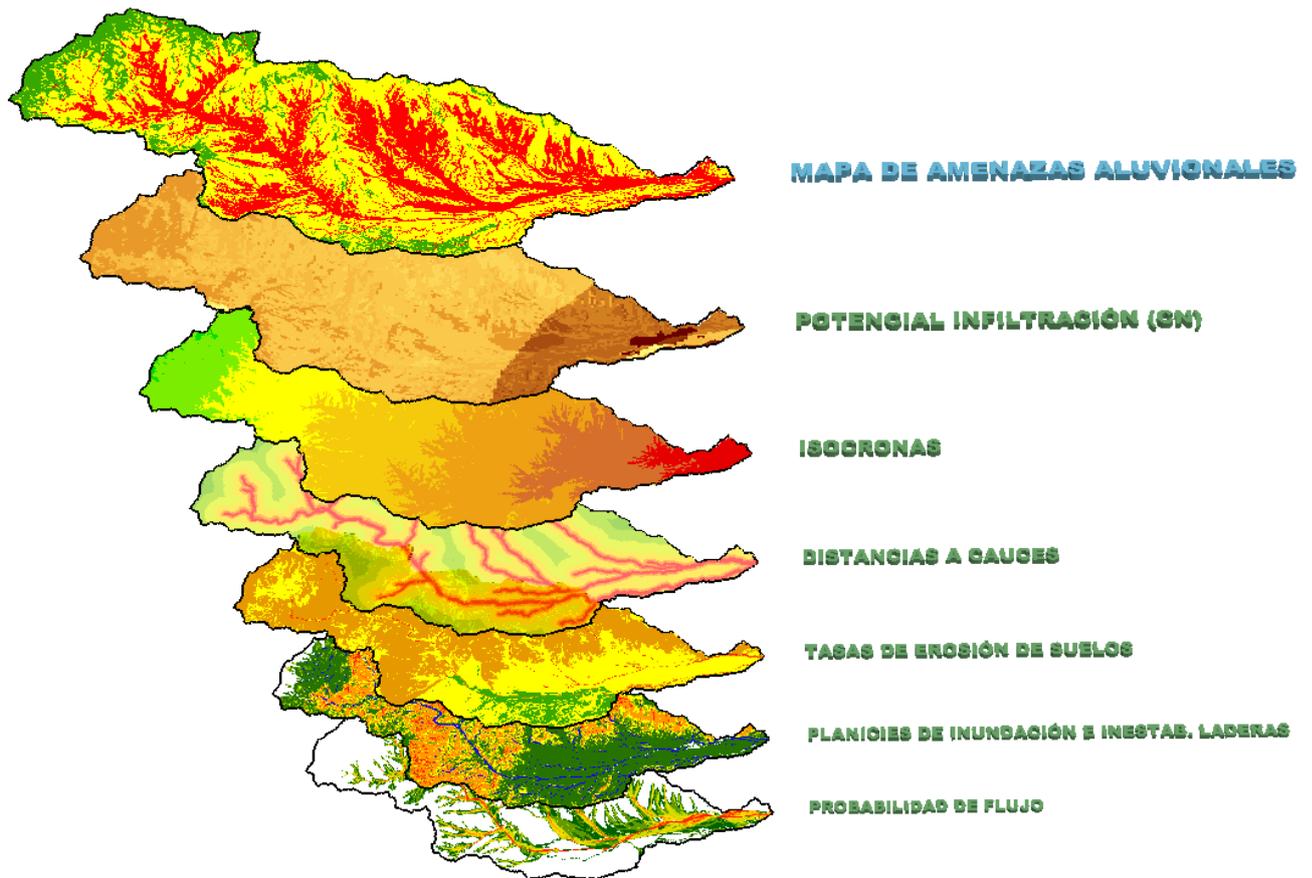


Figura 8-94 . Evaluación Multicriterio (EMC). Detalle de cuenca Aº San Isidro . Elaboración propia.

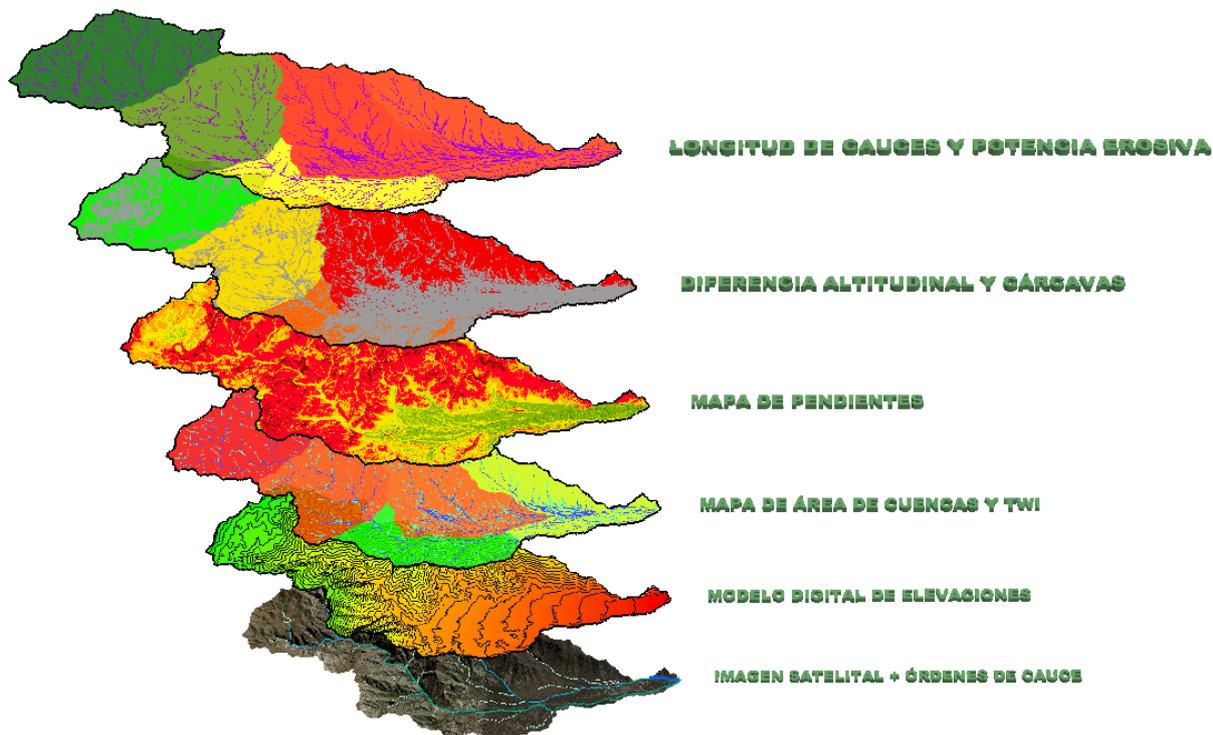


Figura 8-95 . (cont.) Evaluación Multicriterio (EMC). Detalle de cuenca Aº San Isidro . Elaboración propia.

El resultado del proceso de aplicación AHP para las 14 variables consideradas se sintetiza en un mapa de amenazas aluviales, el cual está clasificado en 4 clases:

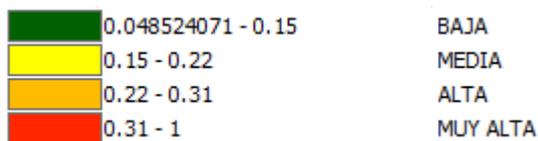


Figura 8-96 . Codificación de colores del mapa de amenazas aluviales

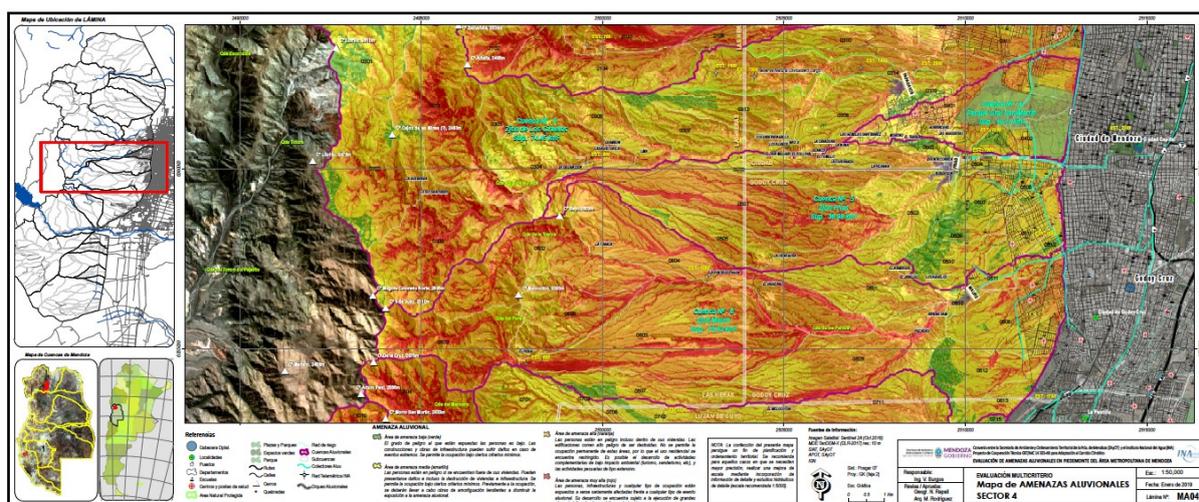


Figura 8-97 . Detalle del mapa de amenazas aluviales. Elaboración propia (se adjuntan en Anexo)

CAPÍTULO 9 : DIAGNÓSTICO LEGAL

9.1 Marco legal general

“Vivimos en una época peligrosa. El ser humano ha aprendido a dominar a la naturaleza mucho antes de haber aprendido a dominarse a sí mismo”, rezaba Albert Schweitzer, a mediados de la década de los cincuenta. Casi cincuenta años después, su frase puede revestir algún carácter profético en cuanto a que, en tal afán de dominación respecto a la naturaleza, como materia que ha de ser controlada para mantener el “crecimiento” lo ha llevado de ser un simple sujeto dentro de un sistema complejo a ser un configurador activo de la naturaleza, es decir, el hombre tiene la capacidad de alterar procesos biológicos y ecológicos que lo preceden y lo atraviesan. En este sentido, es tal impacto de dicha capacidad transformadora, que ya no es posible hablar de meros cambios, más bien del inicio de una nueva época geológica, conocida como: Antropoceno⁴.

Para el presente trabajo, resulta fundamental acudir a esta categoría como marco de referencia a fin de entender que todo proceso social, económico o jurídico que se ha planteado y se planteará, estará influenciado y en muchos casos direccionado por estas bases ontológicas. Ahora bien, desde esta idea inicial es posible revisar una de las prácticas que mayor impacto genera en el medio ambiente; es la diversidad y complejidad en los usos del suelo. No obstante, a efectos de esta investigación **solamente se analizará su forma de ocupación**, la cual se ve influenciada por factores como la densidad poblacional, el aumento de la capacidad adquisitiva de algunos sectores, el conocimiento de los límites naturales; geográficos y las pautas institucionales, dependiendo de cómo se combinen estos elementos podemos tender a una ocupación del territorio “sostenible”.

Sin embargo, dicha combinación no siempre puede darse como es el caso del Piedemonte mendocino cuyo modelo de ocupación y distribución del territorio ajeno a la morfología geográfica, y la inexistencia de límites claros desde las instituciones, ha devenido en insostenible, tanto social como ambientalmente.

Por naturaleza, la génesis del piedemonte está caracterizada por la acción sistemática de procesos aluvionales y por la acción erosiva de cauces temporales que drenan caudales con origen en lluvias estacionales y en fusión nívea de ocasionales nevadas sobre precordillera dando lugar a los niveles pedemontanos. Es en este sentido, el piedemonte es calificado como una unidad morfoestructural en constante dinamismo y actividad, actualmente exacerbado por los efectos del cambio climático. Agregar, que esté se caracteriza por procesos geotectónicos que están estructurando su zona distal. A este complejo sistema hay que sumarle el rol fundamental que ejerce la continua cubierta de vegetación, como sostén del suelo, disipador de crecidas y regulador de las escorrentías superficiales, a la vez de los innumerables servicios ecosistémicos tales como la producción de oxígeno y fijación de dióxido de carbono. En efecto, el avance urbano hacia este sector plantea grandes desafíos relacionados con el manejo ambiental, el ordenamiento del territorio y la gestión de los riesgos.

4 Término acuñado por Paul Crutzen y Eugen Stoermer. Este hace referencia a las consecuencias ambientales acumuladas a lo largo de los último tres siglos., por las actividades del hombre.

Siguiendo lo investigado por Elena Abraham (2005), la ocupación de esta área de alta fragilidad ambiental, por lo ya explicado, se inició a mediados de la década de los ochenta de manera espontánea en tierras fiscales, ubicadas en fallas geológicas, cauces aluvionales, desprovistas de servicios básicos como agua, electricidad o sistema cloacales. Posteriormente, en la década de los noventa, se consolida esta forma de ocupar el territorio, es decir, ajena a las condiciones morfológicas y ambientales de la zona, de la mano de operaciones de vivienda social, emprendimientos inmobiliarios y ocupaciones irregulares.

Dicho desarrollo no hubiera sido posible de existir mecanismos sólidos de control estatal con base en la normativa vigente. A su vez, la existencia de numerosas formas legales de diferente rango sobre el área, con distinta temporalidad en su sanción, generan confusión en la aplicación de las normas y errores o desconocimiento de los procedimientos administrativos correspondientes.

Entonces, el presente trabajo se va a centrar en el análisis de las formas legales preexistentes para proponer lineamiento para la elaboración futura de un código de ocupación, tomando como directiva la Ley 8051 y el Plan Provincial de Ordenamiento Territorial Ley 8999 de 2017.

Debido a la dinámica del asunto tratado, la metodología elegida para llevar adelante este trabajo se basó en la recopilación de datos provenientes de entrevistas y fuentes secundarias de información.

En primer lugar, documentación digital, principalmente leyes, decretos y reglamentos, obtenidas de los sitios oficiales (Tribunet, Infoleg, entre otros), las suministradas por el área legal del Instituto Nacional del Agua; diversos trabajos académicos y documentos elaborados en el Área de Coordinación de Políticas de Tierras perteneciente a la actual Secretaría de Ambiente y Ordenamiento Territorial del gobierno de la provincia de Mendoza. Se consultaron los proyectos de ley relativos al área de piedemonte existentes en la sección de Archivos Legislativos de la Honorable Cámara de Senadores de la Provincia de Mendoza.

En segundo lugar, entrevistas a informantes claves pertenecientes a los organismos involucrados en la temática tratada. Ellos son:

- Entrevista al Sr. Oscar Bollati perteneciente al Ente Provincial de Energía Eléctrica, quien facilita una serie de resoluciones internas del organismo respecto a las limitaciones que desde el Ente se establecen en relación con el abastecimiento de energía eléctrica en una zona de excepción para llevar a cabo loteos y/o fraccionamientos.
- Entrevista a la Arquitecta Laura Acquaviva, Gerente de Planificación Estratégica, del Ente Provincial de Agua y Saneamiento, quien en conjunto con la Agencia Provincial de Ordenamiento Territorial elaboraron la Resolución N°38/2016 sobre las limitaciones para el otorgamiento de factibilidades de servicios de agua y saneamiento en fraccionamientos o en loteos ubicados en zonas de excepción (como por ejemplo la definida por la Ley N° 5804);
- Entrevista y consulta al Ingeniero Pablo Rodríguez de la Dirección de Hidráulica, quien facilita el marco jurídico a partir del cual se plantean todas las estrategias del organismo como autoridad competente para regular los cauces aluvionales.

- Entrevistas a personal de la Dirección de Catastro, quienes facilitan la normativa que utilizan cuando se requiere controlar áreas del piedemonte.
- Entrevista al Sr. Sabino Ticera, responsable del área administrativa de la Comisión de Ambiente, Cambio Climático, Desastres Naturales, Territorio y Urbanismo de la Legislatura de Mendoza.
- Entrevista a la Arquitecta Érica Pullido de la Oficina de Planificación de la Municipalidad de Godoy Cruz, quien facilitó los lineamientos presentes y futuros que pretende seguir la Municipalidad respecto al Piedemonte.
- Entrevista con la Arquitecta Mónica Da Dalt de la Municipalidad de Luján de Cuyo quien expone los lineamientos de ocupación y planificación del Piedemonte para Luján de Cuyo sobre la base de los lineamientos establecidos en la Sentencia de la Corte Suprema de Justicia de Mendoza del año 2017, como también facilita la normativa actual utilizada para organizar el territorio del piedemonte.
- Entrevista con el personal del área de planificación de la Municipalidad de la Ciudad de Mendoza quien facilita la normativa que actualmente se utiliza.
- Entrevista al Lic. Pedro Noguera, Director de Planificación y Ordenamiento Territorial, de la Municipalidad de las Heras, para recabar información sobre la situación de la ocupación real y potencial de la zona de las Heras.

MARCO GENERAL NACIONAL	CONTENIDO RELACIONADO.
Constitución Nacional de 1994	<ul style="list-style-type: none"> ● Artículo 124: A las provincias les corresponde el dominio originario de los recursos naturales. ● Artículo 41: Se consagra el derecho a un ambiente sano equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras; y tienen el deber de preservarlo. Si se produce daño ambiental existe la obligación de recomponer. ● Artículo 42: Derechos de los consumidores (la gente que compra terrenos que no son aptos para habitar con su familia a gente que los vende en forma profesional). El derecho a la información violado es parte del “auge” del piedemonte. ● Artículo 43: Instaura la acción de amparo para presentar ante los Tribunales, por cualquier deterioro ambiental, siendo los legitimados el principal afectado, las asociaciones ambientalistas y el Defensor del Pueblo.
Constitución Provincial	<ul style="list-style-type: none"> ● Artículo 99, inc.6: A las Provincias les corresponde determinar las divisiones territoriales para el régimen administrativo. ● Artículos 186 a 196 Establece el Régimen de Aguas para la Provincia de Mendoza y la autoridad principal que la regula en el Departamento General de Irrigación.
Código Civil y Comercial de la Nación-	<ul style="list-style-type: none"> ● Art. 1 . Fuentes y aplicación. Importante artículo a los efectos de la interpretación y aplicación de las leyes inferiores. Las mismas deben estar en congruencia con la Constitución Nacional y Tratados Internacionales En materia ambiental, existen numerosos instrumentos que lo protegen. ● Art. 10 La ley no amparará el ejercicio abusivo de los derechos. ● Art.14- La ley no ampara el ejercicio abusivo de los derechos individuales cuando puedan afectar al ambiente y a los derechos de incidencia colectiva en general. ● Art. 235 Enumera los bienes pertenecientes al dominio público del Estado en particular en el inc. C refiere a las aguas que corren por cauces naturales, la definición de río y sus componentes y la línea de ribera. ● Art. 240 Límite al ejercicio de los derechos individuales sobre los bienes, en particular los de incidencia colectiva. ● Art. 1959 Definición de aluvión. ● Art. 1960 Cauce de río y determinación de la línea de ribera. ● Art. 1961 Avulsión. ● Nuevos derechos reales (P.H.E, Derecho de Superficie o Tiempo Compartido), las obligaciones y los contratos referidos al suelo, quedando a las provincias su aplicación. ● Art. 1711. Acción preventiva.

	<ul style="list-style-type: none"> • Art. 1723. Responsabilidad objetiva.
Código Penal	<ul style="list-style-type: none"> • Referido a la salud pública; el artículo 200: Será reprimido con reclusión o prisión de tres a diez años y multa de PESOS DIEZ MIL (\$ 10.000) a PESOS DOSCIENTOS MIL (\$ 200.000), el que envenenare, adulterare o falsificare de un modo peligroso para la salud, aguas potables o sustancias alimenticias o medicinales destinadas al uso público o al consumo de una colectividad de personas. • Artículo 172: Fraude. Se venden los terrenos engañando a gente que gusta de ser engañada.

9.2. Leyes específicas del ambiente

Leyes Nacionales			
Norma	Autoridad	Objeto	Contenido
Ley 1919/1887 Código de Minería y sus modificatorias Ley 24.585/1995	Las autoridades que las provincias determinen en el ámbito de su jurisdicción.	<p>Establece los lineamientos generales respecto a los cuales todas las industrias o agentes involucrados deben hacer caso.</p> <p>A nivel provincial, este determina los procedimientos.</p>	<p>Una de las condiciones que se exigen para este tipo de explotación es la relacionada con la conservación del ambiente.</p> <p>Se responde de manera solidaria ante el daño real y/o potencial en la zona.</p> <p>Dentro de las actividades que se desarrollen solo se permite la prospección, exploración, explotación y actividades de remediación ambiental.</p> <p>Se requiere la presentación de un Informe de Impacto Ambiental</p> <p>El incumplimiento de. procedimiento conlleva desde el apercibimiento, multas, cese de la actividad. Y en el caso que quepa responsabilidad por daños y perjuicio y penal.</p> <p>Protección del ambiente y la conservación del patrimonio natural y cultural, que pueda ser afectado por la actividad minera, se regirán por las disposiciones de este título.</p>

Ley 22.421/1981 Protección y Conservación de la Fauna Silvestre.	El Poder Ejecutivo Nacional y los de las provincias determinarán las autoridades que tendrán a su cargo la aplicación de las disposiciones de esta Ley en sus respectivas jurisdicciones.	Proteger la Fauna Silvestre en todo el territorio nacional.	Declara de interés público la fauna silvestre que temporal o permanentemente habita el Territorio de la República, así como su protección, conservación, propagación, repoblación y aprovechamiento racional. Establece que todos los habitantes de la Nación tienen el deber de proteger la fauna silvestre, conforme a los reglamentos que para su conservación y manejo dicten las autoridades de aplicación.
Ley 22.428/1991 Régimen legal para el fomento de la acción privada y pública tendiente a la conservación y recuperación de la capacidad productiva de los suelos.	Autoridades provinciales de aplicación.	Declarase de interés general la acción privada y pública tendiente a la conservación y recuperación de la capacidad productiva de los suelos	
Ley 24.051/1994 Residuos Peligrosos	El organismo de más alto nivel con competencia en el área de la política ambiental, que determine el Poder Ejecutivo.	Régimen General en el cual todo generador, transportador y eliminador debe incorporarse.	Se consideran residuos peligrosos, aquellos que generen un impacto negativo en el suelo, agua, la atmósfera o el ambiente en general. En el ámbito de la responsabilidad extracontractual, no es oponible a terceros la transmisión o abandono voluntario del dominio de los residuos peligrosos. El dueño o guardián de un residuo peligroso no se exime de responsabilidad por demostrar la culpa de un tercero de quien no debe responder, cuya acción pudo ser evitada con el empleo del debido cuidado y atendiendo a las circunstancias del caso. La responsabilidad del generador por los daños ocasionados por los residuos peligrosos no desaparece por la transformación, especificación, desarrollo, evolución o tratamiento de éstos, a excepción de

			aquellos daños causados por la mayor peligrosidad que un determinado residuo adquiere como consecuencia de un tratamiento defectuoso realizado en la planta de tratamiento o disposición final.
Ley 25.675/2002 Ley General del Ambiente	Sec. De Ambiente y Desarrollo Sustentable, a nivel nacional, según se fijó por Decreto del Poder Ejecutivo N.º 481/2003	Fija la política nacional en materia de protección ambiental, principios de política ambiental, la definición de presupuesto mínimo y la definición, alcances y consecuencias del daño ambiental.	<p>Art. 4. Enumera los principios rectores de política ambiental siendo el principio de congruencia, precaución, prevención, el de equidad intergeneracional y el de progresividad como los más destacados.</p> <p>Art.8 Prevé 6 instrumentos básicos que deben ser tenidos en cuenta en la generación de la política y la gestión ambiental, tales como el ordenamiento ambiental del territorio, la EIA, control sobre actividades antrópicas, sistemas de gestión e información ambiental, educación ambiental y régimen de promoción del desarrollo sustentable.</p> <p>Participación ciudadana.</p> <p>Artículo 16.- Las personas físicas y jurídicas, públicas o privadas, deberán proporcionar la información que esté relacionada con la calidad ambiental y referida a las actividades que desarrollan.</p> <p>Artículo 28.- El que cause el daño ambiental será objetivamente responsable de su restablecimiento al estado anterior a su producción. En caso de que no sea técnicamente factible, la indemnización sustitutiva que determine la justicia ordinaria interviniente deberá depositarse en el Fondo de Compensación Ambiental que se crea por la presente, el cual será administrado por la autoridad de aplicación, sin perjuicio de otras acciones judiciales que pudieran corresponder.</p>
Ley 25.670/2002 Ley sobre PCBs.	El organismo de la Nación de mayor nivel jerárquico	La presente ley establece los presupuestos mínimos de protección ambiental para la	

	con competencia ambiental	gestión de los PCBs, en todo el territorio de la Nación en los términos del artículo 41 de la Constitución Nacional.	
Ley 25612/2002 Residuos Industriales	El área con competencia ambiental que determine el Poder Ejecutivo.	Los presupuestos mínimos de protección ambiental sobre la gestión integral de residuos de origen industrial y de actividades de servicio, que sean generados en todo el territorio nacional, y sean derivados de procesos industriales o de actividades de servicios.	
Ley 25.688/2002 Ley Régimen de Gestión del Ambiental de Aguas	La autoridad competente en materia de recursos hídricos	Establece los presupuestos mínimos ambientales para la preservación de las aguas, su aprovechamiento y uso racional. No se encuentra reglamentada.	Parte del supuesto de la gestión integral de los recursos hídricos para lo cual sostiene la unidad de cuenca como punto de partida para la unidad de gestión y administración. Crean los organismos de cuenca. La utilización y aprovechamiento del agua se entiende desde la toma y desviación de los flujos de aguas superficiales hasta el estancamiento, la profundización y la desviación de aguas subterráneas. Desde Nación se determina los porcentajes de contaminación que se permiten y en especial en zonas donde el recurso es escaso.
Ley 25.743/2003 Protección del Patrimonio Arqueológico	El organismo que será la autoridad de aplicación en materia paleontológica funcionará dentro del área de la Secretaría de Ciencia y Tecnología.	La preservación, protección y tutela del Patrimonio Arqueológico y Paleontológico como parte integrante del Patrimonio Cultural de la Nación y el aprovechamiento científico y cultural del mismo.	

<p>Ley 25.831/2004 Régimen de Libre Acceso a la información ambiental pública.</p>	<p>Las autoridades competentes nacionales, provinciales y de la Ciudad de Buenos Aires,</p>	<p>Información Pública</p>	<p>La presente ley establece los presupuestos mínimos de protección ambiental para garantizar el derecho de acceso a la información ambiental que se encontrare en poder del Estado, tanto en el ámbito nacional como provincial, municipal y de la Ciudad de Buenos Aires, como así también de entes autárquicos y empresas prestadoras de servicios públicos, sean públicas, privadas o mixtas.</p>
<p>Ley 25.916/2004 Ley de Presupuestos Mínimos para la Gestión Integral de Residuos Domiciliarios</p>	<p>Autoridad de aplicación, en el ámbito de su jurisdicción, el organismo de mayor jerarquía con competencia ambiental que determine el Poder Ejecutivo nacional.</p>	<p>Establece presupuestos mínimos de protección ambiental para la gestión integral de residuos domiciliarios. Disposiciones generales. Autoridades competentes. Generación y Disposición inicial. Recolección y Transporte. Tratamiento, Transferencia y Disposición final. Coordinación interjurisdiccional. Autoridad de aplicación. Infracciones y sanciones.</p>	<p>Se estableció un plazo de 15 años para adecuar las disposiciones de esta ley a todos los niveles involucrados.</p>
<p>Ley 26.331/2007 Bosques Nativos.</p>	<p>Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable o el organismo de mayor jerarquía con competencia ambiental que en el futuro la reemplace.</p>	<p>Proteger los diversos tipos de bosques que se encuentran en el país.</p>	<p>Establece los presupuestos mínimos de protección ambiental para el enriquecimiento, la restauración, conservación, aprovechamiento y manejo sostenible de los bosques nativos. Exige la realización de un EIA para el desmonte de bosques nativos e indica audiencia pública para cada uno de ellos. Atento que la definición de “desmonte” y de “emprendimiento” que requieren autorización es muy amplia y a que la empresa utiliza el desmonte sólo como complemento de sus operaciones, esperamos una precisa reglamentación para su aplicación previa.</p>

			Con la Sentencia de Dinos Sala de la Corte Suprema de Justicia de la Nación se incorpora la figura de la Evaluación Ambiental Estratégica, en cuanto a los impactos acumulados.
Ley 26.562/2009 Ley de presupuestos mínimos de protección ambiental para el control de actividades de quema	Autoridades competentes locales de cada jurisdicción	Control de actividades de quema para prevenir incendios, daños ambientales y riesgos para la salud y la seguridad públicas. Se debe solicitar autorización para la quema.	Art. 4. Las autoridades competentes de cada jurisdicción deberán establecer condiciones y requisitos para autorizar la realización de las quemas, que deberán contemplar; al menos, parámetros climáticos, estacionales, regionales, de preservación del suelo, flora y fauna, así como requisitos técnicos para prevenir el riesgo de propagación del fuego y resguardar la salud y seguridad públicas.
Ley 28711/2012 Ley de Manejo del Fuego	Es Autoridad Nacional de Aplicación de esta ley la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación o el organismo que la reemplace	ley establece los presupuestos mínimos de protección ambiental en materia de incendios forestales y rurales en el ámbito del territorio nacional.	Art.2 La presente ley se aplica a las acciones y operaciones de prevención, presupresión y combate de incendios forestales y rurales que quemen vegetación viva o muerta, en bosques nativos e implantados, áreas naturales protegidas, zonas agrícolas, praderas, pastizales, matorrales y humedales y en áreas donde las estructuras edilicias se entremezclan con la vegetación fuera del ambiente estrictamente urbano o estructural. Asimismo alcanza a fuegos planificados, que se dejan arder bajo condiciones ambientales previamente establecidas, y para el logro de objetivos de manejo de una unidad territorial.
Ley 27.287/ 2016 Del Sistema Nacional para la Gestión Integral del Riesgo y la Protección Civil Dto. Regl. 1114/16	El Poder Ejecutivo nacional designará la autoridad de aplicación de la presente ley.	Prever la protección integral de las personas, las comunidades y el ambiente ante la existencia de riesgos.	Ofrece la definición de determinados conceptos, tales como: alarma, alerta, mitigación, etc. Los organismos encargados a nivel nacional son: Consejo Nacional para la Gestión Integral del Riesgo y la Protección Civil, el Consejo Federal de Gestión Integral del Riesgo y la Protección Civil. Su funcionamiento es de manera independiente.

			Se compone de una secretaria ejecutiva dependiente de la presidencia del consejo, la cual lleva adelante las siguientes funciones: Celebrar convenios; proponen cooperación, etc.
REQUERIMIENTOS A NIVEL PROVINCIAL			
Ley 1372/1936		Regulación de las ciudades de más de 10.000 habitantes.	
Ley 2863/1961 Vialidad	Dirección Provincial de Vialidad	Adhesión a la ley nacional 15.274.	
Ley 3080/1964 Aprovechamiento industrial para cloacas.		Construcción de Conjunto Industrial para aprovechamiento de cloacas e industrialización de basura en Las Heras	
Ley 4341/1979	Dirección Provincial de Catastro	Lotes y Fraccionamiento de terrenos con características urbanas y semiurbanas con o sin edificación.	<p>El proponente debe presentar a la administración:</p> <p>Inscripción de dominio.</p> <p>Propuesta profesional de Agrimensores, Arquitectos.</p> <p>Situación de los servicios y medios de transporte- El Consejo de Loteos es el encargado de determinar las actuaciones.</p> <p>El poder ejecutivo es el que aprueba el lote definitivo, previo dictamen del Consejo de Loteos.</p> <p>Los lotes deberán ser regulares, lados no menores a 10 m; No se permiten Lotes de menos de 200 m, en caso de zonas como el Piedemonte los lados no pueden ser menores a 12 m.</p> <p>No se aprobarán lotes que no cuenten con los servicios básicos, tales como agua y las cloacas.</p> <p>Cuando el parcelamiento se solicite de terrenos de 5000 m² o menores – El lado mínimo de los lotes no puede ser menor de 7 m, con superficies. Si el lote es interno debe presentar una distancia de 20 metros respecto a las calles de acceso.</p>

			Respecto al IPV, todo emprendimiento debe contar con las exigencias de los servicios públicos. Manifiestar fehacientemente las imposibilidades, si las hubiera, de no poder cumplir con los requisitos de lotes y parcelamiento. Ante los incumplimientos se prevén multas.
Ley 4386/1976 Conservación Fauna Silvestre.	Dirección de Bosques y Parques Provinciales	Conservación de Fauna Silvestre; prohibición de caza.	Declaración de Interés Público a la conservación, explotación, repoblación y protección. Modificada por la Ley 4560
Ley 4416/1980 Ley de Obras Públicas.		Procedimiento de Licitación de Obras Públicas a utilizarse en la provincia de Mendoza.	Art. 1. Aplica a las construcciones , conservaciones, instalaciones, modificaciones, restauraciones, servicios de industria y trabajos en general que realizara la Provincia y sus Municipalidades, por sí o por intermediario. Incluye a entes centralizados y descentralizados.
Ley 4481/1980 Convenio de cooperación entre poder ejecutivo provincial y el Instituto de Ciencias y Técnica Hídricas	Poder Ejecutivo Provincial.	Convenio de Cooperación para estudios hidráulicos en la provincia de Mendoza.	
Decreto- Ley 4609/1981 Ley de Preservación y Conservación de la Fauna Autóctona	Dirección de Bosques y Parques Provinciales	Adhesión a la Ley Nacional.	
Ley 4597/1981	Autoridades Provinciales.	Adhesión a la Ley Nacional 22428 Fomento de la Conservación y de la recuperación de la capacidad productiva del suelo	
Ley 4711/1982 Ley de Tierras fiscales	Secretaria de Ambiente y Ordenamiento Territorial	Adjudicación de tierras fiscales.	

<p>Ley 4.902/1983 Creación de reserva natural Divisadero Largo.</p>	<p>Dirección de Recursos Naturales.</p>	<p>Creación de la Reserva Natural Divisadero Largo</p>	<p>Declaración de dominio público de la Reserva. Como objetivo general de preservar las características del ambiente y sus restos fósiles. El objetivo específico es conservar en óptimo estado el paisaje de singulares características y la posibilidad que brinda el mismo de interpretar los fenómenos geológicos.</p>
<p>Ley 4778/1983 Promoción turística en montaña</p>		<p>Régimen promoción turística de montaña</p>	<p>Se determinan los beneficiarios. Modificada parcialmente por la ley 5318.</p>
<p>Ley 5753/1991 Plan de Reforestación</p>	<p>Poder ejecutivo, a través del organismo especializado.</p>	<p>Elaboración de un plan de reforestación.</p>	
<p>Ley 5961/1992 Ley de provincial de Ambiente y decreto reglamentario 2109/94</p>	<p>Secretaría de Ambiente y Ordenamiento Territorial</p>	<p>La presente ley tiene por objeto la preservación del ambiente en todo el territorio de la provincia de Mendoza, a los fines de resguardar el equilibrio ecológico y el desarrollo sustentable, siendo sus normas de orden público</p>	<p>Todos los proyectos de obras o actividades capaces de modificar, directa o indirectamente el ambiente del territorio provincial, deberán obtener una declaración de impacto ambiental (D.I.A.), expedida por el Ministerio de Medio Ambiente, urbanismo y vivienda o por las municipalidades de la provincia, quienes serán la autoridad de aplicación de la presente ley, según la categorización de los proyectos que establezca los anexos. A los efectos de obtener la D.I.A., el proponente de las obras o proyectos deberá presentar ante el Ministerio de Medio ambiente, urbanismo y vivienda o el municipio jurisdiccionalmente competente, la correspondiente manifestación general de impacto ambiental. Anexo I presenta una lista de los proyectos o emprendimientos sujetos a evaluación. Con carácter previo a la Manifestación General de Impacto, se puede presentar el Aviso de Proyecto con arreglo a los requisitos del artículo siguiente, solicitando</p>

			<p>de la Autoridad de Aplicación una declaración en la cual, previa evaluación sumaria del posible impacto magnitud y/o carácter interjurisdiccional del proyecto, se puede exceptuar al mismo de cumplir con el procedimiento establecido en este Decreto para obtener la Declaración de Impacto Ambiental.</p> <p>Esta Ley se ha visto modificada en las siguientes ocasiones:</p> <p>Con la Ley 6649/1998 que establece que quedaran sujetos al proceso de Evaluación de Impacto Ambiental: Administración de Agua servidas urbanas y suburbanas; construcciones de gasoductos, oleoductos y otro conductor de energía; conducción y tratamiento de aguas.</p> <p>Ley 6686/1999 que establece que las personas físicas podrán denunciar ante la Fiscalía de Estado todas las vulneraciones en materia ambiental que se produzcan, dando intervención al Ministerio de Ambiente y Obras Públicas para que en un plazo de 10 días redacte un informe con los impactos.</p> <p>Ley 6866/2001 por la cual se establece la incorporación de las antenas de telecomunicaciones a los proyectos que deben ser sometidos a la EIA.</p> <p>Ley 8023/2009 por la cual, todos los proyectos de obras o actividades emplazadas en el área de influencia de embalses de agua y lagunas que, por sus características, puedan modificar en forma significativa el equilibrio ecológico</p>
Ley 5970/1992 Ley de Basurales	Secretaría de Ambiente y Ordenamiento Territorial	Erradicación de Basurales a cielos abierto y vuelco.	Municipalidades por medio de procesos de estabilización.

			<p>Se podrán solicitar informes técnicos sobre la viabilidad de crear un sistema integral de residuos.</p> <p>Se articulan una serie de instrumentos interjurisdiccionales.</p>
<p>Ley 6086/1993 Ley de Arraigo de Puesteros</p>	<p>Ministerio de Gobierno</p>	<p>Programa de Promoción de Arraigo de puesteros de tierras no irrigadas provincia de Mendoza</p>	<p>Crease el Consejo Provincial de Arraigo de Tierras no irrigadas.</p> <p>Promoción de saneamiento de título</p> <p>Determinación de los inmuebles y sujetos comprendidos en esta ley.</p> <p>Prorrogada por leyes: 6974/2002; 7333/2005; 6753/2000; 6974/2002; 6381/1996.</p>
<p>Ley 6045/1993 Ley de Flora y Fauna Silvestre</p>	<p>Secretaria de Ambiente y Ordenamiento Territorial, a través de la Dirección de Recursos Naturales y Renovables.</p>	<p>Régimen de Áreas Naturales Provinciales Animales Silvestres</p>	<p>Sigue los lineamientos de la Ley Nacional 22.351.</p> <p>Conservar la Fauna y Flora autóctona.</p> <p>Establecer y promover áreas naturales cerca de los centros urbanos.</p> <p>Prohibir cualquier tipo de extracción o de uso de los recursos naturales insostenibles o depredador</p>
<p>Ley 6099/1993 Ley de Prevención y Lucha contra los incendios en zonas rurales</p>	<p>Secretaria de Ambiente y Ordenamiento Territorial</p>	<p>Declarase de interés provincial la prevención y lucha contra incendios en zonas rurales bajo riego y de secano y/o todas las acciones que se dispongan a tales efectos</p>	<p>Promover, auspiciar u organizar estudios técnicos apropiados para conocer el comportamiento del fuego en nuestros sistemas naturales, evitar siniestros y recuperar los predios afectados;</p> <p>Organizar consorcios para la prevención y extinción de incendios, pudiendo delegar en los mismos en forma total o parcial las tareas inherentes, etc.</p>
<p>Ley 6090/1993 Minería</p>	<p>Ministerio de Infraestructura, Energía y Minería.</p>	<p>Adhesión a la ley y reglamentación de la ley nacional</p>	

Decreto Reglamentario 2109/1994	Secretaría de Ambiente y Ordenamiento Territorial	Reglamenta la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental	La unidad de evaluación ambiental es el organismo encargado de llevar a cabo el procedimiento administrativo. Determina cuales son los proyectos de media y gran envergadura que pueden estar sometidos a los Avisos de Proyecto o Manifestación de Impacto en sus anexos.
Ley 6245/1994 Zonas de fragilidad ambiental (observada por Decreto 90/95)	Secretaría de Ambiente y Ordenamiento Territorial.	Proteger zonas de alta fragilidad ambiental	Declaración de interés público a la conservación, protección de especies de la flora y la fauna, medio ambiente y recursos naturales. Relación con uso de vehículos en la zona.
Ley 6256/1195 Inventario de Bosques	Ministerio de Medio Ambiente, Urbanismo y Vivienda y su dirección de Recursos Naturales renovables	Modificación de la -Ley 5733- Inventario Forestal Recursos Naturales, Medio Ambiente.	Modifica la Ley 5733/1991 Inventario de Bosques
Ley 6394/1996 Declaración del Parque General San Martín como área protegida	Administración de Parques y Paseos Públicos	Declaración del Parque General San Martín como área protegida	Finalidad la de ordenar y llevar adelante una correcta gestión, administración y planificación ambiental, de los recursos naturales culturales existentes. Conservación de las distintas especies de flora y fauna, y de sus recursos paisajísticos y culturales. Educación y formación de carácter ambiental Fomento de un uso racional por parte de la población a fin de obtener un mejor aprovechamiento. Usos comunes o especiales
Ley 5917/ 2000 Régimen Provincial adhesión a la ley de Residuos Peligrosos.	Secretaría de Ambiente y Ordenamiento Territorial	Régimen de Adhesión a la ley nacional de residuos peligrosos	
Ley 6776/2000 Viviendas del IPV	Instituto Provincial de la Vivienda	Regularización del procedimiento administrativo para la	Viviendas financiadas con fondos del FO. NA.VI o con recursos provinciales o nacionales.

		escrituración de títulos de viviendas de IPV.	No se aplica cuando se trata de viviendas otorgadas por el Instituto Provincial de la Vivienda, en comodato u otras formas similares de préstamo.
Resolución N.º 1065/2000	Dirección de Recursos Naturales Renovables,	Creación de la Reserva Natural Privada Villavicencio.	Con los objetivos de proteger los ecosistemas naturales y las especies de flora y fauna nativa del Piedemonte del este de la Precordillera; preservar los recursos hídricos de la contaminación antrópica, en particular los cursos de recarga y los acuíferos subterráneos de agua mineral natural y proteger el conocimiento del patrimonio arqueológico e histórico de la región.
Ley 6932/2001 Mejoramiento de Barrios		Autorice al Poder Ejecutivo a suscribir con la nación un contrato de préstamo subsidiario destinado a la obtención de financiamiento del Programa de Mejoramiento de Barrios.	Modifica la Ley 6847/2000 Mejoramiento de Barrios
Ley 6957/2001 Formación de Consorcio de Municipalidades para la gestión de residuos sólidos.	el Ministerio de Gobierno de la Provincia de Mendoza.	Autorización para conformar consorcios en materia de gestión de residuos sólidos	Modificada parcialmente por la Ley 7.804
Ley 7029/2002 Restricciones a la construcción en cauces aluvionales	Dirección de Hidráulica Departamento General de Irrigación	Limitación administrativa a la construcción.	Observada en su totalidad por Decreto 1178/02, BO 20/09/02). Esto quiere decir que no se encuentra vigente por el veto del Poder Ejecutivo. Imponer en las propiedades públicas o privadas del territorio de la Provincia que limiten o contengan cauces aluvionales determinados por la reglamentación de la presente Ley o sus modificatorias, una restricción administrativa de no construir, no implantar ningún tipo de vegetales o colocar algún obstáculo que impida o limite la libre circulación en ambas márgenes de los

			cauces, dentro de una franja cuyo ancho será fijado por la Dirección de Hidráulica.
Ley 7024/2002 Adhesión a la Ley Nacional de inversiones de minería	Secretaría de Minería de la Nación o el organismo que lo reemplace.	La Provincia de Mendoza adhiere en todos sus términos a la Ley Nacional N° 25.161, en cuanto incorpora el Art. 22 Bis a la Ley Nacional N° 24.196, de Inversiones Mineras.	
Ley 7175/2003 Erradicación de Barrios Marginales	Instituto Provincial de la Vivienda	La presente Ley tiene como objeto el ordenamiento territorial en relación a la erradicación de asentamientos inestables ubicados en el territorio de la Provincia de Mendoza.	
Ley 7238/2004 Subsidios antes de situaciones de catástrofes		Subsidios	Reglamentar y autorizar el otorgamiento de subsidios no reintegrables, subsidios reintegrables o préstamos subsidiados, con el objeto de hacer frente a situaciones de emergencia o catástrofe social individual o colectiva, a la atención de grupos sociales vulnerables o a requerimientos de promoción de la organización social para el desarrollo humano, en la realización de políticas socio económicas y en la autogestión de servicios de interés social
Ley 7308/2004 Modificación de la Ley 4602 de adhesión a la Ley Nacional 22421.	Dirección de Recursos Naturales Renovables	Modificación a la ley de adhesión.	
Ley 7722/2007 Ley de Prohibición de sustancias químicas.	Ministerio de Ambiente y Obras Públicas	Prohibición de Sustancias Químicas	Proteger los recursos naturales. El uso de sustancias químicas como cianuro, mercurio, ácido sulfúrico, y otras sustancias tóxicas similares en los procesos mineros metalíferos de cateo, prospección,

			<p>exploración, explotación y/o industrialización de minerales metalíferos obtenidos a través de cualquier método extractivo.</p> <p>El Departamento General de Irrigación debe llevar a cabo un control.</p> <p>La autoridad administrativa deberá identificar los daños ambientales que puedan existir y/o que se produzcan en el futuro con causa en la actividad minera, a efectos de exigir administrativamente la remediación del daño, o en su defecto requerir la misma según el procedimiento judicial que regula la Ley 25.675.</p>
Ley 7751/ 2007 Plan de Mejoramiento de Viviendas.	Instituto Provincial de la Vivienda	Loteos y fraccionamientos comprendidos en el programa de mejoramiento de barrios (PRO.ME.BA.), programa federal de mejoramiento de viviendas "mejor vivir" y programa federal de construcción de viviendas.	<p>Es aplicable a todos aquellos lotes o fraccionamientos que no puedan incluirse dentro de las leyes antes mencionadas.</p> <p>Excepciona la aplicación de la ley 4886.</p> <p>Para poder gozar de los beneficios de la ley se requiere o bien actos posesorios previos a la ley o bien constancia domiciliaria.</p> <p>El fraccionamiento o loteo será el resultante de las mensuras realizadas por las autoridades</p>
Ley 8195/2010 Ley Provincial de Bosques Nativos	Secretaria de Ambiente y Ordenamiento Territorial	Ordenamiento de Bosques Nativos.	Se ajusta a las disposiciones de la Ley de Presupuestos Mínimos de Bosques Nativos 26331 y las leyes 59061; 8051, etc.

9.3. Marco jurídico municipal

9.3.1. Municipalidad de la Ciudad de Mendoza

<p>Ordenanza 3505/2002 Crear Nuevas Secciones al Oeste de Avenida Boulogne Sur Mer.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Con el objeto de optimizar la administración del territorio se establece la división política del mismo. ● Se crea de este modo el área del Piedemonte en creciente desarrollo, definiendo zonas homogéneas con características propias. ● La sección 12 es la del Piedemonte entendido desde la Heras hasta Godoy Cruz.
<p>Ordenanza 3522/2003 Planificación Urbana para obras de urbanización de lotes con cunetas, cordones en terrenos con pendientes mayores a 2% para estudios de desagües.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● En las obras de urbanización de loteos, se permitirá el reemplazo de las cunetas por cordón-banquina y/u otro dispositivo similar que tenga por objetivo el escurrimiento del agua, cuando la pendiente dominante del terreno sea superior al 2%. ● El estudio del desagüe del loteo deberá estar previamente aprobado por la Dirección de Hidráulica de la Provincia.
<p>Ordenanza 3671/2006 Prohibición la Construcción de Viviendas en el Piedemonte sin antes no contar con un colector de agua cloacal.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Prohíbese en toda la zona del piedemonte correspondiente al Departamento de Capital la construcción de viviendas, cualesquiera sean sus características, que no posean servicios de cloacas o conexión y/o instalación a red colectora cloacal, como así también defensas aluvionales suficientes para evitar perjuicios a los pobladores aguas abajo. ● De no seguirse estas indicaciones se procederá a la paralización. ● Los barrios ya construidos tienen un plazo de un año.
<p>Ordenanza 3866/2014 De las modificaciones del capítulo V.III del Código Urbano y Edificación de la Ciudad de Mendoza</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● No se refiere al Piedemonte en sentido estricto, sino más bien a la zona del Oeste del Gran Mendoza. ● El mismo está sometido a un régimen especial de las leyes 5804 sobre el Piedemonte; la Ley 4886 sobre loteos y Fraccionamiento y la ley 3776 de tierras fiscales. ● También hace referencia a determinados barrios como el “Flores” cito en el Parque San Martín y establece hacia el oeste de este barrio un uso residencial.
<p>Ordenanza 3889/2015 Declaración de Reserva e Intereses Público Municipal el Ordenamiento Territorial del Oeste Pedemontano.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Por la cual se declara de Reserva e Interés Público Municipal el Ordenamiento Urbano y Territorial del Oeste Pedemontano Capitalino en Zona no Regulada por la Normativa Municipal. ● Prohíbese la construcción de loteos o construcciones individuales particulares y/o cualquier tipo de asentamientos o radicaciones dentro de la zona delimitada en el Artículo anterior.

<p>Ordenanza 3944/2018 Proyecto de Modificación de Ordenanza: Código de Edificación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Se desea lograr un desarrollo urbano homogéneo re densificando los vacíos urbanos. ● Para ello hay que modificar conceptos, afianzar y desarrollar otros. ● Deroga la Ordenanza 3888/ 2015 relativa a la planificación urbanística de la zona residencial comercial de la ciudad de Mendoza. ● Deroga los Artículos 4º y 5º de la Ordenanza N.º 3272/95, derivando ello que aquellas zonas con zonificación especial o particular quedan sometidas a un régimen común. (TERRENOS ESTACIÓN DE PASAJEROS Y CARGA DEL FFCC.)
--	--

9.3.2. Municipalidad de Luján de Cuyo

<p>Código de Edificación de la Municipalidad de Lujan Ordenanza 36/1970</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● El presente código no incorpora el concepto de Piedemonte. ● Incorpora una zonificación dependiendo de los usos del suelo, a saber: zona comercial, zona residencial, zona residencial mixta, zona de reserva urbana y zona urbana y de extensión urbana. ● En esta última puede incluirse lo que hoy entendemos como Piedemonte. ● En esta zona se prohíbe parcelar o lotes urbanos que se hallen fueran del radio determinado por la normativa. ● Toda nueva urbanización y parcelamiento de terreno dentro del Departamento de Lujan, cuya superficie de loteo no corresponda a una unidad económica agrícola y que pueda suponer el asentamiento de una urbanización se deberá atender a la normativa específica y teniendo presente la factibilidad en infraestructuras.
<p>Ordenanza 1517/1999 Normas Urbanísticas Especiales</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Que la Ordenanza N.º 1517-99, surge del estudio de la realidad de Luján y de la comparación con la antigua Ordenanza Reglamentaria N.º 232-87 y sus modificatorias. ● Plantea la zonificación del área: Rural 1; Rural 2; Residencial mixta 1 y 2; Residencial; Industrial Agrícola; Extensión Urbana Residencial y Agroturismo. ● En la Zona Rural 2 se permite la realización de loteos cerrados y abiertos para la posterior urbanización. ● Ordena el tamaño mínimo de las parcelas, siendo éstas de 2000 m² en la zona rural 2 y 5000 m² en la zona rural 1, lo que nos indica que hay un mayor fraccionamiento de propiedades en la zona rural 2, mientras que en la zona1 se mantiene el tamaño de las parcelas. ● Que las fracciones deben tener como mínimo 1.500 m² (Mil Quinientos Metros Cuadrados) de superficie y 25 m (Veinticinco Metros) de frente, con retiros frontales de 6 m (Seis Metros) laterales y posteriores de 5 m (Cinco Metros).

	<ul style="list-style-type: none"> • Que, para la utilización de parcelas para viviendas, su uso es condicionado a que el propietario asuma la responsabilidad de vivir en la Zona de Control Ambiental, mediante la firma de una declaración jurada expresa, según se prevé en el punto V.5.8., de la Ordenanza N.º 1517/99. Que la Zona de Control Ambiental 1, tiene un ancho promedio de 3.000 metros (tres mil metros) aproximadamente.
Ordenanza 1517/2000	<ul style="list-style-type: none"> • Modificación en los límites de las Zonas de Reserva Ambiental 1; Zona de Control Ambiental.
Ordenanza 1517/2001	<ul style="list-style-type: none"> • Modifica nuevamente los límites de las zonas antes descritas.
Ordenanza 3910/ 2004	<ul style="list-style-type: none"> • Establece los límites de la Zona Residencial 2, en la que el lote mínimo debe poseer al menos 500 m² de superficie y 12 m de lado menor, según lo dispuesto por las Normas Urbanísticas Especiales de la Ordenanza Ni 1517/99.
Ordenanza 2578/2017	<ul style="list-style-type: none"> • Se ratifica y proroga el Decreto 1961/2015 por el cual se suspende por 12 meses por 12 meses o hasta tanto culmine el plan de ordenamiento territorial de la zona alcanzada por el mismo. No obstante, aquellos proyectos que hayan iniciado su tramitación podrán, a los fines de su continuación inmediata. • Se modifican los límites de la Zona Residencial 2; se crea la Zona Residencial 3 cuya ocupación para uso residencial y comercial. • Se determinan las siguientes características para construir. Superficie de lotes: los lotes deberán tener una superficie mínima de 300 m², con lado mínimo de 12 ms, con un FOS de 0,6. • Modifica la Ordenanza 2130/01. • Las subdivisiones que se pretendan realizar estarán sometidas a la ley 4341. • La Zona Ambiental 2: Los lotes deberán tener una superficie mínima de 500 m² y un frente no menor de 12 metros; Las Sub Divisiones: Solo podrá efectuarse subdivisiones de parcelas, cuando ninguna de las fracciones resultantes tuviere menos de los mínimos exigidos.
Sentencia De la Corte Suprema de Mendoza de 21 de noviembre de 2017. Asunto "MUNICIPALIDAD DE LUJAN C/MUNICIPALIDAD DE LAS HERAS P/ CONFLICTO DE COMPETENCIA"	<ul style="list-style-type: none"> • Por la cual se determina los límites entre la municipalidad de Las Heras y Luján de Cuyo respecto al Piedemonte. • Al oeste de la cota de 1.500 msnm sobre la cara oriental de la Sierra de Uspallata, y al norte del eje del Río Mendoza (desde la boca del río), compete de forma exclusiva y excluyente a la jurisdicción municipal del Departamento de Las Heras. • Desde el Río Seco hasta dar con la curva de nivel de 1.500 msnm (definida por el Decreto n°1077/1955) como límite entre la zona de amortiguación externa del piedemonte y la zona de mayor naturalidad de la precordillera del Oeste del Gran Mendoza o Sierra de Uspallata. • El impacto de esta Sentencia derivado en la formulación de Proyectos de Ordenanzas de la Municipalidad para dar respuesta a la configuración del distrito y cómo a actuar con las nuevas peticiones.

<p>Ordenanza Nº 13.323/2018 Normas urbanísticas transitorias para el Piedemonte</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Artículo 1º: Delimitación Geográfica: Rija la presente Ordenanza, para la zona ubicada al oeste de Ruta Panamericana, comprendida en el fallo de la Suprema Corte de Justicia de la provincia de Mendoza, de fecha 21 de noviembre de 2017, en autos: “Municipalidad de Luján de Cuyo c/ Municipalidad de Las Heras s/ conflicto de límites” (CUIJ N°1-02120818-8(012174-9347701), en el cual se declara la jurisdicción municipal exclusiva del Departamento de Luján de Cuyo sobre el polígono allí establecido, denominada anteriormente “Zonas de conflictos limítrofes con departamentos vecinos”.
---	---

9.3.3. Municipalidad de Godoy Cruz

<p>Comentarios Generales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● La planificación urbana que se lleva desde la municipalidad de Godoy Cruz mantiene los lineamientos de la Ley 5804 y su Decreto Reglamentario 1077/95, con el objetivo de mantener y consolidar las áreas de reserva y de máxima naturalidad. ● El área comprendida por la 5804 no presenta hasta el momento ocupación, salvo la de puesteros. ● Se está desarrollando el proyecto de Ordenanza Municipal (octubre) en el cual se planteará la ocupación del territorio dentro del área de expansión urbana inminente. Dicha ocupación se proyecta autosustentable y con límites estrictos respecto a las áreas verdes. ● En el proyecto también se plantean líneas de ribera a partir de los 100 metros. ● Se requieren estudios de suelos, sísmicos y del orden de los cauces.
<p>Decreto Municipal 655/17 Reglamentación de la Ordenanza 6613/2016 Sobre la modificación de alturas máximas en ejes residenciales especiales</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Reglamentación para un mejor aprovechamiento del suelo disponible. ● Autoridad de Aplicación a la Dirección de Planificación Urbana y Ambiente, dependiente de la Secretaría de Ambiente, Obras y Servicios Públicos
<p>Ordenanza 4272/1998 Sobre Programa de Relevamiento de datos del Piedemonte del Departamento de Godoy Cruz.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Se propone la elaboración de un programa de relevamiento de datos tanto para conocer de la situación ambiental como social de la zona. ● Necesidad de conocer el estado de los cauces aluvionales
<p>Ordenanza 4584/2000</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● La presente Ordenanza tiene la finalidad de promover el Desarrollo Sustentable en el ejido municipal, armonizando los requerimientos del desarrollo económico con la preservación de los recursos naturales y la calidad de vida de sus habitantes actuales y de las generaciones futuras. Su objetivo es regular, en el marco

	de lo establecido por el Título V de la Ley 5.961 de Preservación del Ambiente, el procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental Municipal (EIAM), aplicable en jurisdicción del Municipio de Godoy Cruz para todos aquellos proyectos y actividades, tanto públicos como privados, que puedan impactar sobre el ambiente y sus recursos
Ordenanza 5142/2004 De la Policía Ambiental.	<ul style="list-style-type: none"> ● Crea el cuerpo de Policía Ambiental a fin de que vele por el estricto cumplimiento de las normas de todos los niveles ambientales. ● Declaración de todas las acciones tendientes a proteger el ambiente de interés general.
Ordenanza 5493/2007 De las Subvenciones de la Secretaria de Ambiente y Desarrollo para afrontar gastos del Piedemonte.	<ul style="list-style-type: none"> ● Se estima una partida del presupuesto de \$3.050.000 ● Se atendería la refinanciación hidráulica, estudiar y restablecer la flora originaria.
Ordenanza 5519/2007 Código de Planificación Urbana	<ul style="list-style-type: none"> ● No se referencia directamente la zona del Piedemonte. ● Incorpora Ejes Residenciales Especiales: Palmares I, II y III.
Ordenanza 5785/2009 Convenio de Compromiso entre Lujan de Cuyo y Godoy Cruz	<ul style="list-style-type: none"> ● La finalidad de este Convenio intermunicipal se destina a la sufragar económica y con recursos humanos los recursos hídricos de la zona.
Ordenanza 5924/2011 Sobre indicadores urbanos de ocupación del suelo y edificación (FOS y FOT), retiros, alturas máximas, líneas definitivas de perfil urbano de corazón de manzana y densidades de población programadas	<ul style="list-style-type: none"> ● Que, para la zona ubicada al Oeste del límite urbano departamental, hasta los límites con los departamentos de Capital, Las Heras y Luján de Cuyo, delimitadas en Z9, Z 10, Z11, Z12 y Z13, las Superficies, FOS y FOT, alturas máximas y retiros obligatorios serán los establecidos en la Ley Provincial 4886/83.
Ordenanza 6589/2016 Planificación Urbana y Ambiental para proyectos de mayor aprovechamiento del suelo urbano.	<ul style="list-style-type: none"> ● Conforme la Ley 4886, el Piedemonte no es un suelo urbano sino un área suburbanizable, por tanto, no está incluido en esta ordenanza. ● Se busca con esta ordenanza evitar el avance no planificado hacia el Piedemonte en zonas sin infraestructura vial y de servicios. ● Por medio de una redensificación del área urbana.
Ordenanza 6613/2016	

<p>Sobre la modificación de alturas máximas en ejes residenciales especiales</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Altura máxima de 50 mts..... ● 100 metros a los 500= FOT máximo 12, FOS 0,75 ● 501 metros a los 1000 = FOT máximo 11; FOS 0,70 ● 1001 metros en adelante = FOT máxima 10, FOS 0,60. ● 2º: En los Ejes Residenciales Especiales no se solicitará corazón de manzana, el espacio libre en planta baja (FOS restante) deberá tener como mínimo 80% (ochenta por ciento) de suelo absorbente. ● El propietario deberá hacer uso de un sistema de riego eficiente y sustentable, e incorporar vegetación de bajo recurso hídrico. ● Los proyectos de paisajismo y de sistema de riego serán aprobados por la Dirección de Planificación Urbana y Ambiente.
<p>Ordenanza 6731/2017 Adhesión a la Ley 27287 de creación de un sistema nacional para una gestión integral del riesgo y la protección civil.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Se definen los conceptos vinculados a la temática del riesgo y la vulnerabilidad. ● Créase el Registro Municipal de Asociaciones Civiles, Voluntarias y organizaciones no gubernamentales para la Gestión Integral del Riesgo en el ámbito del Departamento de Protección Civil de la Municipalidad de Godoy Cruz, que tendrá por objeto generar un ámbito de intercambio de experiencias, mecanismos de articulación y coordinación.
<p>Plan de Ordenamiento Territorial Municipal</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● En el marco de la Ley 8051 y 8.999 se establecen las bases del Plan de Ordenamiento Territorial Municipal. ● El área del Piedemonte se divide en: <ol style="list-style-type: none"> 1. Zona con características especiales de urbanización: <ul style="list-style-type: none"> - Comprendida entre el límite urbano, según Ordenanza N.º 3522/93 y cota 1150 m.s.n.m. <ol style="list-style-type: none"> a- Desde el límite urbano (según Ordenanza No 3522/93) hasta el límite oeste que establece la Ley 4886/83, con la mencionada ley. b- b- Desde el límite oeste que establece la Ley 4886/83 hasta la cota 1150 msnm, con la ley 5804/91 y su Decreto 1077/95. c- Zona de amortiguación externa: comprendida entre cota 1150 msnm y cota 1350 msnm. d- Zona de amortiguación interna: comprendida entre cota 1350 y 1500 msnm: Las zonas de amortiguación, comprendidas entre la cota 1150 msnm y 1500 msnm, formarán parte de la “Zona especial de conservación natural municipal”. - Lineamiento Generales para urbanizar:

	<ul style="list-style-type: none"> a. Toda Intervención en el Piedemonte deberá respetar las características del paisaje y buscar una integración entre lo urbanizado y las potencialidades propias del lugar, tales como forma del terreno, la vegetación, la capacidad de infiltración. b. Se prohíbe de construcción en cauces aluvionales. c. Se exigirá un retiro de 5m desde el borde el cauce para su eventual mantenimiento. d. Será de carácter obligatorio considerar todas las pautas de diseño expresadas en este instrumento, para minimizar el riesgo de impacto ambiental. <p>- Lotes</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Movimientos del Suelo: No se permitirá la modificación de la pendiente del terreno más de un 5% respecto de la pendiente natural. Pendientes sugeridas: calles 1 a 8%, rampas peatonales 1 a 6%. b. Erosión del suelo y arrastre de materiales c. Red de avenamiento. d. Espacios comunes: Las calles deberán tener un ancho mínimo de 20.00 m, siendo 10.00m para calzada, y 5.00m para las veredas. e. Capacidad de infiltración f. Desagüe pluvial. g. Vegetación h. Amansamiento: La orientación de las calles deberá ser como mínimo, en un 75% de la totalidad, en sentido Oeste-Este, acompañando el sentido de las cotas, y como máximo un 25% en sentido Norte-Sur, evitando que sean perpendiculares a las cotas. <p>- Lotes y Edificación: No se permite un régimen de condominio.</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Para los terrenos que se encuentren desde el límite urbano hasta el límite oeste, se establece: Lotes mínimos de 500m² y lado mínimo de 14m FOS y FOT: Para terrenos de 500/1000, corresponde 0.35 y 1.00; para terrenos de 1001 o más, corresponde 0.35 y 1.50. b. Para el área comprendida desde el límite oeste que define la Ley 4886/83 y la cota de nivel 1200 m.s.n.m. se establece: Lotes mínimos de 2000m² y lado mínimo de 25m. FOS Y FOT: 0.35 y 1.50.
--	--

	<p>c. Retiros: Se deberá dejar un retiro mínimo en el frente del lote de 4.00m y el equivalente a 1/3 de la altura del edificio en todos los demás lados, no pudiendo ser inferior a 3m en relación de estos. La altura máxima de todas las construcciones será de 10.00m.</p> <p>2. Zona Especial de Conservación Natural Municipal: Se define como un área libre intervención humana a favor de asegurar la existencia a perpetuidad de uno o más elementos naturales o la naturaleza en su conjunto, por lo cual se declara de interés público su protección y conservación.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Existe una remisión a los usos que establece el Decreto 1077/95 de la Ley 5804. - Usos restringidos: Infraestructura de servicios generales y específicos: líneas eléctricas, oleoductos y gasoductos, plantas potabilizadoras, acueductos, caminos y defensas aluvionales en las UA 1, 2 y 3. - Se deberá solicitar al Municipio, certificado de usos de cada parcela para otorgar factibilidad de la actividad a realizar.
--	--

9.3.4. Municipalidad de Las Heras.

Ordenanza 220/1985 Código de Edificación de la Municipalidad de Las Heras.	<ul style="list-style-type: none"> ● Existe una remisión expresa a la ley 4886/1989 para las delimitaciones edilicias y de zonificación de la parte de las Heras que tiene incidencia en el Piedemonte.
Ordenanza 59/92 Limitación de las construcciones de Viviendas de Protección Oficial en la Zona del Piedemonte.	<ul style="list-style-type: none"> ● Por motivos de deterioro ambiental en el Distrito de Panquehua debido a las construcciones del IPV desorganizado se limitan y se crea la zona de interés turístico y residencial espacial solo utilizable en la época estival.
Ordenanza 92/2006	<ul style="list-style-type: none"> ● Los proyectos que supongan la realización de obras o el desarrollo de actividades capaces de modificar directa o indirectamente el ambiente del territorio de Jurisdicción Municipal quedan sujetos al Procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental Municipal (EIAM) de conformidad con lo establecido en el Título V de la ley 5961 de Preservación del Ambiente.
Ordenanza 83/2010 Imposición de las instalaciones de plantas depuradoras biológicas.	<ul style="list-style-type: none"> ● Las instalaciones de plantas depuradoras biológicas de líquidos cloacales e industriales.

	<ul style="list-style-type: none"> • Todo emprendimiento ya sea familiar o empresarial que solicite la aprobación de la instalación de estas plantas depuradoras, también deberán inscribirse en los organismos competentes como operador de sistemas de tratamientos cloacales.
Ordenanza 53/2016 Anteproyecto de Ordenanza Reglamentaria	<ul style="list-style-type: none"> • En ninguno de los artículos se hace mención expresa a la zona de Piedemonte. Sin embargo, es posible seguir con las siguientes analogías: • Artículo 401: No se aprobará loteo o fraccionamiento alguno sin que: <ol style="list-style-type: none"> a) Esté dotado de agua potable domiciliaria, cualquiera sea la característica o emplazamiento de este. b) Se hagan efectivas las instalaciones de la red colectora de cloacas y de distribución de energía eléctrica en todos los lugares en que son factibles la provisión de esos servicios. • Artículo 404: No será aprobado loteo alguno sin la debida construcción de obras de defensa, cuando el loteo fuera a realizarse en zonas aluvionales o su drenaje perjudicare a otras zonas adyacentes. La documentación pertinente deberá ser presentada a la Municipalidad previa aprobación de la Dirección de Hidráulica y antes de iniciar cualquier tipo de trabajo • Artículo 405: No será aprobado loteo alguno sin la aprobación del sistema de riego por el Departamento General de Irrigación, cuando el terreno posea derecho de agua.
Ordenanza 02/2017 Del avance poblacional hacia zona no adecuadas por cuestiones de riesgo y vulnerabilidad ambiental.	<ul style="list-style-type: none"> • Zona de preservación y conservación cultural = El piedemonte como núcleo ambiental.

9.4. Iniciativas legislativas para el Ordenamiento Territorial y los Usos del Suelo para la Provincia de Mendoza.

Objeto	Número de Expediente.	Fecha de entrada	Autor	Origen	Estado actual	Contenido
Estableciendo normas para el uso del suelo en terrenos de	18650	1992	Márquez, Antonio	Honorable Cámara de Senadores	Media sanción en la HCS pasa a la	Debido a la antigüedad del archivo, las fuentes no han podido ser consultadas.

propiedad nacional ubicados en territorio provincial.					HCD. Se procede a su archivo.	
Desarrollar un cuerpo normativo general para el uso del suelo en la provincia de Mendoza, a fin de adecuar a los tiempos actuales las normativas que el tema en cuestión merece.	42472	2001	Rolan, Ernesto	Honorable Cámara de Senadores	Una vez pasa a la Comisión de Ambiente y de Asuntos Constitucionales se archiva.	N.º Archivo 13707/2005.
Propuesta legislativa de un régimen de ordenamiento territorial y uso del suelo.	42634	2001	Martínez, Emilio	Honorable Cámara de Senadores	Vuelve con modificaciones de la HCD. Luego de pasar por las comisiones de MAUV, ECE, OSP, HP y LAC, se archiva	N.º de Archivo 14857 Informe de la Comisión de Ambiente: Se recomienda no aprobar el proyecto de ley en cuanto a que los conceptos están mal definidos, no se prevén instancias de audiencia pública, no existe proceso de EIA y sólo se centra en los usos del suelo dejando de lado cuestiones sociales, etc.
Modificando la ley 4886 capítulo III de la zonificación delimitación de zonas artículo 6, zona 10 y zona 11, uso, fraccionamiento y ocupación del suelo de la zona oeste del gran Mendoza.	4454 6	2002	Montemayor, Rubén	Honorable Cámara de Senadores	Luego de pasar por las comisiones de MAUV y LAC, se archiva.	N.º Archivo 12916 El Informe de la Comisión de Ambiente recomienda archivar el proyecto a razón de la necesidad de mantener controlada un área sometida a la proliferación de barrios cerrados, asentamientos vulnerables no atendidos, impactos ambientales por falta de equipos que faciliten la eficiencia energética.
La protección uso y manejo sustentable del suelo y	4620 6	2003	Zapata, Alicia	Senadores	Luego de pasar por las comisiones	N.º de Archivo 14492.

promoviendo la conservación manejo y recuperación de los suelos degradados.					de MAUV y LAC, se archiva.	El Informe de la Comisión recomienda no dar tratamiento a la propuesta ya que este tipo de tierras están aparadas legalmente por la Ley Nacional 22.428.
Agregando texto a continuación del inciso a) del artículo 9 ley 4886 el uso, fraccionamiento y ocupación del suelo de la zona oeste del gran Mendoza.	4672 7	2003	Ahumada, Arturo Enrique	Senadores	Luego de pasar por las comisiones de MAUV y LAC, se archiva.	N.º Archivo 14 857. Se pretende la modificación a las leyes de usos del suelo en la zona del oeste de Mendoza y la ley 5804. En aras de permitir un mayor aprovechamiento de los recursos que se ofrecen para el turismo. No se emite Informe de la Comisión de Ambiente.
Creando en el ámbito de la comisión de MAUV, la subcomisión de tratamiento de la ley de uso de suelo y ordenamiento territorial y la subcomisión de control general de la actividad petrolera.	5222 9	2006	Difuso, Jorge	Honorable Cámara de Senadores	Una vez pasa por la comisión de MAUV. ⁵ Se procede a su archivo.	N.º Archivo 16512/2008.
Creación de un órgano consultivo del Municipio de coordinación permanente de los aspectos urbanos y medio ambientales del Ordenamiento Territorial y Usos del Suelo.	070970	2018	Rubio, Marcelo	Honorable Cámara de Senadores	En tramitación	Pase a la Comisión de Ambiente y de Asuntos Legales Constitucionales ⁶

⁵ AA.VV (2007) "Anteproyecto de Ley de Ordenamiento Territorial y de Usos del Suelo"; Mendoza, Argentina. Recuperado de <https://www.mdzol.com/files/content/9/9804/Ley+de+uso+de+suelo.pdf>.

⁶ Honorable Cámara de Senadores de la Provincia de Mendoza, Comisión Ambiente, Cambio Climático, Desastres Naturales, Urbanismo y Vivienda.

9.5. Marco Legal sobre ocupación y ambiente en el Piedemonte.

Norma	Objeto	Organismo	Contenido
Ley 4886/1983	Loteos y Fraccionamientos en la Zona Oeste de Mendoza	Organismo Consultor del Oeste	<ul style="list-style-type: none"> ● Uso, fraccionamiento y ocupación de la zona oeste del piedemonte. ● Objetivo: Preservar el ambiente a partir de una adecuada organización de las actividades en el espacio. ● Art.2 La zona oeste del Gran Mendoza queda comprendida por los siguientes límites: Departamento de las Heras; Capital y Godoy Cruz. ● Tipos de suelo: Urbano; urbanizable; semiurbano; complementario; reserva; y de recuperación. ● Usos: Dominante; condicionado; extendido; nuevo; público; común. ● Presenta una división de 13 zonas. ● La modificación del uso del suelo deberá contar con la autorización de la municipalidad teniendo presente la viabilidad ambiental, accesibilidad de los servicios, etc. ● Capítulo V: Del parcelamiento y la dimensión mínima de los lotes. ● Artículo 9: Incluye una serie de limitaciones respecto a 3 zonas, entre ellas destaca que los lotes no pueden ser menores a 200 m; el promotor debe proporcionar el acceso a los servicios y garantizar la factibilidad de los servicios ● <i>Urbanización Parque</i> exige parcelas de 500 m² mínimo y un frente no menos a 14 m. ● <i>En los lotes irregulares ninguno de los lados menores podrá tener una longitud inferior al 40% de la medida media para su frente.</i> ● Club de Campo exige dimensiones mínimas de unidades funcionales con un ancho mínimo de 14 m y una superficie mínima 400 m².

			<ul style="list-style-type: none"> • En determinadas zonas solo podrán efectuarse divisiones para loteos nuevos, solo en predios de 10.000 m². • En determinadas zonas, la subdivisión de lotes solo puede dar como resultado lotes de 500 m² y un frente no menor a 14m. • Crease un organismo consultor entre las diferentes municipalidades intervinientes y el Ministerio de Obras Públicas, emitiéndose un dictamen obligatorio mas no vinculante. • Se ha visto modificada en las siguientes ocasiones: Ley 6129/1994; 6186/1994; 7128/2013; 6506/1997; 5046/1985; 5328/1988 y 7050/2002.
Ley 5804/92	Declaración de Interés Público, Utilidad Pública, Expropiación, Regularización, uso de reserva en la zona oeste del Gran Mendoza	Ministerio de Ambiente, Urbanismo y de Vivienda.	<ul style="list-style-type: none"> • Declara el área de interés y de utilidad pública sujeta a regulación de la tierra o la creación de una reserva natural. • Contempla un área más amplia que la definida en la Ley 4886 contiene una delimitación geodésica sin correspondencia con las cuencas hidrográficas ni los procesos ambientales • Venció a los cinco años de su publicación, luego con la Ley 8051 se ratificó. • Resolución N.º 1.889/99 Toda construcción deberá contar con una certificación de excepción a las disposiciones del Decreto-Acuerdo N° 1939/96, extendida por la Comisión Reguladora del Piedemonte, de conformidad con lo establecido por dicho Organismo en al Acta N.º 32, de fecha 21-05-99. • Entre los archivos de la Agencia de Ordenamiento Territorial se cuenta con un Proyecto de modificación de la Ley 5804 en cuanto ampliar los límites, crear nuevas áreas de reserva y consolidar las reservas existentes.
Ley 8051/2009	Ley de Ordenamiento Territorial y Usos del Suelo	La Secretaría de Medio Ambiente o el organismo que en el futuro la reemplace y los Municipios serán Autoridad de	<ul style="list-style-type: none"> • Plan de Ordenamiento Territorio de la Provincia de Mendoza. • Planes de Ordenamiento Territorial de Áreas Especiales, entre ellos específicamente, un Plan para las áreas de Piedemonte. • Dichas Áreas Especiales presentan un carácter interjurisdiccional entre las municipalidades y la Provincia.

		Aplicación de esta ley en sus respectivas jurisdicciones	<ul style="list-style-type: none"> ● Prohibición de exceptuar la aplicación de la normativa, salvo que medie consenso por parte de la Comisión del Piedemonte. ● Atención a los artículos 28 que establece que “Todos los proyectos de obras o actividades capaces de modificar, directa o indirectamente a los Planes de Ordenamiento Territorial Provincial y Municipales deberán obtener previamente una Declaración de Impacto Ambiental (DIA), expedida por la autoridad de aplicación y por las municipalidades correspondientes, conforme determine la reglamentación y según la categorización de los proyectos que establezca dicha reglamentación”. ● Artículo 34 que establece la incorporación de la EIA
Ley 8.999/2017	Plan Provincial de Ordenamiento Territorial (PPOT)	Agencia Provincial de Ordenamiento Territorial (APOT) la encargada de proponer a la autoridad de aplicación el proyecto	<ul style="list-style-type: none"> ● Entre los objetivos destacan: planificar de manera integrada el hábitat; mitigar el riesgo ante los desastres naturales; el desarrollo económico sustentable; mejorar la conectividad y controlar la expansión urbana cualquiera sea su naturaleza hacia la zona del Piedemonte. ● Metodológicamente el Plan se divide en modelos. Estos Modelos se componen a su vez de Unidades de Integración Territorial (UIT) ● El piedemonte es una unidad de integración territorial, que a su vez se subdivide en cinco unidades de integración territorial. ● El abordaje de los Problemas de esta área se lleva a partir de un proyecto de manejo del piedemonte. El cual se desarrolla dentro de un subprograma de gestión integrado del área metropolitana del gran Mendoza y plantea que: <p>-El EPAS deberá priorizar obras de saneamiento de efluentes cloacales en áreas de fragilidad ambiental como piedemonte, zonas de recarga de acuíferos y áreas de secano.</p>

			<p>-La Dirección General de Catastro deberá exigir, previo a la autorización de nuevos fraccionamientos o loteos, el cumplimiento de la normativa vigente (DGI, Municipios, etc.) y las obras de infraestructuras básicas de agua potable y saneamiento especialmente en territorios clasificados como interfaz, áreas rurales y piedemonte. Los condominios destinados a la construcción de viviendas deberán cumplir con los mismos requisitos.</p> <p>-Determinar desde los organismos encargados si esta zona queda como área protegida, caso contrario, cuáles, determinar el impacto individual y conjunto, etc.</p> <p>-Restringir el cambio de uso de suelo.</p> <p>-Efectivizar los espacios ya urbanizados y aptos para el desarrollo urbano y así evitar el gasto económico en áreas complejas.</p>
Decreto-Reglamentario 1077/95	Reglamentar la Ley 5804/91	Ministerio de Ambiente, Urbanismo y de Vivienda.	<ul style="list-style-type: none"> ● Reglamenta la Ley 5804/95 ● Mantiene el objetivo de reducir los costes ambientales. ● Zonifica el área en cuatro: 1. De máxima naturalidad; 2. De amortiguación interna y externa; 3. De expansión urbana inminente. ● Crea la Comisión Reguladora del Piedemonte como organismo asesor. ● Propone además la elaboración de un proyecto de Código Urbano a fin de establecer las normas de ocupación del área regulada por la Ley N.º 5804. ● Se limita a la construcción de infraestructura esencial, pequeñas extensiones de uso intensivo. ● Prevé una evaluación continua de la capacidad de carga a fin de detectar señales de deterioro de los recursos. ● Uso residencial adaptado. ● Medidas correctivas de impacto por los asentamientos precarios o marginales. ● Decreto N.º 1.120 de 2000 que modifica los artículos 39 y 40 del Decreto 1077/95, respecto a los miembros permanentes y

			no permanentes de la Comisión Reguladora. Incorpora como nuevo integrante a la Dirección Provincial de Hidráulica
Decreto Acuerdo N.º 1939/1996	“Decreto verde” Fortalecer las disposiciones de la ley 5804/1992		<ul style="list-style-type: none"> • “Decreto Verde” • Propone un desarrollo regional equilibrado mediante el aprovechamiento racional y armónico del potencial de los recursos naturales de los distintos ecosistemas provinciales. • Prohíbe todo asentamiento, ocupación, fraccionamiento o loteo en el área regulada por la Ley 5804, hasta tanto no esté aprobado dicho Código, salvo excepciones otorgadas por la Comisión Reguladora del Piedemonte.
Resolución 175/2013	Reglamentación de la visación de los planos correspondientes a las labores profesionales de Agrimensura, en el marco de la Ley N.º 5804/91	Dirección Provincial de Catastro	<ul style="list-style-type: none"> • Las mensuras y fraccionamientos relativos a loteos aprobados por leyes o decretos no serán enviados a la Comisión Reguladora del Piedemonte, en la medida que respeten las condiciones originales en las cuales fueron aprobados. • Los planos de actualización podrán tramitarse directamente en esta Dirección Provincial de Catastro, exigiéndose para su visación la incorporación en cuerpo del plano de la siguiente leyenda: “La propiedad se encuentra en jurisdicción de la Ley N.º 5804- Decretos N.º 1770/95 y N.º 1939/96, dentro de la Zona. La visación se realiza única y exclusivamente a los efectos catastrales y registrales, en relación con el cumplimiento de dicha normativa, no implicando ningún tipo de autorización o conformidad para realizar usos, actividades ni obras en el inmueble”. • A través del Departamento Mensuras, se deberá elaborar y remitir a la Comisión Reguladora del Piedemonte en forma mensual, un informe conteniendo la descripción de cada uno de los expedientes visados dentro del polígono de la Ley N.º 5804/91.
Decreto 219/2019	Por el que se tramita la Declaración del Estado de Emergencia de	Secretaría de Ambiente y Ordenamiento Territorial	<ul style="list-style-type: none"> • Declaración del Estado de Emergencia Ambiental en la zona del Piedemonte del Área Metropolitana de Mendoza, por un

	Ambiental en la zona del Piedemonte del Área Metropolitana de Mendoza		<p>periodo de 12 meses contando desde la publicación de dicho decreto.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dicha declaración busca resguardar el equilibrio ecológico, el desarrollo sustentable, el ordenamiento ambiental del territorio y la seguridad pública. Para ello, por un plazo de doce meses se suspenden todos los tramites de aquellos procedimientos administrativos de Evaluación de Impacto Ambiental comprendidos en la Ley 5961 y modificatorias, que se encuentren en el área del Piedemonte definida por la Ley 8.999. • Que dicha decisión se sustenta en los siguientes preceptos normativos: Artículo 41 de la Constitución; en los artículos 13 y 240 del Código Civil y Comercial de la Nación; en las disposiciones generales de la Ley 25675 de Presupuestos Mínimos del Ambiente; en las disposiciones de la Ley 5961. Así como, en las disposiciones de la Ley 8051 y el Plan Provincial de Ordenamiento Territorial 8.999. • Ante cualquier incumplimiento, se debe acudir a las disposiciones de la Ley 5961 y 8051.
--	---	--	--

9.6. Organismos competentes

DEPARTAMENTO GENERAL DE IRRIGACIÓN		
Marco Legal General	Ley de Aguas De 1884.	<ul style="list-style-type: none"> • Establece los lineamientos generales para dar un uso, aprovechamiento adecuado del agua en la provincia.
	Ley 4036/1974 Ley de Aguas Subterráneas.	<ul style="list-style-type: none"> • Establece los lineamientos generales para la protección de las aguas subterráneas
	Ley 6405/1996	<ul style="list-style-type: none"> • Administración, control, conservación y mantenimiento de las hijuelas, canales, cauces, etc.

	Ley de Inspección de Cauces.	
	Ley 6787/2002	<ul style="list-style-type: none"> ● Por el cual se aprueban los estudios del comportamiento hidrológico de las cuencas.
	Ley 7233/2004 Crea el Consejo Hídrico Federal	<ul style="list-style-type: none"> ● Aprobación del Decreto 1496/03 Ratificación Departamento General de Irrigación para la suscripción del Acta Acuerdo Carta Orgánica constitutiva del CONSEJO HÍDRICO FEDERAL RECURSOS HÍDRICOS AGUAS RATIFICACIÓN.
Resoluciones	Resolución N.º 778/1996 Contaminación Hídrica	<ul style="list-style-type: none"> ● Regulará en todo el ámbito de la Provincia de Mendoza la protección de la calidad de las aguas del dominio público provincial. ● Son objetivos fijados en esta norma: a) Procurar la preservación y mejoramiento de la calidad de las aguas, de conformidad a los usos asignados legalmente o por la autoridad administrativa o a los efectos de la protección del medio ambiente; b) Impedir la contaminación o degradación de la aguas, tanto superficiales como subterráneas, sea la misma ocasionada por causas o fenómenos naturales, como la provocada por la actividad humana; c) Conservar, preservar y recuperar los ecosistemas acuáticos, en coordinación con la autoridad de aplicación pertinente, etc. ● La contaminación está prohibida conforme el artículo 3. ● Se establecen requisitos para los vertidos que pueden darse.
	Resolución N.º 511/17 Sobre la Renuncia del Derecho de uso de agua pública.	<ul style="list-style-type: none"> ● Se articula un procedimiento de renuncia, con los requisitos y condiciones del inmueble.
	Resolución N.º 512/17 Sobre las Propiedades Horizontales Especiales	<ul style="list-style-type: none"> ● Se prevé una única toma de agua para todos los habitantes. ● Los usos del agua que corresponden a las superficies con derecho y/o permiso de los conjuntos inmobiliarios, sean destinadas al riego de jardines ornamentales de las unidades funcionales o a los espacios comunes, se empadronarán en la categoría "Consortio/Urbanización".
ENTE REGULADOR PROVINCIAL DE AGUAS Y SANEAMIENTO (AYSAM)		

	Resolución N.º. 513/17 Sobre la diversidad de certificaciones para fraccionar o lotear.	<ul style="list-style-type: none"> Las obras de carácter hídrico a realizarse por parte de los desarrolladores de loteos, fraccionamientos o conjuntos inmobiliarios, deben mitigar la incidencia o interferencia que produzca el emprendimiento en los cauces de riego o de desagües, garantizando el libre escurrimiento de las aguas de riego, resguardando la calidad del recurso e incrementando las posibilidades del uso de aguas de riego para espacios verdes y lotes, mediante la realización de sistemas de riego con tecnologías modernas.
	Resolución N.º 1410/17 Sobre el manejo correcto del recurso hídrico en un momento de escasez	<ul style="list-style-type: none"> Coordinar con la Dirección de Catastro las acciones necesarias para garantizar el cumplimiento de la directriz correspondiente al objetivo 7, del Plan Provincial de Ordenamiento Territorial aprobado por Ley N.º 8.999, según el cual “la Dirección Provincial de Catastro deberá exigir, previo a la autorización de nuevos loteos o fraccionamientos, el cumplimiento de la normativa vigente (D.G.I., Municipios, etc.), y las obras de infraestructura básicas de agua potable y saneamiento, especialmente en los territorios clasificados como interface, áreas rurales y piedemonte. Jefatura de Zonas y subdelegados de Agua llevarán a cabo las medidas que considere oportunas para una eficiente y correcta distribución del recurso hídrico.
Marco Legal	Ley 6044 De reordenamiento institucional.	<ul style="list-style-type: none"> Tiene por objeto el reordenamiento institucional de la prestación de servicios de provisión de agua potable, saneamiento y de la protección del agua potable. Entre los deberes y atribuciones está la obligación de proteger el ambiente. Se exige una coordinación institucional con el Ministerio de Ambiente. El servicio público así definido será prestado en condiciones que aseguren su continuidad, regularidad, calidad, generalidad y obligatoriedad, de manera que se logre la satisfacción de las necesidades de los usuarios y la protección del ambiente. Se prevé que el interesado debe presentar un estudio técnico de prefactibilidad. Se dividen en tres áreas: Servida; Expansión y de Remanente. Para nuevas conexiones se requiere remitir al Departamento de Irrigación los antecedentes a fin de que se apruebe la concesión. Todas las personas físicas o jurídicas, públicas o privadas, están obligadas a cumplir con las normas de preservación y de calidad del recurso hídrico, que se establecen en la presente Ley, las que serán consideradas a todos sus efectos de orden público. Para preservar la calidad del recurso se prevé un procedimiento de consulta y coordinación permanente entre el EPAS y el Departamento General de Irrigación.

	<p>Ley 8270/2011 Plan estratégico de obras y mejoramiento operativo de agua potable y saneamiento de Mendoza.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● El Poder Ejecutivo Provincial deberá implementar el Plan Estratégico de Obras y Mejoramiento Operativo de Agua Potable y Saneamiento de Mendoza, contemplando para ello el conjunto de cursos de acciones en el tiempo, para recuperar, revitalizar, reordenar y desarrollar los Servicios de Agua Potable y Saneamiento en toda la Provincia de Mendoza. ● Entre sus objetivos destaca el de: Reestructurar y desarrollar el sector, propendiendo al fortalecimiento institucional de los Operadores, armonizando y compatibilizando la gestión del servicio de AySAM SAPEM, Municipios Operadores y Operadores de Gestión Comunitaria. ● Aplicación en todo el territorio. ● El Servicio será prestado en condiciones que aseguren su continuidad, regularidad, calidad y generalidad, de manera tal que se asegure su eficiente prestación a los Usuarios y la protección del medio ambiente, de acuerdo con lo establecido en la Ley N.º 6.044, el Marco Regulatorio y los Contratos de Concesión ● Queda prohibido conectar al Servicio de agua potable otras fuentes que no estén bajo supervisión de los Operadores, y que no alcancen los requisitos de calidad fijados por las normas aplicables.
<p>Resoluciones</p>	<p>Resolución del Directorio N.º 38/2016</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Por pedido de la Agencia de Ordenamiento Territorial, con fundamento en la Ley 8.051. ● Plantea que el Piedemonte se entenderá como un área de expansión del servicio por parte de AySam. ● Para toda factibilidad se EXIGE una aprobación por parte del Ente Regulador. ● Uno de los condicionamientos que se imponen para otorgar la factibilidad es el de llevar inversiones en la zona. ● Aplicación en todo el territorio. ● El Servicio será prestado en condiciones que aseguren su continuidad, regularidad, calidad y generalidad, de manera tal que se asegure su eficiente prestación a los Usuarios y la protección del medio ambiente, de acuerdo con lo establecido en la Ley N.º 6.044, el Marco Regulatorio y los Contratos de Concesión ● Queda prohibido conectar al Servicio de agua potable otras fuentes que no estén bajo supervisión de los Operadores, y que no alcancen los requisitos de calidad fijados por las normas aplicables.

DIRECCIÓN DE HIDRÁULICA		
Marco General	Ley 2797/1961 Sobre las directrices de actuación en relación con la defensa aluvional.	<ul style="list-style-type: none"> ● Se crea la “Dirección de Defensa contra Aluviones” con jurisdicción sobre las obras de defensa contra aluviones y los cauces aluvionales existentes en los terrenos públicos o privados de la provincia. ● Entre sus funciones destaca la de llevar a cabo los estudios necesarios y ejecutar las obras necesarias. ● En casos excepcionales se faculta a la dirección para que contrate directamente.
Decretos	Decreto 752/97	<ul style="list-style-type: none"> ● Anexo II: Dicha dirección tiene como misión la de aumentar el grado de seguridad de la población potencialmente afectada, tanto a lo relativo a sus vidas, como infraestructuras debido a crecidas fluviales o riesgo aluvional. ● Objetivo principal, el de prevenir y mitigar consecuencias dañosas a causa de aluviones, inundación y erosiones. ● Entre las funciones destaca: la construcción de obras de defensa aluvional, control preventivo y de emergencia de inundación, elaborar proyectos de obras de distribución primaria, etc. ● Los productos que surgen de esta dirección en combinación con otras instituciones son: estudios, obras de infraestructura, etc.
Resoluciones	Resolución N.º 34/87 Sobre que todos los proyectos y estudios para desagües pluviales y/o defensas aluvionales de loteos u obras de cualquier tipo que requieran estos sistemas hidráulicos dentro de la Provincia, deberán adecuarse a las exigencias de la presente resolución.	<ul style="list-style-type: none"> ● Previo a la realización de cualquier tipo de labor recurrente deberá solicitarle a la Dirección de Hidráulica la calificación del terreno desde el punto de vista aluvional. ● Para obtener la calificación se requerirá la formulación de una nota dirigida al Dir. /a de Hidráulica solicitando la factibilidad del terreno. ● El artículo 4 especifica los documentos que deben acompañarse a la petición ● Cabe la posibilidad de solicitar información complementaria. ● El certificado tiene una vigencia de un año.

CATASTRO		
Resoluciones	Resolución N.º 1889/1999. Reglamentación del tratamiento de los fraccionamientos que se ubican en la Zona del Piedemonte regulada por la Ley N 5804.	<ul style="list-style-type: none"> • Que en el Acta N 32, de fecha 12-05-99, la Comisión Reguladora del Piedemonte establece que en todo fraccionamiento que ubique en la zona comprendida en los alcances de la Ley N.º 5804, se deberá previamente iniciar las gestiones correspondientes ante el Municipio y cumplimentar los requisitos que éste exija para lograr la conformidad. • Todo trámite de fraccionamiento a iniciar ante esta Repartición, que ubique en la Zona de Piedemonte comprendida en los alcances de la Ley N.º 5804, deberá contar con una certificación de excepción a las disposiciones del Decreto-Acuerdo N.º 1939/96, extendida por la Comisión Reguladora del Piedemonte, de conformidad con lo establecido por dicho Organismo en al Acta N.º 32, de fecha 21-05-99
	Resolución N.º 175/2013 Sobre la visación de los planos correspondientes a las labores profesionales de Agrimensura, en el marco de la Ley N.º 5804/91.	<ul style="list-style-type: none"> • Las mensuras y fraccionamientos relativos a loteos aprobados por leyes o decretos no serán enviados a la C.R.P. en la medida que respeten las condiciones originales en las cuales fueron aprobados. Por el contrario, todo trámite que tienda a modificar lo oportunamente aprobado, deberá ser remitido a la C.R.P. • A través del Departamento Mensuras, se deberá elaborar y remitir a la Comisión Reguladora del Piedemonte en forma mensual, un informe conteniendo la descripción de cada uno de los expedientes visados dentro del polígono de la Ley N.º 5804/ 91. A
	Resolución 560/18 Sobre Certificación de Fraccionamiento y Loteos-	<ul style="list-style-type: none"> • Uno de los objetivos desde este organismo es el de proveer un equilibrio entre los diferentes espacios de asentamientos (rural, urbano) y el ambiente. • Para obtener el certificado se requiere con anterioridad el certificado de Catastro y libre de deuda. • Presenta una diferencia de Loteos: públicos; mayores a 500 m2; privados y conjuntos inmobiliarios.

ENTE PROVINCIAL REGULADOR ELÉCTRICO (EPRE)		
Marco General	Ley 6497 y su modificatoria la ley 7543/06	Artículo 25: Todas las infraestructuras físicas, las instalaciones y la operación de los equipos asociados con la generación, transporte y distribución de energía eléctrica, deberán adecuarse a las medidas destinadas a la protección y preservación del ambiente, conforme a los términos de la ley provincial 5961.
Resoluciones	Resolución 087/95: Relativa a los Procedimientos ambientales para la Construcción de instalaciones de distribución y transporte que utilicen tensiones de 33KV o superiores.	<ul style="list-style-type: none"> ● Resolución SE n.º 77/98 de la Secretaria de Energía de la Nación que establece la reglamentación de los parámetros ambientales que deben reunir las instalaciones eléctricas de líneas de transmisión y estacionales transformadoras y/o compensadoras que se proyecten o construyan en sistemas sujetos a jurisdicción nacional. ● Las Resoluciones ENRE 1725/98 modificatoria de la 953/97 y 546/99, que reglamentan los criterios directrices para la elaboración de los estudios de impacto ambiental, como así también los procedimientos ambientales para la construcción de sistemas de transporte de energía eléctrica. ● Adoptar a los Procedimientos ambientales para la Construcción de instalaciones de distribución y transporte que utilicen tensiones de 33KV o superiores. Dentro de los cuales, el solicitante que propicie la construcción de líneas de, transmisión y/o distribución de energía eléctrica que utilicen tensiones de 33 KV o superiores, deberá presentar ante el EPRE un estudio de Manifestación general de Impacto Ambiental, conforme a los “Criterios y Directrices de Procedimientos” contenidos en el Anexo II de la presente Resolución y acreditar el cumplimiento de los “Parámetros Ambientales “detallados en el Anexo III, que con el objeto de incentivar un mejoramiento global de la compatibilidad de los electroductos con el ambiente, deben considerarse los efectos originados por: impacto visual; efecto corona: radio interferencia; ruido audible; ruido; campos de baja frecuencia, etc.

		<ul style="list-style-type: none"> ● Los usos del suelo, determina un condicionante respecto a las líneas de servidumbre entre las cuales se pueden generar impactos. Por ello, la selección del trazado debe contemplar la minimización de conflictos relativos al uso de la tierra, tanto en el presente como en el futuro, siendo siempre preferible una afectación a una franja de servidumbre ya existente siempre producirá un menor impacto que otro con afectación total. ● Se debe evitar los lugares que resulten ser un patrimonio natural o cultural, las áreas protegidas, parques y lugares de recreación de uso público en general. En este sentido, el diseño y los métodos constructivos deben considerar los montes nativos por ser los exponentes genuinos de la vegetación natural, así como montes artificiales y forestaciones con fines comerciales o paisajísticos que brindan sitios de descanso y nidificación a la avifauna nativa. ● En terrenos montañosos como en el caso del Piedemonte, el constructor tiene que tener presente estas circunstancias, no siendo un impedimento o limite a la expansión del sistema eléctrico.
	<p>Resolución N°:553/03 por la cual se modifica la Resolución EPRE N.º 87 / 99 y se incorpora el artículo 20 bis a la Resolución EPRE n.º 87/99.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● El proponente podrá presentar “un AVISO DE PROYECTO solicitando la excepción de cumplir con el procedimiento para la obtención de la Declaración de Impacto Ambiental (DIA), previa evaluación sumaria del posible impacto, magnitud, naturaleza o carácter Inter- jurisdiccional del proyecto, ante el EPREE.

CAPÍTULO 10 : PROPUESTA NORMATIVA

10.1. Introducción

El presente trabajo surge con la finalidad de dar un primer abordaje legal integral a los conflictos socioambientales que se generan en el Piedemonte del Área Metropolitana de Mendoza, en coincidencia con la Unidad de Integración Territorial 5° del PPOT.

Conforme el art. 7 inc. G de la ley 8051 se prevé entre los instrumentos y procedimientos del ordenamiento territorial la elaboración de los **planes de ordenamiento territorial de áreas especiales**.

El piedemonte mendocino se corresponde con dicha área especial que incluye a cuatro municipios mendocinos. En este sentido, uno de los grandes desafíos legales respecto al Piedemonte descansa en el siguiente cuestionamiento: cómo romper la inercia de desidia institucional que subyace respecto a una zona que a pesar de estar sobre-estudiada y sobre-legislada sigue siendo un tema candente.

Ante esto, se apela a un cambio de paradigma respecto a las formas en que el Estado en su papel de garante y en sus diversas vertientes interviene, controla y castiga con los instrumentos y herramientas que ostenta. De este modo, y a partir del análisis de la normativa existente surge la necesidad de plantear una estrategia legal con vocación de **coordinar y cohesionar los diversos intereses** que entran en conflicto desde el enfoque de una justicia ambiental.

10.2. Problemática abordada

Como surge del último censo de 2010 la población total de Mendoza, asciende a 1.738.929 habitantes, de los cuales 1.086.633, es decir más del 60 % vive en el Área Metropolitana de Mendoza⁷. Los datos del estudio arrojan una doble concentración de población en la Ciudad de Mendoza respecto a la Ciudad de San Rafael, La Paz o Santa Rosa. Del mismo modo, existe un desplazamiento poblacional hacia las zonas no irrigadas, las cuales se ven sometidas a intensos procesos de urbanización.

Entre los factores que impulsaron la ocupación del Piedemonte desde la década de los setenta se destacan el crecimiento demográfico que, a pesar de haber sido gradual a lo largo de cuarenta años, se sitúa en el orden del 10,8% (en el periodo 2001-2010), y el fácil acceso a la propiedad, combinada con una escasa o nula regulación por parte del Estado.

Los modos de asentamiento en el piedemonte responden a procesos de ocupación tardía, los cuales datan de la época colonial, empezando por asentamientos en el llano y por necesidades puntuales se fue ocupando el piedemonte. Ello generó lo que denominamos “tendencias espontáneas de ocupación”, como señala Sedevich: *“se procura indicar, que el proceso de expansión física de la ciudad se desarrolla por fuera de los marcos de previsibilidad que otorga un plan de ordenamiento urbano, como parte de la gestión del gobierno de una ciudad. Lo dicho tampoco implica que la*

⁷ MINISTERIO DE HACIENDA, PROVINCIA DE MENDOZA (2013) “Programa De Desarrollo De Áreas Metropolitanas Del Interior (DAMI): Plan de Ejecución Metropolitano Gran Mendoza”, pág. 4.

expansión se haya desarrollado bajo un modelo anárquico o de completa anomia" (Sedevich, 2005) con marcos de regulación de carácter casuístico en muchos aspectos, de ahí que la normativa cumpla el papel de suplir los vacíos legales antes que de prevenir, organizar y planificar el territorio.

A pesar de que desde la década de 1950 se tiene registro de las primeras viviendas precarias cercanas a los diques, ripieras, etc. Como apunta Gudiño *"Las principales causas de los desplazamientos de la población se debían al déficit habitacional y al problema del desempleo, ya que la mayoría de los habitantes eran migrantes de otros asentamientos ilegales de la Provincia"* (Gudiño et al, 2007). Será a partir de la década de los noventa, con el auge del neoliberalismo argentino cuando los capitales privados se hacen con el dominio de las tierras y desplazan al Estado como principal agente de control y promotor del crecimiento urbano. El modelo de apropiación de la tierra quedará definido desde este momento hasta nuestros días a partir de ventas en su mayoría sin servicios, en zonas sin infraestructura, con alto riesgo aluvional y con problemas de consolidación de los suelos (Kanashito et al, 2012).

Desde la práctica jurídica, se advierten diversas dinámicas sociales que muestran por una parte, el desplazamiento progresivo del Estado como entidad capaz de preservar los procesos democráticos y ostenta la legitimación para tomar decisiones relativas al bien común. Y por otra, el surgimiento de nuevas élites sociales que marcan los nuevos ritmos económicos y para ello se configuran entramados legales afines a estos ritmos.

Dentro de este contexto socio- cultural se ha ido gestando; creando instituciones y numerosas normativas, en su mayoría de carácter casuístico, para dar una solución a la degradación ambiental que se produce por parte de los asentamientos irregulares y regulares en una zona catalogada como un área de alta fragilidad y de alto valor ambiental, cuya protección es fundamental dentro de los lineamientos del desarrollo sostenible

Ahora bien, del estudio de los antecedentes normativos que hacen al piedemonte cabe destacar que las apreciaciones que aquí se realicen no devienen en absolutas ya que la labor legal presenta complejidades como cualquier disciplina social.

En este sentido, cabe apuntar que:

1- A nivel institucional se aprecia una falta de control respecto a la normativa existente, la cual se presenta amplia y variada. En este punto es fundamental reiterar que sin un compromiso institucional fuerte respecto a la materia no es posible avanzar y se genera el siguiente problema.

Existen numerosas formas jurídicas desde resoluciones municipales hasta leyes nacionales que coexisten en un mismo espacio de forma desordenada, inconexas y excepcionadas por el propio organismo que debe velar por su tutela y protección.

Caso emblemático es el de la Ley 4886/83, sobre fraccionamiento y loteo en el oeste del AMM. Para su aplicación, la ley establece un área urbana, la cual se subdivide en subáreas, cada una con especificidades. Que el área comprendida entre los 900 y 1550 m.s.n.m se presenta como un área semiurbanizable debido a la escasa infraestructura para soportar el abastecimiento de servicios públicos, como el agua. Si ello, lo combinamos con la zonificación planteada por la Ley 5408/1992 y su Decreto Reglamentario 1077/95 se refuerza que estamos ante un área compleja para el asentamiento urbano.

En la actualidad, la Ley 4886/83 es la única que establece una forma de parcelamiento y fraccionamiento bajo una mirada ambientalista, limitada pero al fin y al cabo establece límites y puntualiza el requisito de que las urbanizaciones o emprendimientos cuenten con acceso al recurso hídrico previamente a la construcción de una vivienda (pudiendo subsanarse con obras de infraestructura para este servicio), debido a que nos encontramos en una región con escasez del recurso. Al ser considerada una ley claramente restrictiva, se ha visto en muchas ocasiones excepcionada, tanto por leyes como la Ley 7751/2007, así como por la propia Comisión Reguladora del Piedemonte en su uso del artículo 5 de la Ley 8051.

Dicha dinámica de generar marcos de protección que se exceptúan continuamente deviene en un doble trabajo y carga administrativas para instituciones cuya función no es normalizar la excepción sino más bien aplicar el cuerpo legal que se aprobó y legitimó por la legislatura.

2. El diagnóstico legal realizado, denota que los organismos analizados llevan adelante procedimientos administrativos compartimentados, evidenciando una falta de articulación entre ellos.

3. Otro punto a tener presente es la normativa municipal y el consecuente cumplimiento normativo que las municipalidades ejercen en área. La Provincia de Mendoza se divide en dieciocho departamentos, cuatro de los cuales tienen jurisprudencia en el oeste del AMM (Las Heras, Ciudad de Mendoza, Godoy Cruz y Luján de Cuyo). Si bien, existen políticas públicas y normativas que intentan favorecer el intercambio y articulación entre los municipios⁸, no obstante la realidad muestra una cara totalmente diferente, cada uno de los municipios se ha desenvuelto de manera individual y no coordinada obviando las singularidades del territorio como unidad ambiental. Esta falta de unificación en términos administrativos se traduce en: una imposibilidad de seguir un procedimiento que respete los derechos y exija las obligaciones de los involucrados y se provocan grandes vacíos legales y anomias en el actuar de los funcionarios responsables en los diferentes niveles.

4. Aquellas normativas que en su naturaleza, apuntan a instrumentos y políticas interjurisdiccionales (como la ley de piedemonte) deben verse fortalecidas en su implementación.

10.3. Alcance de los lineamientos legales para un futuro código.

Debido a la complejidad del área objeto de estudio, plantear en esta instancia un código de ocupación del Piedemonte capaz de regir todos aquellos asuntos relacionados directa o indirectamente con el uso del suelo, los edificios, estructuras e instalaciones, la subdivisión y fraccionamiento de parcelas, los volúmenes edificables, la preservación de los ámbitos y ambientes, deviene en imposible. Si bien, el estudio precedente aborda las amenazas aluvionales, las que habilitan esta instancia de aportes legales, estos por sí solo no son suficientes. Se necesitan estudios en materia sismográfica, geográfica, demográfica, etc. para poder elaborar un código de ocupación.

Por tanto, en las siguientes páginas se aportarán lineamientos legales generales, que servirán para la elaboración de un futuro código de ocupación. Dichos lineamientos se encuadrarán dentro de

⁸ En este sentido, por ejemplo, el artículo 24 de la Ley 8051, dispone que “los intereses comunes de distintas jurisdicciones del gobierno provincial y de distintos municipios deberán ser contenidos en Programas conjuntos, coordinados mediante convenio, previa aprobación por parte de los Consejos Deliberantes correspondientes. Los programas de dos o más municipios deberán guardar coherencia con sus respectivos Planes Municipales de Ordenamiento Territorial”.

los marcos legales provinciales de ordenamiento territorial: Ley 8051 y el Plan de Plan Provincial de Ordenamiento Territorial Ley 8999.

10.4. Naturaleza jurídica del futuro código de ocupación.

La necesidad de generar un código ceñido para la zona del piedemonte se ha podido sobreentender en numerosos marcos normativos. En primer lugar la ley de presupuestos mínimos de aguas establece el enfoque GIRH y cuenca como unidad de gestión, base para todo ordenamiento. Es el Decreto 1939/96 donde se inserta la urgencia de elaborar una norma que determine las zonas de expansión y ocupación, así como, los tipos de actividades que se pueden realizar respecto a un área de fragilidad ambiental y riesgo para el desarrollo habitacional por la existencia de cauces aluvionales, para ello se considera la paralización de todos los procesos de construcción en la zona, hasta tanto surja dicha norma.

Con la ley 8051 y el Plan de Ordenamiento Territorial ley 8.999 se habilitaron mecanismos legales para proceder a una primera aproximación más concreta de la zona. En este sentido, la ley 8051 apela en su artículo 24 a las áreas interjurisdiccionales, donde intervienen determinado número de entidades estatales, cuya injerencia hacen al orden del territorio.

Posteriormente, con la ley 8.999 el área del Piedemonte se redefine, siendo más amplia que la establecida en su momento por el Decreto 1077/95, como una Unidad de Integración Territorial (UIT) al constituir un ambiente fundamental para el desarrollo de la sociedad mendocina. En la misma línea, se considera al piedemonte como un área sujeta a regímenes especiales para lo cual se generará el código de ocupación correspondiente en el marco de la coordinación interjurisdiccional entre el Gobierno de la Provincia de Mendoza y los municipios intervinientes (Luján de Cuyo, Godoy Cruz, Ciudad de Mendoza y Las Heras).

10.5. Lineamientos generales para una propuesta de código de ocupación y manejo del Piedemonte en el AMM.

La propuesta de código se deberá basar en los lineamientos propuestos por la ley 8999 (PPOT)

“para ello es necesario restringir las aprobaciones de cambio de usos del suelo rurales a usos urbanos y evitar el avance indiscriminado de los asentamientos a fin de optimizar la infraestructura existente, mejorar la conectividad, integrar servicios, refuncionalizar espacios y ocupar vacíos urbanos.”⁹

10.5.1. Limitaciones a la propiedad privada.

Los lineamientos generales antes mencionados solo pueden llevarse a cabo a partir de limitar la propiedad privada, sin llegar a desvirtuarla ya que en nuestra hermenéutica jurídica tiene un papel central. Sin embargo dentro de las mismas se identifican los cauces aluvionales sobre los cuales se asienta parte de la ciudad de Mendoza, los que son públicos. Sin embargo, los terrenos adyacentes

⁹ Ley pcial. 8999 pag. 54

pueden ser ocupados conforme al Código Civil y Comercial en la medida que respeten las líneas de ribera.

Entonces como primer punto, consideramos que desde un análisis jurídico de la propiedad, el suelo en el área del Piedemonte se presenta variado, en el sentido que nos hallamos con cauces aluvionales, terrenos susceptibles de ser adquiridos o bien sometidos a regímenes de áreas naturales. Esta diversidad jurídica complica realizar una generalización en los usos del suelo en cada zona determinada previamente por factores naturales (Pujol y Lara, 2014).

Respecto a los cauces aluvionales, la Ley de Aguas de la provincia de Mendoza establece que corresponde al dominio público las aguas corrientes. Por su parte, el Código Civil y Comercial en su articulado establece que los ríos, arroyos, estuarios, son de titularidad estatal. De igual modo, se enfatiza que los ríos, el agua, las playas y el lecho por donde corre, delimitado por la línea de ribera que fija el promedio de las máximas crecidas ordinarias, también se incluyen dentro del dominio público.

Con el dictamen de la Fiscalía de Estado en el expediente "Unión vecinal de las quintas de San Isidro" a Dra. Gloria Algueró de Arias plasmó que los cauces son parte del dominio público hidráulico. En el mismo sentido, G.J Cano en "Estudio sobre línea de ribera", ed. CFI, Bs. As., 1998, T II, en p. II-4, señala que la "llanura aluvional" o "valle inundable" es una faja deprimida asociada al cauce de un río, que sufre periódicas inundaciones durante las crecidas ordinarias". Asimismo, E.L Cebrelli "*El requisito de perennidad del caudal del río*" en el IX Congreso Nacional de Agua, ed. Comité Permanente de los Congresos Nacionales de Agua, San Luis, 1979, que en p.382 a 340 señala que: "*en los ríos de régimen torrencial andino, el caudal de la crecida ordinaria está dentro de la línea de ribera*".

Bajo el régimen de bienes de dominio público, los cauces aluvionales son inembargables; imprescriptibles debido a que no pueden ser poseídos y, en consecuencia no pueden ser objeto de un proceso de usucapión; y no enajenables en aras de los artículos 2340 y 237.1 C.C y C. El dominio público debe ser entendido como una institución del derecho público, al cual se acude para proteger bienes de incidencia colectiva, no aptos para la ocupación por parte de privados. En la causa "*Piccini*" de la Suprema Corte de Justicia de la Provincia de Buenos Aires se dispuso que "*el dominio público es el ejercicio del derecho de todos y para todos, representa algo más que el ejercicio de un derecho particular, por eso el régimen y el sistema normativo deben ser distintos al de propiedad particular. Citando a Fiorini, los bienes estatales se miden por sus fines, no por su valor económico. Lo primero distingue siempre a la función administrativa, y el segundo es privativo e inherente a todos los bienes de los privados. El régimen de los bienes del dominio público es exclusivamente administrativo; tienen destino para el uso y utilidad pública, por eso son bienes públicos.*" (Mariucci y Peluso, 2015) Sin embargo, ello no implica que sean ilimitados o absolutos como apunta el artículo 12 de ley de aguas.

A pesar de ello, la determinación de dominio público no deja de ser una limitación justificada por el artículo 1941 del C.C y C. cuando prevé límites previstos por la ley. Igualmente, el artículo 240 del C.C y C. dispone que: "*El ejercicio de los derechos individuales sobre los bienes mencionados en las Secciones 1a y 2a debe ser compatible con los derechos de incidencia colectiva. Debe conformarse a las normas del derecho administrativo nacional y local dictadas en el interés público y no debe afectar el funcionamiento ni la sustentabilidad de los ecosistemas de la flora, la fauna, la biodiversidad, el agua, los valores culturales, el paisaje, entre otros, según los criterios previstos en la ley especial.*"

Respecto a los terrenos adyacentes a los cauces, hemos de tener presente lo dispuesto en el Código Civil y Comercial de la Nación y la Ley de Aguas de la Provincia de Mendoza en materia de línea de ribera. El artículo 235 del CC y c establece que este se determinara teniendo en cuenta el promedio de las máximas crecidas ordinarias. Por su parte, el artículo 43 define al “cauce natural de un río o arroyo, es el terreno que cubren sus aguas en sus mayores crecientes ordinarias”.

No obstante ello, para llevar a cabo un correcto deslinde de los terrenos respecto a los cauces, se debiera proceder a una evaluación de los siguientes aspectos legales por parte de un grupo interdisciplinario que aborde: como es el régimen del dominio público sobre los cauces y su determinación; criterio legal para establecer la línea de ribera en cauces regulados y no regulados, jurisdicción para la demarcación de la línea de ribera: ribera actual y ribera histórica, implicancias y consecuencias legales de los eventuales cambios de régimen de erogación, etc.(Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, 2005). En este sentido, en el caso “Provincia de Mendoza c. Bombal Pedro y otros” se consideró el cauce determinado normativamente por el art. 43 LA, en concordancia con el art. 235 CC y c (Cámara de Apelaciones en lo Civil y Minas de Mendoza in re “Pcia. de Mendoza c. Bombal, Pedro y ot”, sentencia del 11/11/1937, con nota de Alberto Spota, “Principio legal a tener en cuenta en la delimitación del cauce de las corrientes públicas”, LL, 1937, T° 8, p. 1187).

Además de lo dicho, también pueden incorporarse limitaciones de carácter administrativo, con fundamento en la reforma constitucional de 1994 que previó expresamente el ejercicio de la propiedad privada con miras al bien común al incorporar en el artículo 75 inc.22 la Convención Americana sobre Derechos Humanos, que en su artículo 21 propugna que toda persona tiene derecho al uso y goce de sus bienes pero la ley puede subordinar su uso y goce al interés social. Uno de estos intereses es el ambiental.

En aras de estas disposiciones el derecho administrativo cuenta con tres tipos de limitaciones: las restricciones propiamente dichas, las servidumbres administrativas y la expropiación. Dichas limitaciones son fundamentales para concretar los procesos de planificación urbana y territorial. A los efectos de este trabajo, las restricciones que debemos tener presentes son las que se presentan sustanciales tales como las que determina el FOT y el FOS, el dejar retiros obligatorios, la subdivisión de un inmueble en fracciones, etc. (Pujol y Lara, 2014); tipología de los lotes; viviendas, características y modalidades de las infraestructuras básicas.

En la ley 8051, en el artículo 15 se advierte una línea de actuación con base en estas limitaciones administrativas como son los usos permitidos, una zonificación que respete la estética urbana, rural y natural; la heterogeneidad de las actividades rurales y urbanísticas, etc.

10.5.2. Clasificación del piedemonte desde la perspectiva de la amenaza aluvional

Llegados a este punto, se propone una clasificación, utilizando como criterio los impactos hídricos en las cuencas y subcuencas analizadas.

En función de la delimitación de amenazas aluvionales (ver Lámina Anexa), se propone:

Zonas de muy alta amenaza: zonas NO ocupables.

Las personas, infraestructuras y cualquier tipo de ocupación están expuestos a verse seriamente afectadas frente a cualquier tipo de evento aluvional. Su desarrollo se encuentra sujeto a la ejecución de grandes obras de infraestructura.

Zonas de alta amenaza: zonas NO ocupables, permitiendo ciertas actividades complementarias.

En estos lugares las personas están en peligro incluso dentro de sus viviendas, ya que las edificaciones corren riesgo de ser destruidas. No se recomienda la ocupación permanente de estas áreas, por los que el uso residencial se encontraría restringido. Es posible el desarrollo de actividades complementarias de bajo impacto ambiental (turismo, senderismo, etc.) y la actividad pecuaria extensiva.

Zonas de media amenaza: zonas ocupables bajo ciertas condiciones.

Las personas están en peligro si se encuentran fuera de sus viviendas. Pueden presentarse daños e incluso la destrucción de ciertas infraestructuras. Se recomienda la ocupación bajo ciertas condiciones. Previamente a la ocupación, se deberían llevar a cabo obras de amortiguación tendientes a disminuir la exposición a la amenaza aluvional.

Zonas de baja amenaza: zonas ocupables

El grado de peligro al que están expuestas las personas es bajo. Las construcciones y obras de infraestructura pueden sufrir daños en caso de eventos extremos. Se permite la ocupación bajo ciertos criterios mínimos.

A partir de la delimitación de éstas áreas teniendo en cuenta el peligro aluvional, se sugiere incluir en un futuro código de ocupación los siguientes criterios¹⁰:

-Se considera área potencialmente ocupable hasta la cota de 1150 metros, y en las que el desarrollo de infraestructuras de dotación de servicios cuenten con una prefactibilidad. Por sobre esta cota, encontramos áreas caracterizadas por su lejanía, falta de accesos y por poseer mayor naturalidad en las que se recomienda conservar e incluso remediar el ecosistema pedemontano;

-Es preciso aclarar que la amenaza aluvional en cada una de estas zonas puede verse afectada, por la generación de estrategias y obras que apunten a la mitigación de los impactos aluvionales.

- El establecimiento de estas áreas persigue un fin de planificación y ordenamiento territorial. Es por ello que resulta fundamental para aquellos casos en que se necesiten mayor precisión, realizar una mejora de escala mediante incorporación de información más precisa y estudios hidráulicos de detalle.

¹⁰ Algunas de las propuestas e iniciativas sugeridas en esta sección derivan de normativas vigentes al momento de éste trabajo.

Zonas de muy alta amenaza: zonas NO ocupables.

Debido a su exposición al peligro aluvional no se recomienda la ocupación en éstas, como así tampoco la realización de actividades que puedan ser potencialmente perjudiciales para el ecosistema pedemontano. Debido en que en algunos sitios considerados de muy alta peligrosidad aluvional, hay ocupaciones preexistentes, será necesario la realización de estudios técnicos a escala para la consecuente dotación de obras de mitigación que permitan bajar la exposición a la amenaza. Solo en aquellos casos fundados, en que no exista tal posibilidad, se recomienda el traslado de la población o relocalización de las actividades que allí se realizan.

Son áreas con un alto grado de naturalidad, donde los procesos ecológicos han podido seguir su curso espontáneo o con un mínimo de interferencias por parte de actividades humanas. Aún así existen determinadas zonas dentro de éstas áreas que han sido seriamente afectadas por incendios y/o por otras actividades antrópicas; para estos se recomienda llevar adelante políticas de reparación y conservación ambiental.

Los usos permitidos en estas zonas podrían abarcar: Actividades científicas, de conservación, recuperación y monitoreo, forestación, de educación ambiental, andinismo. También actividades productivas que garanticen el uso sostenido de los recursos (incluyendo la extracción de áridos sólo en vasos de diques y sitios específicamente autorizados para tal fin). Podrían realizarse en los casos en los que se considere necesario, teniendo en cuenta los estudios de impacto ambiental correspondientes que garanticen la sostenibilidad ambiental del proyecto.

Zonas de alta amenaza: zonas NO ocupables, permitiendo ciertas actividades complementarias.

En estos sectores, si bien la amenaza aluvional se encuentra por debajo de las áreas de muy alta exposición, igualmente no se recomienda la ocupación permanente. Sin embargo, es posible la utilización de estas para actividades científicas de conservación, recuperación y monitoreo, forestación, de educación ambiental, andinismo y actividades turísticas de bajo impacto. Dentro de los sitios o circuitos que se definan para cada uso o actividad, el desarrollo se limitará a la construcción de infraestructura esencial, teniendo en cuenta la protección de los recursos, que no promueva la concentración de gran número de individuos. Para esto podrán seleccionarse áreas de pequeña extensión de uso intensivo, hacia donde se canalizará la mayoría de los visitantes. De acuerdo con las características de ocupación previa, resulta necesario recomendar que se permita la conservación de actividades pecuarias extensivas de bajo impacto, llevando adelante el control necesario tanto de la superficie afectada como así también de los animales.

Por otra parte, no se recomienda el desarrollo de Infraestructura de servicios generales y específicos tales como (líneas eléctricas, gasoductos, plantas potabilizadoras, acueductos, caminos, etc.) ni la ocupación residencial bajo ningún concepto.

Zonas de media amenaza: zonas ocupables bajo ciertas condiciones.

En éstas áreas, podría permitirse la ocupación residencial de baja densidad bajo ciertos parámetros. Podrá realizarse uso residencial sólo en aquellos casos en que los Municipios correspondientes lo consideren necesario para su desarrollo. Será necesario establecer una superficie

mínima para los lotes así como un porcentaje de construcción, la forestación con flora nativa tanto en espacios públicos como privados y evitar los movimientos de suelo que puedan alterar las pendientes naturales.

Las medidas de mitigación se aplicarían ante aquellas situaciones de asentamiento consolidadas y frente a la posible ocupación por parte de nuevos emprendimientos residenciales. De este modo, se recomiendan las siguientes medidas:

- [1]. Inversiones en defensas aluvionales.
- [2]. Soluciones no convencionales de gestión de escurrimientos urbanos

El objetivo de estas debe ser reducir o mitigar efectos del tradicional drenaje (compuesto por obras revestidas y grandes sistemas de canalización de escorrentías) que llevan la problemática hacia aguas abajo.

Se deberá cumplir la condición de **Sustentabilidad Hidrológica**, dada por la verificación del caudal de excedencia para una tormenta de 5 años de recurrencia, en la situación con proyecto, sea igual o inferior a la condición previa a la urbanización. Para ello incide en gran medida tanto los aspectos relativos al diseño urbanístico como las soluciones estructurales y no estructurales planteadas para resolver los drenajes pluviales.

Dentro de las obras de drenaje pluvial, se recomienda para todos los casos de ocupación la realización de obras menores como:

- [1]. Trincheras de infiltración
- [2]. Bio-retenciones o Jardines de lluvia
- [3]. Depósitos de Detención temporal
- [4]. Estanques de Retención
- [5]. Pozos de infiltración (y recarga de acuíferos).
- [6]. Disipadores de energía¹¹

Zonas de baja amenaza: zonas ocupables

Áreas en las que se podría llevar adelante proyectos de ocupación permanente bajo criterios mínimos, ya que su exposición al peligro aluvional es muy baja. Estos criterios deberían incluir estudios de amenaza aluvional de detalle, la imposibilidad de avanzar sobre los cauces y ocupar la línea de ribera, así como contar con factibilidad para la dotación de servicios. Cualquier cambio de uso de suelo debe cumplir la condición de sustentabilidad hidrológica verificando que aguas abajo no aumente el peligro aluvional.

¹¹ Para mayor información consultar el anexo II del presente trabajo.

10.5.3. Propuesta de lineamientos para la ocupación residencial en zonas de media y baja peligrosidad

En sintonía con el Plan Provincial de Ordenamiento Territorial, el control de la expansión urbana al piedemonte se encuentra dentro del proyecto N°4: Manejo del piedemonte, cuyo objetivo es considerar al piedemonte como una Unidad de Integración Territorial en la que se deben regular las actividades para preservar su función ambiental, el cual a su vez se entiende dentro del Subprograma de Gestión Integral del AMM. En esta área será prioridad propugnar una ocupación y densificación urbana con el fin de optimizar la infraestructura ya instalada y evitar que continúe el avance urbano sin planificación. Para conseguir ello, la ley establece una serie de lineamientos dirigidos a las instituciones involucradas en la temática, entre ellos encontramos una reconceptualización del papel del recurso hídrico como elemento que moldea la expansión urbana, por ello, entre los lineamientos y directrices se promueve la necesidad de desarrollar una Gestión Integral del Recurso Hídrico, estableciendo que diversas instituciones como el EPAS o la Dirección de Hidráulica deberá priorizar obras de saneamiento de efluentes cloacales en áreas de fragilidad ambiental como piedemonte, zonas de recarga de acuíferos y áreas de secano y planificar adecuadamente el sistema de drenaje urbano con el objeto de minimizar los riesgos, entre otros.

Las áreas residenciales pueden convivir con otros usos compatibles y que contribuyan a la diversidad, el disfrute y animación del espacio público, como también a la necesidad de movilidad de la población. Se consideran usos incompatibles las industrias nocivas y aquellas actividades que generen impacto ambiental o molestias de diversos grados a la población.

Las normas de este Código se aplicarán tanto en los casos de nuevos edificios o instalaciones de cualquier tipo, como en los casos de edificaciones e instalaciones existentes, en qué se pretendiera variar su uso, para ello se puede tener presente lo ya estableció el Plan de Ordenamiento en su apartado de Criterios Generales para Núcleos Urbanos de diversa jerarquía, como la prohibición de llevar adelante proyectos que pongan la situación de peligro extremo a la sociedad, entre ellos el riesgo aluvional, también se prevé la accesibilidad efectiva a los servicios urbanos y equipamiento social básico. De no ser así debe gestionarse de manera coordinada con los organismos competentes para su efectiva resolución; además se tiene que tener en cuenta el tamaño de los lotes; la densidad poblacional, pendientes, parcelas, fraccionamiento de las calles, etc.

Estos Criterios Generales incluyen¹²:

a) El proyecto se inserte dentro de la trama urbanizada consolidada o a consolidar; con uso predominantemente residencial y/o compatible en un todo de acuerdo a Apto Técnico de Localización Municipal Integrado.

b) Se encuentre conectado al sistema vial principal.

c) El nivel del terreno propuesto con relación a la trama urbana existente no genere la necesidad de grandes movimientos de suelos a fin de poder lograr una correcta vinculación con el entorno con mínimos impactos ambientales.

¹² Ley 8.999 Plan Provincial de Ordenamiento Territorial. Capítulo 5: Instrumentos. Lineamientos para la localización y habilitación de proyectos habitacionales.

d) Permita la accesibilidad a infraestructuras básicas de redes: agua potable, red cloacal, gas natural y red eléctrica sin necesidad de obras mayores de nexos y/o complementarias.

e) En el caso de ser necesarias obras mayores de nexos y/o complementarias y priorizarse el emprendimiento, deberán ser ejecutadas en un todo de acuerdo a las correspondientes factibilidades emitidas por los entes prestadores y el financiamiento de las mismas será dado por el Organismo correspondiente.

f) Permita la accesibilidad efectiva a los servicios urbanos y equipamiento social básico. De no ser así debe gestionarse de manera coordinada con los organismos competentes para su efectiva resolución.

g) El proyecto no se encuentre cerca de un foco contaminante ya sea móvil o fijo (industria, basural, material particulado en suspensión, línea de alta tensión, otros) y que pueda afectar directamente a la adecuación del hábitat residencial.

h) El proyecto no se encuentre en zona de multiamenaza que ponga a la población en situación de máx. riesgo. Las principales amenazas a considerar son: sísmica/licuefacción, aluvional/inundabilidad, erosión/desertificación.

i) El diseño del loteo (incluyendo la disposición y superficie del espacio para equipamiento) respete las características del área de inserción (piedemonte, secano, oasis irrigado, etc.) minimizando la modificación del medio natural y/o preexistente a fin de no generar impactos negativos en el entorno (aumento de la escorrentía, bloqueo de red de riego, mayor desertificación, etc.)

j) La Aptitud del suelo para fundaciones y profundidad de la napa freática en vinculación con la existencia o no de red cloacal (riesgo de contaminación del agua subterránea) sea aceptable a los fines de la construcción de vivienda, sin afectar las condiciones intrínsecas del suelo para la actividad productiva.

k) De no existir posibilidad de conexión al servicio de red cloacal, se deberá estudiar el sistema de evacuación y tratamiento de efluentes cloacales más apropiado a los fines de la sustentabilidad ambiental (contemplando la relación directa entre características y composición del suelo - profundidad de la napa freática – accesibilidad o no a red cloacal y riesgo de contaminación de suelo, agua superficial y/o subterránea), el que estará debidamente demostrado a través de los estudios técnicos correspondientes e incorporados dentro del Procedimiento de EIA –T según normativa vigente.

l) No podrán asentarse o desarrollarse proyectos de barrios en predios que hayan sido usados con anterioridad para extracción de áridos. A tal efecto, se instrumentará un registro cartográfico de espacios de uso ambiental restringido.

En esta misma línea, esta ocupación residencial debe ir acompañada de la creación y consolidación de “espacios verdes” y zonas de esparcimiento de calidad, atractivos, que respeten y favorezcan la utilización de especies nativas y sirvan para elevar la calidad de vida de la población local. Estos deben contar con una superficie acorde a las características del sitio y no generar un aumento del peligro aluvional.

A partir de estos linamientos, se proponen pautas de urbanización o restricción, tipificando obras de regulación pluvial no regulación pluvial no convencional, como trincheras de infiltración, reservorios de detención temporal, trampas de agua, etc. o indicando relaciones tendientes a regular por ejemplo la cantidad de movimiento de suelo permitido o la densidad de lotes (o superficie mínima de lote) en función de la pendiente, con el objetivo de disminuir la impermeabilización producida a medida que se avanza hacia aguas arriba en la cuenca aluvional.

Como premisa básica el uso del mapa de amenazas permitiría restringir en primera instancia, posibles propuestas de desarrollo urbano ubicadas en zonas rojas y naranjas (muy alta y alta amenaza aluvional) o identificar zonas críticas.

10.5.3.1. Restricciones por movimientos de suelos

Se propone que el movimiento de suelos debido a nivelaciones del terreno para edificación esté limitado en función de la pendiente del terreno. En base a una extensa revisión de reglamentaciones urbanas en zonas similares (Maza et. al, 2004) se destacan las siguientes gráficas que presentan curvas (o fórmulas) para establecer el volumen máximo en función del tamaño del lote o de la pendiente.

$$V = \left[\frac{(4 - 10 \cdot S) \cdot 4 + 16,2}{19,06} \right] \cdot A \quad (40)$$

Donde:

V: Máximo volumen de suelo permitido (m3)

S: Pendiente máxima dentro del lote (%)

A: Área de lote (m2)

Restricciones:

- No permite nivelaciones para $S > 25\%$
- Las nivelaciones no deben exceder el 35% del área o la no superar la Densidad máxima de nivelación (%) dada por $DMN = 2702.4 \cdot A_{lote} (m^2) - 0.525$

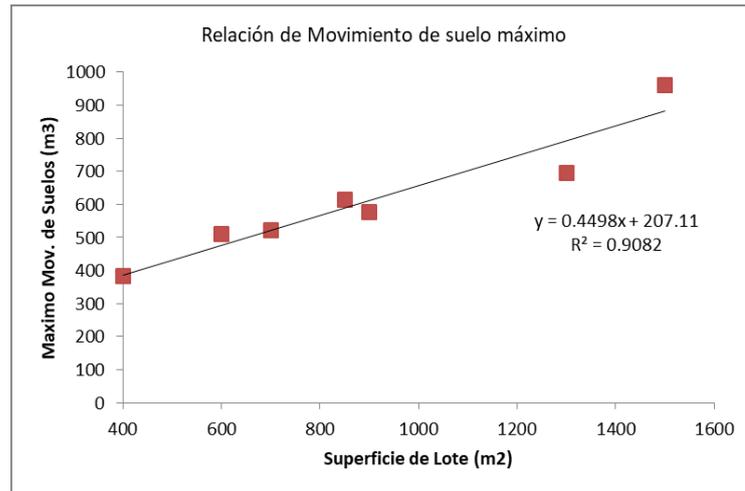


Figura 10-98 . Restricción de movimiento de suelo en función del tamaño de lote

10.5.3.2. Restricciones por erosión de suelo

Se deberán aplicar medidas de mitigación según el caso para evitar o minimizar la erosión hídrica del piedemonte y el arrastre de materiales, tales como: gaviones; vegetación autóctona como barrera y en cauces, lo que ayuda a fijar el suelo y disminuir la escorrentía; aterrazamientos, los cuales deben guardar una proporción donde la huella sea el doble de la contrahuella; utilización de mallas metálicas en taludes, entre otras.

10.5.3.3. Tamaño del lote /Edificación (FOS); (FOT)

Una de las características del piedemonte es la variabilidad y diversidad en los tamaños de los lotes, de ahí que se requiera de estudios complementarios para determinar un mínimo y un máximo estimativo y de este modo poder avanzar en la configuración del FOS y FOT. Así como, verificar la relación con el movimiento de suelo permitido.

10.5.3.4. Pendientes, Parcelas y densidad

En toda el área de aplicación, la superficie mínima establecida para las parcelas se constituirá como un mínimo indivisible, es decir, no cabe una subdivisión de estas por ningún motivo ni bajo ningún aspecto. Tal posición se fundamenta en la función de retención e infiltración de aporte pluvial de los espacios no edificados de cada parcela, que por lo tanto no pueden disminuirse respecto a lo establecido.

Por otra parte, dentro de la parcela hallamos las áreas ocupables destinadas a la construcción, accesos, infraestructuras de servicios, patios, jardines, plantaciones y todo uso que suponga una modificación del estado natural y actual del área de la parcela. Las áreas no ocupables, por el contrario, son aquellas que no se permite la modificación del estado natural y actual con ningún tipo de obra ni actividad. Solo son admisibles las actividades de reforestación con especies nativas, tratamiento de cauces naturales y medidas de mitigación ante peligros e impactos naturales.

Por su parte, en tema de densidad se considera que:

Cantidad y densidad de lotes: Se propone que la superficie máxima a alterar esté en función de la pendiente (S) y la densidad de lotes (cantidad de lotes por hectárea). Considerando una superficie máxima de alteración siguiendo la expresión (41):

$$\text{Máxima área alterada (\%)} = 74.5 - 1.7 * S(\%); \text{ para } 15\% < S < 35\% \quad (41)$$

Por otro lado, la cantidad de lotes por hectárea debiera estar comprendida entre valores dados por las expresiones (42) y (43).

$$N^{\circ} \text{ lotes / ha} = 14,00 \cdot e^{0.024 \cdot S(\%)}; \text{ para } 15\% < S \leq 35\% \quad (42)$$

$$N^{\circ} \text{ lotes / ha} = 26,431 \cdot e^{0.042 \cdot S(\%)}; \text{ para } 15\% < S \leq 35\% \quad (43)$$

donde S = pendiente (%), considerando que para $S > 35\%$ no se admite urbanización.

En Figuras siguientes se puede observar gráficamente las relaciones propuestas, quedando entre las curvas límite planteadas las posibles soluciones de bajo impacto.

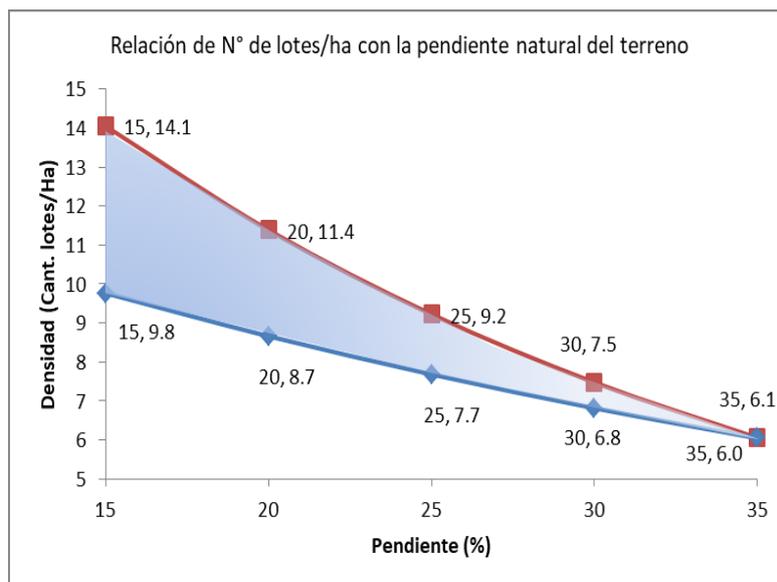


Figura 10-99 . Restricción por densidad de lotes en función de la pendiente

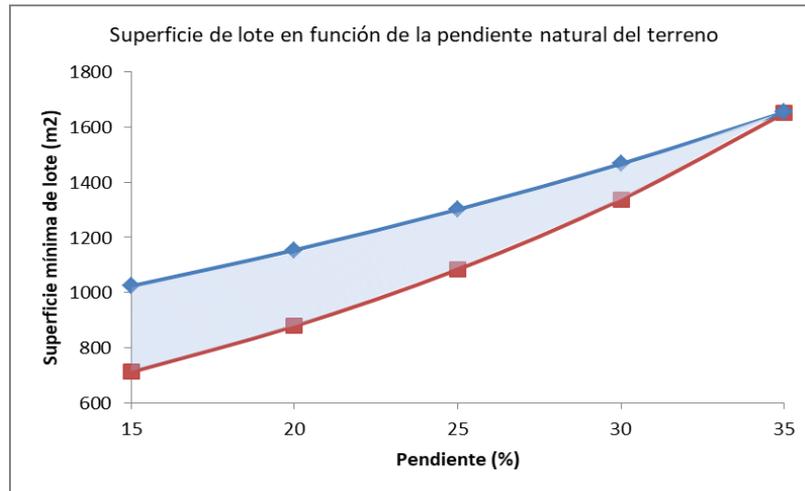


Figura 10-100 . Restricción de superficie de lote en función de la pendiente

A partir de esta relación propuesta, se recomienda siempre optar por la aprobación de emprendimientos cuya relación de lotes/ha se acerca a la mínima, y por lo tanto la superficie de sus lotes será mayor. Asimismo, para el cálculo de la pendiente podrá tomarse la pendiente media del terreno a urbanizar.

10.5.3.5. Longitud de calles

Una de las importantes reducciones logradas al implementar diseños urbanísticos y constructivos ajustados a la geomorfología local, es respecto a las longitudes de calles, que deviene en una disminución final de las longitudes de los servicios a instalar (agua, cloaca, alumbrado, etc.). Se mencionan algunas pautas:

-De manera tal de minimizar la cobertura impermeable y la perturbación del suelo, las calles deben diseñarse siguiendo curvas de nivel, y no deben ser perpendiculares a éstas, a menos que sea absolutamente inevitable.

-La máxima pendiente longitudinal de calles será del 12 %. La pendiente de calles en intersecciones podrá ser de hasta un 5 %.

-La superficie de calle debe estar comprendida entre el 20 % y el 25 % de la urbanización total.

-Se puede permitir que un tramo de hasta 30 m o 10 % de la longitud completa de la calle pueda estar en pendientes entre 25 y 50%.

10.5.3.6. Obras Hidráulicas menores (en zonas de amenaza media)

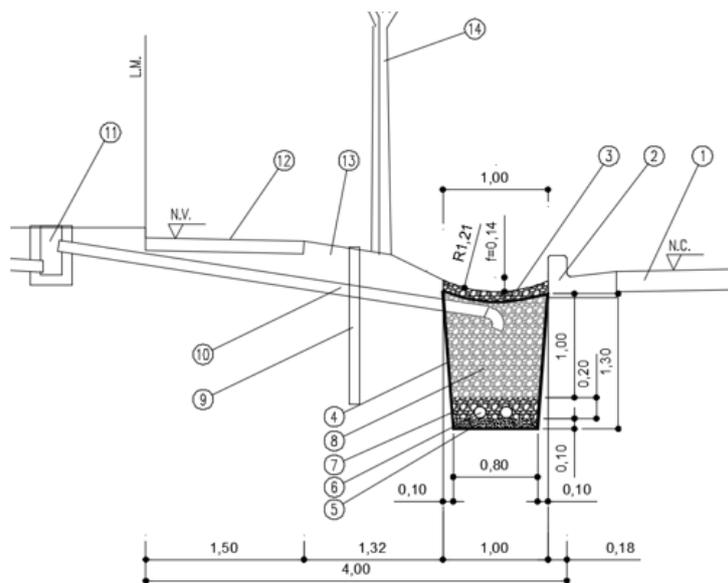
Dentro de las estrategias de Sistemas No Convencionales de Gestión de Escurrimientos Pluviales Urbanos, se encuentran la ejecución de obras hidráulicas de menor cuantía que una infraestructura de defensa aluvional puntual como puede ser un canal escudo o un dique de contención aluvional. La principal ventaja de estos sistemas es su menor costo comparado con aquellas mencionadas, pero deben ejecutarse de forma integral y distribuida en toda la cuenca para que su efecto sea visible. En líneas generales se diseñan para recurrencias menores (de 2 a 10 años) llegando en algunos casos (como las trampas de agua) hasta 25 o 50 años, por lo que fundamenta una de sus desventajas: estos sistemas están diseñados para tormentas no tan severas. La otra desventaja es su

mantenimiento, ya que requiere de un cambio de paradigma y concientización de la población para mantener sus condiciones y funcionalidad, por lo que luego de cada evento de precipitación de relativa importancia debieran mantenerse (limpieza y revisión).

Se presentan en figuras siguientes y Tabla 10-49 los casos más típicos de estas soluciones, que persiguen el principio de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN).



Figura 10-101 . Trampas de agua. Fuente: Pedrani et al., 1993.



Ref.: 1: Calzada; 2: Cordón Banquina; 3: Capa de grava gruesa $d=2''$, $e=0.12m$ compactada manualmente; 4: Manta geotextil no tejida $150gr/m^2$; 5: Cama de arena, $e=0.20m$; 6: Dren, 2 caños PVC 110 ranurados, aserrado $e=3mm$, $L=100mm$, $sep.:200mm$; 7: 1° relleno grava gruesa lavada $d=1''$; 8: 2° relleno grava gruesa $2,5''$ en capas de 20 cm; 9: Riego forestal individual; 10: Desagüe pluvial domiciliario, caño PVC 110; 11: Pileta de piso abierta, reja $15x15$; 12: Vereda; 13: Espacio verde; 14: Forestal

Figura 10-102 . Detalle de una trincheras de infiltración (elaboración propia)

Tabla 10-56 . Síntesis de Métodos no convencionales para el manejo de agua pluviales

Método		Espacio necesitado	Apto para Mendoza?	Problemas		
<i>Captación de lluvia con Pozo Aljibe</i>		Base del aljibe	Si, con restricciones	Sitio de incubación de mosquitos	Corto plazo	
<i>Desconexión de desagüe pluvial domiciliario</i>		min. 10 % de la superficie a drenar (ESCP, 2011)	Si	Necesidad de un área de infiltración		
<i>Jardín de lluvia / Bio-retención</i>		2% - 15% de la superficie a drenar (MW, 2013)	Si	Necesidad de mantenimiento permanente		
<i>Techo verde</i>		Tamaño del techo	Si	Zonda / Capacidad portante del techo	Mediano / Largo plazo	
<i>Canales o cunetas verdes</i>		Algo mayor que canales revestidos o acequias tradicionales	Si, con restricciones	Erosiones / Limpieza		
<i>Captación de lluvia con Cisterna</i>		Poco espacio en superficie (instalación subterránea)	Si, con restricciones	Baja precipitación media / Altos costos de instalación		
<i>Repermeabilización de calles / playas de estacionamiento</i>		0 %	Si	Costos / Tecnología disponible para pavimento permeable / Colmatación de bloques intertrabados		
Infiltración	<i>Superficial</i>	<i>En superficie</i>	mucho 	Si, en áreas con $k_f \geq 10^{-6}$ m/s (DWA, 2005)		Necesidad de grandes áreas (planas o de muy poca pendiente)
	<i>Superficial</i>	<i>En reservorio</i>		Si, en áreas con $k_f \geq 10^{-6}$ m/s (DWA, 2005)		Sitio de incubación de mosquitos / Tendencia a rellenar con RSU
	<i>Mixta</i>	<i>En foso con trinchera</i>		Si, en espacios verdes, plazas, y rotondas.	-	
	<i>Subterránea</i>	<i>En trinchera</i>		Si (bajo veredas o en patios)	Tendencia a taponamiento / Necesidad de Cámaras de Limpieza	
	<i>Superficial</i>	<i>En estanque / micro reservorio</i>		Si	Sitio de incubación de mosquitos	
	<i>Subterránea</i>	<i>En pozo absorbente</i>		poco	Si	Altos costos de instalación

Fuente: Burgos, 2017

10.5.4. Lineamientos legales generales para aunar criterios de ocupación del Piedemonte a partir de las amenazas hídricas.

Para la elaboración y aprobación de una propuesta de “Código Único de Ocupación y Manejo del Piedemonte en el Área Metropolitana de Mendoza”, en primer lugar se debe atender a lo dispuesto en el artículo 7 de la Ley 8051 que establece en el inciso g) como instrumento de ordenación

a los Planes de Ordenamiento Territorial de Áreas Especiales (perilagos, pedemonte, distritos industriales, parques tecnológicos, subregiones, otros).

Entonces para la elaboración y aprobación de este Plan Especial debería reglamentarse conforme a lo dispuesto por la Resolución 75/14 (de la Actual Secretaria de Ambiente y Ordenamiento Territorial) para la elaboración y aprobación del Plan Provincial de Ordenamiento Territorial exigido en la Ley 8051 del 2009. El artículo 13 de la Resolución 75/2014 "Elaboración del Plan Provincial de Ordenamiento Territorial" determina las fases para la elaboración del Plan que comprenderá las siguientes fases:

- a) el diagnóstico
- b) los Modelos de ordenamiento territorial
- c) la redacción del Plan propiamente dicho.

Ahora bien, en este marco, y a los fines de alcanzar una normativa que subsane los problemas antes planteados, es necesario realizar un diagnóstico para establecer la Línea de Base Territorial, a partir de la cual se pueda cotejar el cumplimiento o no de las propuestas actuales. Para ello, será necesario realizar un análisis territorial por subsistemas.

La importancia del diagnóstico surge de lo establecido en el artículo 15 de la citada Resolución al plantear que el objetivo del diagnóstico "es la construcción y análisis del modelo territorial de la provincia para su comprensión, la identificación y jerarquización de las causas y consecuencias de los problemas territoriales (asociados a la equidad, equilibrio y la sostenibilidad) y de las limitaciones y potencialidades ligadas a la organización territorial. Se exprese en términos espaciales, textual y en cartografía georreferenciada conforme a las normas del IGN (Instituto Geográfico Nacional)"

Este trabajo debe ser incluido en la línea de base hidro-socio ambiental junto con otros estudios complementarios tales como: peligrosidad sísmica y de incendios, estudios de vulnerabilidad, acuíferos, capacidad de carga, aptitud de suelo, entre otros como enumera la ley 8999 Anexo V pág. 116 para las zonas de interface.

El diagnóstico se compondrá de todos los estudios multidisciplinarios; las interrelaciones entre todos los elementos descritos en las líneas de base.

En última instancia se podrá arribar a la planificación estratégica del plan especial de la Unidad de Integración Territorial 5° para el AMM , el cual contendrá el Código Único de Manejo y Ocupación del Piedemonte.

Una vez realizado el diagnóstico y determinada la línea de base, todo Plan de Ordenamiento Territorial tendrá que contar con los siguientes instrumentos, art 32:

10.5.4.1. Instrumentos de ordenamiento territorial

Con la finalidad de alcanzar lo establecido en el artículo 15 de la Ley 8051, la zonificación del territorio municipal se procederá primero a delimitar la unidad urbana, las áreas de transición o interfaz urbana-rural, las áreas rurales, áreas naturales y otras sujetas a normativas especiales. Luego se procederá a subdividir cada unidad o área según los usos y conforme a la aptitud del lugar, la capacidad de carga, la existencia o no de amenazas naturales y antrópicas o de tecnología, así como espacios de valor arqueológico o ambiental.

En este sentido, se puede atender a la clasificación de los usos del suelo, en atención a lo establecido en la ley 8.999, que ubica al piedemonte como un área sujeta a regímenes especiales.

A los efectos de poder ordenar la ocupación y manejo del piedemonte conforme el diagnóstico de la amenaza aluvional, se propone además de esa primera clasificación que marca la normativa, una segunda que contemple la clasificación general de áreas que describe la ley 8999 en su Anexo V pero debiéndose aplicar también para dicha área especial, a saber:

Área urbana: Conforme se desprende de la Ley 8.999 es el *“área de mayor densidad poblacional de acuerdo con las características del asentamiento humano en relación con su entorno y jerarquía dentro del sistema urbano al que pertenece. Predominan las actividades terciarias y residenciales u otras compatibles con este destino. Los usos del suelo característicos son: residencial, esparcimiento, actividades terciarias como la comercial y de servicios, los usos industriales no nocivos y compatibles con los otros usos”*.

Área Rural: Se definen como espacios multifuncionales, ocupados por comunidades humanas de baja densidad poblacional, aptos para la producción pecuaria, agrícolas y ganaderas. Pueden ser afectadas a zonas de protección ambiental.

Área natural: Siguiendo con lo establecido en la Ley 8.999 *“serán definidas conforme a la clasificación realizada por la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) y la Ley de Áreas Naturales Provinciales y sus ambientes silvestres N° 6.045/199”*

10.5.4.2. Instrumentos de gestión y ejecución

“El Plan Provincial de Ordenamiento Territorial determinará los instrumentos de gestión que permitirán la puesta en marcha, la ejecución, el seguimiento y el control de las acciones de usos y ocupación del territorio provincial, teniendo en cuenta las relaciones nación-provincia-municipio, las relaciones entre los distintos usos del suelo público-privado, los procedimientos administrativos”

Respecto a los instrumentos de gestión, nos centraremos en la propuesta de un procedimiento legal/administrativo destinado para aquellos emprendimientos nuevos o que estén en áreas de baja y media amenaza.

Procedimiento para los emprendimientos ubicados en zonas de media y baja amenaza.

Este procedimiento se elaborará teniendo presente los ejes de articulación entre el Plan Provincial de Ordenamiento Territorial, los Planes Municipales y los Planes Interjurisdiccionales. Entonces, el procedimiento estará sujeto a las disposiciones de la Ley 8999 al abordar la *coordinación de políticas públicas vinculadas al territorio*, en el marco del subprograma “Desarrollo de capacidades para la gestión territorial”¹³; así como también a lo establecido en las leyes 8051 y 5961 respectivamente. Asimismo, se atenderá a las disposiciones generales de la ley 9003 de Procedimiento Administrativo y el Decreto- Ley Nº 560/73 del Estatuto de Empleado Público, entre otras.

La Agencia Provincial de Ordenamiento Territorial es el organismo competente para el control y fiscalización del cumplimiento de los instrumentos de coordinación contemplados en la Ley 8.999, como son los Convenios Interjurisdiccionales; el Plan de Acción Anual en materia de Ordenamiento Territorial, etc. Para ello se propone contar con el apoyo de grupos multidisciplinarios coordinados a nivel Provincial y Municipal a fin de abordar las problemáticas socioambientales que se desarrollen o surjan en el piedemonte para el establecimiento de políticas preventivas y evitando así el resultado actual. Se sugiere la consolidación y creación de espacios interjurisdiccionales. Este planteamiento desconcentrado permitiría procedimientos más cortos, menos costosos y mejor monitorizados por los interesados.

En caso de incumplimiento de los procedimientos legales estipulados por el futuro código de ocupación, se sugiere modificar el Código de Faltas aplicando treinta días de arresto no redimibles por multa para el escribano, corredor público, martillero, abogado, agrimensar y/o vendedor, que comercialice o intervenga en la comercialización de un inmueble cuyo loteo no haya sido aprobado, o derechos sobre él (condominio, superficie, fideicomiso, cesión de derechos), sin dejar constancia expresa de que no existe loteo aprobado y de que el inmueble no es apto para realizar ninguna construcción sobre él, y que el comprador renuncia a realizar cualquier construcción por el plazo de veinte años o hasta que el loteo sea aprobado, lo que ocurra antes. La sanción se aplicará incluso si se hubiera limitado a redactar el contrato, o a certificar las firmas sin juzgar sobre el contenido del documento.

Por último debe regir la Obligación de dejar constancia en todo contrato, que se presente a la administración, sobre inmuebles del piedemonte sobre la peligrosidad natural del lugar para la vida de las personas y el riesgo de destrucción de los bienes por efectos de la escorrentía de las aguas, y la posibilidad de quedar aislado o inaccesible el inmueble por períodos prolongados de tiempo a causa de eventos climáticos que afecten obras de infraestructura.

¹³ En este caso, se enmarca dentro del PY1: *Establecimiento de procedimientos uniformes y aptos técnicos integrado*, cuyo objetivo es definir procedimientos intra e interinstitucionales con criterios uniformes para la autorización de proyectos públicos o privados con injerencia territorial.

10.5.4.3. Instrumentos de control

Entre las Líneas de Acción para áreas urbanas, previstas en el Anexo V de la Ley 8.999 “Clasificación del territorio. Aplicación al Área Metropolitana de Mendoza”; se establece la necesidad de fortalecer el poder de policía de los Municipios para el cumplimiento de la normativa en las áreas de interfaz.

A tal efecto la municipalidad de Godoy Cruz se creó por medio de Ordenanza 5142/2004 de la Policía Ambiental, convirtiéndose en el único cuerpo de control del medio ambiente que existe en la provincia. Recorren el departamento detectando focos que producen contaminación (por ejemplo, incendios de hojas, de basura, animales muertos o gomas) que alteran la calidad de nuestro medio ambiente. Ellos controlan, emplazan y sancionan todas aquellas acciones que sean generadoras de residuos (sólidos urbanos, peligrosos, patológicos, etc.).

Ello sería una solución a uno de los grandes problemas de la ocupación en el Piedemonte se caracteriza por ser espontánea y no planificada, es decir, el Estado participa parcialmente en la construcción del territorio, de ahí, que sea necesario la incorporación de un cuerpo de vigilancia a fin de que pueda tener un control y conocimiento sobre la zona constante y de este modo resulta más simple poder frenar o paralizar las construcciones y se obliga a solicitar al Estado las licencias necesarias para el emplazamiento.

10.5.4.4. Instrumentos económicos

En el artículo 35 de la Resolución 75/2014 que reglamenta la manera de elaborar el PPOT, exige que éste contenga los criterios técnicos-científicos para la construcción y aplicación de los instrumentos económicos que conforman un sistema de incentivos a los fines del Ordenamiento Territorial. Es por ello que la ley 8.999 incluye en su capítulo 5 Instrumentos Económicos que se configuran como un sistema de incentivos que orientan las decisiones y comportamientos económicos de los agentes hacia los objetivos de desarrollo sostenible y equilibrio territorial, en concordancia con la legislación vigente en la Provincia en materia ambiental y territorial (estos instrumentos se utilizan complementariamente entre sí y deben favorecer los criterios de para establecer zonas establecidos en el PPOT y en los PMOTs).

Uno de ellos se denomina Compensación por Servicios Ambientales, siendo el tributo que los beneficiarios o usuarios de un servicio o bien ambiental abonar debido al disfrute o uso de la externalidad positiva generada.

El objetivo es la implementación de actividades productivas compatibles con la salud ambiental, preservación, conservación o recuperación de servicios o bienes ambientales.

Existen diversos tipos de servicios ambientales: relacionados con la conservación de cuencas hidrográficas, belleza escénica o paisaje (para recreación o turismo), biodiversidad (conservación de recursos genéticos, conservación de especies raras o en peligro de extinción y de ecosistemas), captación y almacenamiento de carbono, entre otras. Varios de estos servicios ambientales son pausibles de ser prestados en el área del piedemonte.

El Plan Provincial de Ordenamiento Territorial, define como herramientas de aplicación de este instrumento :

- Las servidumbres ecológicas: acuerdo voluntario privado, por medio del cual un propietario limita los usos de su propiedad con el objetivo de conservar y preservar los ecosistemas y recursos naturales, bellezas escénicas o atributos históricos, arquitectónicos, arqueológicos o culturales del inmueble.
- Bioprospección: búsqueda sistemática de usos sostenibles y con fines comerciales, de los elementos genéticos y bioquímicos de la biodiversidad.
- Canje de deuda por naturaleza: obtención de fondos para utilizarlos en iniciativas nacionales de conservación, basándose en el modelo de conversión de deuda en capital.
- Concesiones de conservación o acuerdo de concesión de conservación: las autoridades nacionales o los usuarios de recursos locales acuerdan proteger los ecosistemas naturales a cambio de un flujo constante de compensación estructurada por parte de conservacionistas u otros inversionistas.
- Productos asociados con la biodiversidad: El reconocimiento de un sobreprecio a determinados productos asociados con la biodiversidad o donaciones a grandes organizaciones conservacionistas.

En este marco, la conservación de los bosques, la biodiversidad o la protección de los suelos es fundamental en la medida en que representan recursos valiosos para la sociedad. Hasta ahora la estrategia de protección tradicional ha sido mediante la creación de áreas naturales protegidas. No obstante, los resultados de dicha estrategia son limitados o insuficientes, de ahí que sea necesaria la incorporación de otras medidas que complementen como son las económicas.

Estudios realizados sobre el piedemonte mendocino demuestran que este espacio natural constituye el soporte de importantes procesos ecológicos que son la base de una serie de servicios ambientales de notable incidencia en la calidad de vida de la población. A partir de ello, es fundamental que desde las instituciones se incorporen herramientas económicas que modifiquen y reestructuren la percepción social de los costos ambientales que se generan al ocupar estas áreas.

Capítulo 11 : RESPUESTAS A PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Analizados los resultados de las distintas fases del estudio se dejan respondidas las preguntas de investigación iniciales.

- ¿El sistema aluvional de defensas existente es suficiente para proteger el área urbana de los daños que ocasionan las crecientes originadas en el piedemonte?

El actual sistema de defensa aluvional compuesto por diques de contención, son de larga data (construidos entre 1940 y 1970), por lo que además de sufrir el deterioro normal por los años, se observan algunos embanques y diferentes tipos de asentamientos en sus alrededores.

El dique Maure posee un asentamiento informal en las inmediaciones del coronamiento, que impediría un adecuado acceso, control y mantenimiento. Asimismo, el dique Frías en las inmediaciones del vaso posee asentamientos informales y basurales a cielo abierto, expuestos a riesgos de inundación, deslizamientos y contaminación. Por otro lado el Dique Papagayos posee un barrio instalado en las inmediaciones de uno de los vertederos, sirviendo de calle el canal que llevaría cualquier excedencia vertida del dique hacia el arroyo Papagayos y luego al Zanjón de Los Ciruelos. Finalmente se puede indicar que el sistema de defensa del Challao compuesto por el dique San Isidro ha recibido numerosas crecidas que reducen su capacidad y posee un avance urbano aguas arriba que agrava la situación.

De todas maneras, estos diques aún siguen cumpliendo su función, que es la de detener y/o retardar las crecidas originadas aguas arriba, protegiendo a la población ubicada aguas abajo.

Particular mención requiere la zona sur del piedemonte, donde se instala una importante población, aguas arriba de la RP 82. Si bien existe el colector Blanco Encalada como protección aluvional y escudo, resta una importante zona que se beneficiaría si se extiende el colector hacia el norte unos 1000 m.

Finalmente el proyecto del Dique Chacras de Coria y Dique Sosa, junto con las obras complementarias anexas mejoraría en gran proporción las condiciones aguas abajo y cerraría la línea de defensa de todo el piedemonte, al norte del río Mendoza. De todas formas, cabe aclarar que existen algunos asentamientos humanos en los futuros vasos de los diques proyectados, situación que con urgencia debiera sanearse.

Se debería interpretar con estas indicaciones que el sistema no es suficiente y se ve agravado con asentamientos humanos en las inmediaciones de estas obras.

- ¿Cómo es la presión antrópica que se verifica en la cuenca? ¿Qué componente natural ha sido afectado?

Los análisis realizados permiten indicar que el avance urbano actual está vinculado con varios factores entre los que se destacan:

- a) la oferta hídrica (factibilidad de agua potable y saneamiento)

- b) la presión inmobiliaria que compra terrenos de bajo valor con poca o nula infraestructura invertida.

Los sectores más afectados son:

- a) El Norte: Dentro de la cuenca del Aº San Isidro – Challao.
- b) El Sur: Aguas abajo del colector Blanco Encalada
- c) Aguas abajo del Río Mendoza, la predominancia de la presión antrópica es relativa a la frontera agrícola, que avanza hacia el oeste.

Se presenta una breve comparación de avances antrópicos entre el año 2002 y 2018.

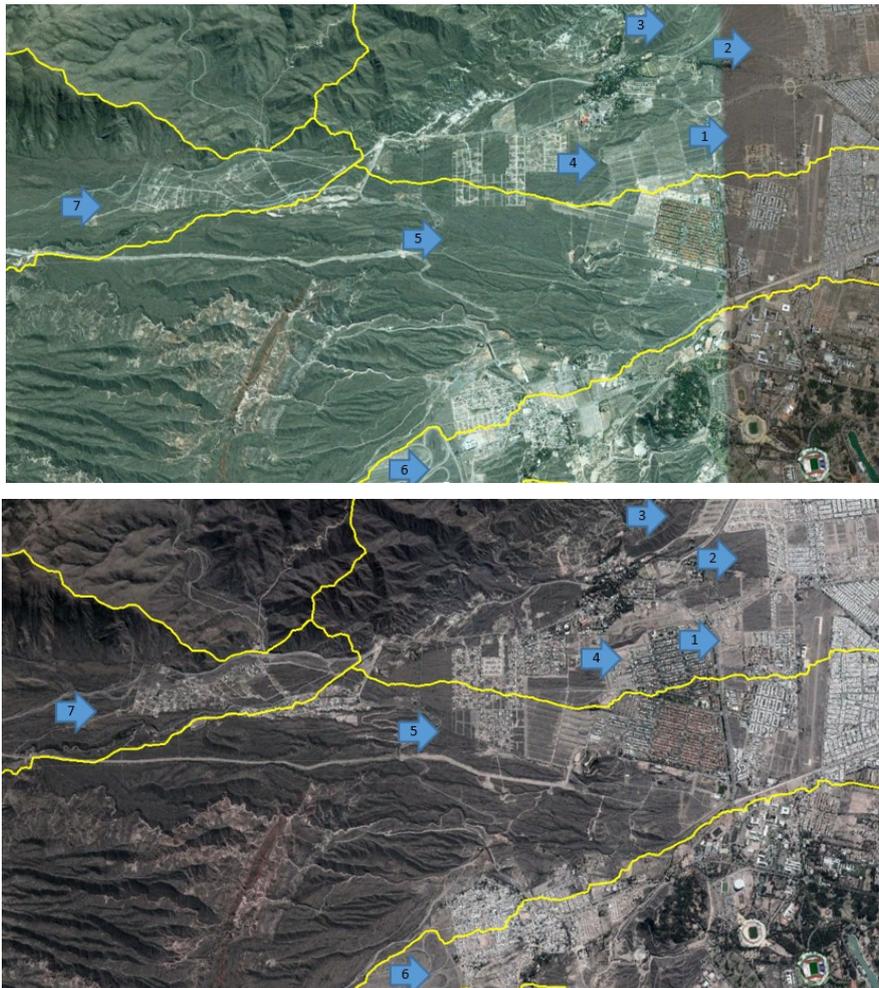


Figura 11-103. Sector Norte: Comparación años 2002 / 2018 (puntos numerados indican zonas de comparación entre fechas). Elaboración propia.

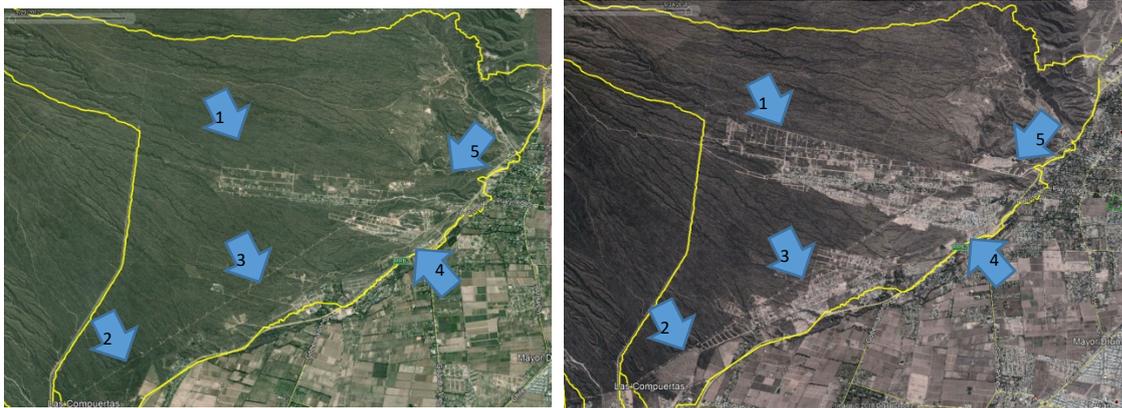


Figura 11-104. Sector Sur: Comparación años 2002 / 2018 (puntos numerados indican zonas de comparación entre fechas). Elaboración propia.

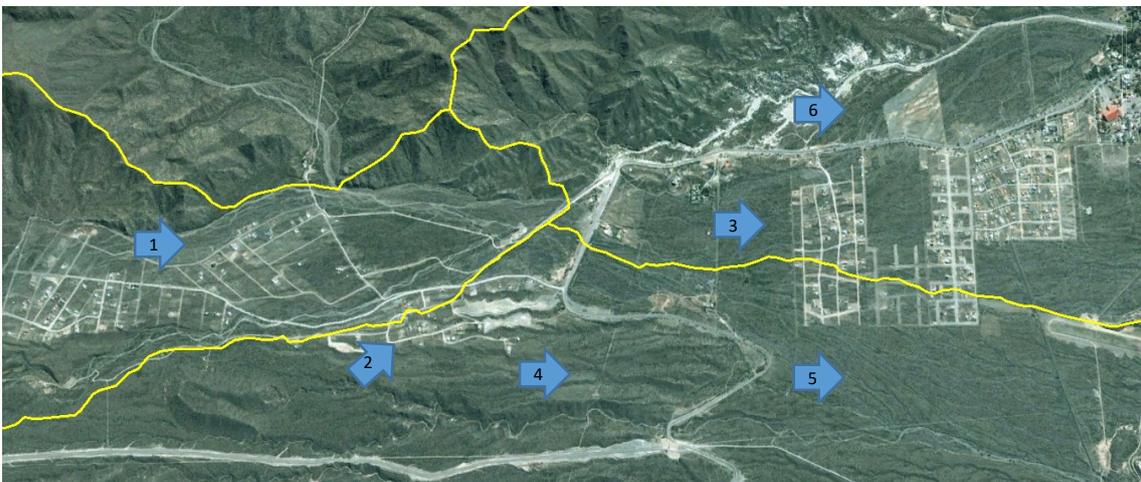


Figura 11-105. Detalle Sector Norte: Comparación años 2002 / 2018 (puntos numerados indican zonas de comparación entre fechas). Elaboración propia.

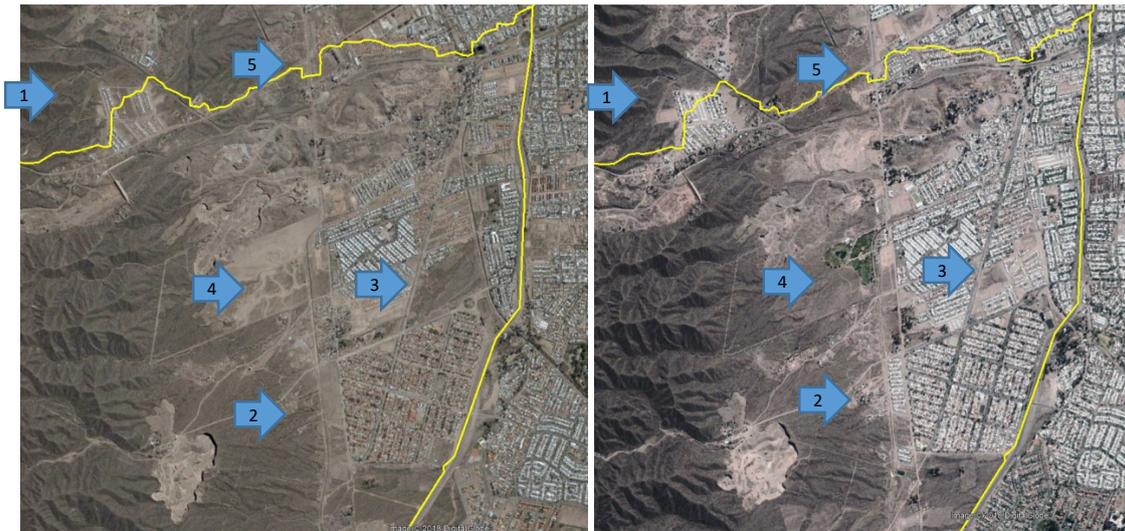


Figura 11-106. Detalle Sector Centro: Comparación años 2002 / 2018 (puntos numerados indican zonas de comparación entre fechas). Elaboración propia.

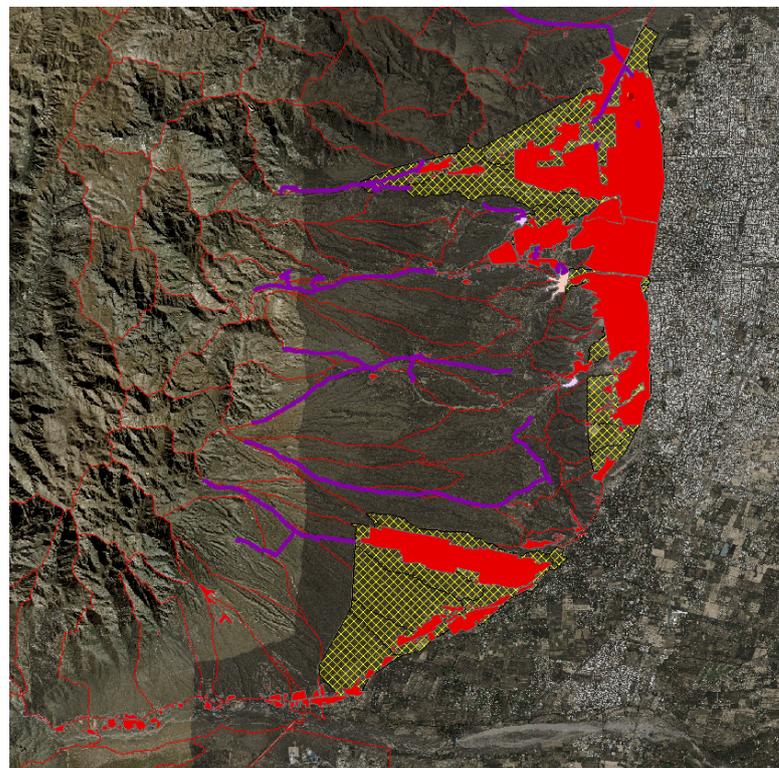


Figura 11-107. Avance antrópico urbano: Rojo= Situación actual / amarillo= avance potencial (simulado hidrológicamente en Escenario E02 y E03). Elaboración propia.

Respecto al componente natural afectado se indica que el principal es la cobertura vegetal la que sufre las consecuencias del avance antrópico.

- ¿Cuál es el rol de la cobertura vegetal y biodiversidad en la regulación del escurrimiento superficial?

La cobertura vegetal juega un papel importante en la transformación lluvia – caudal, ya que participa en las pérdidas de precipitación de dos maneras, la primera relativa a las abstracciones iniciales debidas al dosel vegetal reteniendo agua en las hojas y follaje; y la segunda forma es relativa

a la relación agua-suelo-planta permitiendo las especies con diferentes tipos de raíces retener suelo además de humedad, minimizando la erosión laminar.

La vegetación aumenta la estabilidad de los agregados del suelo protegiéndolo de la hidrocínica por impacto directo de las gotas de lluvia. En un suelo sin vegetación las gotas impactan directamente produciendo consolidación y dispersión de partículas de suelo.

En nuestra zona de estudio, las gramíneas o especies anuales, cubren el suelo reduciendo el impacto de las gotas de lluvia y así evitando la erosión laminar. Por otro lado diferentes especies de matorrales y arbustos, retienen por su follaje agua que no llegaría al suelo descontando o retrasando la esorrentía superficial.

La erosión hídrica se puede considerar una fuerza ecológica que influye sobre la composición de la vegetación y su patrón espacial al producir el desarraigo de plantas y el arrastre de semillas y modificar las propiedades del suelo. Con la agudización de los procesos de erosión, la cobertura vegetal y la diversidad disminuyen. (García-Fayos, 2004)

- ¿Cuáles son las tasas de erosión hídrica?

La degradación del suelo se define como “un proceso que rebaja la capacidad actual y potencial del suelo para producir (cuantitativa o cualitativamente) bienes o servicios” (FAO/PNUMA, 1980). Uno de los servicios ecosistémicos que presta el suelo (en conjunto con la vegetación) y relativo a la regulación y soporte, es la retención de suelos evitando la erosión. La erosión de suelos es un proceso natural, pero muy agravado con la presión antrópica y cambios de uso de suelo que provocan aceleración de los procesos y denudación de este.

Si se considera que la pérdida de una capa de suelo de tan sólo 1 mm de espesor equivale aproximadamente entre 13 y 15 toneladas de tierra por hectárea, en una cuenca de 10.000 Has se podrían producir 130 a 150 t/año.

Con los modelos empíricos empleados (RUSLE y Gavrilovic) se han estimado las tasas de producción y movimiento de sedimentos. Se ha confeccionado un mapa que indica en forma relativa cuáles son las cuencas más productoras de sedimentos.

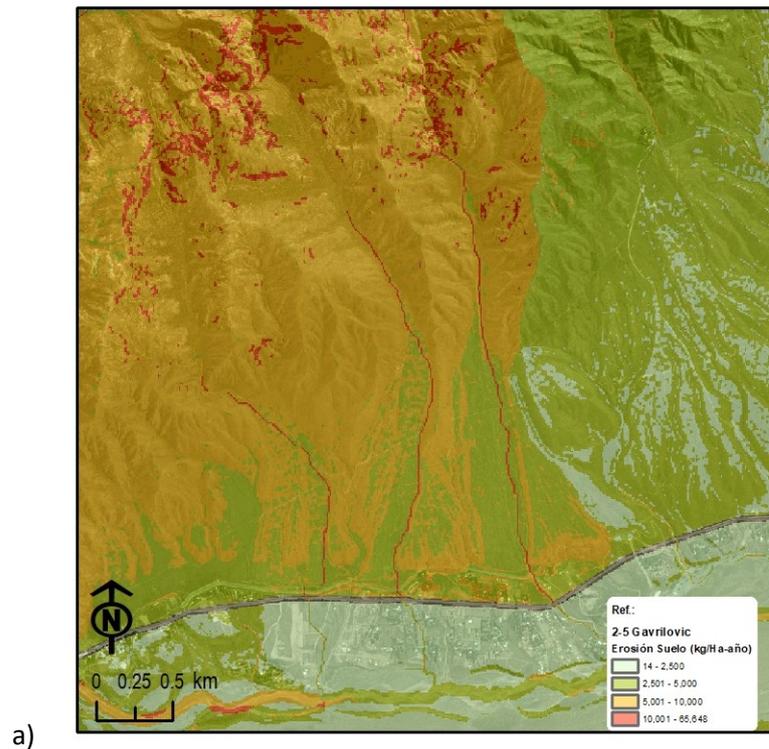
Se destacan la cuenca del Arroyo Casa de Piedra, y la del Maure con tasas que superan los 500 Mg/año-Ha.

Se clasificaron los resultados, utilizando la propuesta de FAO-PNUMA.UNESCO contemplando cuatro niveles de erosión:

Tabla 9: Clases de erosión según FAO (Fuente: FAO, 1980)

CLASE DE EROSIÓN	PÉRDIDA DE SUELO (Mg/ha.año)	DESCRIPCIÓN
Nula a ligera	Menor a 10	Agrupar suelos que han perdido parte del horizonte "A" original, pero en porcentajes inferiores al 25%.
Moderada	10- 50	Suelos que han perdido entre 25 y 75% de la profundidad del horizonte "A" original. En su mayor parte, el estrato superficial consiste en una mezcla de horizonte "A" y del estrato subyacente.
Alta	50 - 200	Suelos que han perdido más del 75% del horizonte "A" original. En su mayor parte, la capa arable consiste enteramente o en gran medida, del material que subyace al horizonte "A".
Muy alta	Mayor a 200	Estos suelos han perdido todo el horizonte "A", más parte o todo el horizonte inmediatamente inferior. La mayor parte de estas aéreas pueden presentar un intrincado sistema de cárcavas.

Para el área de estudio se generó un mapa teniendo en cuenta dicha clasificación (Figuras siguientes) en el que se pueden observar de color rojo las zonas que presentan una pérdida de suelo mayor a 200 Mg/ha. año (clase muy alta de erosión), las mismas corresponden a un 4,6% de las cuencas bajo estudio y de color naranja aquellas que presentan una erosión alta (28,2%). La mayor parte (55,5%) presenta erosión moderada.



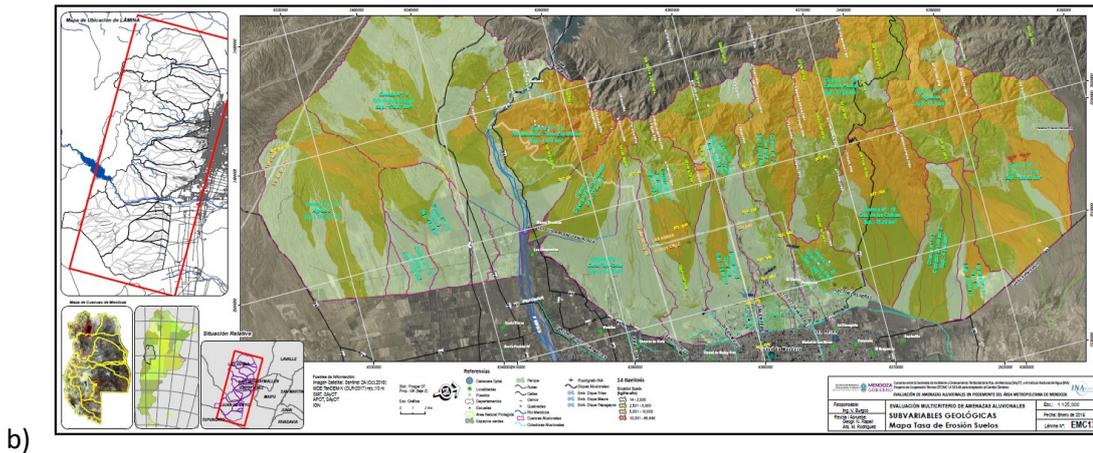


Figura 11-108. Mapa de erosión a) Detalle en zona Colonia Suiza, b) Lámina EMC13. Elaboración propia. (ver Anexo)

Como validación se utilizaron los trabajos de Vich y Mariani (2010) y D'Amario Fernandez (2016) que indican tasas del orden de los 2 Mg/ha por evento de precipitación de hasta 30mm, con intensidades máximas entre 15 y 30 mm/h.

- ¿Cuál es la pérdida de capacidad de almacenamiento en los diques aluviales?

Uno de los análisis realizados, relativo a la comparación de curvas de volúmenes versus alturas de los vasos, indicaría que **todos los diques tienen reducida su capacidad de embalse por la sedimentación producida** a lo largo de los años. Se puede indicar que la situación más desfavorable la tiene el **Dique Maure** con una **reducción que supera el 58% de su capacidad original**, seguida por el Dique Papagayos con un 23% de reducción y finalmente el Dique Frías con una disminución de su capacidad de embalse del orden del 20%.

- ¿Cuál es el impacto en el comportamiento hidrológico de las cuencas naturales frente al avance urbano? ¿De qué manera se altera el sistema natural de evacuación pluvial? ¿De qué forma se afectan los asentamientos urbanos ubicados aguas debajo de los nuevos emprendimientos inmobiliarios?

Como se evidenció en el capítulo 7.1, el impacto dentro del ciclo hidrológico debido al avance urbano, consiste en acelerar los procesos de erosión, aumentar los volúmenes (por la menor infiltración debido a la impermeabilización), disminuir los tiempos de concentración y aumentar el caudal máximo de las crecidas.

En particular se puede indicar que para recurrencias menores a 10 años (es decir, eventos más frecuentes) el impacto es mayor, llegando a aumentar el caudal pico hasta 6 veces respecto de una situación natural sin urbanización. Para casos de urbanizaciones de bajo impacto hidrológico con avance menos agresivo y planificado, utilizando técnicas de urbanización de bajo impacto por ejemplo, el impacto puede incrementar el caudal entre 1.4 a 2 veces.

- ¿Son suficientes las normativas de construcción para regular los excedentes pluviales?

Se interpretan como necesarias, sobre todo para homogeneizar regulaciones en los diferentes municipios colindantes, pero debieran ser complementarias en conjunto con otras medidas como programas de fortalecimiento institucional, programas de concientización poblacional, difusión y comunicación de aspectos relativos a la disminución de la vulnerabilidad y por ende del riesgo.

- ¿Cómo resolver la evacuación final de los excedentes hídricos si el sistema actual de colectores aluvionales se encuentra saturado?

Se debería contar con Planes Maestros de Drenaje Urbano (PMDU).

Para resolver la evacuación final de los excedentes (caudales) simulados con el presente estudio y para las distintas recurrencias analizadas, se debiera analizar a detalle las condiciones hidráulicas de la zona que con urbanización consolidada y con obras y sistemas de drenaje existentes (acequias, calles, canales, colectores principales). El objetivo de un PMDU debiera ser la reducción del riesgo hídrico, por medio de la definición de obras y acciones a corto, mediano y largo plazo, priorizando mediante evaluación de alternativas las prioridades en función de las afectaciones, por lo que conlleva a analizar de forma participativa, flexible y completa al riesgo hídrico.

Como mínimo debiera contener los componentes enunciados a continuación:

Etapa 1: Diagnóstico y Diseño

a) Fase de Diagnóstico:

1. Recopilación y Sistematización de información de utilidad para el PMDU, obras existentes, estudios y proyectos afines, etc. Relevamiento de la zona urbanizada (catastro urbano) y recopilación de planes de urbanizaciones futuras. Relevamiento y estudio de interferencia de servicios. Códigos de Edificación, delimitación de áreas, Planes Estratégicos, Plan de Ordenamiento Territorial. Escala : 1:5000 a 1:1000.
2. Hidrología: Delimitación de Cuencas y subcuencas, Análisis de tormentas, estimación de caudales para recurrencias de 5, 25 y 50 años. (El IT191-CRA da cuenta de este tema)
3. SIG y Georreferenciamiento de información recolectada e información generada.
4. Evaluación de Afectaciones actuales: Zonas críticas, cantidad de población afectada.
5. Inventario y evaluación de causas: Invasión de zonas de retiro y cauces, Desviación de cauce natural, Estimación de Sedimentos, Cantidad de RSU, Análisis del Crecimiento urbano.
6. Descripción del sistema de drenaje actual, situación, capacidad, suficiencia, pertinencia, estado de conservación y funcionamiento, determinando carencias y necesidades.
7. Hidroeconomía: Análisis económico de los daños potenciales actuales.

b) Fase de Diseño Conceptual.

1. Diseño hidráulico de alternativas. Obras de defensa aluvional. Técnicas de Gestión de Escurrimientos Urbanos (TGEU), Desarrollo Urbano de Bajo Impacto (DUBI): Bioretenciones, trincheras y pozos de infiltración, cubiertas vegetadas, reservorios de detención temporal.
2. Análisis y Evaluación multicriterio de Alternativas (técnica, económica y socioambiental).
3. Plan de Obras a Corto, medio y largo plazo.
4. Programa de capacitación para técnicos y profesionales.
5. Pautas para otras medidas no estructurales a implementar (Sistemas de Alerta Temprana, Campañas de Difusión, Comunicación, etc.).
6. Evaluación socioambiental de la alternativa elegida.

7. Evaluación de Riesgos (técnico-económicos).
8. Elaboración de Términos de Referencia (TdR) para licitación de soluciones (estructurales y no estructurales).

Etapas 2: Proyecto Ejecutivo

- a. Búsqueda de Financiamiento (p.e. DAMI III, Ciudades Resilientes BID, etc.)
- b. Plan de Acción Integral (PAI) con metodología participativa para la determinación de objetivos, metas e indicadores, fuentes de verificación y supuestos.
- c. Realización de talleres con la comunidad beneficiaria y/o afectada.
- d. Identificación, diseño y ejecución de proyectos de desarrollo basado en enfoque de Marco Lógico.
- e. Relevamiento Topográfico de Detalle. Curvas de nivel (eq:0,5m).
- f. Formulación y detalle de Medidas no estructurales.
- g. Diseño y Cálculo de Obras de ingeniería hidráulica: Canales, entubamientos, lagunas de retención temporal, alcantarillas, trincheras de infiltración, defensas aluvionales, etc.
- h. Proyecto Ejecutivo Integral (PEI).
- i. Cronograma para la implementación de las soluciones.

Etapas 3: Ejecución

- a. Evaluación ex ante.
- b. Proceso Licitatorio: Llamado, apertura y adjudicación.
- c. Construcción de obras y ejecución de medidas no estructurales.
- d. Tablero de Comando: Seguimiento, Control, Monitoreo y Mantenimiento.
- e. Evaluación Expost.

- Frente a un escenario de cambio climático, ¿Habría mayor número de tormentas convectivas de verano? ¿Cómo sería la respuesta de las cuencas pedemontanas?

Si bien no se ha analizado con los registros disponibles por el INA CRA, tendencias de precipitación en los últimos 35 años que opera la red, se utilizaron los estudios de Rodríguez et. al, (2016) y Haylock et. al (2015) (citado en Rusticucci, 2016), para utilizar un coeficiente de aumento de precipitación siguiendo el escenario de CC A1B.

La respuesta de las cuencas frente a este escenario de CC se manifiesta en los resultados del Escenario E06 que indica que de todos los estudiados es el que menor impacto produce, aumentando sólo entre 19 y 24% los caudales.

- Desde el Ordenamiento Territorial: ¿puede orientarse o promoverse el crecimiento de aglomerados urbanos hacia el piedemonte?

Se interpreta que con una adecuada intervención urbana en el piedemonte, considerando la clasificación realizada relativa a las amenazas hídricas estudiadas, además de proponer áreas de restricción ambiental, sumado a una normativa eficiente y multi-municipal (o provincial) junto a pautas técnicas concretas, se podría orientar o regular el crecimiento urbano. Es indispensable avanzar hacia un Ordenamiento Territorial con enfoque de Riesgos, y para ello la participación ciudadana es fundamental.

Alcanzar la sustentabilidad ambiental del territorio de manera que se garantice la disponibilidad actual y futura de los recursos, es un logro que se sustenta en valores tales como la **conciencia ambiental, la responsabilidad activa y el respeto por la biodiversidad** (Gray de Cerdán, 2013).

Las políticas que necesariamente deben acompañar estos valores, son:

- **Capacitar y sensibilizar a la sociedad para generar conductas ambientales proactivas y responsables;**
- **Mejorar los conocimientos en torno a recursos naturales y ambientales;**
- **Incorporar la dimensión ambiental y las variables vulnerabilidad y riesgo como temas transversales en todas las políticas y acciones territoriales públicas y privadas a nivel federal, provincial y local.**

CAPÍTULO 12 : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

12.1. Conclusiones respecto de los cambios en el potencial de infiltración en los últimos diez años

Se analizaron los cambios detectados respecto del mapa de CN del año 2008 (que representa el potencial de escurrimiento de las cuencas) indicando un **aumento** de los valores medios ponderados por área, del orden del 3 % a nivel medio y por subcuencas, con diferencias de los máximos de hasta un 22%, interpretándose que es **producto de acciones antrópicas**, como la impermeabilización por consolidación de caminos de tierra, la deforestación o tala de vegetación natural y en especial por el avance urbano no planificado hacia el piedemonte. (Burgos & Martínez, 2018)

Del análisis de la diferencia decadal a nivel regionalizado (medio areal para toda la zona de estudio) el aumento de la media es insignificante (0.4%) con aumento de los máximos y mínimos valores del 2%. Pero a nivel de cuencas el aumento de la media es del orden del 1.3%, con más variabilidad. Se presentan algunas cuencas en donde el valor medio bajó (debido en parte a poseer mejor detalle de zonas naturales), pero **para las subcuencas donde se encuentra el avance urbano, la media subió alrededor del 3%**. Si se analizan los valores distribuidos se destacan la incidencia del **avance urbano que incrementa los CN hasta un 22%** en los valores máximos. En cambio la incidencia de los cambios relativos a la cobertura vegetal no supera el 4%. Otra influencia que impacta es el avance de la frontera agrícola.

12.2. Conclusiones respecto a los Escenarios Analizados

El Escenario E02 indica un impacto medio del orden de 113%, con máximos de hasta 6,4 veces el caudal previo. Esta alternativa de avance urbano, obviamente es la menos deseada, pero muchas veces es la más frecuente. Conocer y difundir estos impactos antrópicos repercutirá en un cambio de paradigma.

La alternativa sustentable de permitir un avance y desarrollo urbano, es mediante el uso de técnicas adecuadas a las condiciones locales; es decir propiciando un **Desarrollo Urbano de Bajo Impacto**, que aun no llegando a la condición pre-antrópica o natural, el impacto se reduce fuertemente. El Escenario E03 permite indicar que de utilizar estas propuestas se puede reducir a más de la mitad el impacto causado por el cambio de uso de suelo, de natural a urbano. Quedaría un diferencial que se podría tratar con obras menores.

El Escenario E04 que analizó el avance de la frontera agrícola al sur del Río Mendoza, indica que el impacto es moderado, llegando a aumentar (en promedio) los caudales pico hasta un 48 %. Lógicamente, esto incide aguas abajo, en los canales colectores que atraviesan Agrelo y finalmente descargan en el A° Carrizal.

Para el Escenario E05 (incendios) se analizó a detalle lo sucedido en C° Arco y alrededores. Por otro lado, y a nivel regional, se adoptó para este escenario potencial, una franja de norte a sur, y a media cuenca, con incendio. Los impactos son relativamente altos comparados con el caso real

analizado llegando a afectar en un 102 % de aumento del caudal producido por una tormenta de 5 años de recurrencia.

Finalmente el Escenario E06 (aumento de precipitaciones pluviales entre un 3 a un 7% al año 2065) produjo el impacto más bajo, llegando a un aumento medio en los caudales pico del orden del 19 al 24%.

12.3. Conclusiones respecto de los impactos hidrológicos debido a los últimos incendios en El Challao

En primer lugar se puede indicar que la superficie topográfica del área afectada por los incendios hasta el día domingo 23/09/18 a las 11:30 hs fue de aproximadamente **1160 has** y el área total afectada (analizada con imagen satelital del día 03/10/18) llegaría a las **1807 has**.

Luego de analizar el impacto hidrológico, se puede mencionar que los cambios en la infiltración debido al incendio no son elevados (debido tal vez a la no formación de la capa de repelencia de agua o hidrofobicidad), incluso puede aumentar inicialmente la velocidad de infiltración o retención de humedad, favoreciendo la revegetación natural de la zona afectada por el incendio.

Asignando a la zona afectada valores altos del CN (número de curva que caracteriza el potencial de escorrentía de un suelo) (ya que queda desnudo el suelo y en función de las tablas de clasificación usuales), los cambios en el valor medio areal por subcuenca no superan el 4 %. Sin embargo la otra parte de las pérdidas de precipitación dada por la retención de la vegetación en su follaje sí ha disminuido considerablemente, estimando (mediante empirismo) una reducción de las abstracciones iniciales (I_a) del orden del 40 %.

Ambos efectos producen en los hidrogramas simulados situaciones que dependen del punto de observación, lugar de síntesis o nodo.

Para el caso de realizar el análisis al final de la cuenca (en este caso en el colector Las Heras) el impacto es mínimo, como se evidencia en la Figura 12-109. Si bien para recurrencias menores a 10 años se evidencia más diferencia, para recurrencias de 25 a 200 años el impacto es despreciable.

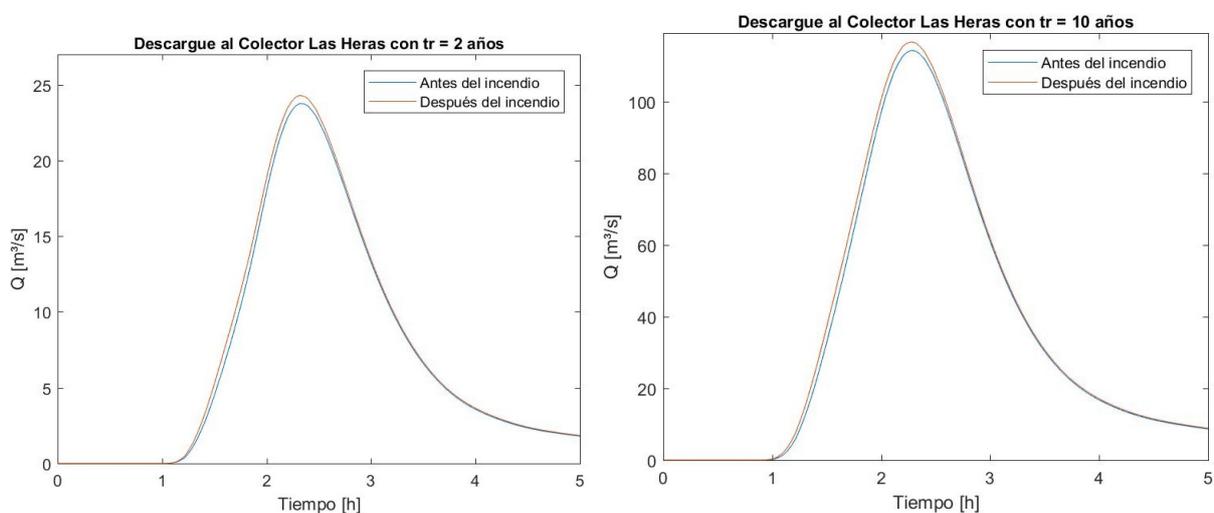


Figura 12-109 .Impacto hidrológico del Incendio del 21/9/18

No obstante, en el análisis individual de las subcuencas afectadas, se puede observar un gran impacto (aumento) del caudal pico simulado, llegando a multiplicar por 10 a la situación previa al incendio en la subcuenca más afectada. De la misma manera, el impacto se reduce considerablemente al disminuir la probabilidad de ocurrencia del evento de precipitación simulado (TR de 50 a 200 años).

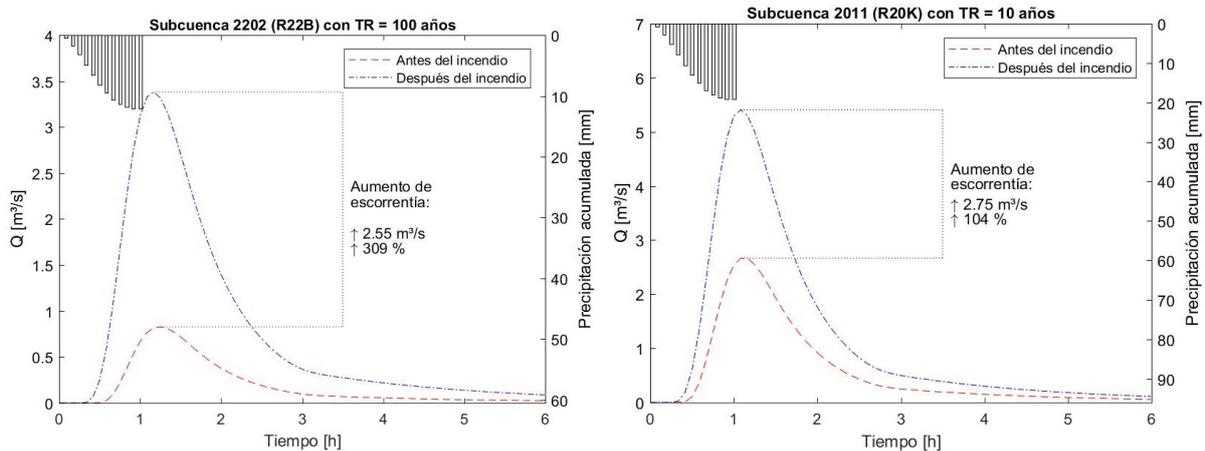


Figura 12-110 .Impacto hidrológico local del Incendio del 21/9/18

Se puede indicar entonces, que el impacto (promedio) en los caudales, producido por el incendio y en las subcuencas directamente afectadas, va desde un aumento del 240 % para tormentas frecuentes (TR = 5 años) a disminuirse a un 76 % de aumento de caudal para frecuencias muy bajas (TR = 200 años).

El impacto de todo el sistema, analizado aguas abajo de todas las subcuencas, (en este caso en la entrada al colector Las Heras) es mucho menor y del orden del 3 %, despreciándose la afectación en el actual sistema hidráulico de drenaje aluvional.

12.4. Conclusiones respecto a la Evaluación Multi-Criterio

Se destaca la ventaja del método AHP para la ponderación de variables, junto con la priorización y caracterización geográfica de potenciales zonas para plantear o proponer un modelo urbano ajustado a las condiciones ambientales propias del lugar o para restringir acciones y preservar los servicios ecosistémicos.

El método aplicado da un marco robusto y estadístico a las apreciaciones cualitativas de cada enfoque disciplinar para la asignación de pesos relativos de las variables intervinientes en la evaluación multicriterio.

En el modelo propuesto sólo se tuvo en cuenta los impactos de las amenazas naturales (y sólo aquellas referidas a la componente aluvional), faltando la componente de vulnerabilidad y la aptitud para la recepción de infraestructuras (cuyo análisis caracterizaría la capacidad de acogida del lugar en función de viabilidades de infraestructura de agua potable, energía, saneamiento y vías de comunicación, entre otros).

Se resalta la importancia de establecer un trabajo posterior incluyendo lo indicado, mediante medidas consensuadas y validadas por los actores locales.

12.5. Recomendaciones respecto a Soluciones Estructurales

El presente mapa de amenazas aluvionales no incluye las principales obras de infraestructura planteadas hace tiempo, y que están en actual revisión y futura licitación, como el caso de las **presas Chacras de Coria, Sosa y obras complementarias**. De implementarse estas grandes soluciones estructurales, habría que actualizar el mapa de amenazas (ya que se modificaría) y analizar posibles restricciones o intervenciones de desarrollo (urbano) en las nuevas zonas posibles.

La extensión del **colector Blanco Encalada** hacia el Norte, en una longitud cercana a 1 Km, reduciría notablemente la situación norte del distrito Vertientes del Pedemonte, en Luján de Cuyo.

La situación del **Aº El Challao** en inmediaciones al azud San Isidro requiere medidas de mantenimiento para ampliar su sección (debido a la permanente sedimentación y levantamiento del nivel de base por arenas, agregados o bloques que bajan de la cuenca superior). Una cantera de áridos para construcción, instalada en el cauce, y bien controlada puede ser una alternativa viable para producir pequeños embalses de retención temporal y retener sedimentos, evitando la colmatación del canal Las Heras como sucedió en el año 2007 debido a una gran tormenta.

Dentro de las propuestas técnicas presentadas como soluciones estructurales se destaca la **implementación de un cambio de paradigma** respecto al drenaje pluvial, para pasar de sistemas tradicionales compuestos por acequias o canales revestidos, a **sistemas no convencionales de drenaje pluvial** que permitan infiltrar y/o retener el agua de lluvia en lugar de derivarla hacia aguas abajo, agravando la situación de las zonas bajas (como actualmente sucede). Utilizando estas **Soluciones Basadas en la Naturaleza** (SBN) se pueden reducir los riesgos (Renaud et al., 2013; UN-Water, 2013; Guadagno et al., 2013; Burgos, et. al, 2016; Mc Breen, 2016; Carrera et al, 2018; UICN, 2017; UN, 2017; WWC, 2018,). Particularmente se presentan junto a las restricciones y pautas de urbanización, detalles técnicos de trincheras de infiltración, y detenciones temporales (trampas de agua).

El concepto, denominado **Desarrollo Urbano de Bajo Impacto Hidrológico** (DUBI) muestra eficiencia tanto en los controles hidráulicos como en su costo, ya que se estiman disminuciones de los volúmenes de agua, y se ha constatado un ahorro en los costos directos de urbanización al utilizarlos tanto en infraestructura pública de barrios construidos por el Estado Provincial, como en propuestas privadas, (Burgos, 2008, 2017, 2018; Burgos et al., 2016,) por lo que se recomienda su **difusión y aplicación**, siempre enmarcado en un enfoque sistémico analizando los impactos hidrológicos y ambientales que producirá, e interpretando al desarrollo o propuesta urbana a evaluar perteneciente a una cuenca hidrográfica.

12.6. Recomendaciones respecto a Soluciones No Estructurales

Se recomiendan las siguientes líneas de acción:

- Realizar estudios (a nivel intermunicipal con enfoque de cuenca) relativos a **Planes Maestros de Drenaje Pluvial** (PMDP).

- Realizar campañas de **difusión, concientización y educación** respecto a temas como amenaza, vulnerabilidad y riesgo (hídrico)
- Inversión en Estudios de investigación específicos y **desarrollo de tecnología**, que permita reducir el riesgo o mitigar sus efectos.
- Monitoreo (**Observatorio**) de avances hacia una **Gestión Integral del Riesgo** (que comprenda todas las amenazas naturales: sismo, zonda y granizo junto a las amenazas antrópicas o tecnológicas)
- Desarrollo e incorporación de herramientas de **predicción hidrológica**.
- Acciones sobre sistemas de **comunicación estratégica**.
- Optimizar y **articular** el uso de diferentes **redes de medición** de variables hidrometeorológicas existentes (INTA, SMN, INA, privados, etc.)
- **Fortalecer capacidades** de tomadores de decisión y capacidades institucionales (municipales y de organismos de control) respecto a temas de Riesgo Hídrico.
- **Fortalecer la cooperación** entre los diferentes niveles del Estado, articulando información, metodologías y resultados.
- Creación y fortalecimiento de capacidades (RRHH).
- Realizar estudios sobre potenciales impactos en destinos turísticos de Mendoza (incluyendo las vías de comunicación), a fin de identificar y analizar medidas de adaptación.
- Realizar adecuado mantenimiento de Diques Aluvionales (inspecciones estructurales y remoción de embanques sedimentados en vasos)

Dentro de las soluciones no estructurales planteadas, se destaca la necesidad de ampliar y **mejorar el actual Sistema Hidrometeorológico** que utiliza las estaciones pluviométricas en tiempo real que administra el INA, para llevarlo a un **Sistema de Alerta Temprana (SAT)** para eventos hidrometeorológicos extremos. Para esto se requiere de inversiones para el montaje de nuevas estaciones de lluvia y de caudal o nivel, el mantenimiento y operación del sistema junto con una revisión del protocolo de emergencia en función de los resultados aquí presentados y de los necesarios para completar la información de base (p.e. áreas de inundación, velocidad, y tiempos de arribo y ascenso de agua en caso de rotura de un dique aluvional).

12.7. Recomendaciones respecto al Uso del Mapa de Amenazas Aluvionales

La escala es una herramienta en cartografía que vincula las unidades de mapa con las unidades del terreno. Trabajar a la escala adecuada permite realizar un uso correcto de la cartografía generada, la cual redundará en un uso pertinente para la gestión y planificación de las variables representadas.

La escala final del mapa de amenazas aluvionales es resultante de las escalas de la información de entrada utilizada para su generación. La principal información utilizada para el análisis

multicriterio fue derivada del Modelo Digital de Elevaciones el cual se estima una escala de 1:40.000. Por tanto se define en **1:50.000** como **escala final de trabajo y de interpretación** de la información.

Por lo tanto, es importante resaltar que el mapa de amenazas aluvionales presentado, fue producto de un análisis regional y posee una **escala de trabajo** determinada y que **no debieran obtenerse conclusiones a nivel de parcela o lote**. Su confección persigue un fin de planificación y ordenamiento territorial, junto a una caracterización hidráulica de la zona bajo estudio (1243 Km²).

Esto significa, en términos de comparación entre dimensiones del mapa y del terreno, que 1 cm del mapa de amenazas, representan 500 m del terreno. Por tanto 1 cm² son 25 has del terreno. Y es pertinente realizar esta aclaración, ya que cualquier decisión que se tome al observar el mapa sobre una superficie pequeña de 1 cm², impactará en un área de 25has del terreno real. Asimismo, la escala de trabajo, nos pone un límite en el detalle de la información que se quiere evaluar, a fin de no “forzar” el mapa de amenazas a arrojar resultados en escalas de detalle para la cual no fue realizado.

Por otro lado, se recomienda para aquellos casos en que se necesiten precisiones más locales, realizar una mejora de escala mediante incorporación de **información de detalle** (topografía, vegetación, suelos, etc.) y estudios hidráulicos de detalle (a escala 1:5000 o mayor). Cada loteo o proyecto de desarrollo urbano a evaluar debiera ser adaptado a las condiciones geomorfológicas e hidráulicas locales, tomando en consideración la subcuenca interviniente, las propuestas técnicas presentadas, los caudales obtenidos en función de la recurrencia de diseño adoptada, y; mediante un estudio hidráulico local, corroborar o rectificar el grado de amenaza estimado actualmente.

Asimismo, se resalta que **el mapa debe ser actualizado** cada 5 años o menos, incluyendo los cambios de uso de suelo producidos y las obras hidráulicas o de infraestructura realizadas, que modificarán (aumentando o disminuyendo) el nivel de amenaza aluvional.

12.8. Recomendaciones respecto a la Seguridad Hídrica de Diques Aluvionales

Respecto de los resultados alcanzados en el análisis de capacidad de regulación actual de los diques aluvionales, es conveniente **realizar un análisis más detallado**, con información topográfica de mejor resolución que la empleada, a los fines de diagnosticar con menos incertidumbre la condición de **embanque por sedimentos de cada dique aluvional**.

Asimismo, se requiere de un análisis de posibles **modos de fallo de las presas existentes** y la determinación de sus **áreas de inundación en caso de rotura**, junto con la revisión (o confección) de los **Planes de Acción Durante Emergencia (PADE)**, que permita gestionar el riesgo de catástrofe. Se sugiere para esto el empleo de la metodología desarrollada por *iPresas* (Escuder-Bueno et. al, 2011) que está llevando adelante el Organismo Regulador de la Seguridad de Presas (ORSEP) en algunas presas de Argentina).

El ORSEP fiscaliza el cumplimiento de las normas sobre seguridad de presas establecidas en los contratos de concesión de aprovechamientos hidroeléctricos bajo su jurisdicción y de aquellas que, siendo de Estados Provinciales o de terceros, sean puestas bajo su jurisdicción por convenios específicos, para lograr que las mismas y sus obras auxiliares alcancen y se mantengan en los mejores niveles de seguridad compatibles con el más avanzado estado del arte en la materia. La Provincia de Mendoza tiene bajo su control dos presas multipropósito (Carrizal y Nihuil IV) y tres diques aluvionales

(Maure, Frías y Papagayos), más una decena de diques de regulación de menor envergadura; que no están bajo la órbita del ORSEP.

También se recomienda avanzar en la redacción de una Ley Provincial relativa a la **Seguridad de Presas** en consonancia con el anteproyecto de Ley Nacional del año 2017.

12.9. Recomendaciones respecto al Análisis de Riesgos

El presente estudio sólo analizó variables que competen a la amenaza o peligro aluvional. Una segunda etapa que analice la componente de **Vulnerabilidad** (que incluya aspectos sociales, territoriales e institucionales, conectividad, infraestructura, resiliencia, etc.) es necesaria, y permitirá calcular el Riesgo Aluvional mediante la multiplicación algebraica del mapa de amenaza realizado con el mapa de Vulnerabilidad necesario.

Se recomienda no sólo representar este **Riesgo Aluvional** en un mapa síntesis, de similares características al presentado, es decir de tipo semafórico en tres colores, (Burgos y Salcedo, 2016a y b) sino calcular el Riesgo en unidades monetarias (Burgos et al, 2018). Esto permitiría conocer el **potencial daño** (económico) respecto a la **probabilidad de ocurrencia del evento**, y mediante esa relación evaluar soluciones (obras de infraestructura, o soluciones no estructurales como difusión, concientización, sistemas de alerta, etc.), comparando la inversión respecto de los costos evitados por desastre.

Esta estimación y comprensión del riesgo requiere un enfoque multidisciplinar que tome en cuenta no sólo el daño físico (número y gravedad de damnificados o pérdidas económicas de bienes sociales y productivos) sino también aspectos socioculturales, organizacionales e institucionales relacionados con el nivel de desarrollo de la comunidad y que contribuyan a una evaluación más sistémica del riesgo (Jaramillo, 1979; UN-Water, 2010; Martínez, 2016; Pochat et al., 2018).

Por otro lado, con la Ley 9037 (en B.O. del 4/1/18) Mendoza está adherida a la Ley 27287 que creó el Sistema Nacional para la Gestión Integral de Riesgos (SINAGIR). Sin embargo, la norma es sólo de adhesión (con 2 artículos) por lo que se recomienda **desarrollar una normativa provincial** que regule y ordene la temática local.

Mendoza fue pionera a nivel nacional, en regular su Ordenamiento Territorial mediante la Ley 8051 del año 2009 y el Plan de Ordenamiento Territorial (PPOT) mediante Ley 8999 de agosto de 2017. Ambas leyes prevén líneas de planificación específicas relacionadas a la **gestión de riesgos**, por lo que podrían ser la base para una buena gobernanza en estos temas. Se recomienda incorporar como **indicador** de la gestión del PPOT, al concepto de **Seguridad Hídrica** (SH) (Grey y Sadoff, 2007; Martínez-Austria, 2013; Srinivasan, 2017) pero entendida como una medida que represente los avances en la reducción de riesgos a desastres.

La República Argentina ha realizado amplios esfuerzos para mantener un compromiso con la gestión del riesgo de desastres aplicando los lineamientos del Marco de Acción de Hyogo (2005-2015) y actualmente los del Marco de Sendai (2015-2030), a través de diversas políticas públicas orientadas a disminuir los factores del riesgo de desastres, en especial en las comunidades más vulnerables (Fuks, 2008, 2013; Colombo, 2016). En los últimos 5 años, los informes nacionales sobre la implementación del Marco de Acción de Hyogo en Argentina han venido mostrando ciertos progresos en casi todas las prioridades de acción, pero un retraso importante en iniciativas para reducir los factores de riesgo

subyacente, evidenciado por un incremento en los impactos relativos de los desastres a escala local, especialmente desde 2006 (Alva-Hart et al., 2016). Asimismo, los reportes internacionales observan una tendencia creciente en la mortalidad y en las pérdidas económicas asociadas con riesgos extensivos (riesgos de desastres de poca gravedad aunque recurrentes, en países de ingresos bajos y medios. (UNISDR, 2015). *“Se debe tener en cuenta que la **seguridad hídrica** no es un problema del sector hídrico, es un problema de toda la sociedad. Alentar a que otros sectores tomen en consideración al agua en sus políticas y planificación es la única forma para garantizar la seguridad hídrica”* (GWP, 2013; Jiménez-Cisneros, 2015).

Finalmente, se puede indicar que un adecuado uso de la información proporcionada con el **mapa de amenazas aluvionales** elaborado, junto a la aplicación y regulación **de soluciones locales basadas en la naturaleza**, como las presentadas y, sumado a la ejecución de las mencionadas obras de infraestructura mayores (p.e. Presa Chacras de Coria y obras anexas), propiciarán avances hacia la **Seguridad Hídrica y Reducción de Riesgos de Desastres** en Mendoza.

12.10. Futuras Líneas de Acción

Se podría analizar en estudios próximos, la incidencia de obras e infraestructura para evidenciar la minimización de las amenazas aluvionales, junto con la estimación de los potenciales daños evitados.

Las relaciones lluvia-caudal estimadas pueden servir como base para un modelo de pronóstico de caudales en función de las precipitaciones en tiempo real que maneja el actual Sistema de Alerta Hidrometeorológico.

Se destaca la necesidad de estudiar la vulnerabilidad y finalmente analizar la confección de un **Mapa de Riesgo Hídrico** para la zona y luego, replicar la metodología empleada para toda la Provincia.

REFERENCIAS

- Abraham, E.,(1996). Mapa Geomorfológico Mendoza sector Norte. Junta de Andalucía, Gobiernos y Universidades de la Región Andina Argentina. Inventario de Recursos de la Región Andina Argentina. Sistema Físico Ambiental de Cuyo. Provincia de Mendoza.
- Abraham, M., y Martínez, F. R. (2000). Recursos y problemas ambientales de zona árida. Primera Parte: Provincias de Mendoza, San Juan y La Rioja. Caracterización Ambiental. IADIZA, Mendoza, Argentina.
- Abraham, E, Soria, D. y Rubio M.C (2014) "Proyecto de Investigación y Desarrollo-PID 08/2009, Modelo Territorial Actual, Mendoza, Argentina. Subsistema Físico-Biológico o Natural de la Provincia de Mendoza" Consejo Nacional de Investigación y Técnica (Conicet).
- Agencia en Gestión Metropolitana y Territorial (2016). "Planificación Integral de Desarrollo Urbano Ambiental del Municipio de Vaqueros Provincia de Salta: SEXTO INFORME Código Urbano Ambiental y de Edificación Implementación de Sistemas de Información y Capacitación Municipal
- Alva-Hart, V., Hardoy, J., Almansi, F., Amanquez, C., Cutts, A., Lacambra Ayuso, S., Di Paola, V. y Celis, A. (2016). "Una mirada de la gestión de riesgo de desastres desde el nivel local en Argentina". 120 pp. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Medio Ambiente, Desarrollo Rural y Administración de Riesgos por Desastres. X. Serie. IDB-MG-502
- Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo (ACUMAR) (2017) "Protocolo para el abordaje de procesos de relocalización y reurbanización de villas y asentamientos precarios en la Cuenca Riachuelo Matanza". Documentos para consulta pública.
- Barnes, H. H. (1967) Roughness characteristics of natural channels: U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 1849, 213 p.
- Belaustegui Goitia, R (1995) "Economía del Medio Ambiente en América Latina: Proyecto para la aplicación de instrumentos económicos a la solución de problemas ambientales". Ed Universidad Católica de Chile.
- Beven, K. J. y Kirby, M. J. (1979) A physically based, variable contributing area model of basin hydrology, Hydrological Sciences Journal, 24:1, 43-69.
- Bladé, E. (2009). Modelación numérica en ríos en régimen permanente y variable una visión a partir del modelo HEC-RAS. Recuperado de <http://biblioteca.upc.es/edupc/locate4.asp?codi=EC044XXX>
- Bodí, M.B., Cerdà A., Mataix-Solera, J. y Doerr, S. "Efectos de los incendios forestales en la vegetación y el suelo en la cuenca mediterránea: Revisión bibliográfica" (2012), Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles N.º 58 – 2012, pp. 33-55
- Bonilla, J. y Burgos, V.H. (2015) "El riesgo aluvional y su impacto sobre la expansión agrícola en el piedemonte de Mendoza" VII Jornadas de Riego y Fertilización, Agosto, 2015, Mendoza.
- Brea, J. D., y Spalletti, P. D. (2003). Flujos densos e hidráulica de ríos. In Nuevas tendencias en Hidráulica de Ríos. Primer Simposio Regional sobre Hidráulica de Ríos. Buenos Aires. Argentina.
- Burgos, V.H. (2005) "Modelación Hidrológica de cuencas Pedemontanas: Uso de Sistemas de Información Geográfica en Hidrología Superficial" en XX Congreso Nacional del Agua, Mendoza, 2005
- Burgos, V.H. (2008) "Hidrología y vivienda social: tendencias hacia un desarrollo urbano de bajo impacto" en Encuentro de Investigadores y Docentes de Ingeniería (ENIDI), Mendoza
- Burgos, V.H. (2008a) "Estimación de la distribución espacial del Número de Curva en cuencas pedemontanas del Gran Mendoza aplicando técnicas SIG" en Workshop Internacional de Aplicaciones SIG en Hidrología, FICH UNL, Santa Fe, 2008
- Burgos, V.H; S. Miranda, N. Roth, C. Israel, F. Cárdenas, E. Moyano (2016) "Desarrollo Urbano de Bajo Impacto en el Gran Mendoza, propuestas y avances" ISBN 978-987-1896-65-3, en III Jornadas Técnicas sobre Investigación en Recursos Hídricos / Fernando Gomensoro... [et al.]; coordinación general de Víctor Hugo Burgos; Clarisa Israel. - 1a ed. – Ciudad Autónoma de Buenos Aires: edUTecNe, 2016. Libro digital, PDF
- Burgos, V.H., A. Vargas Aranibar (2008) "Estudio Hidrológico Aluvional Urbano-Rural de loteo en piedemonte, Mendoza, Argentina" en XXIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Cartagena, Colombia, 2008
- Burgos, V.H., C. Israel, S. Miranda, N. Roth (2017) "Propuestas de drenaje pluvial urbano no convencional en Mendoza", 1er. Congreso Latinoamericano de Ingeniería, Entre Ríos, Set. 2017
- Burgos, V.H., S. Quiroga (2017) "Avances en la Gestión de Riesgos de Desastres en cuenca Rº Balcozna, Catamarca, Argentina" en II Congreso Internacional de Geografía Urbana, Luján, Bs.As., Set. 2017

- Burgos, V.H. y Salcedo A.P. (2014) "Modelos digitales de elevación: tendencias, correcciones hidrológicas y nuevas fuentes de información" en 2º Encuentro de Investigadores en Formación de Recursos Hídricos (IFRH), Ezeiza, Bs.As.
- Burgos, V.H. y Salcedo A.P. (2016a) "Evaluación del riesgo hídrico ante potencial rotura de presa El Carrizal, Mendoza, Argentina" Libro de artículos del XXVII Congreso Latinoamericano de Hidráulica. Lima, Perú. E-book pags. 2710-2720. 2016
- Burgos, V.H. y Salcedo A.P., (2016b) "Avances en el conocimiento de la respuesta hidrológica y sedimentológica de la Cuenca del Aº seco Casa de Piedra" en 3er. Encuentro de Investigadores en Formación en Recursos Hídricos: Resúmenes, 1a edic.-Ezeiza: Instituto Nacional del Agua, 2016. ISBN 978-978-45194-6-7
- Burgos, V.H. y Salcedo A.P. (2016c) "Evaluación de metodologías utilizadas para estimación de riesgos hídricos por inundación urbana. Casos de estudio en Mendoza y Catamarca" Libro de artículos del Segundo Congreso Latinoamericano de Estudios Urbano-Ambientales y Gestión de Riesgos" Lanús, Buenos Aires. 2016
- Burgos, V.H.; P.M. López, J.A. Maza, A.P. Salcedo, (2015) "Delimitación de áreas de riesgo hídrico por crecidas de los ríos El Tala y Paclín, Catamarca" en CONAGUA Entre Ríos, Jun. 2015
- Burrough, P. (1986). "Principles of Geographical Information Systems for land resources assessment". En Monographs on Soil and Resources Survey. No.12 (pág. 193). New York: Oxford University Press.
- Burrough, P. M. ,(1998). Principles of Geographical Information Systems. New York: Oxford University Press.
- Capitanelli, R. (1997) "Sequedad, flagelos climáticos y problemas socioeconómicos derivados", En: Problemas del medio ambiente de la provincia de Mendoza, Mendoza: Ecogeo, 1997.
- Carrera, J., Arroyo, V., Rojas, F., & Mejia, A. (2018). Water security in Latin America: the urban dimension. Empirical evidence and policy implications from 26 cities. In Global Water Security (pp. 217-232). Springer, Singapore.
- Cazorzi, F. (2002) Woditem HyGrid2k2 – Guida de riferimento . Università degli studi di Udine.
- Cerdà, A. (1993). Incendios forestales y estabilidad de agregados. Cuadernos de geografía, (53), 1-16.
- Cerdà, A. y Robichaud, P. R., coord. (2009): Fire effects on soils and restoration strategies. Enfield, NH, USA. Science Publishers.
- Cerdà, A., Bodí, M. B., Lasanta, T., Mataix-Solera, J., & Doerr, S. H. (2009). Infiltración, estabilidad de agregados y erosión de suelos afectados por incendios forestales. Una visión a escala de pedón Soil Erosion and Degradation Research Group–SEDER, Valencia. In Efectos de los incendios forestales sobre los suelos en España: el estado de la cuestión visto por los científicos españoles (pp. 355-384).
- Cerdà, A. (1998). Changes in overland flow and infiltration after a rangeland fire in Mediterranean scrubland, Hydrological Processes, 12 pp. 1031-1042
- Cerdà, A. y Doerr, S.H. (2008). The effect of ash and needle cover on surface runoff and erosion in the immediate post-fire period ,Catena, 74, pp. 256-263
- Chero, W. E. L. (2015). Aplicación de la nueva Herramienta Hec-Ras 5.0 para cálculos bidimensionales del flujo de agua en ríos. 74.
- Chow Ven Te; Maidment, D. y Mays, L.(1994). Hidrología Aplicada. McGraw Hill Interamericana S.A. SantaFe de Bogotá, 584 p.
- Chow, V.T (1959) Open channel hydraulics: New York, McGraw-Hill, 680 p.
- Chuvieco, E (2002). Teledetección Ambiental. La observación de la tierra desde el espacio. Editorial Ariel Ciencia. Barcelona España
- Colombo, S. (2016) "Lo global y lo local en las políticas públicas de Argentina. El caso de la gestión integral de riesgos de desastres". En VIII Congreso de Relaciones Internacionales (La Plata, 2016).
- Correa Reynosa, N.E.(2016). Índices espectrales de vegetación para la detección de áreas quemadas. Revista Científica La Calera. Vol. 16 Nº 27, p 111-114.
- Costa-Cabral, M. y Burges S. J. (1994). Digital Elevation Model Networks (DEMON): A Model of Flow Over Hillslopes for Computation of Contributing and Dispersal Areas. Water Resources Research, 30(6): 1681-1692.
- D'Amario Fernández, M. J. (2016) Evaluación del riesgo de erosión hídrica, su distribución espacial y el efecto de la cobertura vegetal en el proceso erosivo, en la cuenca hidrográfica del Río Tunuyán Superior (Mendoza)
- DeBano, L. F. (2009). Fire effects on watersheds: An overview. Southwest Hydrology. University of Arizona. Tucson, AZ, USA. pp. 28-29.
- DIGID. (1970). Estudio de cuencas aluvionales en las provincias de San Juan y Mendoza. Buenos Aires: Ministerio de Obras y Servicios Públicos. Subsecretaría de Recursos Hídricos.

- DLR German Aerospace Center, (2015). TanDEM-X / TerraSAR Dataset / Project ID ATI_HYDR6658: "Hydrological and hydraulic modelling using High Resolution TanDEM-X Data" © DLR <2015>
- DLR German Aerospace Center, (2016). TanDEM-X IDEM Dataset / Project ID DEM_HYDR1884: "Landslide and flash flood risk assessment on informal foothill settlements at western of Mendoza and Catamarca province, Argentina" © DLR <2016>
- Doerr, S. H., Shakesby, R. A. y Walsh, R. P. D. (2000): «Soil Water repellency: Its causes, characteristics and hydro-geomorphological significance». *Earth Science Reviews*, nº 51, 33-65.
- Durán-Barroso, P., González, J., (2015). "Variabilidad de los grupos hidrológicos del método del número de curva del NRCS (NRCS-CN)" en IV Jornadas de Ingeniería del Agua, Córdoba, España; Oct. 2015.
- Escuder-Bueno, I., Serrano-Lombillo, A., Fluixá-Sanmartín, J., y Morales-Torres, A. (2011). Evaluación de la seguridad hidrológica de presas mediante modelos de riesgo simplificados. *Risk Analysis, Dam Safety, Dam Security and Critical Infrastructure Management*, 335.
- Fairfield, J. y Leymarie, P. (1991). Drainage Networks from Grid Digital Elevation Models. *Water Resources Research*, 27(5): 709-717.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1980. Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos. FAO-PNUMA-UNESCO. 86 p.
- Farreras, V; Salvador, P y Vaccarino, E (2016) "La incorporación de las preferencias sociales en el análisis espacial: una aplicación a los espacios naturales del piedemonte mendocino" *Revista Proyección* nº 19.
- Fattorelli, S., & Fernández, P. C.,(2007). *Diseño hidrológico*. Zeta Editores.
- Fernandez, P.C, Fornero, L.A, Rodríguez, S. (1999). *Sistemas hidrometeorológicos en tiempo real. Lluvias, Tormentas y alerta Hidrológica de Mendoza. Serie de la Acad.Nac. de Agron. y Vet. Nº27*
- Ferreira, A.J.D., Coelho, C.O.A., Ritsema, C.J.; Boulet, A.K. and Keizer, J.J. (2008). Soil and water degradation processes in burned areas: lessons learned from a nested approach. *Catena* 74: pp 273-285
- Ferrér, M., Rodríguez, J., y Estrela, T. (1995). "Generación automática del número de curva con sistemas de información geográfica". *Ingeniería del agua*, 1995, vol. 2, núm. 4.
- Fornero L.A., A. Pavese, J. Maza, D. Vega. (2002) "Actualización del Modelo Hidrológico ArHymo." Libro de Resúmenes del XIX Congreso Nacional del Agua (ISBN 987-20378-0-9) págs. 49-50 y en CD (ISBN 987-20378-1-7), Carlos Paz, Córdoba. 2002
- Fuks, G. (2008) "Informe Nacional sobre el progreso en la implementación del Marco de Acción de Hyogo Argentina" Comisión Cascos Blancos, Ministerio de Relaciones Exteriores (CCB)
- Fuks, G. (2013) "Informe Nacional del progreso en la implementación del Marco de Acción de Hyogo (2011-2013)" Comisión Cascos Blancos, Ministerio de Relaciones Exteriores (CCB)
- García Álvarez, A., Ibáñez, J. J., & Bello, A. (2003). Soil functions, soil quality or soil health. Scientific, metaphorical or utilitarian concepts in soil sciences. Preserving soil quality and soil biodiversity. The role of surrogates indicators. Instituto Madrileño de Investigación Agraria y Alimentaria. Centro de CC. Medioambientales. Madrid.
- García Fayos, P. (2004) "Interacciones entre la vegetación y la erosión hídrica" en Valladares, F. *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. Cap. 11. pp 309-334. Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF, S. A., Madrid. ISBN: 84-8014-552-8.
- Gimenez Suárez, M (2008). Tesis doctoral. Metodología de cálculo del factor topográfico LS integrado en los modelos RUSLE y USPED. Aplicación al arroyo del lugar, Guadalajara (España). Universidad Politécnica De Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Departamento de Proyectos y Planificación Rural
- Globevnik L., Holjevic D., Petkovsek G., Rubinic J. (2003): Applicability of the Gavrilovic method in erosion calculation using spatial data manipulation techniques, erosion prediction in Ungauged Basins: integrating methods and techniques. In: Proc. Int. Symp. HS01, Erosion Prediction in Ungauged Basins (PUBs): Integrating Methods and Techniques, Sapporo, July 8–9, 2003, IAHS Publ. No. 279: 224–233.
- Gonzaga, C. (2014) Aplicación de Índices de Vegetación Derivados de Imágenes Satelitales Landsat 7 ETM+ y ASTER para la Caracterización de la Cobertura Vegetal en la Zona Centro de la Provincia de Loja, Ecuador. Tesis de Maestría. Universidad de La Plata. Ecuador.
- Gray de Cerdán, N. A. (2013) *Universidad y sector científico trabajando para la reducción del riesgo a desastres: Experiencia de una cátedra universitaria con proyección internacional*. 1ª ed. Buenos Aires. El Escriba, 124p.
- Grey, D. & Sad off C. (2007) "Sink or Swim? Water security for growth and development". *Water Policy* 9(6), 545-571

- Guadagno, L., Depietri, Y., & Fra, U. (2013). Urban disaster risk reduction and ecosystem services. The role of ecosystem services in disaster risk reduction. United Nations University, Bonn, 389-415.
- Gudiño, M. E & Vich, A (2007) "Amenazas Naturales de origen hídrico en el Centro- Oeste árido de Argentina: Diagnóstico y estrategia para su mitigación y control en San Juan y Mendoza" Agencia nacional de Promoción Científica y Tecnológica del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Presidencia de la Nación, en el marco del Programa de Modernización Tecnológica, Contrato de Préstamo BID 1201/OC-AR.
- Guisasola, E. (2010). "Situación actual de la ciudad de Mendoza. Su sistema de mitigación de crecidas" en Amenazas naturales de origen hídrico en el centro-oeste árido de Argentina" Vich, A.; Gudiño M.E. (editores) Edit. Fund. Univ. Nac. de San Juan.
- GWP - Global Water Partnership (2013) "Aumentar la seguridad hídrica-un imperativo para el desarrollo". Documento de perspectiva.
- Horton P., Jaboyedoff M. & Bardou E. (2008) - Debris flow susceptibility mapping at a regional scale. 4th Canadian Conference on Geohazards: From Causes to Management, Université Laval, Québec, Qc, Canada, Presse de l'Université Laval
- Horton, P. (2011). Flow-R, a model for debris flow susceptibility mapping at a regional scale – some case studies. Italian journal of engineering geology and Environment, (201103), 875-884. <https://doi.org/10.4408/IJEGE.2011-03.B-095>
- Horton, P., Jaboyedoff, M., Rudaz, B. E. A., y Zimmermann, M. (2013). Flow-R, a model for susceptibility mapping of debris flows and other gravitational hazards at a regional scale. Natural hazards and earth system sciences, 13(4), 869-885.
- Huang, M. Gallichand, J. Wang, Z. Goulet, M. (2006). "A modification to the Soil Conservation Service curve number method for steep slopes in the Loess Plateau of China". Hydrological Processes 20, 579–589.
- INA-CRA (2008) "Tormenta de Proyecto para el Pedemonte del Gran Mendoza"
- Inbar, M., M. Tamir, L. Wittenberg, (1998) Runoff and erosion processes after a forest fire in Mount Carmel, a Mediterranean area, Geomorphology, 24,1998, pp. 17-33
- INTA (1995). Atlas de suelos de la República Argentina.
- Jaramillo, S. (1979) "Sobre la macrocefalia urbana en América Latina". Revista Desarrollo y Sociedad.
- Jimenez-Cisneros, B. (2015) Seguridad Hídrica: Retos y Respuestas, La fase VIII del programa Hidrológico Internacional de la UNESCO (2014-2021). Aqua-LAC, 7(1).
- Johansen, P. J, Hakonson, T.E., Breshears. D.D., (2001) Post fire runoff and erosion from rainfall simulation: contrasting forests with shrublands and grasslands, Hydrological Processes, 15, 2001, pp. 2953-2965
- Kanashiro, M.C, Roitman, S., Becerra, A., Anton, C., Jofré, C., Videla, D. Y Liceda, S. (2012) "Hábitat y Territorio Argentina: Agencia Provincial de Ordenamiento Territorial y el área de Planificación Estratégica, del Instituto Provincial de la Vivienda" Informe de Investigación. University of Queensland.
- Key C. H. y N. C. Benson (1999) "Measuring and remote sensing of burn severity," in Proc. Joint Fire Sci. Conf. Workshop, L. F. Neuenschwander. Vol. II, p. 284.
- Lavee, H., Kutiel, P., Segev, M., y Benyamini, Y. (1995). Effect of surface roughness on runoff and erosion in a Mediterranean ecosystem: the role of fire. Geomorphology, 11(3), 227-234.
- Lea, N. L. (1992). An Aspect Driven Kinematic Routing Algorithm. En Overland Flow: Hydraulics and Erosion Mechanics. Edited by A. J. Parsons and A. D. Abrahams, Chapman & Hall. New York. USA.
- Lewis, S.A.; Wu, J.Q.; Robichaud, P.R. (2006). Assessing burn severity and comparing soil water repellency, Hayman Fire, Colorado. Hydrological Processes. 20: 1-16.
- Liceda, S (2018) "Apto Técnico de localización municipal integrado". Documento técnico de la Agencia de Ordenamiento Territorial, Gobierno de Mendoza.
- López, P. M.; J. Maza; R. Seoane; C. Moyano; G. Almeida; V. Burgos; A. Callau P.; M. Nuñez. (2008) "Estudios de Actualización Hidrológica del Proyecto: Complejo de Obras Presa Chacras de Coria para Atenuación de Crecidas y demás Obras Complementarias". Informe Técnico N° 110-CRA. 2008
- Mahboubeh E., (2012). "Runoff Estimation in Steep Slope Watershed with Standard and Slope-Adjusted Curve Number Methods". Serdang, Selangor, Malaysia.
- Marcos, E., R. Tarrega, E. Luis-Calabuig (2000). Comparative analysis of runoff and sediment yield with a rainfall simulator after experimental fire, Arid Soil Research and Rehabilitation, 14, 2000, pp. 293-307

- Mariucci, J.M y Peluso, N (2015) "El dominio público en el nuevo Código Civil y Comercial de la Nación. Su vinculación con los derechos de incidencia colectiva" Sup. Adm.2015 (septiembre), 3 - LA LEY2015-E. Recuperado de AR/DOC/2878/2015.
- Martínez-Austria, P. F. (2013) Los retos de la seguridad hídrica. Tecnología y ciencias del agua, 4(5), 165-180.
- Martínez, E. y Altmann Machio L. (2016) "Entre la macrocefalia estructural y el policentrismo emergente" Ed. Universitarias, Universidad de la República, Uruguay. ISBN: 978-9974-0-1379-7
- Mataix-Solera, J. y Doerr, S. H. (2004): «Hydrophobicity and aggregate stability in calcareous topsoils from fire-affected pine forests in southeastern Spain». Geoderma, nº 118, 77-88.
- Mataix-Solera, J., y Guerrero, C. (2007). Efectos de los incendios forestales en las propiedades edáficas. Incendios Forestales, Suelos y Erosión Hídrica. Caja Mediterráneo CEMACAM Font Roja-Alcoi, Alicante, 5-40.
- Mataix-Solera, J., Arcenegui, V., Guerrero, C., Jordán, M. M., Dlapa, P., Tessler, N. y Wittenberg, L. (2008): «Can terra rossa become water repellent by burning? A laboratory approach». Geoderma, nº 147, 178-184.
- Maza J., P. Fernández, A. Vargas, L. Fornero, D. Trípodí, H. Yañez y M. Nuñez (1995) "Estudios hidrológicos e hidráulicos para el ordenamiento territorial de una cuenca" Instituto Nacional de Ciencia y Técnicas Hídricas, Centro Regional Andino, Argentina. Ingeniería del Agua. Vol.2. Num.1, pp31-44.
- Maza J., V.H. Burgos, P. López, V. Benegas (2004) "Sustentabilidad Hidrológica de Urbanizaciones en Pedemonte" IT 51 INA CRA
- Maza J.A., V. Burgos, P. López, V. Benegas (2005) "Sustentabilidad Hidrológica de Urbanizaciones en Pedemonte" Libro de Resúmenes del XX Congreso Nacional del Agua (ISBN 987-22143-0-1), pág. 308 y en CD (ISBN 987-22143-0-1). Mendoza.
- Maza, J., V.H. Burgos, (2005) "Análisis de la variabilidad espacial del riesgo de inundabilidad y sus factores en el río Blanco de Potrerillos, Mendoza" IT 77-CRA
- Maza, J.; L. Fornero; C. Litwin y P. Fernández, (1993). ARHYMO. Manual del Usuario. INCyTH-CRA. Mendoza
- McBreen, J. (2016) Regional Assessment on Ecosystem-based Disaster Risk Reduction and Biodiversity in South America. A report for the Resilience through Investing in Ecosystems – knowledge, innovation and transformation of risk management (RELIEF Kit) project. International Union for Conservation of Nature.
- Ministerio Para La Transición Ecológica Reino De España. "Delimitación del Dominio Público Hidráulico: el Proyecto Linde".
- Mintegui Aguirre, J. Robledo Sánchez, J. (1993). "Métodos para la estimación de los efectos torrenciales en una cuenca hidrográfica". Manual para un programa básico. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Monte. Fundación Conde del Valle de Salazar.
- Moore, I. D., Grayson R. B. y Ladson A. R. (1991). Digital Terrain Modelling: A Review of Hydrological, Geomorphological, and Biological Applications. Hydrological Processes, 5(1): 3-30.
- Norte, F. (2000) Mapa climático de Mendoza, vol. I-II. Mendoza: PAN/SDS PA-INTA-GTZ IADIZA. Universidad de Granada.
- NRCS, (2009). National Engineering Handbook, section 4, Hydrology, version (1956, 1964, 1971, 1985,1993, 2004, 2009). In: National Engineering Handbook, Engineering Division. US. Department of Agriculture.
- Ortiz Maldonado, A. (2001). Distribución geográfica de los elementos meteorológicos principales y adversidades de Mendoza. Triunfar.
- Pack, R. T., Tarboton, D. G., & Goodwin, C. N. (1998). "The SINMAP approach to terrain stability mapping". In 8th congress of the international association of engineering geology, Vancouver, British Columbia, Canada (Vol. 21, p. 25).
- Perla R. (1980) - A two-parameter model of snow-avalanche motion. J. Glaciol., 26 (94): 197-207
- Piñon, D 2016, Development of a precise gravimetric geoid model for Argentina, Masters by Research, Mathematical and Geospatial Sciences, RMIT University.
- Pochat, V., Donoso, M., & Saldarriaga, J. (2018). Proceso Regional de las Américas: Foro Mundial del Agua 2018: Informe subregional América del Sur: Resumen ejecutivo.
- Prosser, I, Williams, L. (1998) The impact of wildfire on runoff and erosion in native Eucalyptus forest Hydrological Processes, 12 , 1998, pp. 251-265
- Provincia de Mendoza, Decreto 1939/96 Ordenamiento Territorial y Usos del Suelo.
- Provincia de Mendoza, Decreto reglamentario 1077/1995.

- Provincia de Mendoza, Ley 5804/1991: Expropiación de Terrenos para la Conservación de sistema ecológico. Recuperado http://gportal.mendoza.gov.ar/archivos/catastro/LEY_5804.pdf
- Provincia de Mendoza, Ley 8.999/2017 Plan de Ordenamiento Territorial Provincial. Recuperado de <https://www.legislaturamendoza.gov.ar>
- Provincia de Mendoza, Ley 8051/2015 Ley de Ordenamiento Territorial Provincial. Recuperado de <http://www.cafedelasciudades.com.ar/imagenes82/ley%20mendoza.pdf>
- Pujol, I & Lara, A (2014) " Dimensiones jurídicas del ordenamiento territorial con especial referencia a la Ley de Mendoza: Las limitaciones a la propiedad y al dominio establecidas en interés público, su importancia en el ordenamiento territorial y urbanístico con especial referencia a la Ley nº 8051 de la provincia de Mendoza" Ed. Colección Territorios.
- Quinn, P.; Beven K.; Chevallier P. y Planchon O. (1991). The Prediction of Hillslope Flow Paths for Distributed Hydrological Modeling Using Digital Terrain Models. *Hydrological Processes*, 5: 59-80.
- Vallone, R. (2005) "Mapa de aptitud de suelos con fines de riego y riesgo de contaminación edáfica de los oasis irrigados de la provincia de Mendoza", Mendoza: INTA, 2005.
- Ramser, C.E. (1929) Flow of water in drainage channels: U.S. Department of Agriculture Technical Bulletin 129, 101 p.
- Renard, K.G., G.R. Foster, G.A. Weesies, D.K. McCool, y D.C. Yoder (1997) Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). Agriculture Handbook No. 703. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Washington, District of Columbia. 404 pp.
- Renaud, F. G., Sudmeier-Rieux, K. y Estrella, M. (eds.) (2013) The Role of Ecosystems in Disaster Risk Reduction. Tokio, United Nations University Press. ISBN 978-92-808-1221-3
- Riccardi, G., (2004). Hidrología en Medios Antropizados. Libro electrónico, cap 4. Universidad Nacional de Rosario. <http://c-virtual.fceia.unr.edu.ar/>
- Rickenmann D. y Zimmermann M. (1993) - The 1987 debris flows in Switzerland: docum. and analysis. *Geomorphology*, 8 (2-3): 175-189
- Rodríguez, R., Navarro, X., Casas, M. C., Ribalaygua, J., Russo, B., Pouget, L., y Redaño, A. (2014). Influence of climate change on IDF curves for the metropolitan area of Barcelona (Spain). *International journal of climatology*, 34(3), 643-654.
- Roig, F.; Martínez Carretero, E.; Méndez, E. (1996). Mapa de Vegetación de la Provincia de Mendoza. Instituto Argentino de Investigaciones de las Zonas Áridas (IADIZA)-CRYCIT-MENDOZA-ARGENTINA. (1: 1.000. 000). Multequina, 5.
- Rulli, M.C, Rosso, R. (2005) Modeling catchment erosion after wildfires in the Saint Gabriel Mountains of southern California, *Geophysical Research Letters*, 32 ,2005, p. L19401, 10.1029/2005GL023635
- Rusticucci, M. (2015) Amenazas hidrometeorológicas. ¿Qué pasa en Argentina? En *Inundaciones Urbanas y Cambio Climático: Recomendaciones para la gestión*. 1ª ed. CABA. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. pp.36-40.
- Saaty, T.L. (1977) A scaling method for priorities in herarchical structures.
- Saaty, T.L. (1980) The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill, New York.
- Scobey, F.C. (1939) Flow of water in irrigation and similar canals: U.S. Department of Agriculture Technical Bulletin 652, 79 p.
- Scuderi, C. y Stenta H., (2006). "Estimación del Número de Curva (CN) a partir de la interpretación de imágenes satelitales en la cuenca del Aº Ludueña, Santa Fe, Argentina" en *Cuadernos del CURIHAM*, Vol.12.
- Sedevich, A. M (2005) "Ordenamiento territorial versus "tendencias espontáneas": el caso de la cuenca del Jarillal, ciudad de Mendoza, Argentina" Maestría en Ordenamiento del Territorio con Orientación en Planificación Estratégica, Universidad Nacional de Cuyo. Segerer, C. (2001). Plan integral de gestión aluvional en zona pedemontana del Gran Mendoza, 2001.
- Seibert J. y Mcglynn B. L. (2007). A New Triangular Multiple Flow Direction Algorithm for Computing Upslope Areas from Gridded Digital Elevation Models. *Water Resources Research*, Vol. 43, W04501.
- Sepulcri, M.G; Flamenco, E.A; Pizarro, M.J; Herrera, M.G; Borus, J; Giordano, L., (2015). "Cartografía de susceptibilidad hídrica en el delta del río Paraná". *Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente*. Nº 34-47-56. Buenos Aires.

- Spalletti, P. D., y Brea, J. D. (2000). Validación de una metodología para estimación de producción de sedimentos. In Memorias XVIII Congreso Nacional del Agua, Santiago del Estero, Argentina.
- Srinivasan, V., Konar, M., y Sivapalan, M. (2017). A dynamic framework for water security. *Water Security*, 1, 12-20.
- Stoof C.R., J.G. Wesseling, C.J. Ritsema, (2010), Effects of fire and ash on soil water retention *Geoderma*, 159 (2010), pp. 276-285
- Takahashi T. (1981) Estimation of potential debris flows and their hazardous zones: soft countermeasures for a disaster. *Natural disaster science*, 3 (1): 57-89.
- Takeuchi, W. y Yasuoka, Y., (2005). "Development of normalized vegetation, soil and water indices derived from satellite remote sensing data" *Journal of the Japan Society of Photogrammetry and Remote Sensing*, 43 (6): 7-19.
- Tarboton D. G. (1997). A New Method for the Determination of Flow Directions and Upslope Areas in Grid Digital Elevation Models. Utah Water Research Laboratory, Utah State University, Logan, U.S.A. *Water Resources Research*, 33(2): 309-319. American Geophysical Union. USA.
- Tarolli, P., y Tarboton, D. G. (2006) "A new method for determination of most likely landslide initiation points and the evaluation of digital terrain model scale in terrain stability mapping" *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, European Geosciences Union, 2006, 10 (5), pp.663-677.
- Tesfa, T. K., Tarboton, D. G., Watson, D. W., Schreuders, K. A., Baker, M. E., y Wallace, R. M. (2011). Extraction of hydrological proximity measures from DEMs using parallel processing. *Environmental Modelling & Software*, 26(12), 1696-1709. - http://hydrology.usu.edu/dtarb/Tesfa_EMS2011.pdf
- Úbeda, X., y Sarricolea, P. (2016). Wildfires in Chile: A review. *Global and Planetary Change*, 146, 152-161.
- UICN - Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (2017) "Transformando la reducción de riesgos de desastres a través de la gestión de ecosistemas en Sudamérica" Documento de orientación. Programa Global de Gestión de Ecosistemas, Quito, Dic. 2017.
- UN-Water (2010) Climate Change Adaptation: The Pivotal Role of Water. Policy Brief. [on line]. [2018-03-11]. URL: www.unwater.org/publications/climatechange-adaptation-pivotal-role-water/
- UN-Water (2013) "Water Security & the Global Water Agenda" A UN-Water Analytical Brief. United Nations University. Institute for Water, Environment & Health (UNU-INWEH), ISBN 978-92-808-6038-2
- UNISDR (2015) Hacia el Desarrollo Sostenible: El Futuro de la gestión del riesgo de desastres. Informe de Evaluación Global sobre la Reducción del Riesgo de Desastres. Ginebra, Suiza: Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR) 299 pp.
- United Nations (2017) Nueva agenda Urbana, A/RES/71/256, Conferencia sobre la Vivienda y el Desarrollo Urbano Sostenible Hábitat III, Ecuador
- USACE (2000) U.S. Army Corps of Engineers, Geospatial modeling extension. HEC Geo HMS, User's Manual. Davis, CA: Hydrologic Engineering Center.
- USDA (1955) U.S. Department of Agriculture, Engineering handbook:-Hydraulics: U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service, sec. 5.
- Vega Hidalgo, J. A., y Fernández Filgueira, C. (2013). Severidad del fuego y repelencia al agua en el suelo después de incendios forestales en Galicia. In IV Congreso Forestal Español.
- Vich, A. I., y Mariani, A. (2010) Evaluación y predicción de la erosión hídrica en regiones áridas de relieve acentuado del centro-oeste de Argentina. *Multequina*, N° 19, pp. 7-20.
- Vich, A. I., y Pedrani, A. (2002). "La erosión hídrica en el piedemonte árido de Mendoza" en IANIGLA, 30 Años de Investigación Básica y Aplicada en Ciencias Ambientales. Dario Trombotto y Ricardo Villalba, editores.
- Wessel, B., Huber, M., Wohlfart, C., Marschalk, U., Kosmann, D., & Roth, A. (2018). Accuracy assessment of the global TanDEM-X Digital Elevation Model with GPS data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 139, 171-182.
- Wilson, C.J. (1999) Effects of logging and fire on runoff and erosion on highly erodible granitic soils in Tasmania, *Water Resources Research*, 35 (11), 1999, pp. 3531-3546
- Woodward, S. M., & Posey, C. J. (1955). Hydraulics of steady flow in open channels.
- WWC - World Water Council (2018) "Policy recommendations on global water security" in *Global Water Security: Lessons Learnt and Long-Term Implications* Ministry of Water Resources of China and the World Water Council (2018) Springer-Nature, Singapore

ANEXO I : LÁMINAS

Nº	Detalle	Escala
H01	CAP. HIDROLOGÍA: MODELO DIGITAL DE ELEVACIONES TanDEM-X res. 10m (DLR)	1:125.000
H02	CAP. HIDROLOGÍA: MAPA DE CUENCAS, SUBCUENCAS Y ORDEN DE CAUCE	1:125.000
EH01	Mapa de Afectación por Incendio (Índice de Humedad del 23/09/18)	1:30.000
EH02	Mapa de Afectación por Incendio (Índice de Vegetación del 23/09/18)	1:30.000
EH03	Mapa de Afectación por Incendio (Modelo de Elevaciones y área)	1:30.000
EMC01	EMC / SUBVARIABLES GEOMORFOMÉTRICAS: Mapa de ÁREA de SUBCUENCAS	1:125.000
EMC02	EMC / SUBVARIABLES GEOMORFOMÉTRICAS: Mapa de DIFERENCIA ALTITUDINAL	1:125.000
EMC03	EMC / SUBVARIABLES GEOMORFOMÉTRICAS: Mapa de LONGITUD DE CAUCES	1:125.000
EMC04	EMC / SUBVARIABLES GEOMORFOMÉTRICAS: Mapa de DISTANCIA A CAUCES	1:125.000
EMC05	EMC / SUBVARIABLES GEOMORFOMÉTRICAS: Mapa de Pendientes	1:125.000
EMC06	EMC / SUBVARIABLES HIDROLÓGICAS: Mapa de ISOCRONAS	1:125.000
EMC07	SUBVARIABLES HIDROLÓGICAS: Mapa de CN	1:125.000
EMC08	EMC / SUBVARIABLES HIDRÁULICAS: Mapa de Prob. de Flujo Aluv.	1:125.000
EMC09	EMC / SUBVARIABLES HIDRÁULICAS: Mapa de ZONAS DE INUNDACIÓN	1:125.000
EMC10	EMC / SUBVARIABLES GEOMORFOMÉTRICAS: Índice Topográfico de Humedad (TWI)	1:125.000
EMC11	EMC / SUBVARIABLES GEOLÓGICAS: Mapa de Estabilidad de Laderas	1:125.000
EMC12	EMC / SUBVARIABLES GEOLÓGICAS: Mapa de Potencia Erosiva (SPI y TWI)	1:125.000
EMC13	EMC / SUBVARIABLES GEOLÓGICAS: Mapa Tasa de Erosión Suelos	1:125.000
EMC14	EMC / SUBVARIABLES GEOLÓGICAS: Mapa Zonas de Cárcavas	1:125.000
MA001	Mapa de Amenazas Aluvionales (Sector 1/6)	1:50.000
MA002	Mapa de Amenazas Aluvionales (Sector 2/6)	1:50.000
MA003	Mapa de Amenazas Aluvionales (Sector 3/6)	1:50.000
MA004	Mapa de Amenazas Aluvionales (Sector 4/6)	1:50.000
MA005	Mapa de Amenazas Aluvionales (Sector 5/6)	1:50.000
MA006	Mapa de Amenazas Aluvionales (Sector 6/6)	1:50.000
MA007	Mapa de Amenazas Aluvionales / (Formato A0)	1:50.000

ANEXO II: PAUTAS PARA LA OCUPACIÓN DE ÁREAS DE PIEDEMONTE

1. Introducción

1.1. Problemática de la urbanización en piedemonte

El avance no planificado de la frontera urbana hacia el piedemonte del Gran Mendoza, ha generado grandes cambios en el sistema natural. Existen otras actuaciones antrópicas que también han agravado la situación, como canteras y ripieras (extracción de áridos), basurales a cielo abierto, tala descontrolada de forestales, incendios (naturales y provocados) y en menor medida picadas sísmicas y accesos vehiculares.

Desde el punto de vista hidrológico, estas acciones (antrópicas en su mayoría) alteran el ciclo del agua, modificando los flujos entre los subsistemas. En primera medida la urbanización, debido al aumento de áreas impermeables, produce un aumento de las escorrentías, los volúmenes de las crecidas, las velocidades de flujo y los contaminantes que drenan hacia aguas abajo. La pérdida de cobertura vegetal del suelo provoca que los procesos de erosión se acentúen, aumentando la carga de sedimentos en una crecida pluvial, produciendo los denominados aluviones, que son grandes flujos de agua con sedimentos y detritos (barro y piedras) que aumentan la densidad de ese fluido, ahora bifásico, generando más destrucción y colapsos de obras existentes a su paso.

Un aspecto que agrava la situación, es la tipología de urbanizaciones no planificadas asentadas sobre el piedemonte, definidas sin criterio hidrológico, realizadas con igual criterio que en las planicies, mediante dameros y con calles en la dirección de la máxima pendiente. Esto ha provocado un aumento notable de los volúmenes de los escurrimientos pluviales y la disminución de los tiempos de concentración con el consecuente aumento de caudales.

Sin entrar en discusión respecto a la existencia o no de variabilidad climática local (que pudiera causar un aumento de precipitaciones) ante eventos de lluvias de igual intensidad, el problema se ha ido agravando con los años, y esto queda evidenciado con inundaciones sufridas en las zonas bajas, cuando hace 30 años, una lluvia de 20 mm en media hora en Mendoza, producía muy pocos problemas de creciente; y en cambio hoy, causa serios inconvenientes.

La modificación de los cauces naturales por movimientos de suelo, o nivelaciones de zonas para urbanizar, provoca alteraciones en las direcciones de flujo, alterando los regímenes naturales causando trasvases de microcuencas, quedando hacia aguas abajo, canales con pocos aportes remanentes y capacidad ociosa (que luego son ocupadas por desarrollo urbano) y otros canales saturados y colapsados por recibir áreas que naturalmente provienen de otras microcuencas.

Esos grandes movimientos de tierra también afectan considerablemente no solo al paisaje natural, tan valioso para el sentir de los pobladores locales, sino también la flora y fauna autóctona.

Es claro entonces que se necesita regular la urbanización del piedemonte por una variedad de razones, incluyendo la protección de:

- vidas y bienes (públicos y privados) por deslizamientos de laderas y aluviones;
- vidas y bienes (públicos y privados) aguas abajo del piedemonte por inundaciones y aluviones;
- recursos naturales;
- sistemas y aspectos ambientales, tales como cauces aluvionales, hábitat de fauna silvestre, y vegetación natural;
- calidad estética o paisajística;
- accesos para residentes, visitantes, y servicio público o proveedores.

1.2. Criterios Básicos

Los estándares, lineamientos y criterios que correspondieran ser contemplados en regulaciones o normativas de planificación, deberían incluir, pero no limitarse, a lo siguiente:

- proteger a las personas y bienes de amenazas o peligros (socio)naturales de escurrimiento pluvial y erosión.
- minimizar la posibilidad y daños consecuentes del fuego en áreas pedemontanas.
- preservar el ambiente, el hábitat natural y el espacio abierto.
- preservar el acceso público a las áreas pedemontanas y canales naturales de drenaje.
- preservar las características topográficas naturales tales como canales, cauces, altas cumbres, vistas, árboles y otras formaciones vegetales naturales.
- asegurar un adecuado sistema de transporte para las áreas de montaña. El diseño del sistema debe considerar densidades y topografía minimizando movimientos de tierra.
- alentar una variedad de urbanizaciones, diseños y conceptos compatibles con el ambiente natural del área de montaña para preservar el paisaje natural.
- establecer criterios de manejo de uso del suelo que sustenten la protección de elementos naturales permitiendo urbanizaciones armoniosas.
- estimular la eficiencia en el uso del recurso hídrico, mediante captación de agua de lluvia, reúsos de efluentes, etc.

2. Desarrollo Urbano de Bajo Impacto (DUBI)

El esquema sanitarista del siglo pasado proponía soluciones tradicionales, que buscaban drenar y evacuar rápidamente los escurrimientos pluviales, reemplazando el sistema natural de drenaje por elementos artificiales como calles, cunetas y colectores. Esto requiere inversiones en grandes obras para eliminar las inundaciones en zonas bajas, que reciben los aportes pluviales generados por la urbanización aguas arriba, y genera, una preocupación permanente por mantener la capacidad de las soluciones, a medida que crecen las ciudades.

Las nuevas soluciones propuestas buscan resolver los problemas, atacando las causas más que los síntomas: manejando los caudales generados en el lugar donde se producen; manteniendo los

cauces naturales; recuperando la capacidad de infiltración y almacenamiento previa a la urbanización. Para esto, se utilizan nuevas técnicas y elementos, como estanques y lagunas urbanas de almacenamiento, obras de infiltración (trincheras y pozos), soleras discontinuas, canales de pastos y cauces abiertos especiales para zonas urbanas.

El Desarrollo Urbano de Bajo Impacto (DUBI) controla los escurrimientos generados por una tormenta desde su fuente, al ir dejando áreas reservadas que minimicen el impacto hidráulico hacia aguas abajo mediante retenciones temporales.

Esto se logra integrando funciones hidrológicas (control de volumen, frecuencia, recarga y descarga) usando cuatro principios de manejo.

- a. El primero, minimiza los impactos al reducir la impermeabilidad, conservando los recursos naturales y manteniendo los drenajes naturales.
- b. El segundo, provee un sistema de microreservorios de retención temporal de escurrimientos, dispuestos eficientemente en la zona de desarrollo.
- c. El tercer principio, radica en mantener, y en lo posible aumentar, el tiempo de concentración de la cuenca, al controlar los tiempos de flujo.
- d. Cuarto, el implemento de un efectivo programa educacional para usar medidas de prevención de riesgos ambientales.

La consigna principal de cualquier desarrollo inmobiliario debiera ser la adaptación del diseño al entorno caracterizado por la existencia de huadís (o cauces secos torrenciales que se activan ante precipitaciones convectivas), pendientes de medias a fuertes, y vegetación riparia o xerófila, tratando de minimizar la alteración a producir y utilizando soluciones no convencionales para reducir las escorrentías en lugar de drenarlas hacia aguas abajo.

2.1. Estrategias básicas de planeamiento

El primer paso para un DUBI será minimizar los caudales escurridos. Este paso es similar al concepto ambiental de conservar recursos naturales, limitando y reduciendo las áreas impermeables. La mayor diferencia es que el DUBI considera el mejor uso o aprovechamiento del tipo de suelo y de la topografía para reducir los caudales. Estas consideraciones generales incluyen:

- a) Mantener los drenajes naturales, la topografía y sus depresiones.
- b) Preservar la flora autóctona existente en suelos permeables.
- c) Direccional áreas impermeables a zonas permeables.
- d) Desconectar superficies impermeables a la descarga directa.
- e) Facilitar la infiltración dentro de cada lote.
- f) Revegetar áreas degradadas.
- g) Mantener o aumentar el tiempo de concentración al incrementar la infiltración y evaporación.

- h) Colocar los espacios destinados a equipamiento comunitario en las zonas bajas de la urbanización, para que se pueda incluir dentro de sus funciones la de laminar crecidas mediante reservorios de detención o infiltración.

Además, teniendo en cuenta la distribución del mapa de amenazas múltiples realizado, que considera entre otros, la amenaza hídrica, se deberían considerar los siguientes aspectos:

Condición de Sustentabilidad hidrológica: Se deberán diseñar los sistemas de drenaje pluvial de manera que no afecten hacia aguas abajo, cumpliendo la condición de que el caudal de excedencia para una tormenta de 5 años de recurrencia, en la situación con proyecto, sea igual o inferior a la condición previa a la urbanización. Para ello incide en gran medida tanto los aspectos relativos al diseño urbanístico como las soluciones estructurales y no estructurales planteadas para resolver los drenajes pluviales.

A tal efecto se podrán implementar soluciones estructurales como:

El uso de sistemas no convencionales de drenaje urbano que permitan reducir las escorrentías al aumentar la infiltración, el retardo, la captación o reuso del agua de lluvia.

Que el escurrimiento generado por las superficies impermeables de cada lote drene hacia las áreas permeables del lote para su infiltración y/o retardo.

La utilización de dispositivos de retardo y/o infiltración del escurrimiento, para minimizar el incremento de volumen y caudal pico debido a la urbanización. A efectos de disminuir riesgos y los consecuentes costos se propone que tales embalses se implementen en base a excavaciones, evitándose así la construcción de terraplenes potenciales de fallas.

El urbanizador deberá presentar los resultados de la modelación matemática que permitieron en distintas etapas optimizar el diseño y la verificación del funcionamiento hidráulico para tiempos de retorno de 5 a 25 años.

Pendientes y Nivelación de terrenos: Para la limitación de los movimientos de suelo puede establecerse utilizando la expresión 1.

$$V = \left[\frac{(4 - 10 \cdot S) \cdot 4 + 16,2}{19,06} \right] \cdot A \quad (1)$$

Donde:

V: Máximo volumen de suelo permitido (m³)

S: Pendiente máxima dentro del lote (%)

A: Área de lote (m²)

Restricciones:

- No permite nivelaciones para $S > 25\%$
- Las nivelaciones no deben exceder el 35% del área o la no superar la Densidad máxima de nivelación (%) dada por $DMN = 2702.4 * Alote (m^2) - 0.525$
- Regla general: DESMONTE ES MEJOR QUE TERRAPLÉN Y NINGUNO ES MEJOR QUE CUALQUIERA.

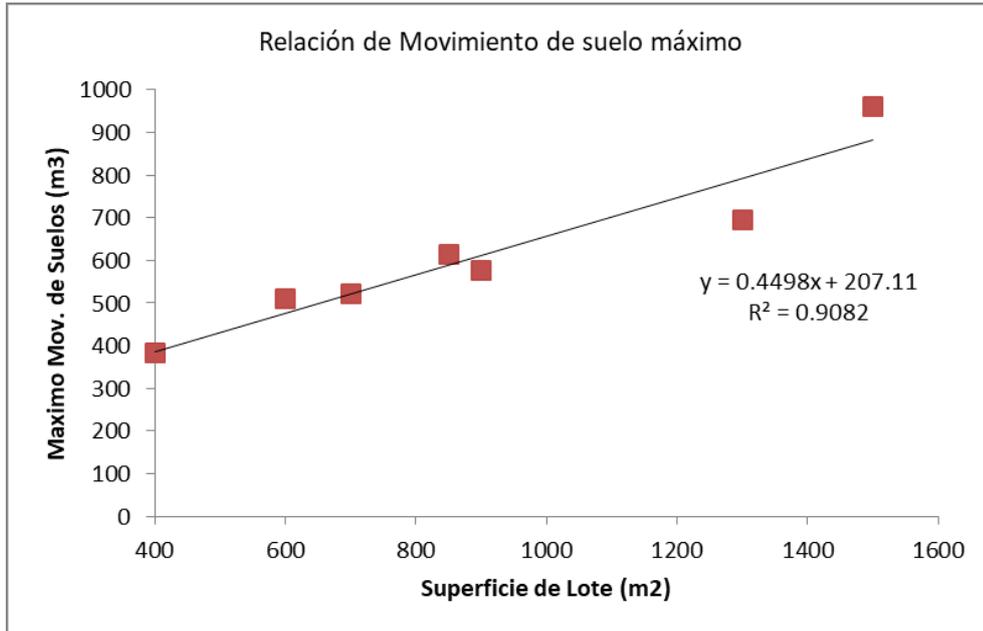


Figura Nº 1 : Límite de movimiento de suelos para nivelación

2.1.1. Disposición de Calles: Deberán seguir las curvas de nivel, tratando de minimizar las pendientes. Además el diseño urbanístico abierto en lugar de un típico damero, permitirá reducir longitudes de calles, que repercute directamente en las obras lineales de urbanización (reduciendo las longitudes de redes de energía eléctrica y alumbrado público, longitud de cordones, redes de agua y saneamiento).

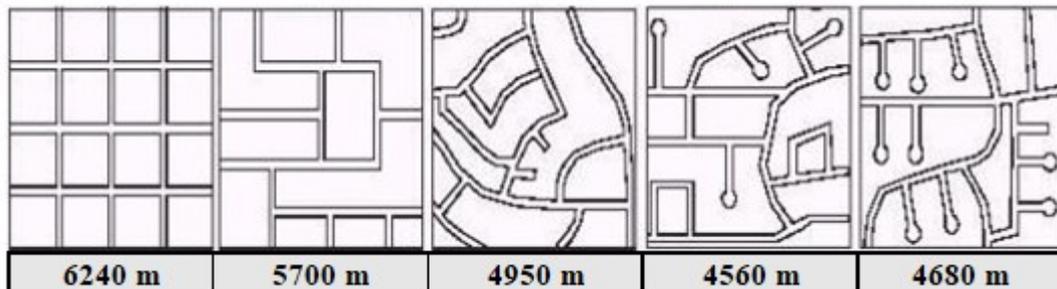


Figura Nº 2 : Ejemplo de disminución de longitudes de calles en igual área (Fuente: Prince George's County, 2000; adaptado de ULI, 1990)

Otras Pautas:

Las calles deben diseñarse de manera tal de minimizar la cobertura impermeable y la perturbación del suelo.

Pendiente máxima de calles=12%

Pendiente máxima de calles en intersecciones=5%

La cantidad máxima de superficie impermeable de calle debe ser el 20% de la urbanización total.

Las calles deben preferirse calles curvas y seguir los contornos naturales del terreno y no deben ser perpendiculares a las curvas de nivel, a menos que sea absolutamente inevitable.

Se puede permitir que un tramo de 30 m o 10% de la longitud completa de la calle pueda estar en pendientes entre 25 y 50%.

2.1.2.Cantidad y densidad de lotes: Se propone que la superficie máxima a alterar esté en función de la pendiente (S) y la densidad de lotes (cantidad de lotes por hectárea). Considerando una superficie máxima de alteración siguiendo la expresión 2:

$$\text{Máxima área alterada (\%)} = 74.5 - 1.7 * S(\%) \quad \text{para } 15\% < S < 35\% \quad (2)$$

Por otro lado, la cantidad de lotes por hectárea debiera estar comprendida entre valores dados por las expresiones 3 y 4.

$$N^{\circ} \text{ lotes} / \text{ha} = 14,00 \cdot e^{-0.024S(\%)} \quad \text{para } 15\% < S \leq 35\% \quad (3)$$

$$N^{\circ} \text{ lotes} / \text{ha} = 26,431 \cdot e^{-0.0421S(\%)} \quad \text{para } 15\% < S \leq 35\% \quad (4)$$

donde S= pendiente (%), considerando que para S>35% no se admite urbanización.

En Figuras siguientes se puede observar gráficamente las relaciones propuestas, quedando entre las curvas límite planteadas posibles soluciones de bajo impacto.

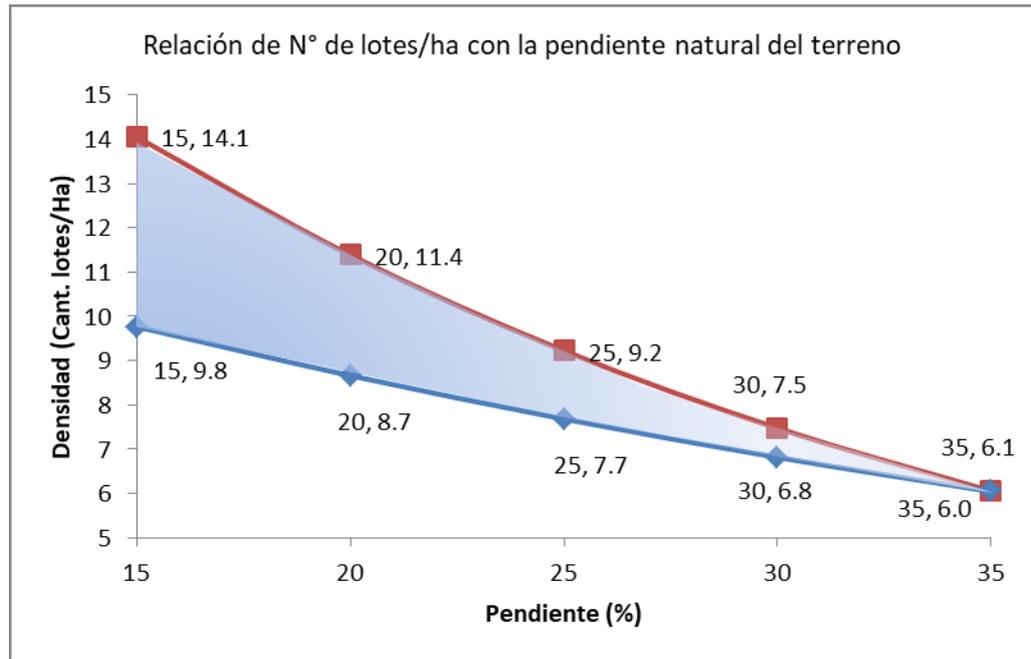


Figura Nº 3 : Relaciones límite entre densidad urbana y pendientes

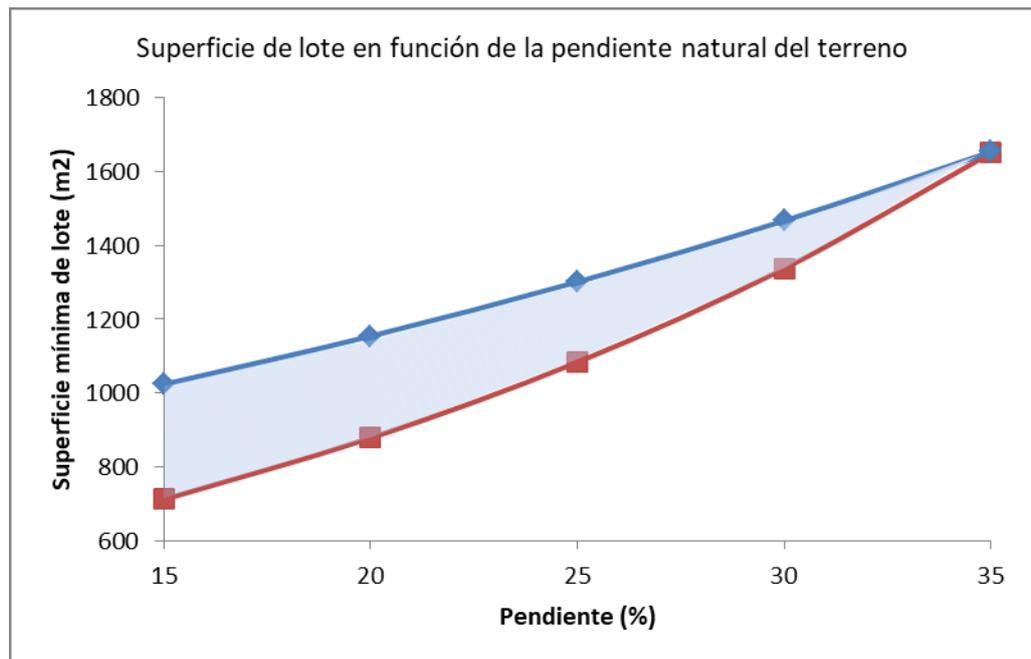


Figura Nº 4 : Relaciones límite entre superficie de lote y pendientes

(Fuente: adaptado de Maza et. al, 2004)

2.1.3. Soluciones no convencionales de gestión de escurrimientos urbanos: El objetivo de estas debe ser reducir o mitigar efectos del tradicional drenaje (compuesto por obras revestidas y grandes sistemas de canalización de escorrentías) que llevan la problemática hacia aguas abajo. Dentro de las obras de drenaje pluvial, se encuentran detalladas en puntos siguientes.

2.2. Medidas no estructurales

Las medidas no estructurales previenen, por una parte, la contaminación del agua reduciendo las fuentes potenciales de contaminantes, y por otra, evitan parcialmente el tránsito de las escorrentías hacia aguas abajo y su contacto con contaminantes.

Entre las medidas no estructurales de mayor difusión cabe citar las siguientes:

- Educación y programas de participación ciudadana para: Concientizar a la población acerca del problema y sus potenciales soluciones;
- Identificar agentes implicados y esfuerzos realizados hasta la fecha;
- Cambiar hábitos;
- Hacer partícipe del proceso a la población, integrando sus comentarios en la implementación de los programas;
- Control y planificación del uso del suelo;
- prohibición de ocupación de áreas inundables;
- zonificación por riesgo;
- pautas de edificación;
- Sistemas de alerta hidrológica, etc.

2.3. Medidas estructurales

Se consideran medidas estructurales, aquellas que gestionan la escorrentía mediante actuaciones que contengan en mayor o menor grado algún elemento constructivo.

Estas medidas, son tendientes a un control en origen del escurrimiento pluvial, y están diseñadas para retener desde el inicio la formación de la escorrentía superficial.

Con la aplicación de estos sistemas, se pretende recuperar la capacidad de infiltración de los suelos naturales. Esto se consigue aumentando el porcentaje de superficie permeable en la ciudad, mediante la aplicación de alguna o todas las siguientes medidas, que se describen muy brevemente.

2.4. Cubiertas vegetadas (Green-roofs)

Son sistemas multicapa con cubierta vegetal que recubren tejados y terrazas de todo tipo. Están concebidas para interceptar y retener las aguas pluviales, reduciendo el volumen de escorrentía y atenuando el caudal pico. Además retienen contaminantes, actúan como capa de aislante térmico en el edificio y ayudan a compensar el efecto “isla de calor” que se produce en las ciudades.



Figura Nº 5 : **Cubiertas vegetadas** (Fuente: Momparler, & Andrés-Doménech, 2008)

2.5. Pavimentos Permeables (Porous / Permeable Paving)

Son pavimentos que permiten el paso del agua a su través, abriendo la posibilidad a que ésta se infiltre en el terreno, o bien sea captada y retenida en capas subsuperficiales para su posterior reutilización o evacuación. Existen diversas tipologías, entre ellas: césped o gravas (con o sin refuerzo), bloques impermeables con juntas permeables, bloques y baldosas porosos, pavimentos continuos porosos (asfalto, hormigón, resinas, etc.)



Figura Nº 6 : **Superficies permeables** (Fuente: Momparler, & Andrés-Doménech, 2008)

2.6. Franjas Filtrantes (Filter Strips)

Son franjas de suelo vegetadas, anchas y con poca pendiente, localizadas entre una superficie dura y el medio receptor de la escorrentía (curso de agua o sistema de captación, tratamiento, y/o evacuación o infiltración). Propician la sedimentación de las partículas y contaminantes arrastrados por el agua, así como la infiltración y disminución de la escorrentía.



Figura N° 7 : **Franjas filtrantes.** (Fuente: Momparler, & Andrés-Doménech, 2008)

2.7. Zanjas de infiltración (Soakaways & Infiltration Trenches)

Son pozos y zanjas poco profundos (1 a 3 m) rellenos de material drenante (granular o sintético), a los que vierte escorrentía de superficies impermeables contiguas. Se conciben como estructuras de infiltración capaces de absorber, total o parcialmente, la escorrentía generada por la tormenta de diseño para la que han sido diseñadas.

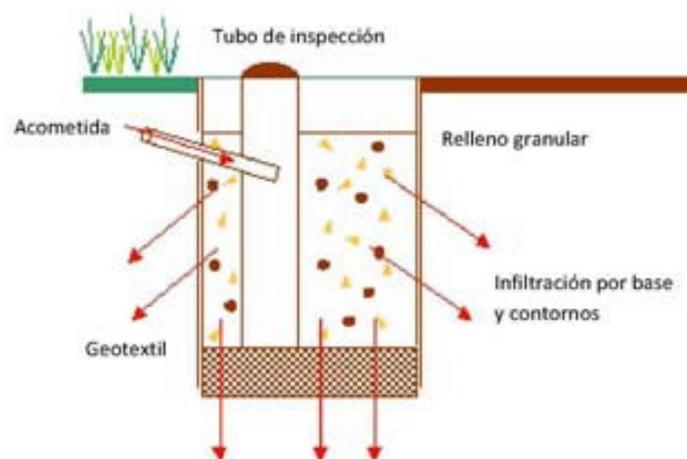


Figura N° 8 : **Esquema de Pozo de infiltración.** (Fuente: Momparler, & Andrés-Doménech, 2008)

2.8. Drenes Filtrantes o Franceses (Filter Drains)

Son zanjas poco profundas rellenas de material filtrante (granular o sintético), con o sin conducto inferior de transporte, concebidas para captar y filtrar la escorrentía de superficies impermeables contiguas con el fin de transportarlas hacia aguas abajo. Además pueden permitir la infiltración y la laminación de los volúmenes de escorrentía.

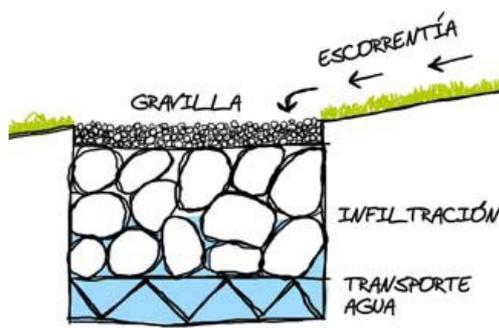


Figura Nº 9 : Dren filtrante. Esquema y ejecución (Fuente: Momparler, & Andrés-Doménech, 2008)

2.9. Cunetas Verdes (Swales)

Son estructuras lineales vegetadas de base ancha (> 0,5 m) y talud tendido (< 1V:3H) diseñadas para almacenar y transportar superficialmente la escorrentía. Deben generar bajas velocidades (< 1-2 m/s) que permitan la sedimentación de las partículas para una eliminación eficaz de contaminantes. Adicionalmente pueden permitir la infiltración a capas inferiores



Figura Nº 10 : Cunetas verdes (Fuente: Momparler, & Andrés-Doménech, 2008)

2.10. Depósitos de Infiltración (Infiltration Basins)

Son depresiones del terreno vegetadas, diseñadas para almacenar e infiltrar gradualmente la escorrentía generada en superficies contiguas. Se promueve así la transformación de un flujo superficial en subterráneo, consiguiendo adicionalmente la eliminación de contaminantes mediante filtración, adsorción y transformaciones biológicas.



Figura Nº 11 : **Depósitos de infiltración** (Fuente: Momparler, & Andrés-Doménech, 2008)

2.11. Depósitos de Detención (Detention Basins)

Son depósitos superficiales, diseñados para almacenar temporalmente los volúmenes de escorrentía generados aguas arriba, laminando los caudales pico. Favorecen la sedimentación y con ello la reducción de la contaminación. Pueden emplazarse en “zonas muertas” o ser compaginados con otros usos, como los recreacionales, en parques e instalaciones deportivas.



Figura Nº 12 : **Depósitos de infiltración en superficie** (Fuente: Momparler, & Andrés-Doménech, 2008)

2.12. Estanques de Retención (Retention Ponds)

Son lagunas artificiales con lámina permanente de agua (de profundidad entre 1,2 y 2 m) con vegetación acuática, tanto emergente como sumergida. Están diseñadas para garantizar largos periodos de retención de la escorrentía (2-3 semanas), promoviendo la sedimentación y la absorción de nutrientes por parte de la vegetación. Contienen un volumen de almacenamiento adicional para la laminación de los caudales punta.



Figura Nº 13 : **Estanque de retención** (Fuente: Momparler, & Andrés-Doménech, 2008)

2.13. Humedales (Wetlands)

Son similares a los anteriores, pero de menor profundidad y con mayor densidad de vegetación emergente. Aportan un gran potencial ecológico, estético, educacional y recreativo.



Figura Nº 14: **Humedal** (Fuente: Momparler, & Andrés-Doménech, 2008)

2.14. Bioretenciones (bioretention ponds)

Son pequeñas cuencas con vegetación hacia las que se derivan las aguas superficiales. Las áreas de biorretención optimizan la tierra y los recursos vegetales para filtrar contaminantes y materiales sólidos suspendidos en las escorrentías pluviales del agua de lluvia de sitios desarrollados disminuyendo la velocidad del flujo de agua e incrementando la infiltración del agua en el medio del suelo.



Figura N° 15: Esquema de una Celda de biorretención (Fuente: Adaptado de DER, 1993 citado en Zhang, 2008)



Figura N° 16: Celda de biorretención (Fuente: USDA, sf, tomado de Bennet, 2009)

Los jardines de biorretención permiten la desconexión de zonas impermeables. Están formados por una capa de vegetación apoyada sobre una cama de arena, y bajo ella por una tubería de drenaje subterráneo. Se diseñan para recibir las aguas lluvias desde superficies impermeables, retenerlas y almacenarlas para luego descargarlas controladamente al sistema de drenaje convencional. Estos jardines también permitirían infiltrar hacia el suelo natural, sin embargo no es su objetivo. Estos jardines tienen dos objetivos principales. Uno es retener y amortiguar los caudales máximos sobre el sistema de drenaje, y el otro en mejorar la calidad de las aguas lluvias.



Figura N° 17: Jardín de biorretención. (Fuente: Fernández et al., 2004)

Los jardines de biorretención se pueden ubicar en bandejes centrales, islas peatonales, minirotondas, separadores de estacionamientos, etc.

2.15. Estanques de Retención con Filtración

Un estanque de retención con filtración corresponde a un área de pasto con un filtro de arena por el fondo, que descarga subterráneamente al sistema de drenaje o al suelo. Sirve para almacenar, retener e infiltrar el escurrimiento superficial, además la cama de arena retiene la gran mayoría de los contaminantes contenidos en las aguas lluvias que no son removidos mediante sedimentación en los estanques de retención sin filtración.

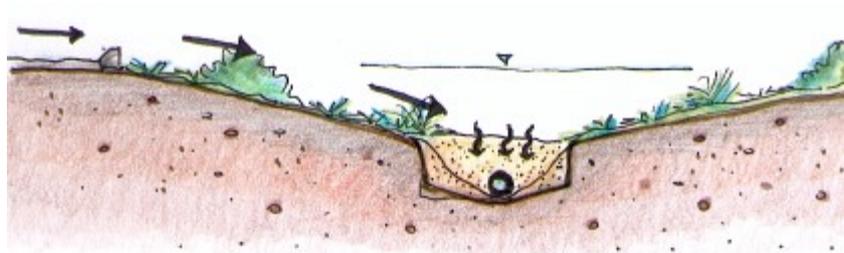


Figura N° 18: Estanque de retención con filtración (Fuente: Fernández et al., 2004)

2.16. Amortiguadores de Pasto

Los amortiguadores de pasto son franjas o anillos de pasto denso y uniforme destinados a desconectar hidráulicamente zonas impermeables.

Se diseñan para recibir un flujo distribuido de baja altura desde superficies pequeñas ubicadas aguas arriba. De esta forma se potencia la infiltración en el suelo, y la retención de contaminantes en el pasto. Con esto se consigue una reducción en la impermeabilidad de la cuenca y también se mejora la calidad del escurrimiento.

Se suelen usar en estacionamiento, veredas y zonas de gran impacto. Están conectados aguas abajo con otros elementos como zanjas de infiltración o canales de pasto. Pueden incorporarse árboles y otros elementos para aportar al paisajismo de la urbanización.

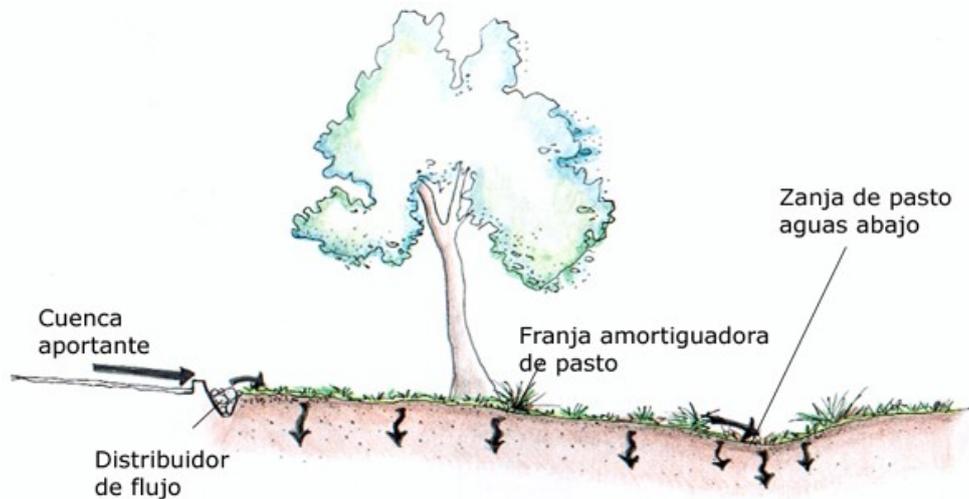


Figura Nº 19: Amortiguador de pasto (Fuente: Fernández et al., 2004)

2.17. Jardines de Lluvia (rain gardens)

Son pequeños jardines diseñados especialmente para infiltrar las aguas lluvias de pequeñas superficies como techos y patios. Están compuestos preferentemente con vegetación nativa que pueda desarrollarse con las aguas lluvia.

Las raíces aportan actividad biológica al suelo, lo que evita la colmatación y mantiene intacta su permeabilidad a través del tiempo.

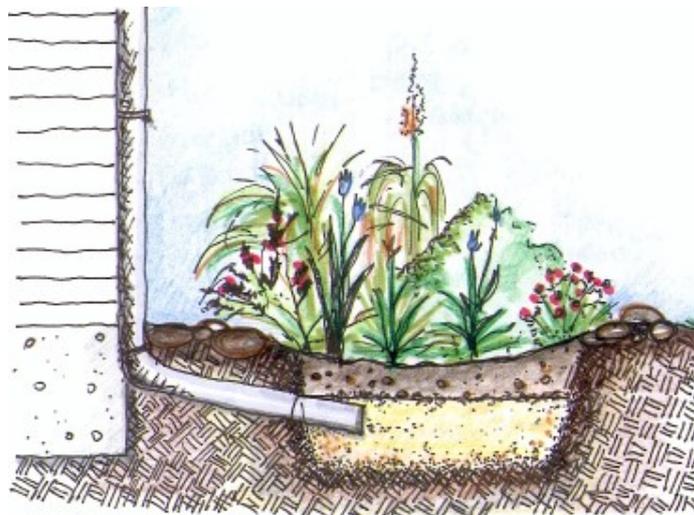


Figura Nº 20: Jardín de lluvia. (Fuente: Fernández et al., 2004)

2.18. Cauces Urbanos

Los cauces urbanos son vías de conducción de aguas lluvias especialmente diseñadas con ese fin. A diferencia de los canales de riego en que se busca conducir el agua con velocidad y sin pérdidas,

un cauce urbano de aguas lluvias busca todo lo contrario, es decir infiltrar, almacenar temporalmente y conducir lentamente el escurrimiento. Además como su uso es esporádico debe ser un espacio agradable y útil durante los días sin lluvia.

Un cauce urbano se compone comúnmente de dos partes; un canal de flujos bajos y una zona de inundación. El canal de flujos bajos tiene como objeto conducir los caudales producidos por las lluvias frecuentes. Este canal es pequeño y necesita revestimiento, ya sea de hormigón, mampostería o enrocado. También puede tener vegetación en el fondo dependiendo de las condiciones. El área de inundación tiene por objeto controlar las grandes crecidas, pero además durante los días sin lluvia debe ser un área verde y de recreación útil y amigable. Habitualmente esta se diseña con una sección transversal de forma trapezoidal con taludes extendidos de pasto no menores que 4:1. En esta zona también pueden incorporarse árboles, bancos, mesas, juegos, ciclo vías, etc.

En muchos casos se debe controlar la velocidad del escurrimiento y evitar de este modo la erosión y riesgo a las personas para condiciones de crecida. En estos casos se puede reducir la pendiente longitudinal del canal, lo que debe ser compensado mediante la incorporación de caídas y disipadores de energía.



Figura Nº 21: **Cauce urbano** (Fuente: Fernández et al., 2004)

2.19. Pozos de Infiltración

En aquellos lugares con suelos de buena permeabilidad donde no existe el espacio para obras superficiales de aguas lluvias, los pozos de infiltración son una buena alternativa para hacerse cargo de las aguas lluvias, ya que van enterrados y no ocupan área superficial. Es posible construir pequeños o grandes pozos de infiltración. Los pozos pequeños son pensados para infiltrar la escorrentía de superficies pequeñas, como el techo de una casa, por ejemplo. Pueden ser del orden de un metro de alto y 60 cm de diámetro. La suma de pequeños pozos distribuidos espacialmente puede ser sumamente eficaz en la reducción de la escorrentía. Los grandes pozos de infiltración, por otra parte, pueden tener varios metros de profundidad e infiltrar las aguas lluvias de un pequeño vecindario.

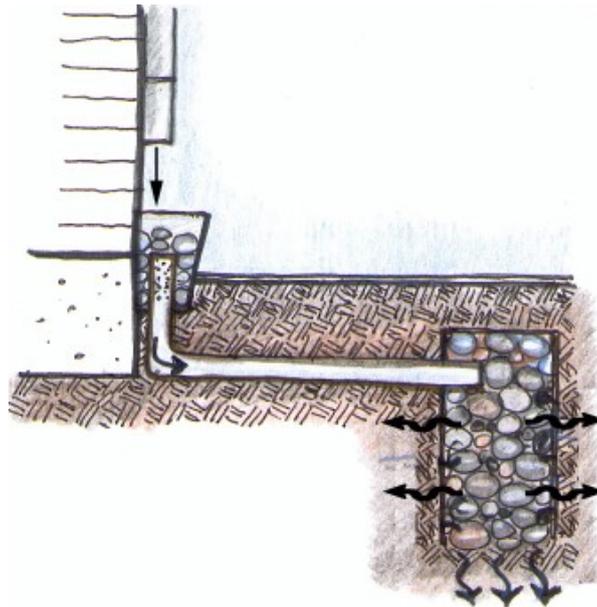


Figura N° 22: **Pozo de infiltración.** (Fuente: Fernández et al., 2004)

2.20. Caídas y Disipadores de Energía

Los cauces urbanos o los parques-cauce deben funcionar para las condiciones de crecida con una baja velocidad del flujo. Este requisito es necesario para evitar problemas de erosión en el parque y para que sea un buen amortiguador de las crecidas hacia aguas abajo. Para lograr una velocidad baja del flujo es necesario que el cauce tenga una baja pendiente. En muchos casos la pendiente natural es mayor que del terreno, por lo que se hace necesario instalar caídas para compensar la pendiente. Los disipadores de energía son necesarios para evitar la erosión aguas debajo de las caídas y en aquellos lugares donde el flujo tiene mayor velocidad. Las caídas y disipadores de energía pueden ser obras atractivas para el paisaje e incluso útiles para otros fines durante los días sin lluvia. Por ejemplo pueden ser grandes rocas que tengan una apariencia que otorguen una apariencia natural. También pueden ser obras de hormigón que pueden ser útiles para recreación, como mesas, sillas y juegos.



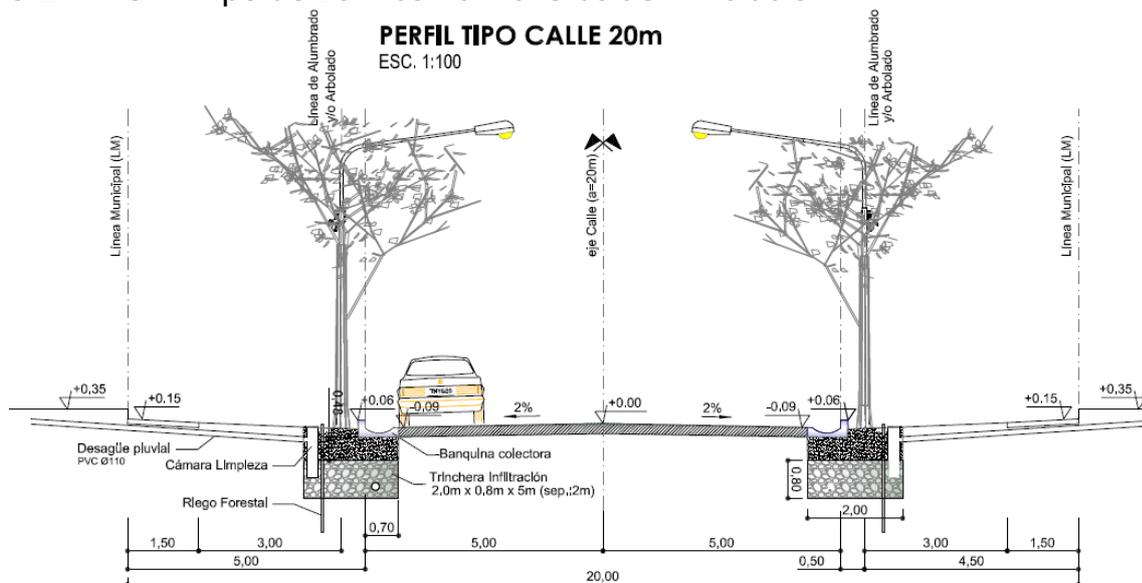
Figura N° 23: **Disipadores de energía.**

Fuente: <http://www2.ing.puc.cl/AguasLluvias/urbanizacion.htm> Sistemas estandarizados de drenaje de aguas lluvias para urbanizaciones y viviendas. Proyecto FONDEF. Chile

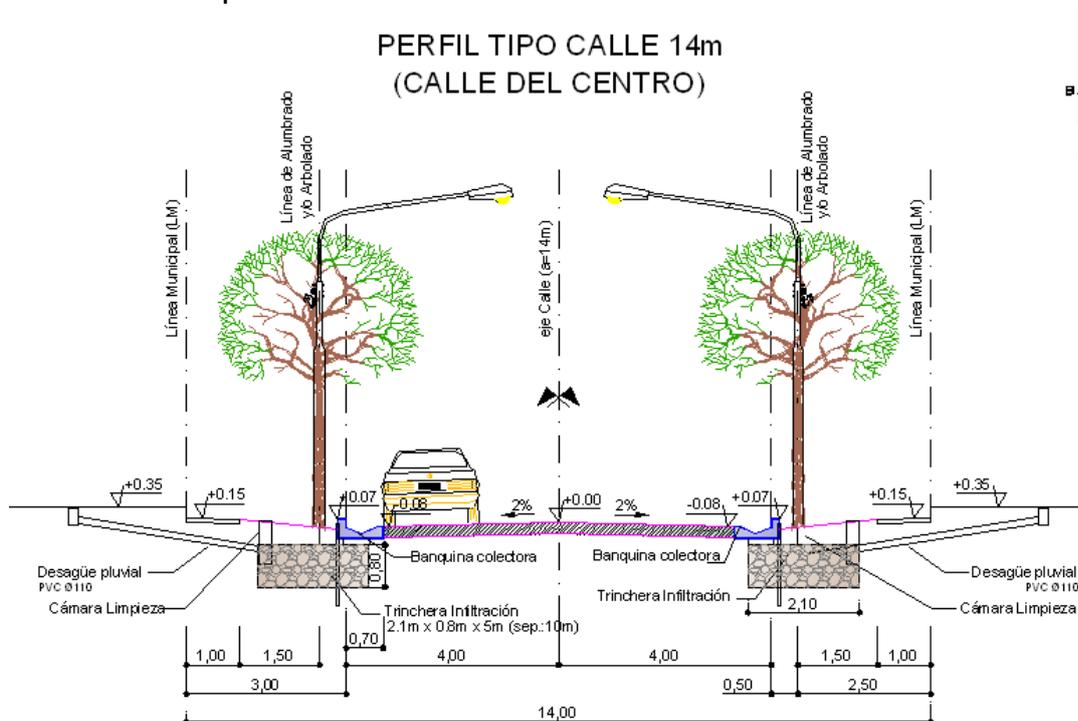
3. Detalles Tipo (ejemplos)

Los diseños de las obras menores desarrolladas a continuación (elaboración propia), deberán ejecutarse (y adaptarse a las condiciones locales) con una buena inspección de obra, que garantice la correcta ejecución de los trabajos que escapan un poco a la metodología tradicional. Además, se deberá realizar un seguimiento y monitoreo, para observar su comportamiento para distintas recurrencias y así mejorar las propuestas.

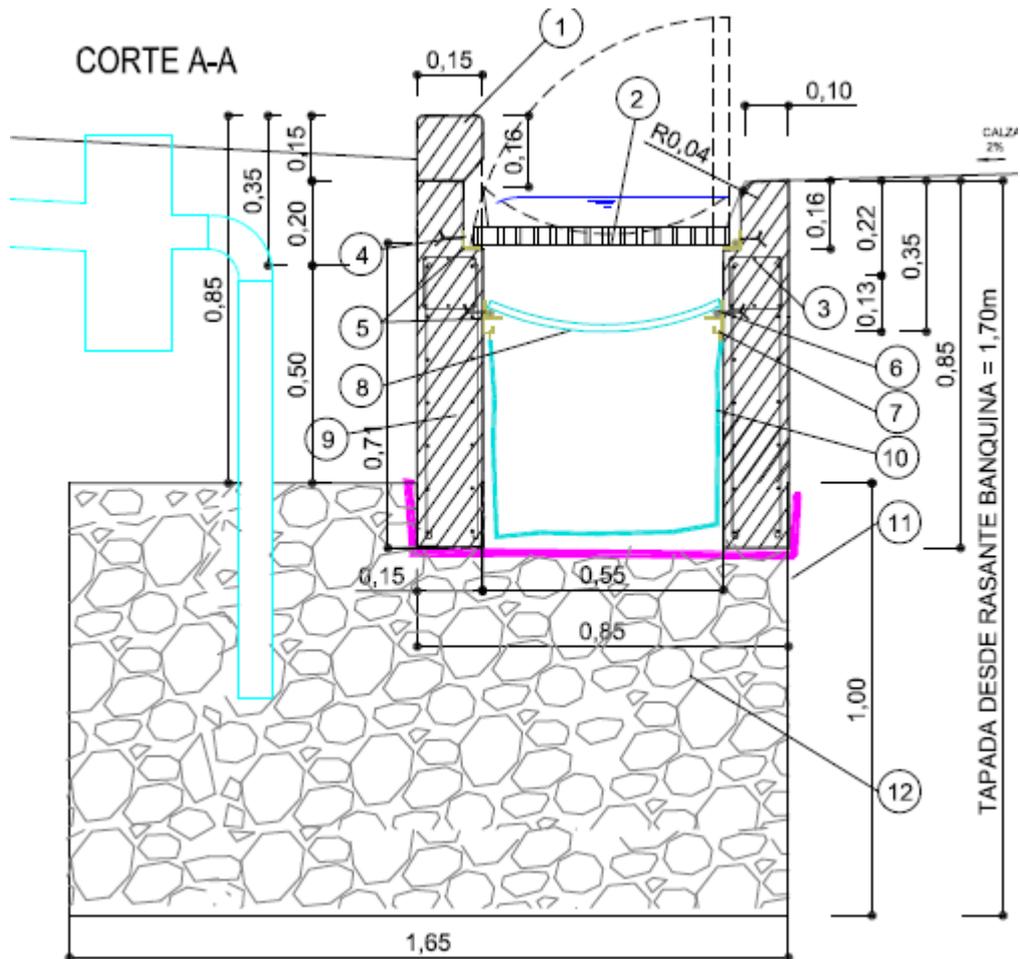
3.1. Perfil Tipo de 20m con trincheras de infiltración



3.2. Perfil Tipo de 14m con trincheras de infiltración

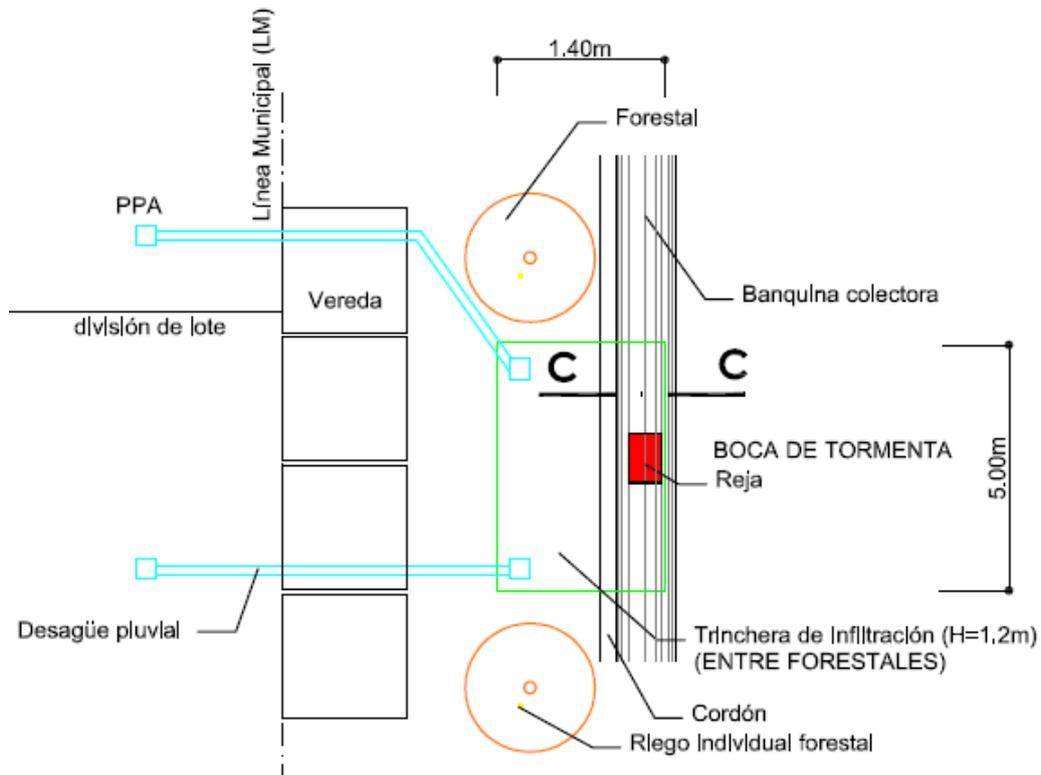


3.3. Perfil Tipo de 22m con trincheras de infiltración



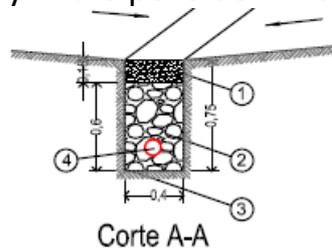
REFERENCIAS

- | | |
|---|---|
| <p>1 Cordón H^ºA^º</p> <p>2 Reja 0.40x0.50 con bisagra (VER DETALLE)</p> <p>3 Viga H^ºA^º perimetral (H21 350kg Cem/m³)
(As sup=As Inf=3Ø10 / Estrib:1Ø6 c/15cm / recub.=3cm)</p> <p>4 Anclajes: Planchuela metálica</p> <p>5 Soportes reja: PNL 45</p> <p>6 Hierro dulce Ø10 (apoyo reja)</p> | <p>7 Gancho pl/ canasto plástico</p> <p>8 2º reja (1º FILTRO DE HOJAS)
Malla alambre galvanizado (abertura 2.5x2.5cm)</p> <p>9 Tablique H^ºA^º (doble armadura / malla cruzada 1Ø6 c/15cm)(e=15cm)</p> <p>10 2º FILTRO DE HOJAS
Canasto plástico (tela media sombra con ganchera)</p> <p>11 Geotextil tipo manta permeable, no tejido de filamento continuo, 200gr/m² (paredes y laterales)</p> <p>12 Trinchera de Infiltración: Relleno de grava grueso limpia y compactada 2,5"<D50<3,5"</p> |
|---|---|



3.7. Trincheras y micro pozo de infiltración intralote

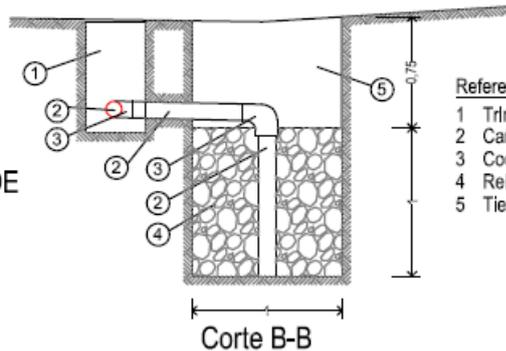
TRINCHERA DE INFILTRACION



Referencias

- 1 Mezcla de Arena y tierra
- 2 Relleno de Grava gruesa Impla; (n=40%) , Dmax=1.5"
- 3 Geotextil
- 4 Caño PVC 110mm perforado (Pend. mín: 1/300)

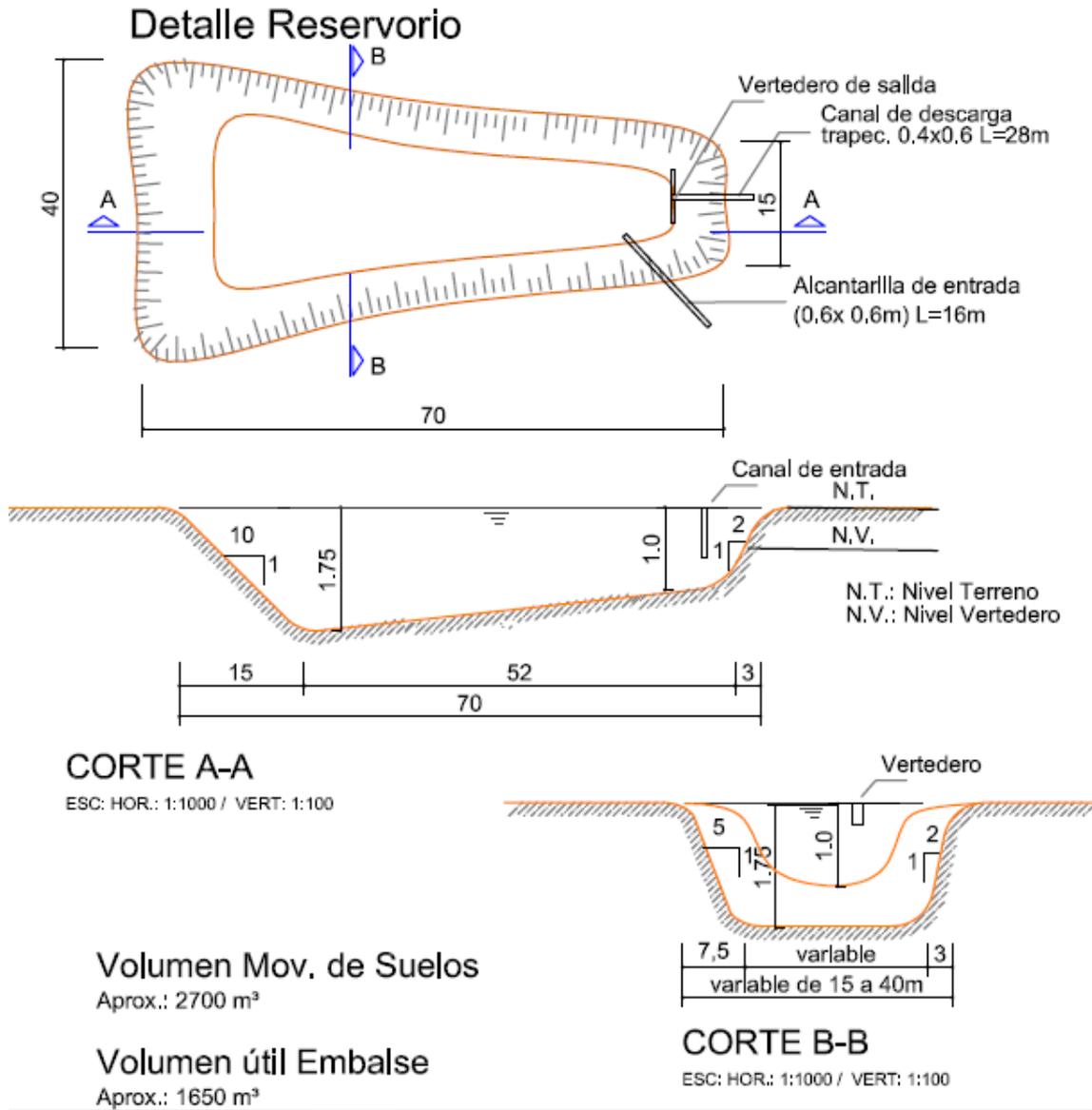
MICROPOZO DE INFILTRACION



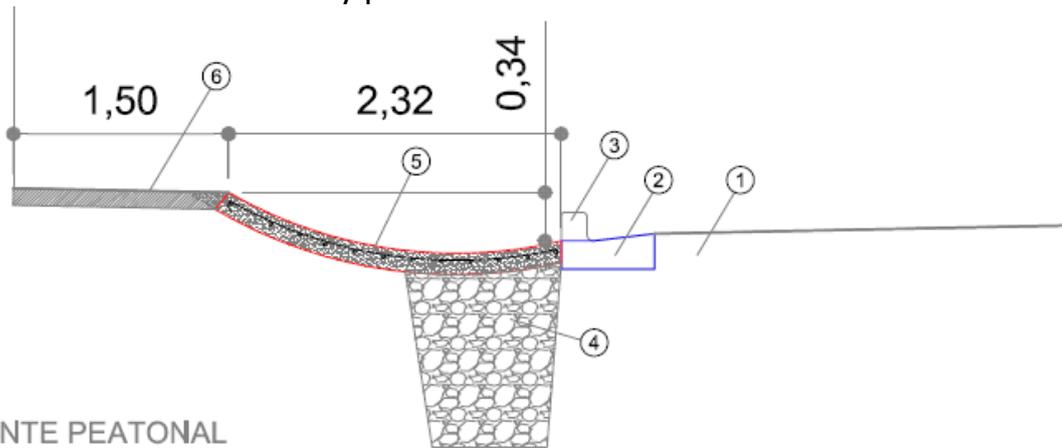
Referencias

- 1 Trinchera de Infiltración
- 2 Caño PVC 110mm perforado (Pend. mín: 1/300)
- 3 Codo 90° PVC Ø 110mm
- 4 Relleno de Grava gruesa Impla; (n=30%) , Dmax=2.5"
- 5 Tierra Natural compactada

3.8. Embalse de detención e infiltración



3.9. Puentes vehiculares y peatonales



PUENTE PEATONAL

ANCHO = 0.8m

LARGO = 2.3m

PUENTE VEHICULAR

ANCHO = 2.5m

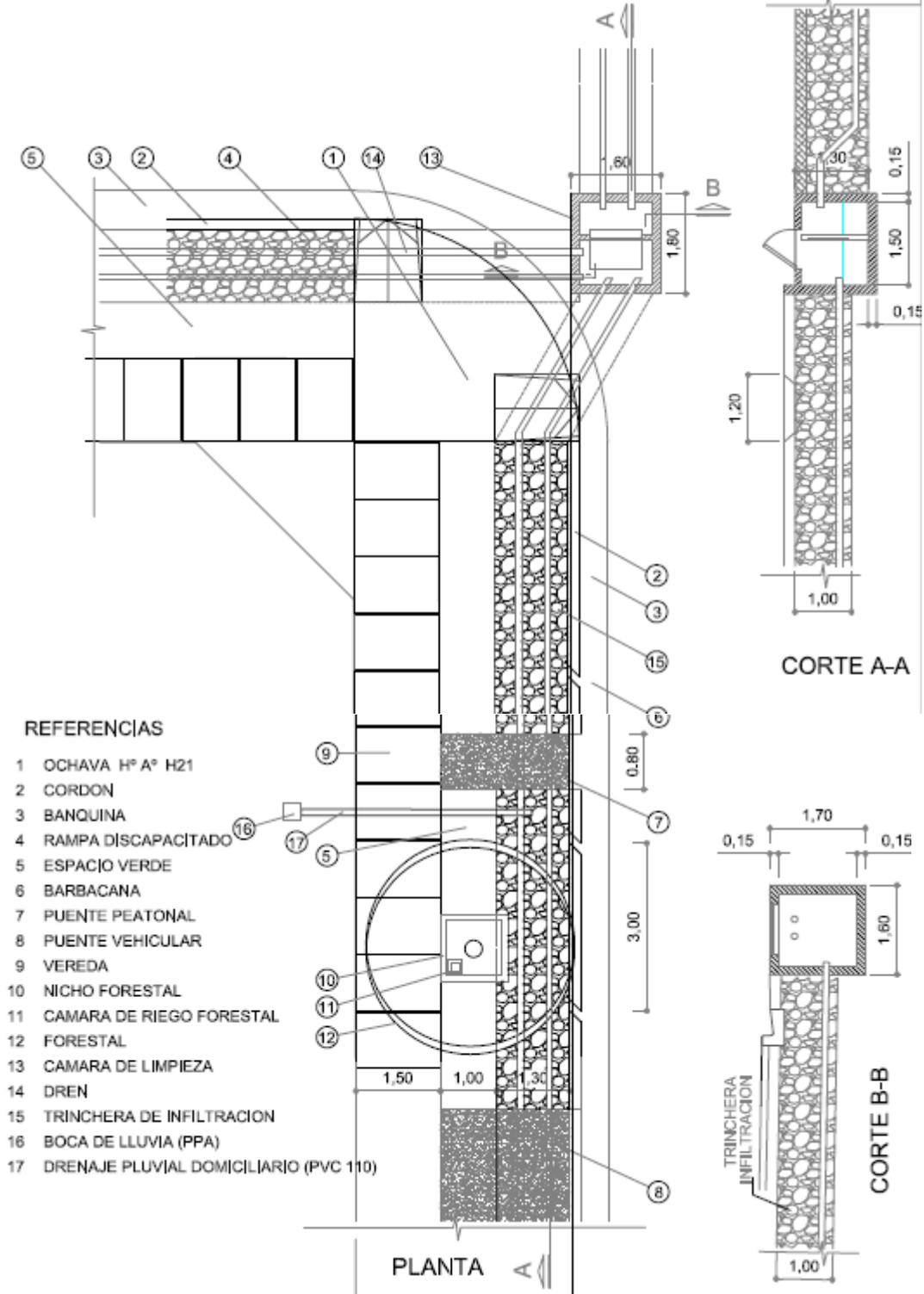
LARGO = 2.3m

REFERENCIAS

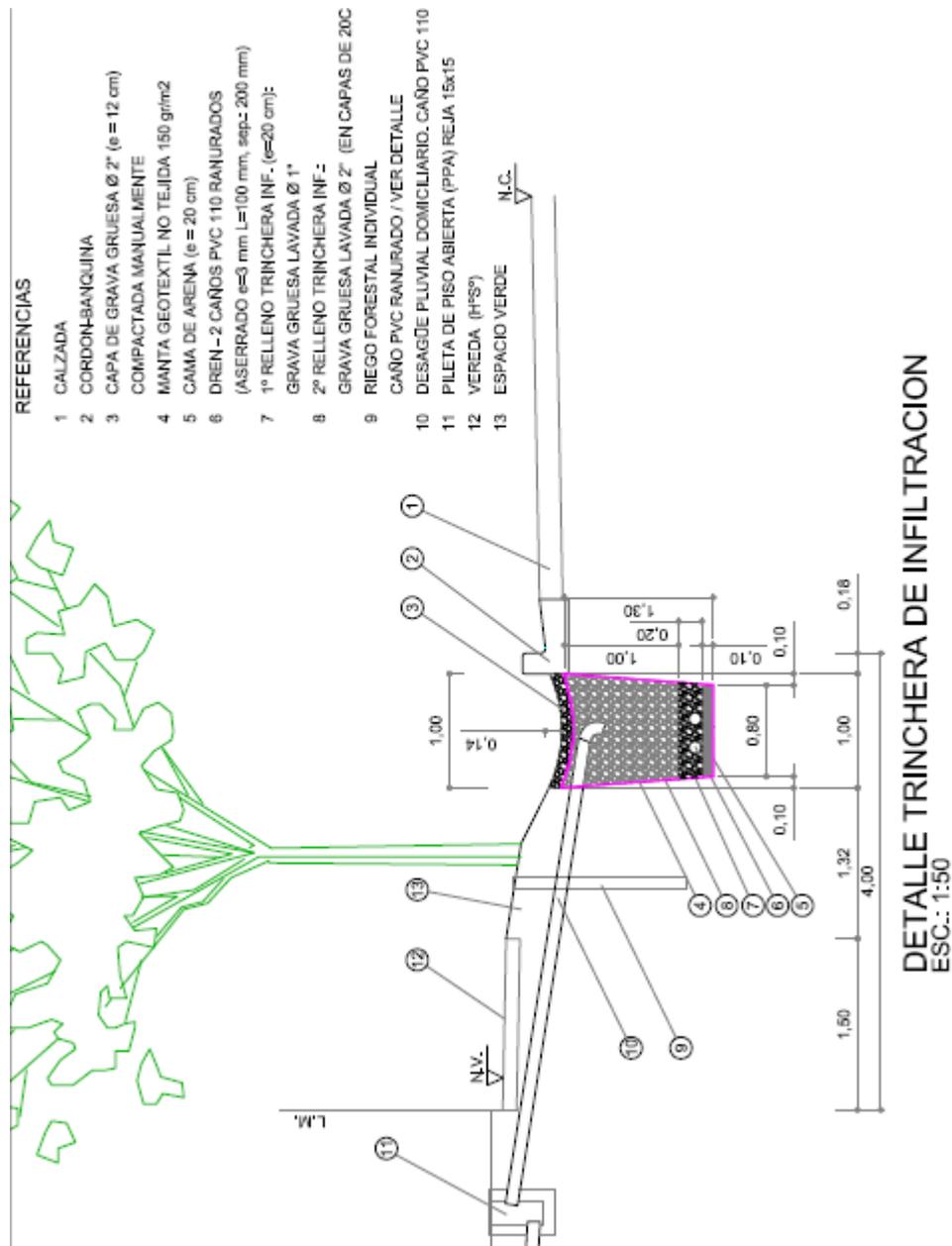
- 1 CALZADA
- 2 CORDON-BANQUINA
- 3 INTERRUPCION DE CORDON
- 4 TRINCHERA INFILTRACION (VER DETALLE)
- 5 PARA PUENTE PEATONAL;
 H°A° e=12cm TERMINACION SUPERFICIAL LLANEADA
 250 kg cem/m³ MALLA Ø 6 C/20
- 6 PARA PUENTE VEHICULAR;
 H°A° e=15cm TERMINACION SUPERFICIAL GRAVA EXPUESTA
 250 kg cem/m³ DOBLE MALLA Ø 6 C/20
- 6 VEREDA

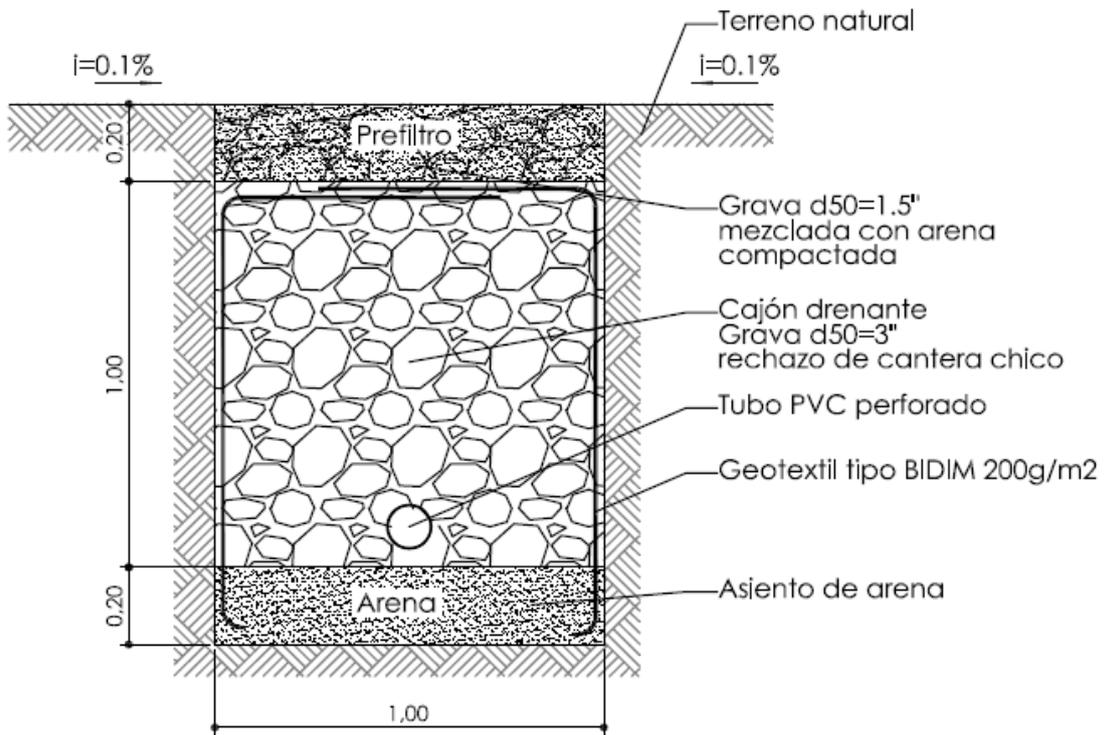
3.10. Cámaras de limpieza

CAMARA DE LIMPIEZA

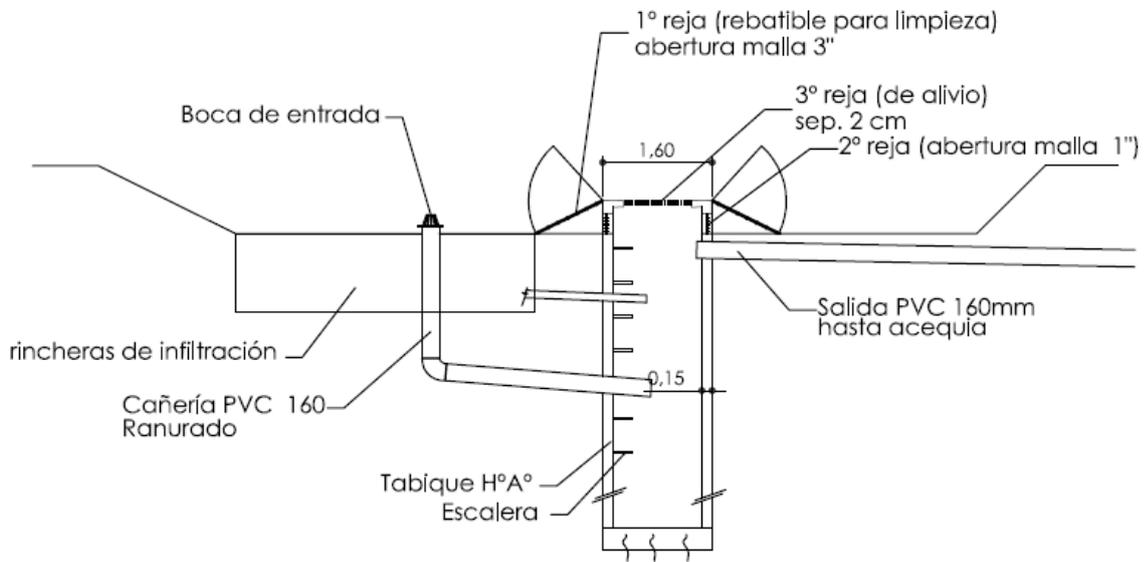


3.11. Trinchera de Infiltración

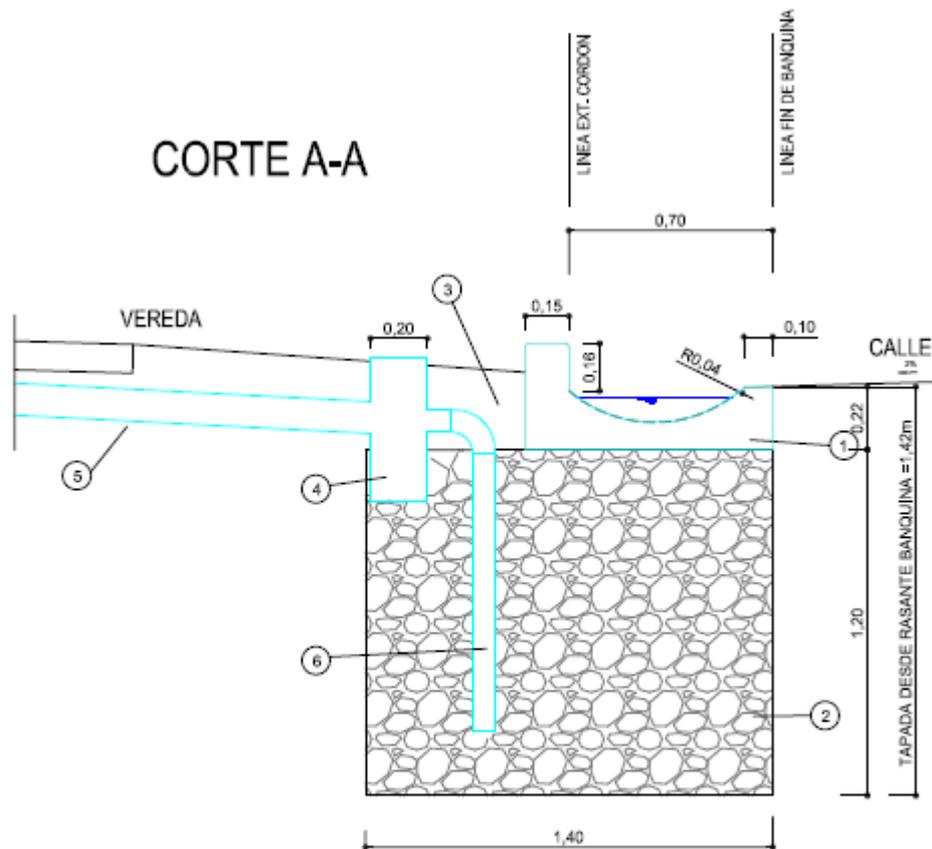




3.12. Cámara de carga y obra de toma en biorretención



3.13. Trinchera de infiltración sin boca de tormenta



REFERENCIAS

- 1 Cordón Banquina H°A°
- 2 Trinchera de Infiltración: Relleno de grava grueso limpia y compactada 2,5" <math>< D50 < 3,5'' </math>
- 3 Relleno terreno natural compactado
- 4 Cámara Limpieza BDA 20x20 con sifón y reja
- 5 Desagüe pluvial patio. PVC 110
- 6 Caño PVC 0,60 h=1,0m con curva 90°

4. Referencias bibliográficas

- Bennett, T. (2009) Putting the Earth Back into the Balance Sheet: Part 1: Sustainability and Civil Engineering. Microstation connections. Rev. ConnectPress 25 1:7
- Burgos, V.H. (2007) "*Desarrollo Urbano de Bajo Impacto Hidrológico (DUBI): Una alternativa para una adecuada hidrología urbana del Gran Mendoza*" en XXI Congreso Nacional del Agua, Tucumán, Mayo, 2007
- Burgos, V.H. (2008) "*Hidrología y vivienda social: tendencias hacia un desarrollo urbano de bajo impacto*" en Encuentro de Investigadores y Docentes de Ingeniería (ENIDI), Mendoza
- Burgos, V.H. (2011) "*Drenaje Urbano No Convencional: Tres casos aplicados en Mendoza*" Tesis de grado. Inédito. UTN FRM
- Burgos, V.H; Miranda S., Roth N., Israel C., Cárdenas F., Moyano E. (2016) "*Desarrollo Urbano de Bajo Impacto en el Gran Mendoza, propuestas y avances*", en III Jornadas Técnicas sobre Investigación en Recursos Hídricos / Fernando Gomensoro ... [et al.]; editores: V.H.Burgos ; C.Israel. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: edUTecNe, 2016. Libro digital, ISBN 978-987-1896-65-3
- Burgos, V.H (2017) "*Seguridad hídrica y eficiencia de drenajes pluviales urbanos*" en IV Jornada sobre Investigación en Recursos Hídricos. UTN FRM, Mendoza, Dic.2017
- Burgos, V.H., C. Israel, S. Miranda, N. Roth (2017) "*Propuestas de drenaje pluvial urbano no convencional en Mendoza*", 1er. Congreso Latinoamericano de Ingeniería, Entre Ríos, Set. 2017
- Department of Environmental Resources (DER). 1993. Design manual for use of bioretention in stormwater management. Prince George's County (MD) Gov., Dept. Environ. Protection. Watershed Protection Branch, Largo, MD.
- Fernández, B., Montt, J.P. y Rivera, P. (2004) Nuevos Enfoques para el Drenaje Urbano de Aguas Lluvias. Centro de Aguas Urbanas. Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental. Pontificia Universidad de Chile.
- INA CRA (2004) IT51 Sustentabilidad hidrológica de urbanizaciones en piedemonte. Apéndice I: Propuesta de pautas de sustentabilidad hidrológica para la urbanización del pedemonte del Gran Mendoza, Abril 2004.
- Maza, J.A.; V. Burgos (2004) "*La urbanización del pedemonte*" Publicado en el Diario "LOS ANDES" (Provincia de Mendoza) el 31/03/2004.
- Maza J.A., H. Loustaunau; P. López; M. Manzanera; A. Vargas A.; V. Burgos; V.; Benegas; J. Zarategui; C. Rodríguez; M. Nuñez; A. Álvarez; L. Fornero "*Simulación de la Cantidad y Calidad del Escurrimiento Pluvial en un Área Urbana de Mendoza*". Libro de Resúmenes del XX Congreso Nacional del Agua (ISBN 987-22143-0-1), pág. 111 y en CD (ISBN 987-22143-0-1). Mendoza, mayo 2005.
- Maza J.A., V. Burgos, P. López, V. Benegas "*Sustentabilidad Hidrológica de Urbanizaciones en Pedemonte*". IV Foro Mundial del Agua. CD "Acciones Locales para un Reto Global". Trabajo seleccionado por el Secretariado de la organización del Foro. Organizado por el Consejo Mundial del Agua y Comisión Nacional del Agua. México DF, 2006.
- Mariani, A. G (1998) La erosión hídrica y medidas de control en el piedemonte mendocino. Tesis. 103 p. INTA – UNCuyo – INA CRA
- Momparler, S. P., & Andrés-Doménech, I. (2008). Los sistemas urbanos de drenaje sostenible: una alternativa a la gestión del agua de lluvia". Revista Técnica de Medio Ambiente. C&M Publicaciones, 124, 92-104.

Nanaimo City (2002) Steep Slope Development permit area guidelines. Attachment 3

Prince George's County Department of Environmental Resources, Programs and Planning Division (2000). Low-Impact Development Design Strategies. Largo, MD.

Olshansky, R.B. "Planning for Hillside Development". American Planning Association, Planning Advisory Service, Report N° 466, U.S.A., 1996

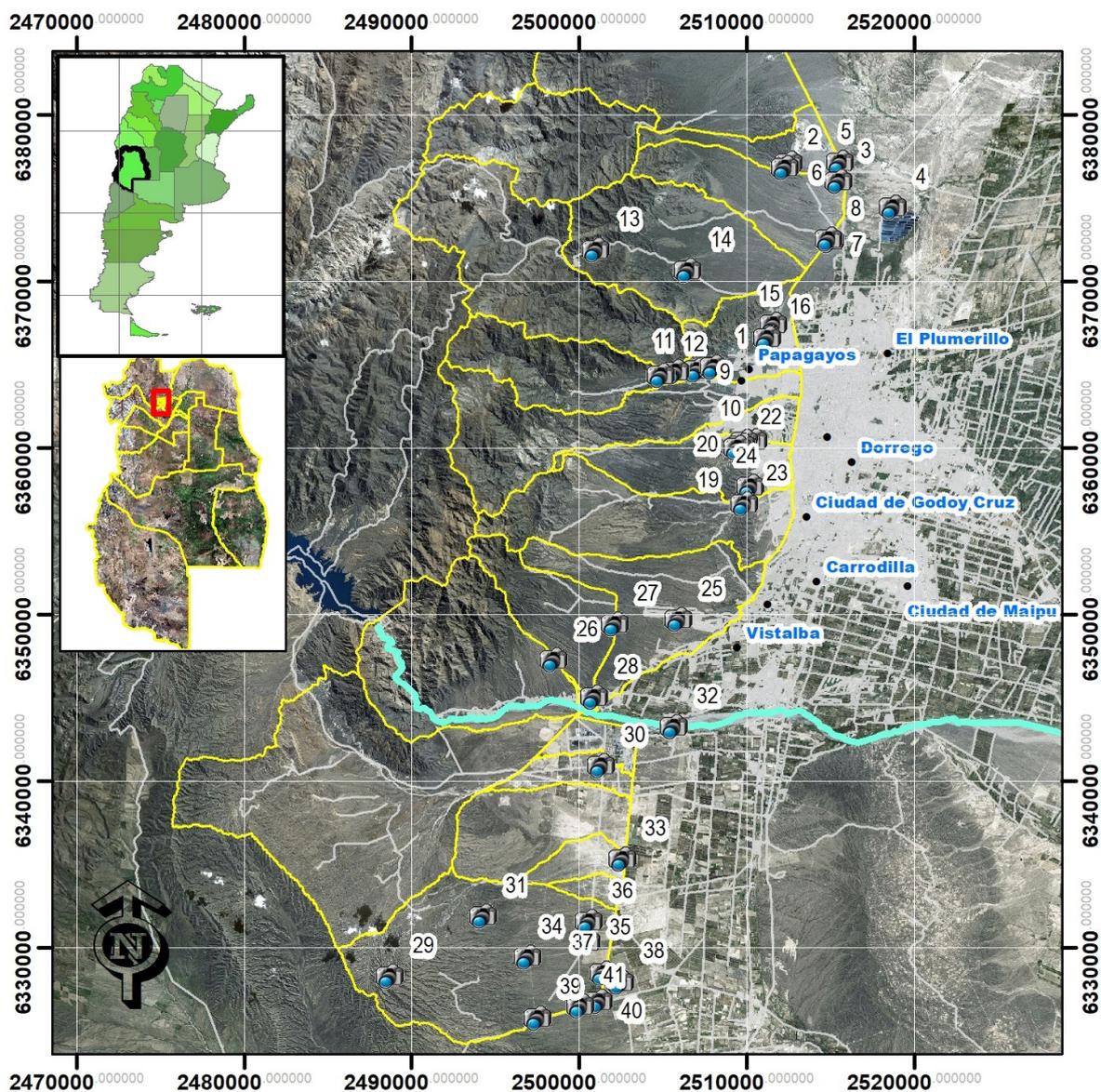
Urbonas, B., and Stahre, P., 1993. "Stormwater: Best Management Practices and Detention for Water Quality, Drainage and CSO Management". Prentice-Hall, Inc. New Jersey. ISBN 0-13-847492-3.

Zhang, L. (2008). Transport and Capture of Bacteria from Urban Stormwater Runoff Using Bioretention (Doctoral dissertation).

Regulaciones: Se han extraído partes de las regulaciones implementadas por los siguientes condados de Estados Unidos: BEVERLY HILLS, California; SAN DIMAS, California; FOUNTAIN HILLS, California; PALO ALTO, California; TUCSON, Arizona; WASHOE COUNTY, Nevada; y BOISE, Idaho

ANEXO II : RELEVAMIENTO FOTOGRÁFICO

El siguiente mapa muestra la distribución de las áreas relevadas para este trabajo



(disponible en versión digital)

ANEXO III : PLANILLAS DE RESULTADOS

ESCENARIO ACTUAL

Sub cuenca	TR	Posic. CRÍTICANúcleo Torm.	Área [km ²]	Qp [m ³ /s]	Tp [h]	V [hm ³]	PPt [mm]
101	TR005	1	6.88	1.0	1.08	0.004	27.8
101	TR050	1	6.88	6.9	1.00	0.030	47.0
101	TR100	1	6.88	9.4	1.00	0.041	52.5
102	TR005	2	5.11	0.0	1.33	0.000	18.8
102	TR050	2	5.11	1.4	1.17	0.006	31.7
102	TR100	2	5.11	2.1	1.17	0.010	35.5
103	TR005	3	19.05	3.7	1.50	0.025	31.4
103	TR050	3	19.05	19.2	1.50	0.133	53.0
103	TR100	3	19.05	25.3	1.50	0.175	59.2
104	TR005	1	3.44	1.9	0.96	0.007	36.5
104	TR050	1	3.44	8.5	0.90	0.031	61.6
104	TR100	1	3.44	11.0	0.90	0.041	68.9
105	TR005	2	3.38	1.1	1.00	0.004	32.4
105	TR050	2	3.38	6.0	0.94	0.022	54.6
105	TR100	2	3.38	7.9	0.94	0.029	61.1
106	TR005	1	5.69	11.7	0.88	0.045	33.7
106	TR050	1	5.69	32.9	0.88	0.129	56.9
106	TR100	1	5.69	39.9	0.88	0.157	63.6
107	TR005	1	9.16	5.8	1.08	0.027	38.6
107	TR050	1	9.16	23.3	1.00	0.110	65.1
107	TR100	1	9.16	29.9	1.00	0.142	72.8
108	TR005	2	5.25	1.3	1.07	0.006	30.3
108	TR050	2	5.25	6.9	1.17	0.032	51.2
108	TR100	2	5.25	9.6	0.99	0.043	57.2
109	TR005	3	9.86	2.6	1.42	0.016	34.1
109	TR050	3	9.86	12.7	1.33	0.077	57.6
109	TR100	3	9.86	16.8	1.33	0.102	64.4
110	TR005	3	4.09	1.5	1.25	0.008	35.1
110	TR050	3	4.09	7.1	1.17	0.036	59.2
110	TR100	3	4.09	9.3	1.17	0.047	66.2
111	TR005	2	8.43	1.3	1.17	0.006	28.6
111	TR050	2	8.43	8.0	1.25	0.041	48.2
111	TR100	2	8.43	11.2	1.08	0.055	53.9
112	TR005	3	19.46	1.9	1.58	0.013	28.0
112	TR050	3	19.46	12.7	1.50	0.089	47.2
112	TR100	3	19.46	17.3	1.50	0.121	52.8
113	TR050	3	8.87	1.0	1.42	0.006	28.0
113	TR100	3	8.87	1.6	1.42	0.010	31.3
201	TR050	2	12.06	0.2	1.83	0.001	20.8
201	TR100	2	12.06	0.5	1.75	0.003	23.3
202	TR050	1	4.55	0.1	1.11	0.000	15.6
202	TR100	1	4.55	0.2	1.11	0.001	17.4
203	TR050	3	3.45	0.1	1.67	0.000	21.9
203	TR100	3	3.45	0.2	1.58	0.001	24.5
301	TR005	1	6.42	3.1	1.17	0.015	18.1
301	TR050	1	6.42	11.4	1.08	0.055	30.5
301	TR100	1	6.42	14.4	1.08	0.069	34.1
302	TR005	1	8.43	18.9	1.17	0.102	38.3
302	TR050	2	8.43	30.5	1.17	0.166	49.2
302	TR100	1	8.43	58.3	1.17	0.319	72.3
303	TR005	1	8.81	13.0	1.08	0.064	29.1

303	TR050	1	8.81	36.3	1.00	0.181	49.0
303	TR100	1	8.81	44.0	1.00	0.220	54.8
304	TR005	2	3.38	12.8	0.96	0.052	40.3
304	TR050	2	3.38	30.6	0.88	0.126	67.9
304	TR100	2	3.38	36.1	0.88	0.149	76.0
305	TR005	2	4.80	16.6	0.91	0.071	40.4
305	TR050	2	4.80	40.3	0.91	0.175	68.1
305	TR100	2	4.80	47.7	0.91	0.209	76.2
306	TR005	2	3.31	10.3	0.90	0.042	39.0
306	TR050	2	3.31	26.0	0.90	0.107	65.8
306	TR100	2	3.31	31.0	0.90	0.128	73.6
307	TR005	1	3.68	1.2	1.08	0.005	19.8
307	TR050	3	3.68	22.2	1.00	0.100	66.6
307	TR100	3	3.68	26.9	1.00	0.122	74.4
308	TR005	3	4.76	8.1	1.17	0.040	37.8
308	TR050	3	4.76	23.2	1.17	0.116	63.8
308	TR100	3	4.76	28.3	1.17	0.142	71.3
309	TR005	3	1.51	1.8	1.00	0.007	28.6
309	TR050	3	1.51	5.9	1.00	0.022	48.3
309	TR100	3	1.51	7.3	1.00	0.028	54.0
310	TR005	3	5.58	6.3	1.25	0.033	32.1
310	TR050	3	5.58	19.4	1.17	0.103	54.1
310	TR100	3	5.58	23.8	1.17	0.128	60.5
311	TR005	3	5.72	2.7	1.33	0.015	17.8
311	TR050	3	5.72	9.4	1.33	0.053	30.0
311	TR100	3	5.72	11.7	1.33	0.066	33.5
312	TR005	1	9.13	16.1	1.17	0.087	35.6
312	TR050	1	9.13	44.0	1.08	0.239	60.1
312	TR100	1	9.13	53.1	1.08	0.289	67.2
313	TR005	3	3.96	10.4	1.08	0.047	40.9
313	TR050	3	3.96	27.2	1.00	0.125	69.0
313	TR100	3	3.96	32.7	1.00	0.151	77.1
314	TR005	3	4.98	10.6	1.17	0.057	39.8
314	TR050	3	4.98	28.2	1.17	0.152	67.1
314	TR100	3	4.98	33.9	1.17	0.183	75.1
401	TR005	3	7.84	19.9	1.42	0.123	40.5
401	TR100	2	7.84	52.1	1.33	0.325	72.3
401	TR100	3	7.84	56.7	1.33	0.353	76.5
402	TR050	3	2.30	21.4	1.00	0.093	67.7
402	TR100	3	2.30	25.1	1.00	0.109	75.7
501	TR005	2	10.87	12.8	1.25	0.079	34.9
501	TR050	2	10.87	38.2	1.25	0.237	59.0
501	TR100	2	10.87	46.7	1.25	0.290	65.9
502	TR005	3	4.51	11.2	1.25	0.056	40.8
502	TR050	3	4.51	29.0	1.17	0.147	68.9
502	TR100	3	4.51	34.8	1.17	0.176	77.0
503	TR005	3	0.95	2.8	0.94	0.010	35.0
503	TR050	3	0.95	7.4	0.94	0.026	59.1
503	TR100	3	0.95	8.8	0.94	0.032	66.1
504	TR005	3	1.44	3.9	1.00	0.015	33.5
504	TR050	3	1.44	10.0	0.92	0.039	56.6
504	TR100	3	1.44	11.9	0.92	0.047	63.2
505	TR005	2	4.52	4.7	1.17	0.024	31.4
505	TR050	2	4.52	15.0	1.17	0.077	52.9
505	TR100	2	4.52	18.6	1.17	0.095	59.2
506	TR005	2	5.06	7.9	1.17	0.042	39.3
506	TR050	2	5.06	23.3	1.17	0.124	66.4
506	TR100	2	5.06	28.5	1.17	0.152	74.2
507	TR005	3	2.10	6.3	1.00	0.025	40.6
507	TR050	3	2.10	16.4	1.00	0.066	68.5
507	TR100	3	2.10	19.6	1.00	0.080	76.6

508	TR005	3	1.28	4.8	1.00	0.018	36.2
508	TR050	3	1.28	11.4	0.92	0.044	61.1
508	TR100	3	1.28	13.5	0.92	0.052	68.3
509	TR005	3	1.01	3.2	0.91	0.011	41.0
509	TR050	3	1.01	8.5	0.91	0.030	69.2
509	TR100	3	1.01	10.2	0.85	0.036	77.4
510	TR005	3	2.50	6.2	1.08	0.026	39.5
510	TR050	3	2.50	16.6	1.00	0.072	66.7
510	TR100	3	2.50	20.1	1.00	0.087	74.6
511	TR005	3	2.15	5.9	1.25	0.026	37.7
511	TR050	3	2.15	15.1	1.25	0.068	63.7
511	TR100	3	2.15	18.0	1.25	0.081	71.2
512	TR005	3	0.60	2.5	0.92	0.008	35.3
512	TR050	3	0.60	5.9	0.92	0.020	59.6
512	TR100	3	0.60	6.9	0.92	0.024	66.7
601	TR005	3	4.66	7.7	1.25	0.039	34.8
601	TR050	3	4.66	21.7	1.17	0.112	58.7
601	TR100	3	4.66	26.3	1.17	0.136	65.7
602	TR005	1	8.19	12.7	1.08	0.066	35.0
602	TR050	1	8.19	36.5	1.08	0.192	59.1
602	TR100	1	8.19	44.3	1.08	0.234	66.1
603	TR005	2	13.57	16.1	1.33	0.101	39.7
603	TR050	2	13.57	49.1	1.33	0.309	67.1
603	TR100	2	13.57	60.4	1.33	0.381	75.0
604	TR005	2	9.21	6.9	1.25	0.040	30.8
604	TR050	2	9.21	23.4	1.25	0.138	52.0
604	TR100	2	9.21	29.1	1.25	0.173	58.1
605	TR050	3	7.91	23.1	1.42	0.139	55.6
605	TR100	3	7.91	28.6	1.33	0.172	62.1
606	TR005	3	5.63	11.3	1.33	0.064	40.4
606	TR050	3	5.63	30.1	1.33	0.173	68.2
606	TR100	3	5.63	36.1	1.33	0.208	76.2
607	TR005	2	3.99	4.7	1.00	0.020	33.2
607	TR050	2	3.99	15.5	1.00	0.067	56.0
607	TR100	2	3.99	19.2	1.00	0.083	62.6
608	TR005	1	4.82	8.6	1.00	0.040	36.4
608	TR050	1	4.82	24.6	1.00	0.116	61.4
608	TR100	1	4.82	29.9	1.00	0.141	68.6
609	TR005	1	5.99	17.5	0.94	0.074	39.5
609	TR050	1	5.99	44.5	0.94	0.193	66.6
609	TR100	1	5.99	53.1	0.94	0.231	74.5
610	TR005	3	0.44	1.9	0.88	0.006	41.0
610	TR050	3	0.44	4.9	0.82	0.015	69.3
610	TR100	3	0.44	5.8	0.82	0.018	77.4
611	TR005	3	1.41	3.9	1.00	0.015	38.2
611	TR050	3	1.41	10.4	1.00	0.040	64.4
611	TR100	3	1.41	12.4	1.00	0.048	72.0
612	TR005	3	3.42	7.2	1.17	0.033	38.9
612	TR050	3	3.42	20.1	1.08	0.093	65.7
612	TR100	3	3.42	24.3	1.08	0.112	73.4
613	TR005	3	1.71	2.5	1.00	0.010	31.8
613	TR050	3	1.71	7.8	1.00	0.032	53.7
613	TR100	3	1.71	9.6	1.00	0.039	60.0
701	TR005	1	4.50	11.3	0.98	0.048	39.8
701	TR050	1	4.50	30.2	0.98	0.132	67.2
701	TR100	1	4.50	36.3	0.98	0.159	75.1
702	TR005	1	3.63	3.3	1.08	0.015	31.3
702	TR050	1	3.63	11.4	1.08	0.052	52.8
702	TR100	1	3.63	14.3	1.08	0.066	59.1
703	TR005	2	4.91	9.0	1.25	0.045	38.2
703	TR050	2	4.91	25.1	1.17	0.129	64.5

703	TR100	2	19.05	24.0	1.50	0.166	72.1
704	TR050	2	2.98	17.5	1.33	0.066	55.5
704	TR100	3	2.98	8.9	1.42	0.033	38.8
705	TR005	3	0.29	0.7	0.82	0.002	39.0
705	TR050	3	0.29	2.1	0.78	0.005	65.8
705	TR100	2	3.38	7.9	0.94	0.029	55.1
706	TR005	2	6.77	3.6	1.33	0.019	26.7
706	TR050	2	6.77	13.6	1.33	0.073	45.0
706	TR100	2	5.69	6.6	0.94	0.025	50.4
707	TR005	2	5.74	12.4	1.33	0.071	39.9
707	TR050	2	5.74	32.2	1.33	0.185	67.4
707	TR100	3	5.74	16.8	1.33	0.096	46.6
708	TR005	2	7.11	8.9	1.33	0.052	39.1
708	TR050	2	7.11	27.1	1.25	0.160	66.0
708	TR100	3	7.11	15.3	1.33	0.090	49.7
709	TR005	3	1.55	2.7	1.25	0.012	39.8
709	TR050	3	1.55	8.2	1.25	0.037	67.2
709	TR100	2	9.86	15.2	1.33	0.093	57.1
710	TR005	2	4.25	5.0	1.17	0.024	35.0
710	TR050	2	4.25	15.7	1.08	0.078	59.0
710	TR100	2	4.09	7.6	1.17	0.038	66.0
711	TR005	3	8.43	8.5	1.42	0.052	36.4
711	TR050	3	8.43	26.9	1.42	0.165	61.4
711	TR100	3	8.43	33.3	1.42	0.204	68.6
712	TR005	3	2.72	4.2	1.33	0.020	41.0
712	TR050	3	2.72	12.8	1.33	0.062	69.2
712	TR100	3	2.72	15.7	1.33	0.077	77.4
713	TR005	2	2.14	0.1	1.33	0.001	15.2
713	TR050	2	2.14	1.3	1.25	0.005	25.6
713	TR100	2	8.87	1.0	1.42	0.006	28.7
714	TR050	2	4.67	0.1	1.25	0.001	14.1
714	TR100	2	4.98	8.5	1.17	0.045	15.8
715	TR005	3	1.82	5.3	0.91	0.017	39.5
715	TR050	3	1.82	14.4	0.91	0.049	66.6
715	TR100	2	11.64	26.0	1.33	0.160	26.8
801	TR050	2	9.60	47.1	1.08	0.248	68.1
801	TR100	2	9.60	57.4	1.08	0.303	76.1
802	TR005	2	8.52	7.6	1.25	0.042	35.0
802	TR050	2	8.52	25.5	1.25	0.143	59.1
802	TR100	2	8.52	31.7	1.25	0.179	66.0
803	TR005	2	8.53	8.5	1.17	0.046	34.4
803	TR050	2	8.53	27.5	1.17	0.150	58.0
803	TR100	2	8.53	34.1	1.08	0.187	64.9
804	TR005	2	7.40	11.9	1.00	0.055	30.6
804	TR050	1	7.40	51.9	1.00	0.248	67.2
804	TR100	1	7.40	61.9	0.92	0.297	75.2
805	TR005	2	3.39	2.3	1.08	0.010	28.0
805	TR050	2	3.39	8.5	1.08	0.037	47.2
805	TR100	2	3.39	10.7	1.00	0.048	52.7
901	TR005	1	14.66	2.3	1.33	0.013	14.2
901	TR050	1	14.66	12.0	1.25	0.068	24.0
901	TR100	1	14.66	15.7	1.25	0.090	26.9
902	TR005	1	8.74	5.3	1.17	0.028	20.5
902	TR050	1	8.74	18.1	1.17	0.096	34.6
902	TR100	1	8.74	22.5	1.17	0.120	38.7
903	TR005	1	5.93	12.4	1.25	0.064	33.3
903	TR050	1	5.93	31.8	1.17	0.166	56.2
903	TR100	1	5.93	37.9	1.17	0.199	62.8
904	TR005	1	4.39	13.1	1.17	0.066	39.6
904	TR050	1	4.39	31.5	1.17	0.160	66.8
904	TR100	1	4.39	37.3	1.17	0.190	74.7

905	TR005	2	12.67	29.2	1.42	0.189	39.4
905	TR050	2	12.67	71.0	1.42	0.463	66.6
905	TR100	2	12.67	83.9	1.42	0.548	74.4
906	TR005	3	5.15	14.2	1.33	0.076	39.5
906	TR050	3	5.15	34.6	1.25	0.186	66.6
906	TR100	3	5.15	41.0	1.25	0.221	74.5
907	TR005	3	10.21	12.2	1.67	0.084	34.1
907	TR050	3	10.21	34.7	1.58	0.240	57.6
907	TR100	3	10.21	42.2	1.58	0.292	64.4
908	TR005	3	4.29	0.5	1.67	0.002	17.8
908	TR050	3	4.29	3.4	1.58	0.015	30.0
908	TR100	3	4.29	4.7	1.58	0.020	33.5
909	TR005	1	6.37	0.0	1.14	0.000	8.3
909	TR050	1	6.37	1.6	1.06	0.007	14.1
909	TR100	1	6.37	2.4	1.06	0.010	15.7
910	TR005	1	7.48	1.0	1.33	0.005	12.7
910	TR050	1	7.48	5.6	1.25	0.030	21.5
910	TR100	1	7.48	7.4	1.25	0.040	24.0
911	TR005	1	7.75	5.6	1.00	0.025	20.1
911	TR050	1	7.75	18.9	1.00	0.085	34.0
911	TR100	1	7.75	23.5	1.00	0.105	38.0
912	TR005	1	5.19	11.1	0.93	0.042	29.8
912	TR050	1	5.19	29.9	0.87	0.115	50.2
912	TR100	1	5.19	36.0	0.87	0.140	56.1
913	TR005	2	1.76	6.5	0.83	0.022	36.6
913	TR050	2	1.76	16.1	0.83	0.055	61.7
913	TR100	2	1.76	19.0	0.83	0.066	69.0
914	TR005	3	1.36	5.9	0.82	0.019	39.2
914	TR050	3	1.36	14.1	0.78	0.048	66.2
914	TR100	3	1.36	16.7	0.78	0.057	74.0
915	TR005	3	11.64	15.0	1.33	0.091	30.6
915	TR050	3	11.64	41.7	1.25	0.257	51.7
915	TR100	3	11.64	50.4	1.25	0.311	57.7
916	TR005	1	4.17	7.9	1.08	0.037	31.3
916	TR050	1	4.17	21.0	1.08	0.101	52.8
916	TR100	1	4.17	25.2	1.08	0.122	59.0
917	TR005	1	6.13	16.6	1.08	0.081	37.7
917	TR050	1	6.13	41.0	1.08	0.204	63.7
917	TR100	1	6.13	48.7	1.08	0.243	71.2
918	TR005	1	3.63	11.4	1.08	0.056	40.2
918	TR050	1	3.63	27.4	1.08	0.136	67.9
918	TR100	1	3.63	32.4	1.08	0.162	75.9
919	TR005	1	4.70	9.3	1.00	0.041	31.1
919	TR050	1	4.70	25.1	1.00	0.112	52.4
919	TR100	1	4.70	30.1	1.00	0.135	58.6
920	TR005	2	7.23	6.8	1.17	0.033	23.6
920	TR050	2	7.23	21.0	1.08	0.105	39.9
920	TR100	2	7.23	25.8	1.08	0.129	44.6
921	TR005	1	8.46	3.8	1.42	0.022	18.4
921	TR005	2	8.46	11.3	1.33	0.067	28.6
921	TR050	2	8.46	30.7	1.33	0.185	48.3
921	TR100	2	8.46	37.1	1.33	0.223	54.0
922	TR005	2	4.99	1.0	1.08	0.004	13.7
922	TR050	2	4.99	5.2	1.08	0.023	23.2
922	TR100	2	4.99	6.8	1.00	0.030	25.9
923	TR005	3	4.94	0.2	1.25	0.001	9.7
923	TR050	3	4.94	1.9	1.17	0.009	16.3
923	TR100	3	4.94	2.7	1.08	0.012	18.2
924	TR005	3	16.54	4.9	1.67	0.035	17.2
924	TR050	3	16.54	18.3	1.67	0.134	28.9
924	TR100	3	16.54	23.3	1.67	0.170	32.4

925	TR050	3	2.29	0.3	1.07	0.001	11.9
925	TR100	3	2.29	0.5	1.07	0.002	13.3
926	TR050	1	5.71	0.3	1.25	0.002	10.6
926	TR100	1	5.71	0.6	1.25	0.003	11.9
1001	TR005	1	2.91	5.9	0.87	0.019	26.1
1001	TR050	1	2.91	16.2	0.82	0.055	44.1
1001	TR100	1	2.91	19.5	0.82	0.067	49.3
1002	TR005	1	3.64	10.1	0.92	0.042	34.3
1002	TR050	1	3.64	25.4	0.92	0.107	57.9
1002	TR100	1	3.64	30.2	0.92	0.128	64.8
1003	TR005	3	5.02	9.3	0.95	0.041	35.3
1003	TR050	3	5.02	26.3	0.95	0.119	59.6
1003	TR100	3	5.02	32.0	0.95	0.145	66.7
1004	TR005	3	6.48	10.8	1.08	0.051	40.1
1004	TR050	3	6.48	32.3	1.08	0.154	67.6
1004	TR100	3	6.48	39.6	1.08	0.189	75.6
1005	TR005	1	6.80	4.9	0.95	0.019	19.8
1005	TR050	1	6.80	16.8	0.95	0.069	33.5
1005	TR100	1	6.80	20.8	0.95	0.087	37.4
1006	TR005	1	7.24	0.9	1.08	0.004	13.6
1006	TR050	1	7.24	5.8	1.00	0.026	22.9
1006	TR100	1	7.24	7.7	1.00	0.035	25.6
1007	TR005	1	8.06	11.3	1.00	0.053	26.9
1007	TR050	1	8.06	31.8	1.00	0.153	45.4
1007	TR100	1	8.06	38.6	1.00	0.187	50.8
1008	TR005	3	8.12	19.4	1.00	0.091	37.8
1008	TR050	3	8.12	50.6	1.00	0.241	63.8
1008	TR100	3	8.12	60.6	1.00	0.290	71.3
1009	TR005	3	8.62	8.7	1.92	0.044	28.4
1009	TR050	3	8.62	27.4	1.92	0.139	47.9
1009	TR100	3	8.62	33.8	1.92	0.173	53.6
1010	TR005	2	9.08	1.4	1.08	0.007	14.1
1010	TR050	2	9.08	7.8	1.08	0.038	23.8
1010	TR100	2	9.08	10.3	1.08	0.051	26.7
1011	TR005	1	12.33	24.3	1.08	0.129	33.9
1011	TR050	1	12.33	62.8	1.08	0.340	57.2
1011	TR100	1	12.33	75.2	1.00	0.407	63.9
1012	TR005	2	13.26	28.4	1.08	0.151	36.4
1012	TR050	2	13.26	73.0	1.08	0.394	61.4
1012	TR100	2	13.26	87.2	1.00	0.472	68.6
1101	TR005	1	2.72	3.3	1.42	0.017	35.8
1101	TR050	1	2.72	10.2	1.33	0.054	60.4
1101	TR100	1	2.72	12.6	1.33	0.066	67.6
1102	TR005	1	1.62	3.9	1.33	0.016	41.0
1102	TR050	1	1.62	10.9	1.25	0.044	69.2
1102	TR100	1	1.62	13.2	1.25	0.054	77.4
1103	TR005	1	0.68	1.5	1.08	0.006	38.4
1103	TR050	1	0.68	4.2	1.08	0.017	64.7
1103	TR100	1	0.68	5.1	1.08	0.021	72.4
1104	TR005	1	3.55	5.7	1.50	0.026	40.5
1104	TR050	1	3.55	17.5	1.50	0.081	68.4
1104	TR100	1	3.55	21.6	1.50	0.100	76.5
1105	TR005	1	2.29	5.7	1.42	0.028	40.6
1105	TR050	1	2.29	14.9	1.42	0.074	68.5
1105	TR100	1	2.29	17.8	1.42	0.089	76.6
1106	TR005	1	1.04	2.7	1.67	0.013	38.7
1106	TR050	1	1.04	6.9	1.67	0.033	65.2
1106	TR100	1	1.04	8.2	1.67	0.040	72.9
1107	TR005	1	0.84	1.7	1.67	0.008	39.1
1107	TR050	1	0.84	4.8	1.58	0.022	66.0
1107	TR100	1	0.84	5.8	1.58	0.027	73.8

1201	TR005	1	6.09	13.9	1.08	0.066	34.8
1201	TR050	1	6.09	36.0	1.08	0.173	58.7
1201	TR100	1	6.09	43.1	1.08	0.207	65.6
1202	TR005	1	9.16	12.3	1.92	0.061	39.0
1202	TR050	1	9.16	38.5	1.92	0.192	65.7
1202	TR100	1	9.16	47.6	1.92	0.238	73.5
1203	TR005	1	10.32	10.3	1.33	0.061	32.5
1203	TR050	1	10.32	32.2	1.33	0.191	54.9
1203	TR100	1	10.32	39.7	1.33	0.236	61.4
1204	TR005	1	7.46	7.7	1.42	0.046	33.6
1204	TR050	2	7.46	15.3	1.42	0.092	45.5
1204	TR050	1	7.46	23.8	1.42	0.143	56.7
1204	TR100	1	7.46	29.3	1.33	0.177	63.4
1205	TR005	2	10.86	12.8	2.08	0.075	37.2
1205	TR050	2	10.86	38.9	2.00	0.233	62.8
1205	TR100	2	10.86	48.0	2.00	0.287	70.2
1301	TR005	2	1.99	3.6	1.17	0.016	39.8
1301	TR050	2	1.99	10.4	1.17	0.049	67.2
1301	TR100	2	1.99	12.7	1.17	0.060	75.1
1302	TR005	2	1.34	2.8	1.08	0.012	39.2
1302	TR050	2	1.34	8.0	1.08	0.034	66.2
1302	TR100	2	1.34	9.7	1.08	0.041	74.0
1303	TR005	2	1.46	3.3	1.08	0.014	39.7
1303	TR050	2	1.46	9.3	1.00	0.039	67.1
1303	TR100	2	1.46	11.3	1.00	0.047	75.0
1304	TR005	2	0.78	1.9	0.98	0.007	40.7
1304	TR050	2	0.78	5.4	0.98	0.020	68.6
1304	TR100	2	0.78	6.6	0.98	0.024	76.7
1305	TR005	2	3.52	7.9	1.50	0.034	40.9
1305	TR050	2	3.52	21.9	1.50	0.097	68.9
1305	TR100	2	3.52	26.6	1.50	0.118	77.1
1306	TR005	2	2.48	6.0	1.42	0.024	40.3
1306	TR050	2	2.48	16.8	1.33	0.068	68.0
1306	TR100	2	2.48	20.3	1.33	0.083	76.0
1401	TR005	2	5.01	7.5	1.75	0.045	41.0
1401	TR050	2	5.01	21.6	1.67	0.132	69.2
1401	TR100	2	5.01	26.4	1.67	0.161	77.4
1501	TR005	2	16.30	8.1	1.50	0.054	20.2
1501	TR050	2	16.30	27.1	1.42	0.183	34.1
1501	TR100	2	16.30	33.6	1.42	0.227	38.1
1502	TR005	2	11.15	3.6	1.50	0.023	20.8
1502	TR050	2	11.15	14.4	1.42	0.093	35.1
1502	TR100	2	11.15	18.4	1.42	0.119	39.3
1503	TR005	2	2.69	0.0	1.42	0.000	12.1
1503	TR050	2	2.69	0.8	1.33	0.004	20.5
1503	TR100	2	2.69	1.1	1.25	0.005	22.9
1504	TR005	2	4.17	4.5	1.50	0.023	29.8
1504	TR050	2	4.17	13.8	1.50	0.072	50.2
1504	TR100	2	4.17	17.0	1.50	0.088	56.1
1505	TR005	2	7.59	2.6	1.83	0.017	21.3
1505	TR050	2	7.59	10.3	1.75	0.066	35.9
1505	TR100	2	7.59	13.1	1.75	0.084	40.1
1506	TR005	2	7.66	17.2	1.58	0.101	39.6
1506	TR050	2	7.66	43.4	1.58	0.257	66.9
1506	TR100	2	7.66	51.9	1.50	0.307	74.8
1507	TR005	2	12.14	11.7	1.83	0.081	30.3
1507	TR050	2	12.14	34.3	1.75	0.239	51.1
1507	TR100	2	12.14	41.9	1.75	0.292	57.1
1508	TR005	2	2.93	6.1	1.42	0.028	40.4
1508	TR050	2	2.93	17.1	1.33	0.080	68.2
1508	TR100	2	2.93	20.8	1.33	0.097	76.3

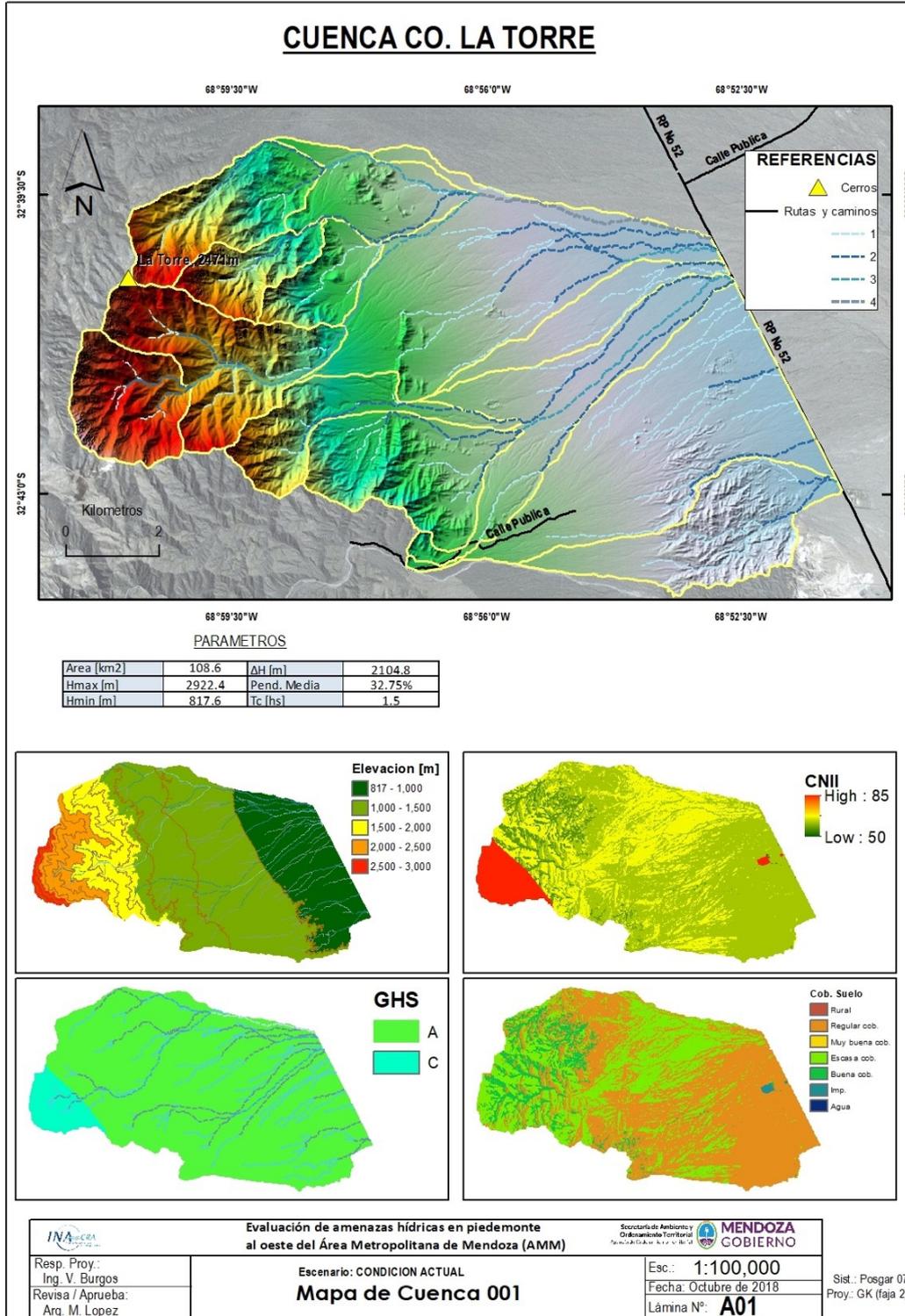
1509	TR005	2	3.49	3.6	1.58	0.019	27.1
1509	TR050	2	3.49	10.9	1.50	0.058	45.8
1509	TR100	2	3.49	13.4	1.50	0.072	51.2
1510	TR005	2	7.29	14.1	1.25	0.080	36.9
1510	TR050	2	7.29	37.1	1.25	0.213	62.3
1510	TR100	2	7.29	44.6	1.25	0.256	69.7
1511	TR005	2	4.42	3.0	1.33	0.016	23.9
1511	TR050	2	4.42	10.1	1.25	0.055	40.3
1511	TR100	2	4.42	12.6	1.25	0.068	45.0
1512	TR005	2	3.33	6.3	1.08	0.027	29.5
1512	TR050	2	3.33	17.2	1.08	0.074	49.9
1512	TR100	2	3.33	20.7	1.08	0.089	55.7
1513	TR005	2	1.23	2.7	1.00	0.010	30.0
1513	TR050	2	1.23	7.2	1.00	0.027	50.7
1513	TR100	2	1.23	8.7	1.00	0.033	56.7
1514	TR005	2	2.43	1.2	1.17	0.005	22.4
1514	TR050	2	2.43	4.7	1.17	0.020	37.8
1514	TR100	2	2.43	6.0	1.17	0.026	42.3
1515	TR005	2	1.85	0.4	1.25	0.002	14.2
1515	TR050	2	1.85	2.1	1.17	0.009	24.0
1515	TR100	2	1.85	2.7	1.17	0.011	26.8
1516	TR005	2	2.63	1.7	1.25	0.008	22.2
1516	TR050	2	2.63	6.1	1.17	0.029	37.4
1516	TR100	2	2.63	7.6	1.17	0.036	41.9
1517	TR005	2	4.54	4.5	1.42	0.023	24.6
1517	TR050	2	4.54	13.6	1.33	0.070	41.5
1517	TR100	2	4.54	16.6	1.33	0.086	46.4
1518	TR005	2	1.33	0.2	1.33	0.001	16.1
1518	TR050	2	1.33	1.3	1.25	0.005	27.2
1518	TR100	2	1.33	1.7	1.25	0.007	30.4
1519	TR005	2	5.05	3.0	1.33	0.014	19.6
1519	TR050	2	5.05	10.3	1.25	0.051	33.0
1519	TR100	2	5.05	12.9	1.25	0.064	36.9
1520	TR005	2	5.67	1.1	1.42	0.006	14.6
1520	TR050	2	5.67	5.3	1.42	0.028	24.7
1520	TR100	2	5.67	6.9	1.42	0.037	27.6
1521	TR005	2	0.68	0.0	1.17	0.000	13.9
1521	TR050	2	0.68	0.4	1.08	0.001	23.5
1521	TR100	2	0.68	0.6	1.08	0.002	26.2
1522	TR005	2	7.88	4.1	1.25	0.021	18.9
1522	TR050	2	7.88	14.4	1.25	0.075	31.9
1522	TR100	2	7.88	18.1	1.25	0.095	35.7
1601	TR005	2	10.67	23.2	1.83	0.145	40.5
1601	TR050	2	10.67	58.7	1.83	0.369	68.4
1601	TR100	2	10.67	70.0	1.83	0.441	76.5
1701	TR050	2	8.00	0.0	1.33	0.000	17.9
1701	TR100	2	8.00	0.1	1.25	0.000	20.0
1702	TR005	3	4.84	0.1	1.67	0.000	21.3
1702	TR050	3	4.84	1.6	1.58	0.009	35.9
1702	TR100	3	4.84	2.4	1.58	0.013	40.2
1703	TR005	3	12.66	1.3	1.67	0.009	28.0
1703	TR050	3	12.66	8.4	1.58	0.059	47.3
1703	TR100	3	12.66	11.4	1.58	0.080	52.9
1704	TR005	3	4.83	2.1	1.42	0.012	37.5
1704	TR050	3	4.83	9.1	1.33	0.050	63.2
1704	TR100	3	4.83	11.8	1.33	0.065	70.7
1705	TR005	2	3.02	0.3	1.33	0.001	24.5
1705	TR050	2	3.02	2.6	1.25	0.010	41.3
1705	TR100	2	3.02	3.6	1.25	0.014	46.2
1706	TR005	3	10.08	0.0	2.00	0.000	17.3
1706	TR050	3	10.08	1.3	1.83	0.009	29.1

1706	TR100	3	10.08	2.1	1.75	0.014	32.5
1802	TR050	3	7.07	0.4	1.25	0.002	22.6
1802	TR100	3	7.07	0.7	1.25	0.004	25.3
1803	TR005	3	7.46	0.6	1.42	0.004	26.3
1803	TR050	3	7.46	4.9	1.33	0.028	44.3
1803	TR100	3	7.46	6.8	1.33	0.039	49.6
1804	TR005	3	10.62	1.8	1.42	0.011	29.6
1804	TR050	3	10.62	10.1	1.42	0.063	49.9
1804	TR100	3	10.62	13.5	1.33	0.084	55.8
1805	TR005	3	8.45	5.0	1.33	0.029	30.1
1805	TR050	3	8.45	18.1	1.25	0.107	50.8
1805	TR100	1	8.45	0.0	1.50	0.000	12.5
1805	TR100	3	8.45	22.9	1.25	0.135	56.8
1806	TR005	3	6.33	2.4	1.06	0.010	19.4
1806	TR050	3	6.33	10.4	0.98	0.045	32.7
1806	TR100	3	6.33	13.4	0.98	0.058	36.6
1807	TR005	2	9.46	0.4	1.17	0.002	12.3
1807	TR050	2	9.46	4.1	1.08	0.020	20.8
1807	TR100	2	9.46	5.7	1.08	0.028	23.3
1808	TR050	3	13.27	0.1	1.33	0.001	10.8
1808	TR100	3	13.27	0.4	1.33	0.002	12.1
1809	TR005	3	4.33	0.1	1.09	0.000	10.9
1809	TR050	3	4.33	1.6	0.97	0.006	18.3
1809	TR100	3	4.33	2.3	0.97	0.009	20.5
1901	TR050	2	4.36	0.6	1.58	0.003	18.4
1901	TR100	2	4.36	1.0	1.58	0.004	20.6
1902	TR005	2	11.43	11.4	1.58	0.068	31.1
1902	TR050	2	11.43	34.8	1.58	0.210	52.4
1902	TR100	2	11.43	42.8	1.58	0.259	58.6
1903	TR050	3	10.12	0.6	1.67	0.003	16.6
1903	TR100	3	10.12	1.2	1.67	0.006	18.6
1904	TR005	2	12.11	8.5	1.67	0.051	28.1
1904	TR050	2	12.11	28.7	1.58	0.172	47.4
1904	TR100	2	12.11	35.8	1.58	0.215	53.0
1905	TR005	2	6.09	4.1	1.50	0.020	37.7
1905	TR050	2	6.09	15.9	1.50	0.078	63.7
1905	TR100	2	6.09	20.3	1.50	0.100	71.2
1906	TR005	2	10.81	7.5	1.67	0.043	29.6
1906	TR050	2	10.81	25.7	1.58	0.151	49.9
1906	TR100	2	10.81	32.2	1.58	0.190	55.8
1907	TR005	2	6.58	10.6	1.50	0.052	34.3
1907	TR050	2	6.58	30.5	1.42	0.151	57.9
1907	TR100	2	6.58	37.1	1.42	0.184	64.7
2001	TR005	2	9.73	0.6	1.33	0.003	14.5
2001	TR050	2	9.73	5.1	1.25	0.027	24.4
2001	TR100	2	9.73	7.0	1.17	0.038	27.3
2002	TR005	3	12.01	0.0	1.42	0.000	9.4
2002	TR050	3	12.01	1.8	1.25	0.009	15.9
2002	TR100	3	12.01	2.7	1.25	0.015	17.8
2003	TR005	3	9.72	0.0	1.42	0.000	8.7
2003	TR050	3	9.72	1.3	1.17	0.007	14.6
2003	TR100	3	9.72	2.1	1.17	0.011	16.3
2004	TR005	2	4.38	0.4	1.17	0.002	13.4
2004	TR050	2	4.38	3.1	1.08	0.013	22.6
2004	TR100	2	4.38	4.1	1.08	0.018	25.2
2005	TR005	2	10.63	0.0	1.33	0.000	9.8
2005	TR050	2	10.63	2.2	1.17	0.011	16.6
2005	TR100	2	10.63	3.4	1.17	0.017	18.6
2006	TR050	3	7.52	0.6	1.17	0.003	13.2
2006	TR100	3	7.52	1.1	1.17	0.005	14.7
2007	TR050	1	13.53	1.0	1.33	0.006	13.6

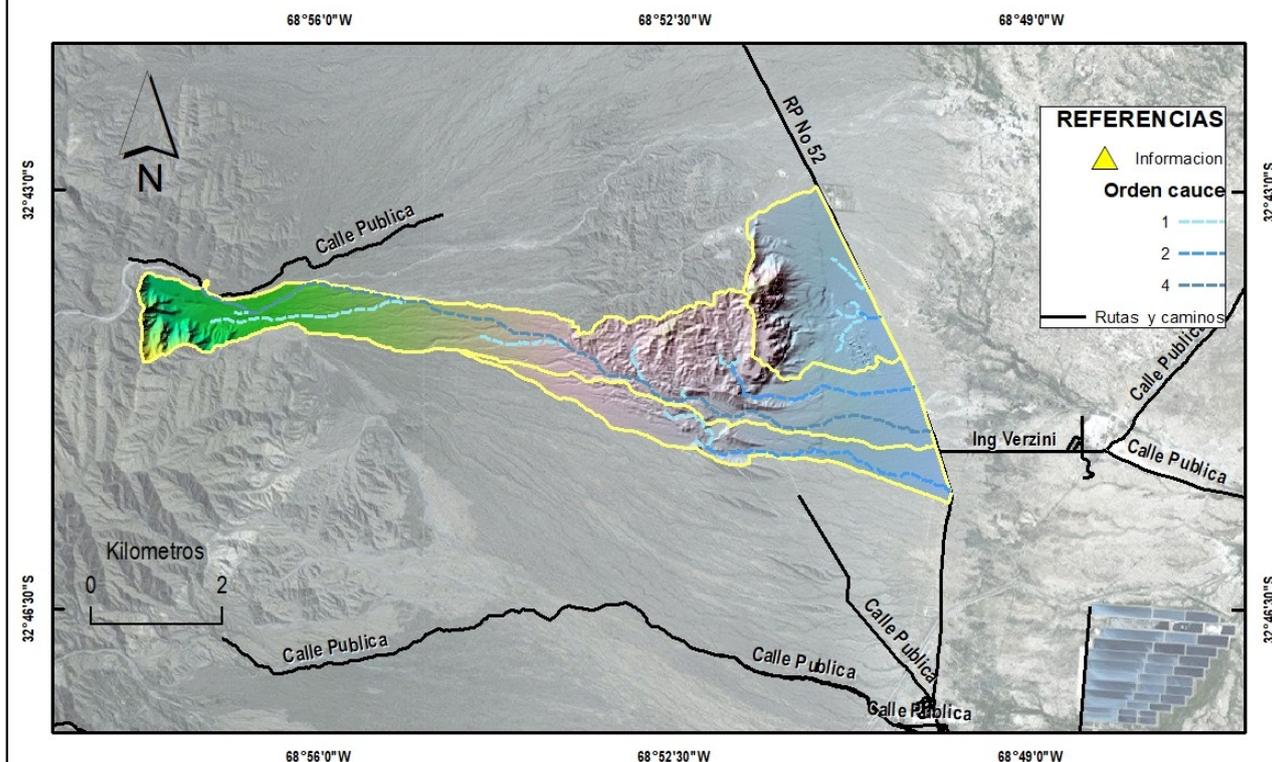
2007	TR100	1	13.53	1.8	1.25	0.010	15.2
2008	TR050	1	6.33	0.1	1.25	0.000	11.2
2008	TR100	1	6.33	0.3	1.17	0.001	12.5
2009	TR005	1	4.88	0.2	1.17	0.001	12.0
2009	TR050	1	4.88	2.1	1.01	0.009	20.2
2009	TR100	1	4.88	3.0	1.01	0.012	22.6
2010	TR005	1	5.05	0.0	1.18	0.000	9.9
2010	TR050	1	5.05	1.1	1.05	0.004	16.6
2010	TR100	1	5.05	1.7	0.98	0.006	18.6
2011	TR005	3	8.70	0.0	1.25	0.000	10.0
2011	TR050	3	8.70	1.6	1.17	0.008	16.8
2011	TR100	3	8.70	2.5	1.08	0.012	18.8
2012	TR005	2	4.77	0.0	1.12	0.000	9.0
2012	TR050	2	4.77	1.1	1.92	0.005	15.3
2012	TR100	2	4.77	1.9	1.04	0.008	17.1
2101	TR005	1	10.78	2.7	1.17	0.013	16.9
2101	TR050	1	10.78	12.6	1.08	0.061	28.5
2101	TR100	1	10.78	16.5	1.08	0.080	31.9
2102	TR005	1	10.37	12.1	1.08	0.058	29.8
2102	TR050	1	10.37	37.2	1.00	0.181	50.3
2102	TR100	1	10.37	45.9	1.00	0.223	56.2
2103	TR005	1	10.17	2.4	1.17	0.012	17.8
2103	TR050	1	10.17	11.4	1.08	0.058	30.0
2103	TR100	1	10.17	14.8	1.08	0.076	33.5
2104	TR005	1	5.96	2.4	1.08	0.011	19.1
2104	TR050	1	5.96	9.9	1.00	0.044	32.2
2104	TR100	1	5.96	12.7	1.00	0.057	36.0
2105	TR005	2	5.61	0.0	1.17	0.000	9.0
2105	TR050	2	5.61	1.2	1.08	0.005	15.3
2105	TR100	2	5.61	1.8	1.08	0.008	17.1
2106	TR005	2	1.63	0.0	1.17	0.000	9.0
2106	TR050	2	1.63	0.4	1.08	0.001	15.3
2106	TR100	2	1.63	0.6	1.08	0.002	17.1
2107	TR005	2	0.55	0.0	1.02	0.000	9.0
2107	TR050	2	0.55	0.2	0.86	0.001	15.3
2107	TR100	2	0.55	0.3	0.86	0.001	17.1
2201	TR005	3	10.18	6.7	1.25	0.038	23.0
2201	TR050	3	10.18	22.2	1.25	0.127	38.9
2201	TR100	3	10.18	27.6	1.25	0.158	43.5
2202	TR005	3	10.04	0.3	1.25	0.002	10.3
2202	TR050	3	10.04	3.6	1.17	0.019	17.4
2202	TR100	3	10.04	5.0	1.17	0.026	19.5
2203	TR005	2	9.79	0.1	1.58	0.001	9.8
2203	TR050	2	9.79	2.4	1.50	0.014	16.6
2203	TR100	2	9.79	3.5	1.42	0.020	18.5

ANEXO IV : FICHAS DE CUENCAS

Se presentan láminas individuales por cuenca (a modo de fichas síntesis) conteniendo sus parámetros morfométricos y algunas características principales.

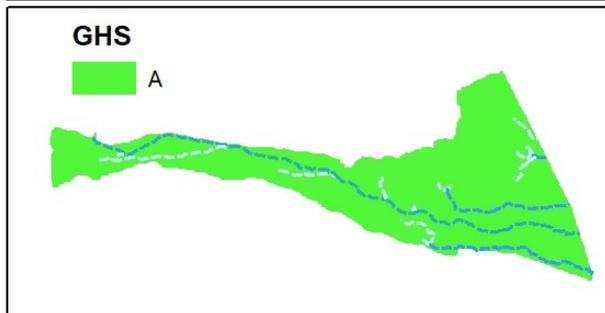
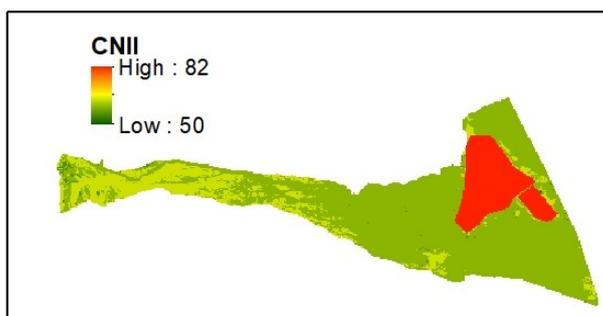
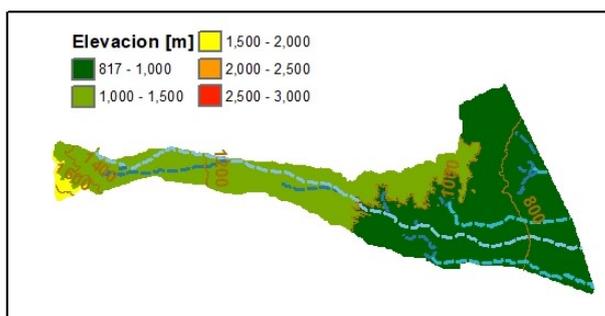


CUENCA CO. CAL



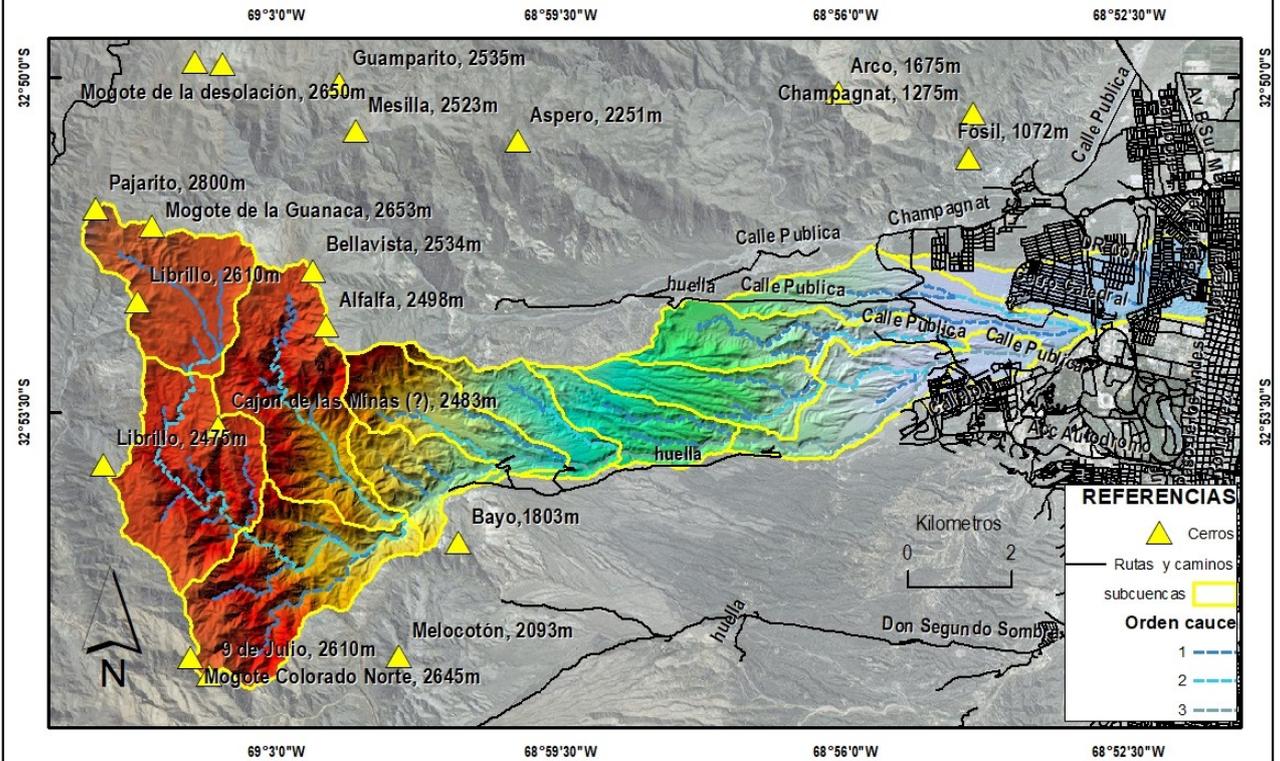
PARAMETROS

Area [km ²]	20.0	ΔH [m]	1002.4
Hmax [m]	1743.8	Pend. Media	16.45%
Hmin [m]	741.4	Tc [hs]	1.5



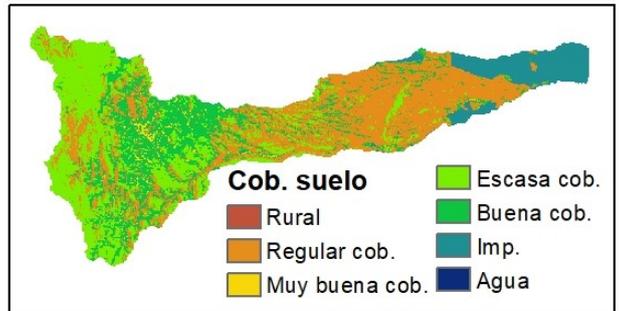
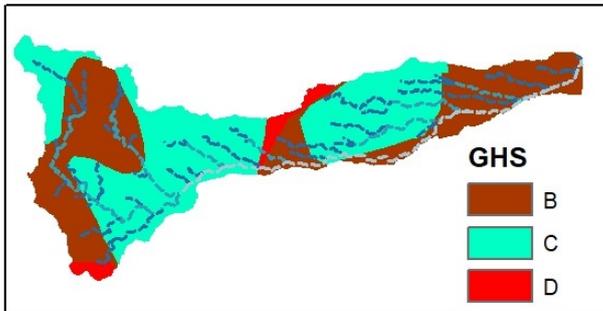
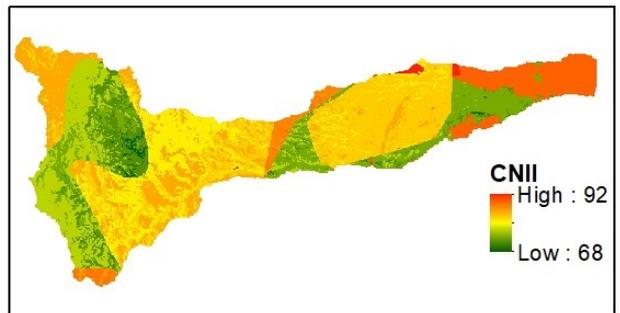
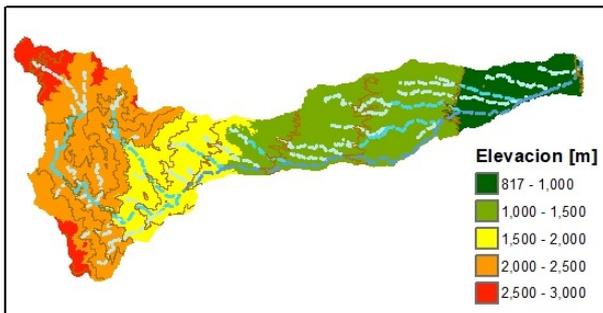
		Evaluación de amenazas hídricas en piedemonte al oeste del Área Metropolitana de Mendoza (AMM)			
Resp. Proy.: Ing. V. Burgos	Escenario: CONDICION ACTUAL		Esc.: 1:100,000		Sist.: Posgar 07 Proy.: GK (faja 2)
Revisa / Aprueba: Arq. M. Lopez	Mapa de Cuenca 002		Fecha: Octubre de 2018		
			Lámina N°: A02		

CUENCA ZJON. DE LOS CIRUELOS



PARAMETROS

Area [km ²]	74.5	ΔH [m]	2020.0
Hmax [m]	2804.4	Pend. Media	32.16%
Hmin [m]	784.4	Tc [hs]	3.2



Evaluación de amenazas hídricas en piedemonte
al oeste del Área Metropolitana de Mendoza (AMM)



MENDOZA
GOBIERNO

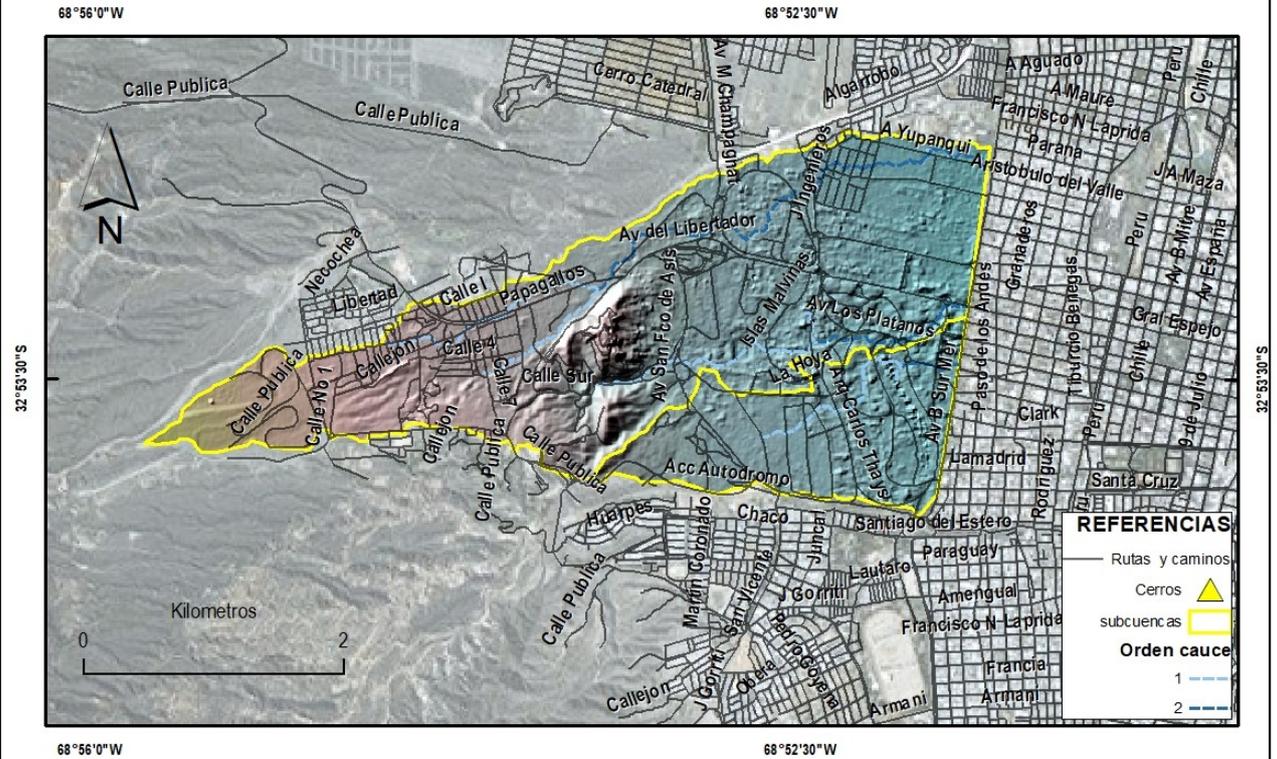
Resp. Proy.:
Ing. V. Burgos
Revisa / Aprueba:
Arq. M. Lopez

Escenario: CONDICION ACTUAL
Mapa de Cuenca 003

Esc.: 1:125,000
Fecha: Octubre de 2018
Lámina Nº: **A03**

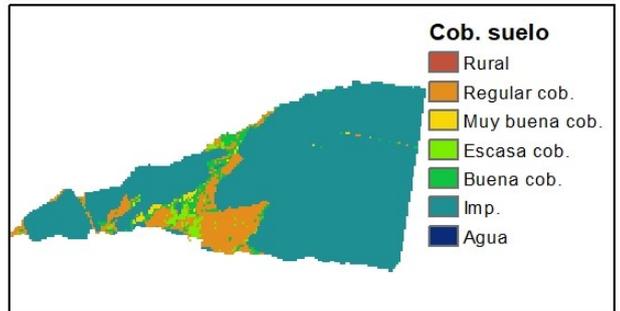
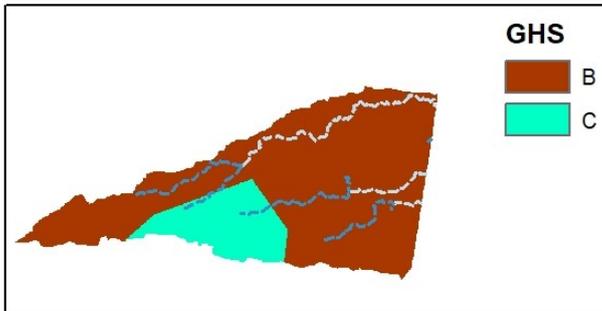
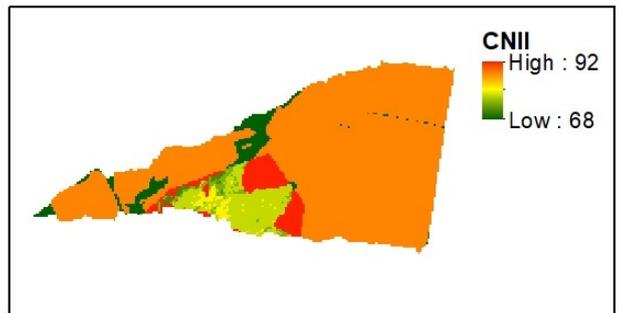
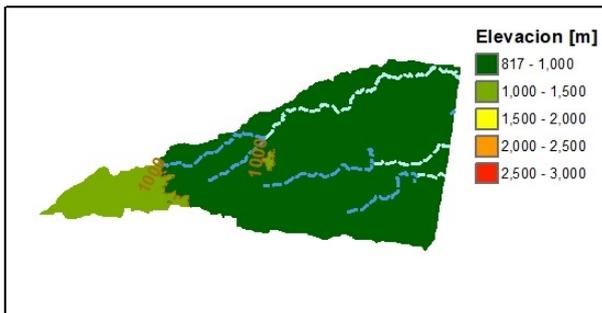
Sist.: Posgar 07
Proy.: GK (faja 2)

CUENCA PARQUE GRAL. SAN MARTIN



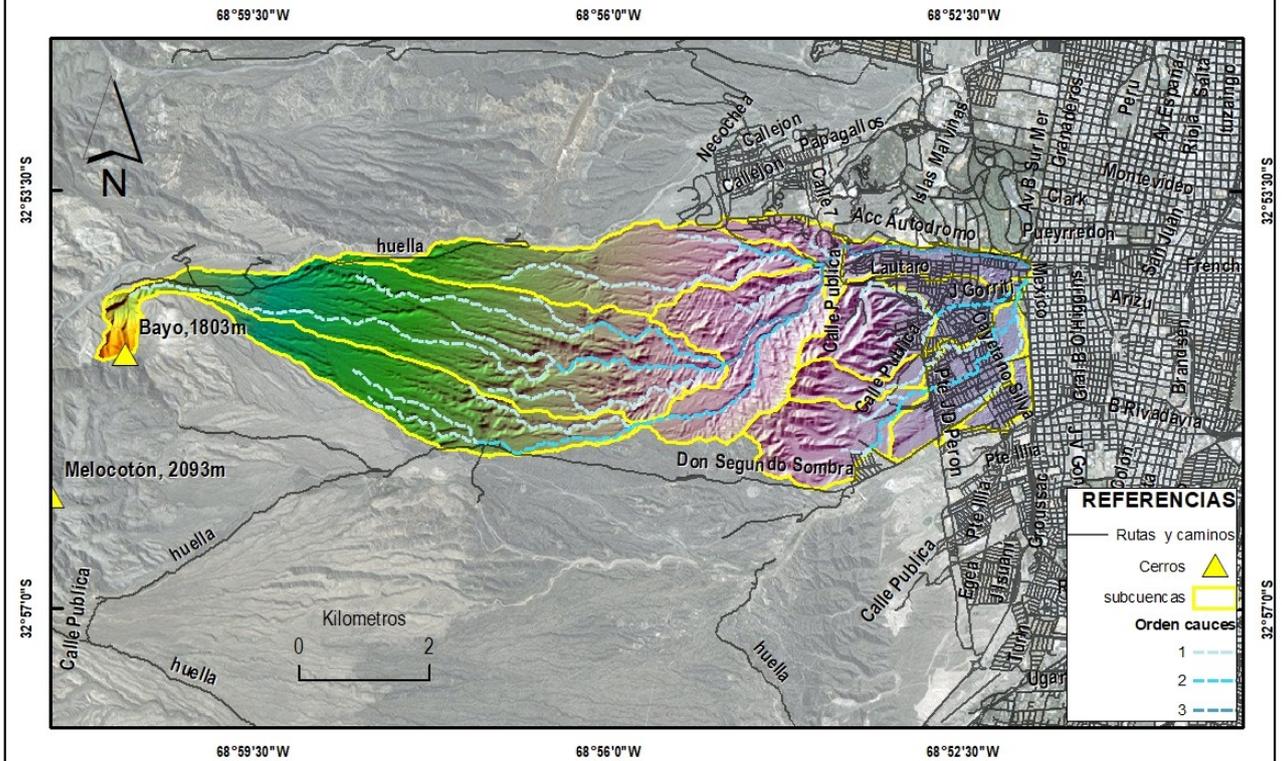
PARAMETROS

Area [km ²]	10.1	ΔH [m]	295.9
Hmax [m]	1100.1	Pend. Media	11.90%
Hmin [m]	804.2	Tc [hs]	1.3



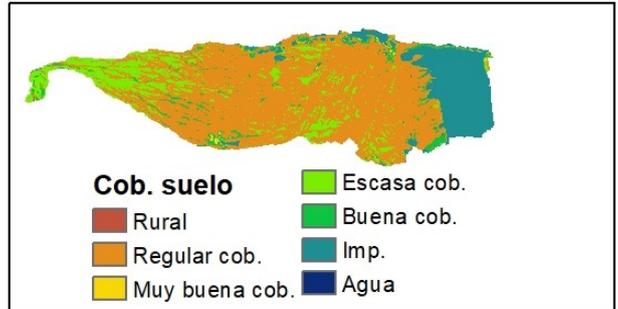
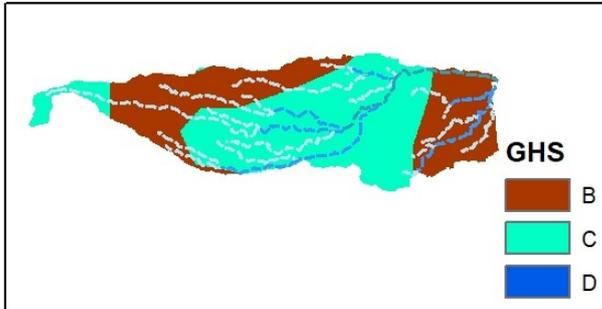
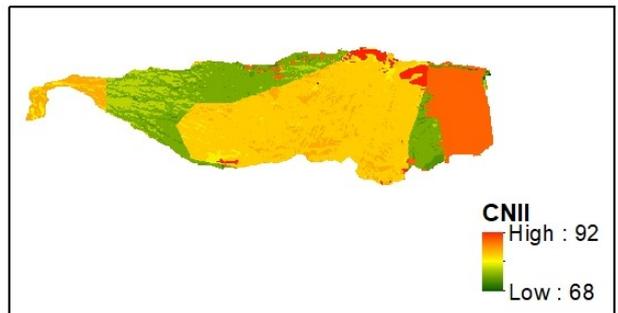
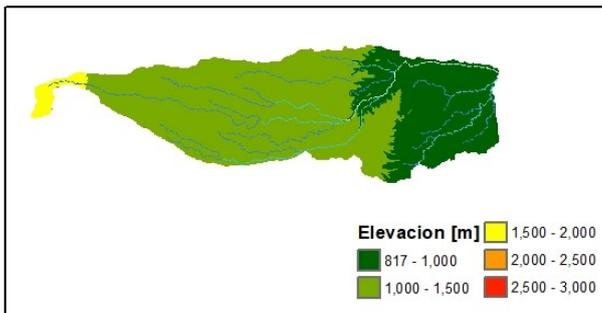
	Evaluación de amenazas hídricas en piedemonte al oeste del Área Metropolitana de Mendoza (AMM)		
	Resp. Proy.: Ing. V. Burgos Revisa / Aprueba: Arq. M. Lopez	Escenario: CONDICION ACTUAL Mapa de Cuenca 004	

CUENCA ZANJON FRIAS



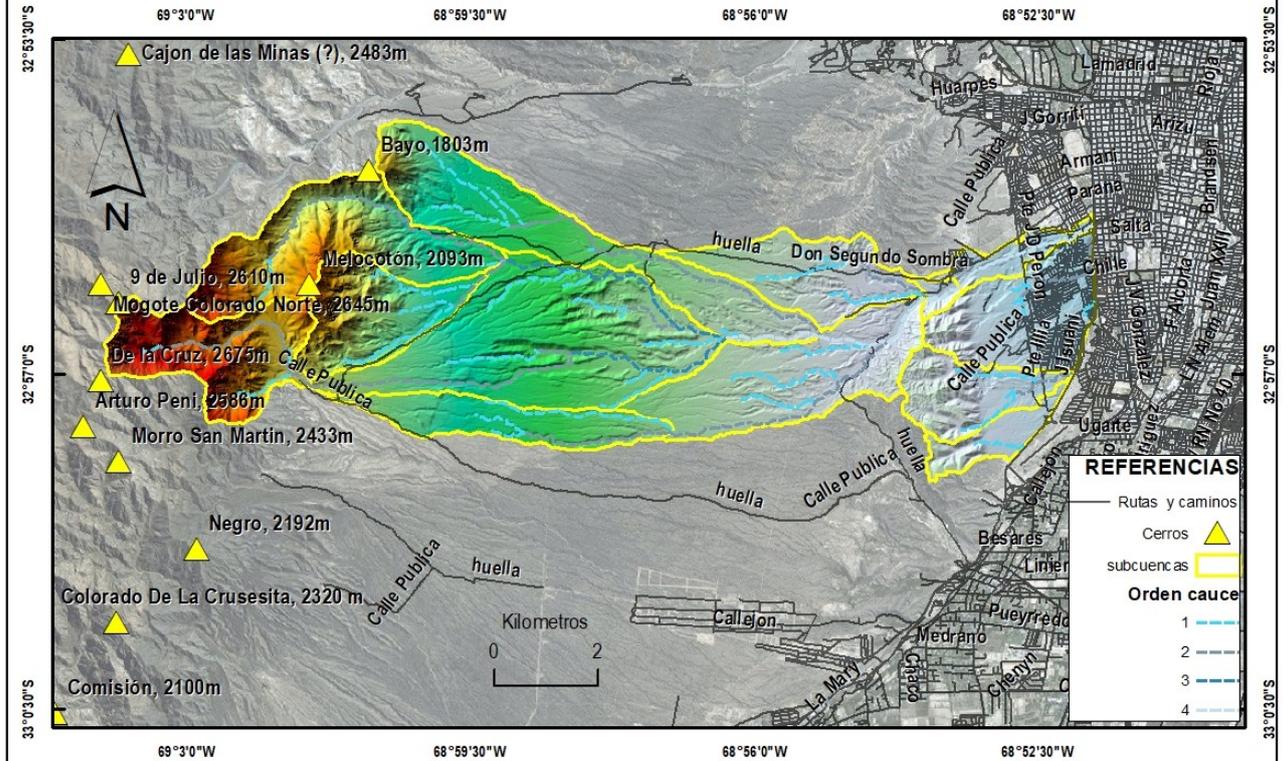
PARAMETROS

Area [km ²]	37.0	ΔH [m]	1018.0
Hmax [m]	1841.1	Pend. Media	15.75%
Hmin [m]	823.1	Tc [hs]	1.9



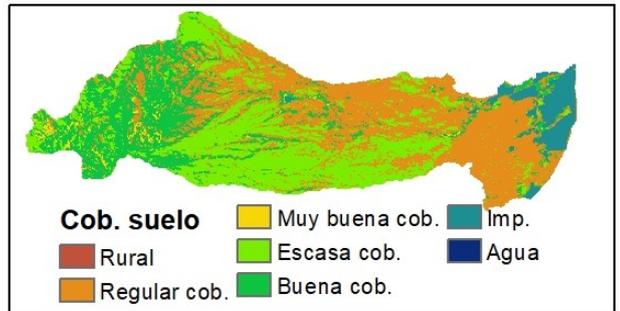
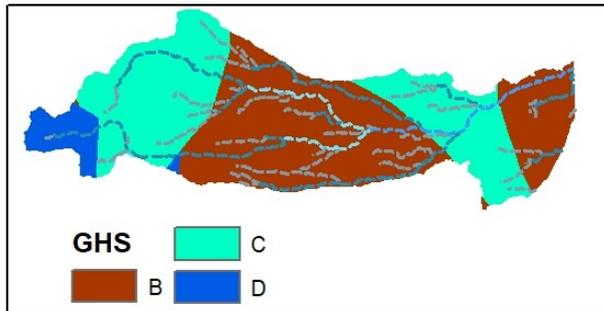
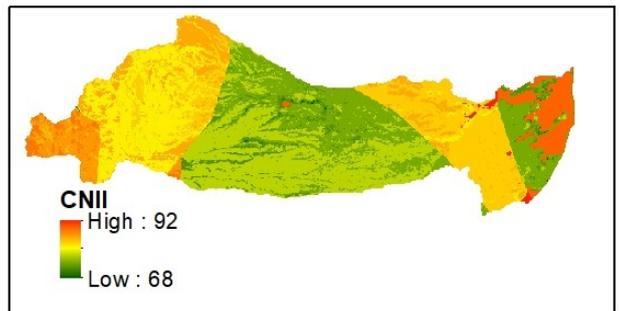
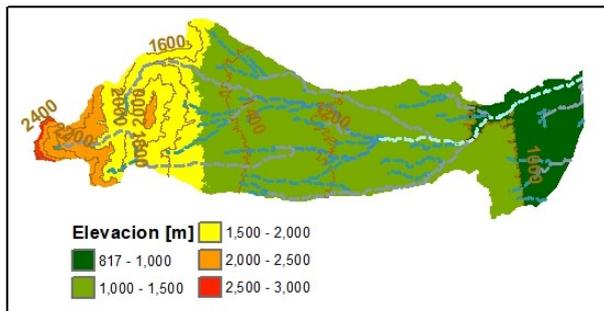
		Evaluación de amenazas hídricas en piedemonte al oeste del Área Metropolitana de Mendoza (AMM)			
Resp. Proy.: Ing. V. Burgos	Escenario: CONDICION ACTUAL		Esc.: 1:100,000		Sist.: Posgar 07 Proy.: GK (faja 2)
Revisa / Aprueba: Arq. M. Lopez	Mapa de Cuenca 005		Fecha: Octubre de 2018		
			Lámina N°: A05		

CUENCA ZJON. MAURE



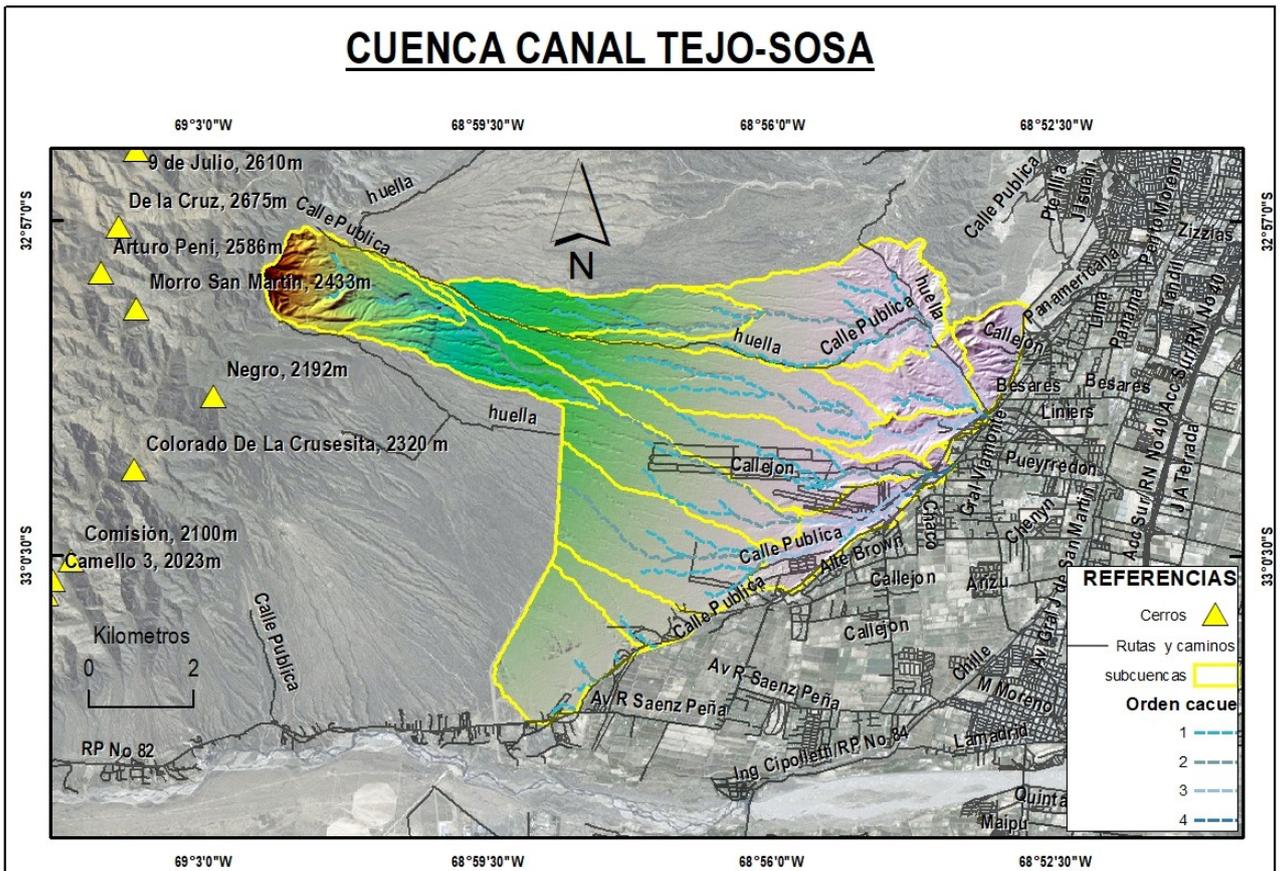
PARAMETROS

Area [km ²]	70.9	ΔH [m]	1879.5
Hmax [m]	2738.7	Pend. Media	23.70%
Hmin [m]	859.2	Tc [hs]	2.0



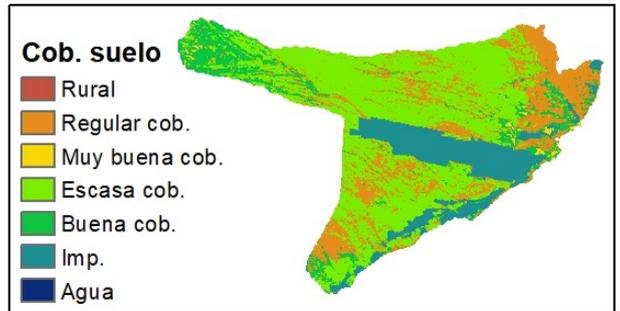
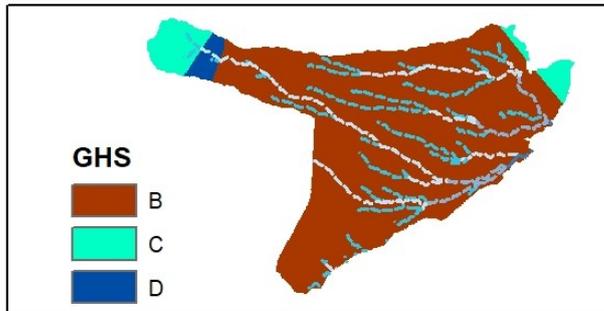
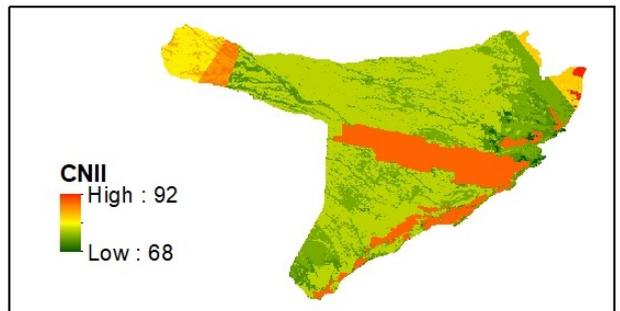
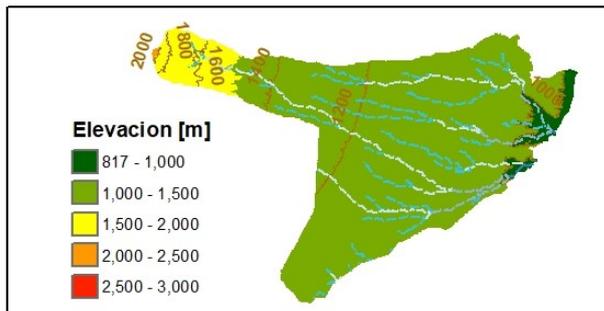
		Evaluación de amenazas hídricas en piedemonte al oeste del Área Metropolitana de Mendoza (AMM)		Secretario de Ambiente y Ordenamiento Territorial MENDOZA GOBIERNO	
Resp. Proy.: Ing. V. Burgos	Escenario: CONDICION ACTUAL		Esc.: 1:125,000		Sist.: Posgar 07 Proy.: GK (faja 2)
Revisa / Aprueba: Arq. M. Lopez	Mapa de Cuenca 006		Fecha: Octubre de 2018		
			Lámina N°: A06		

CUENCA CANAL TEJO-SOSA



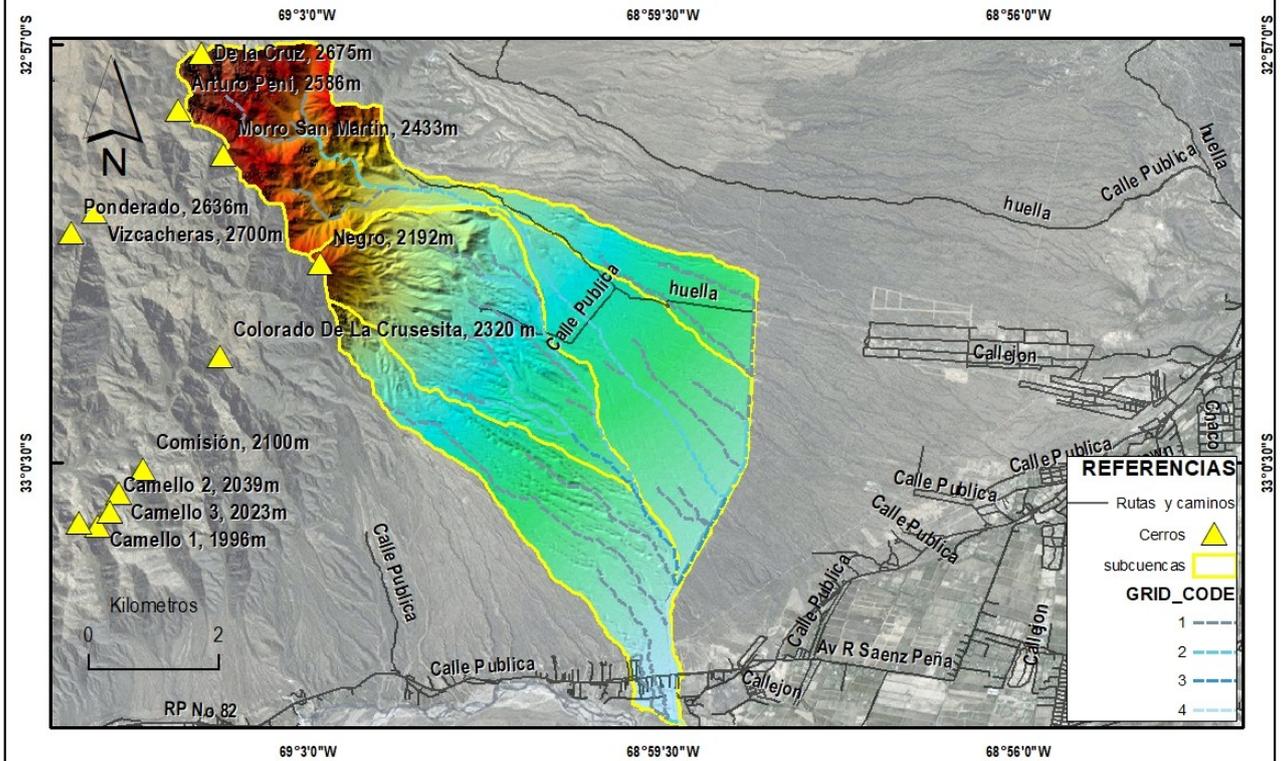
PARAMETROS

Area [km ²]	61.5	ΔH [m]	1062.9
Hmax [m]	2021.5	Pend. Media	11.19%
Hmin [m]	958.6	Tc [hs]	1.7



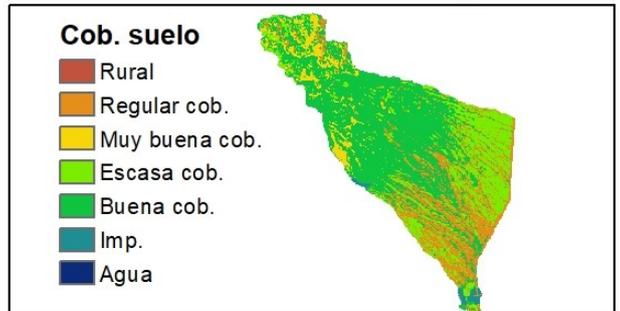
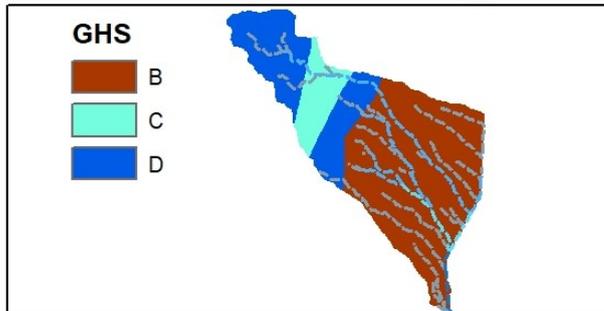
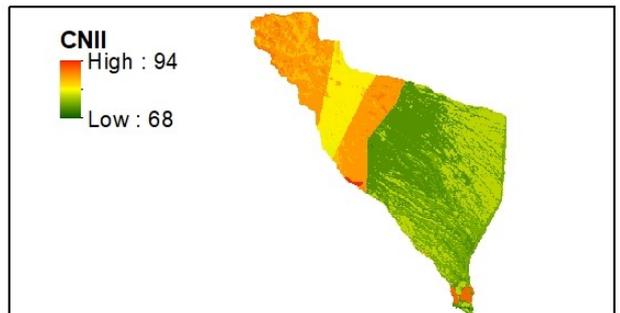
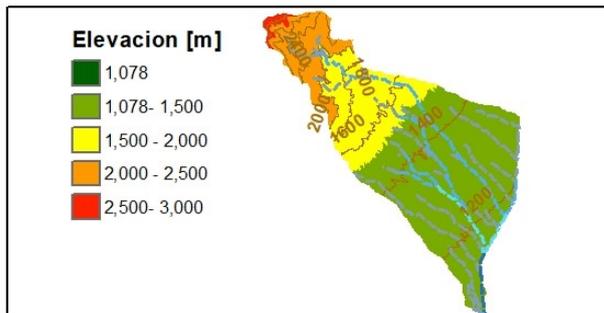
 Evaluación de amenazas hídricas en piedemonte al oeste del Área Metropolitana de Mendoza (AMM)		 MENDOZA GOBIERNO	
Resp. Proy.: Ing. V. Burgos Revisa / Aprueba: Arq. M. Lopez	Escenario: CONDICION ACTUAL Mapa de Cuenca 007		Esc.: 1:125,000 Fecha: Octubre de 2018 Lámina Nº: A07

CUENCA COLECTOR BLANCO ENCALADA



PARAMETROS

Area [km ²]	37.4	ΔH [m]	1670.4
Hmax [m]	2751.0	Pend. Media	25.30%
Hmin [m]	1080.6	Tc [hs]	1.4



Evaluación de amenazas hídricas en piedemonte al oeste del Área Metropolitana de Mendoza (AMM)

Escenario: CONDICION ACTUAL

Mapa de Cuenca 008

Esc.: 1:100,000

Fecha: Octubre de 2018

Lámina N°: A08

INA-CMA

Secretaría de Ambiente y Ordenamiento Territorial

MENDOZA GOBIERNO

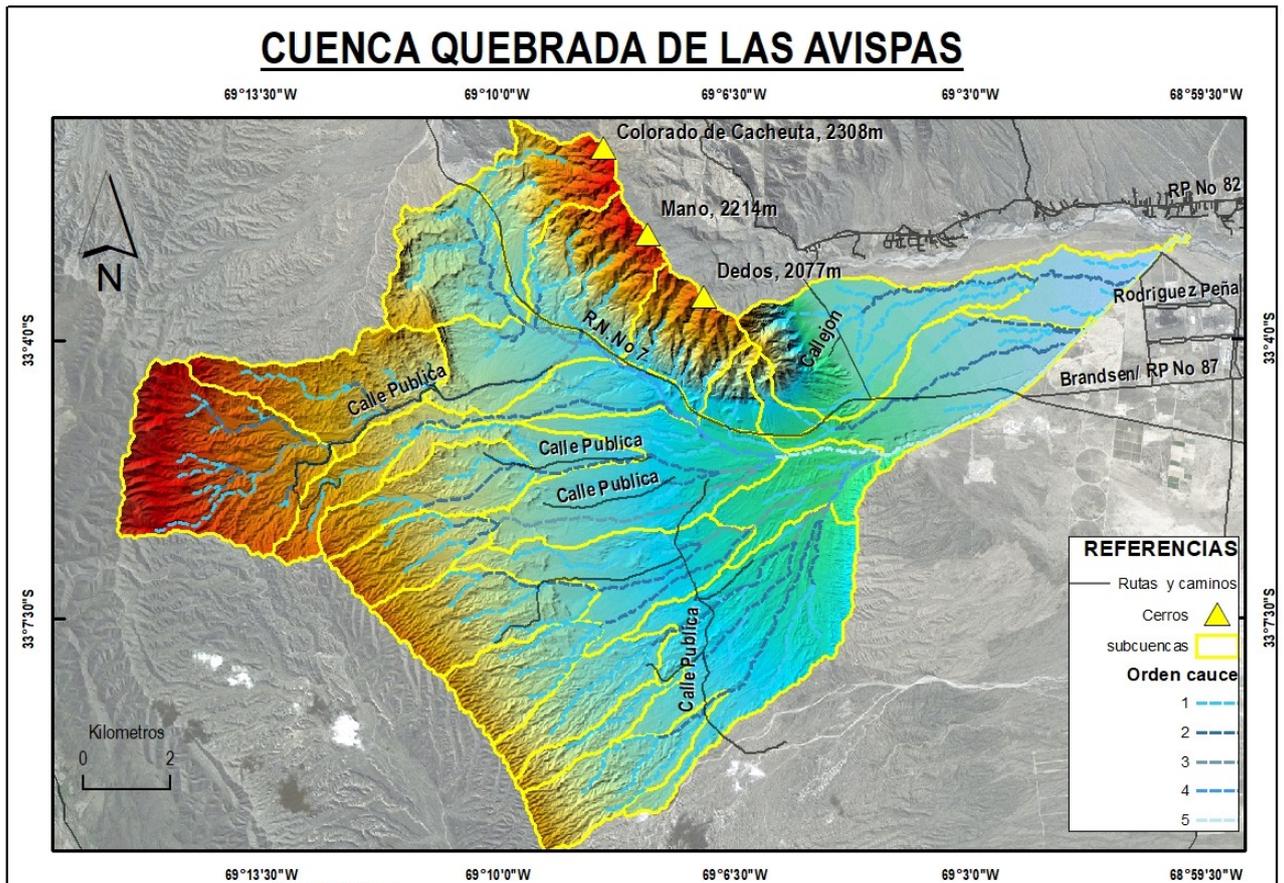
Resp. Proy.: Ing. V. Burgos

Revisa / Aprueba: Arq. M. Lopez

Sist.: Posgar 07

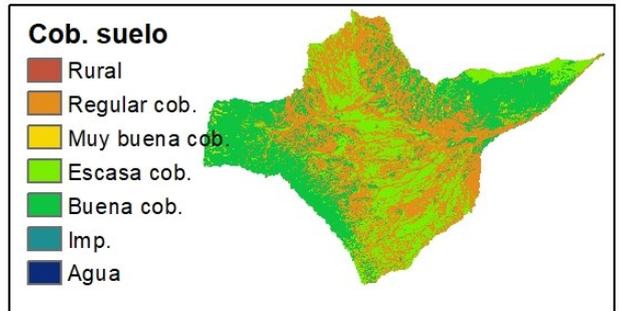
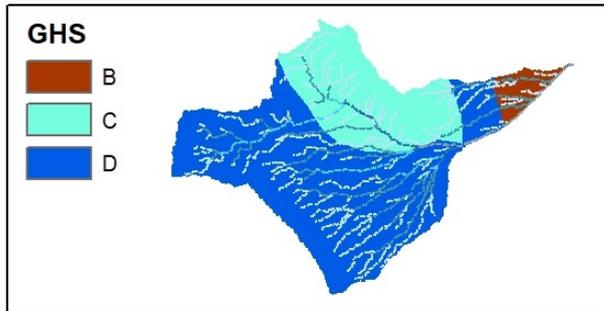
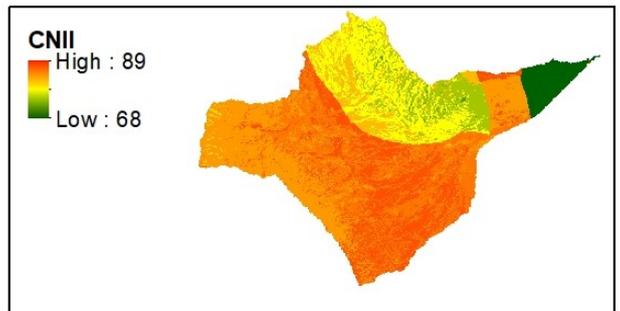
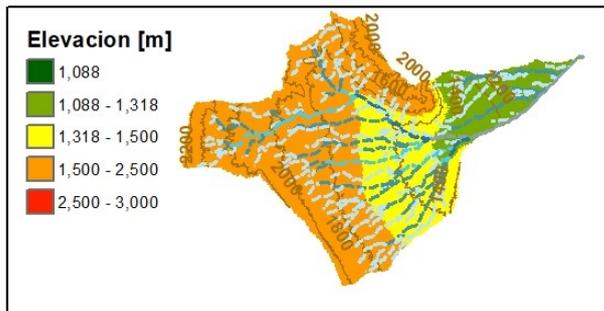
Proy.: GK (faja 2)

CUENCA QUEBRADA DE LAS AVISPAS



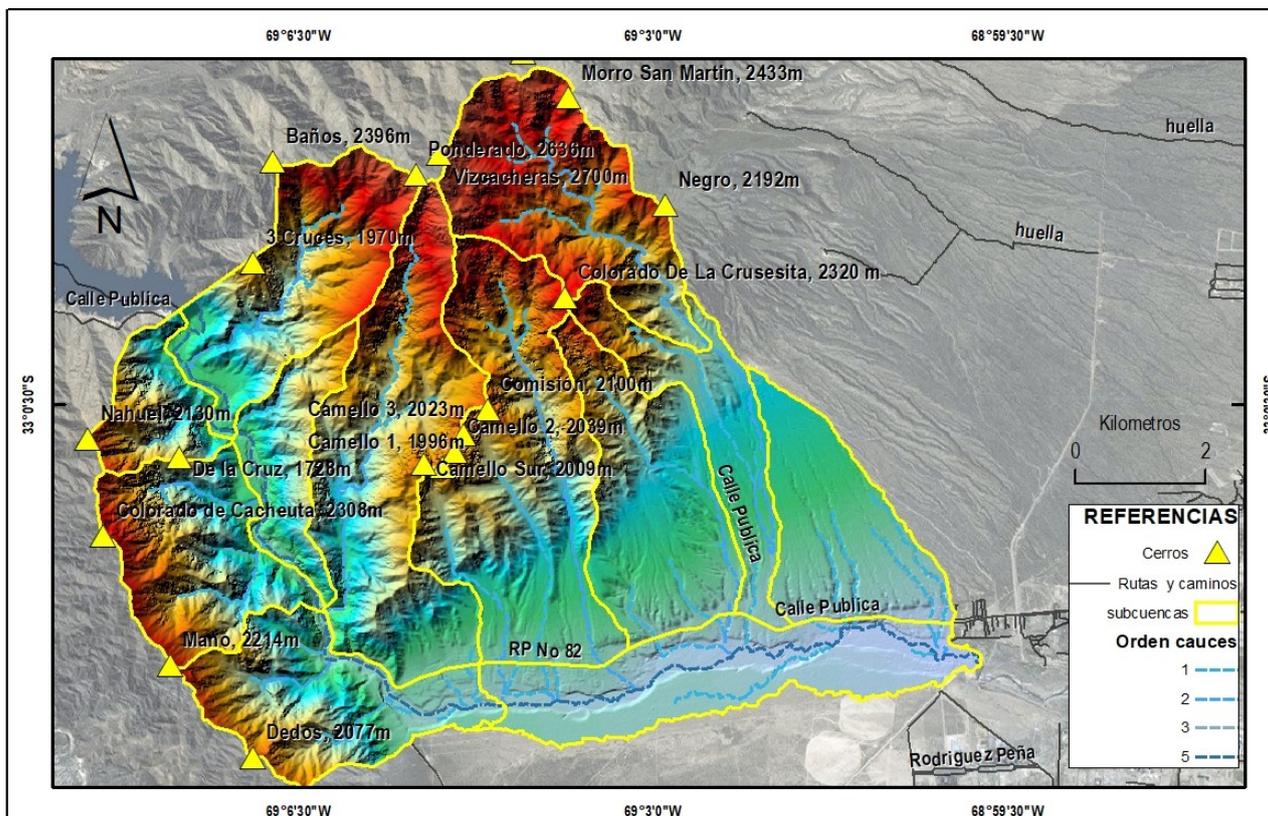
PARAMETROS

Area [km ²]	176.4	ΔH [m]	1632.8
Hmax [m]	1817.5	Pend. Media	21.40%
Hmin [m]	184.7	Tc [hs]	3.3



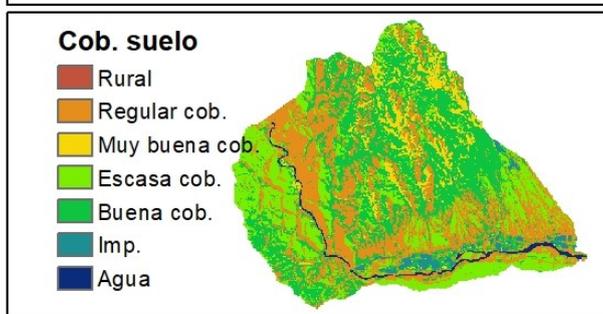
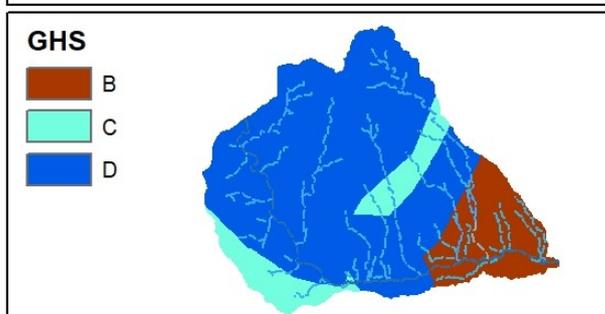
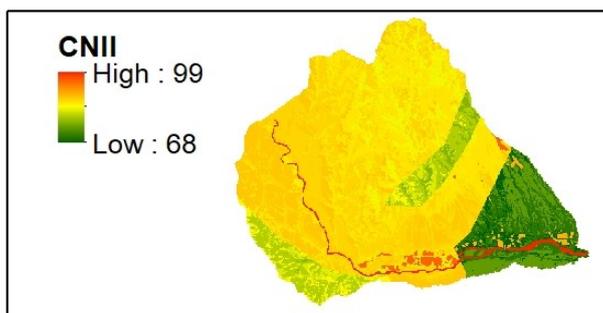
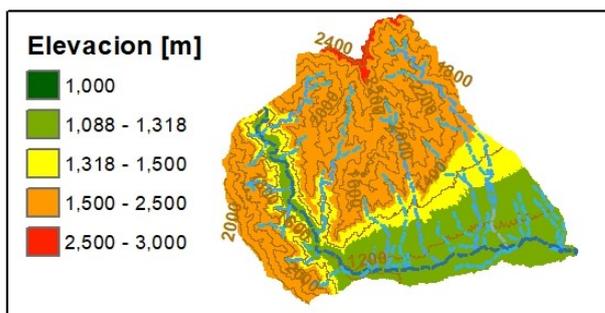
	Evaluación de amenazas hídricas en piedemonte al oeste del Área Metropolitana de Mendoza (AMM)		
	Resp. Proy.: Ing. V. Burgos Revisa / Aprueba: Arq. M. Lopez	Escenario: CONDICION ACTUAL Mapa de Cuenca 009	

CUENCA RIO MENDOZA-TOMA ESPAÑOLES



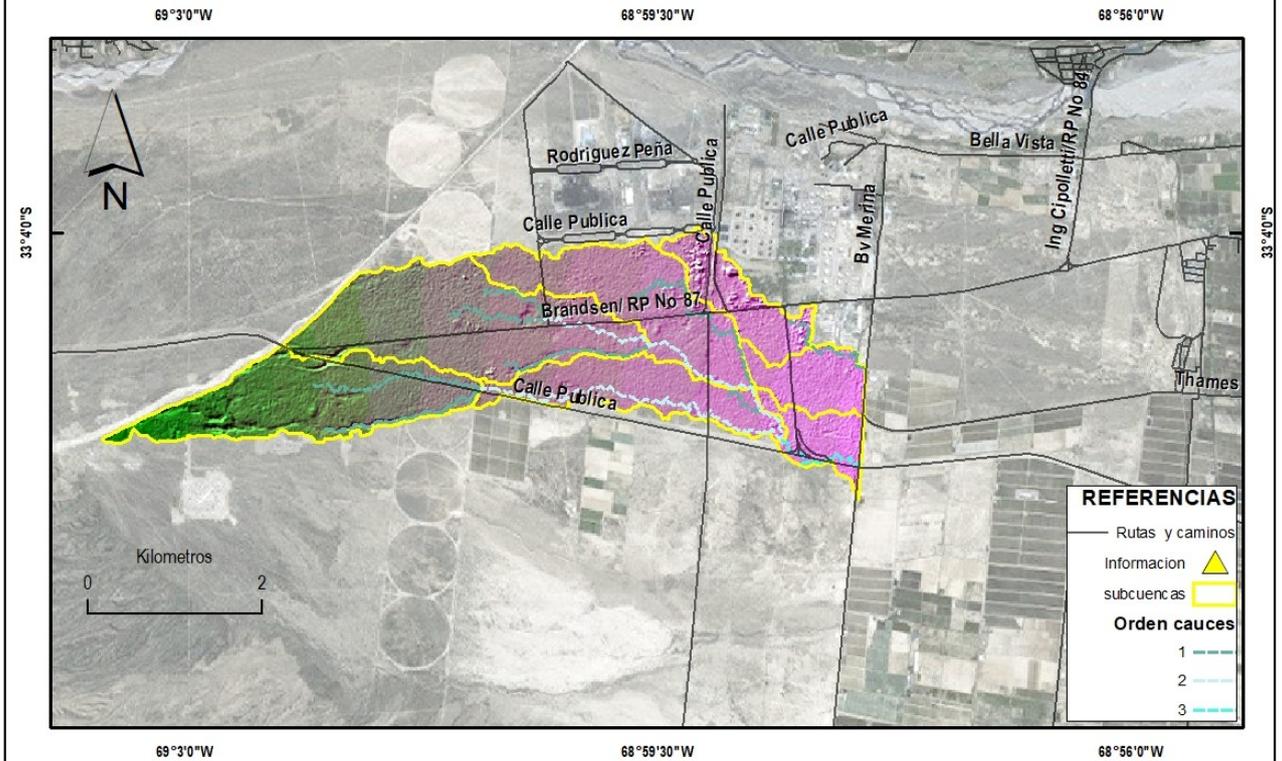
PARAMETROS

Area [km ²]	91.6	ΔH [m]	1600.4
Hmax [m]	2691.1	Pend. Media	54.87%
Hmin [m]	1090.7	Tc [hs]	2.4



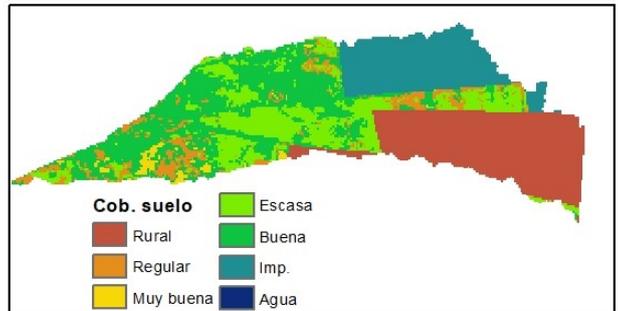
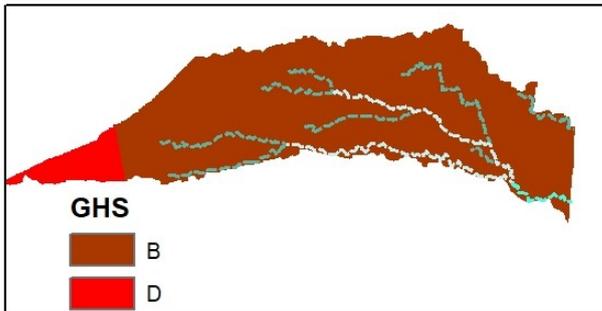
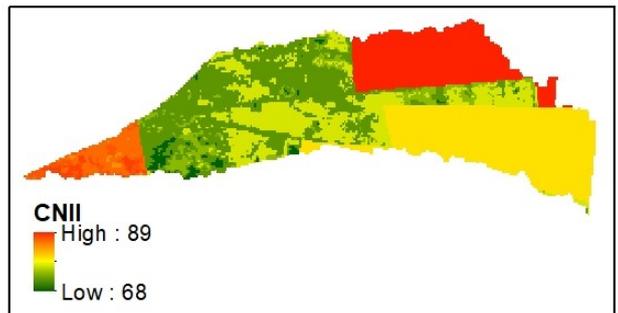
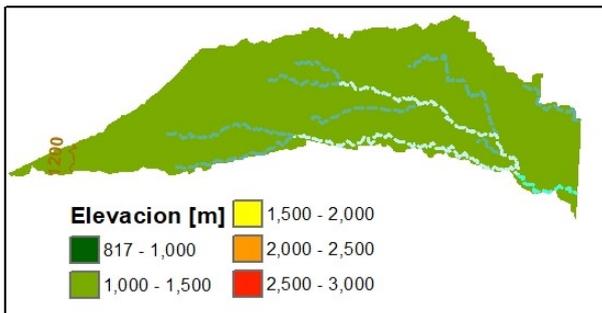
<p>INA</p>	Evaluación de amenazas hídricas en piedemonte al oeste del Área Metropolitana de Mendoza (AMM)		<p>MENDOZA GOBIERNO</p>
	Resp. Proy.: Ing. V. Burgos Revisa / Aprueba: Arq. M. Lopez	Escenario: CONDICION ACTUAL Mapa de Cuenca 010	

CUENCA AGRELO 1



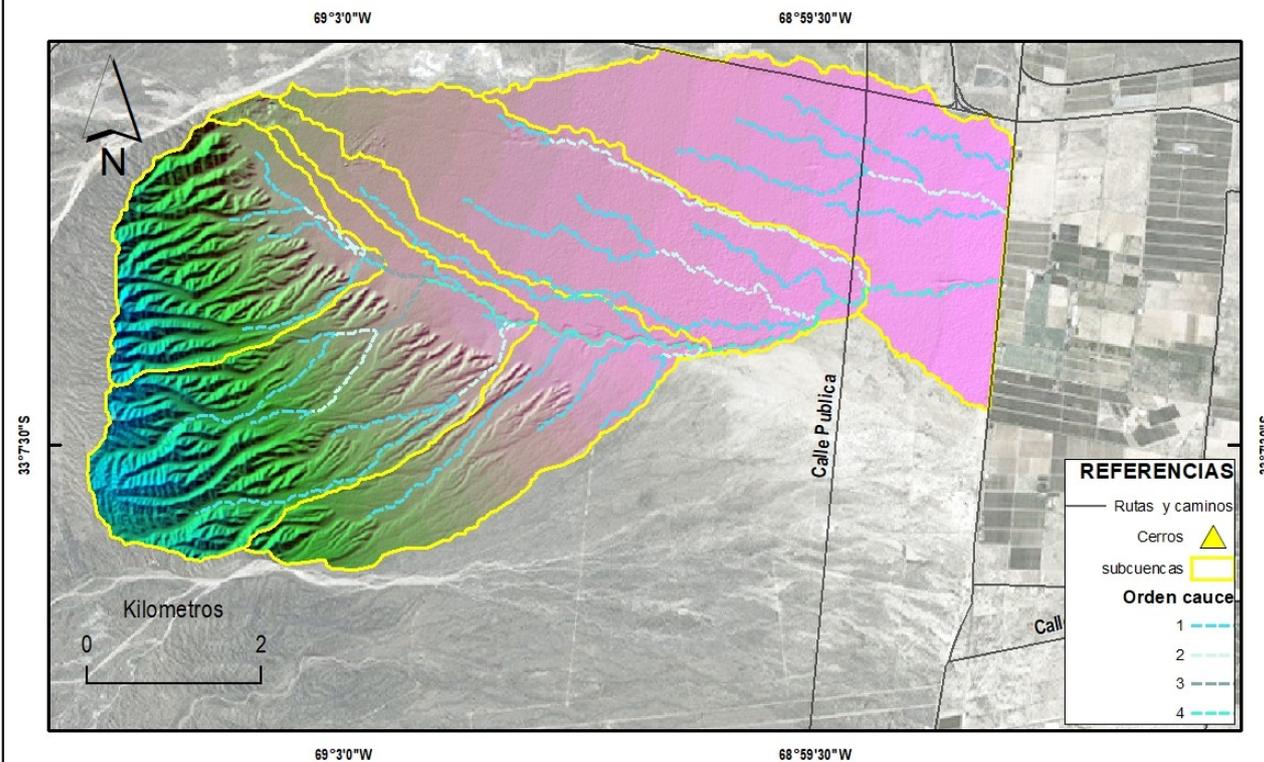
PARAMETROS

Area [km ²]	12.7	ΔH [m]	156.2
Hmax [m]	1227.2	Pend. Media	2.75%
Hmin [m]	1071.0	Tc [hs]	2.3



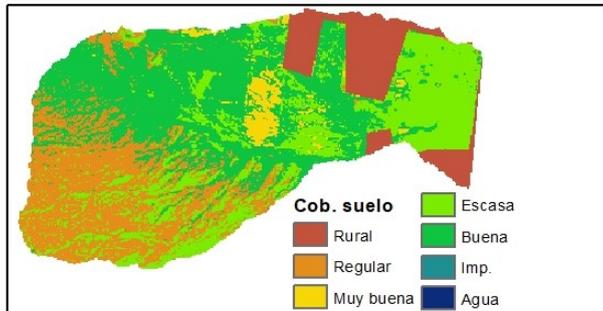
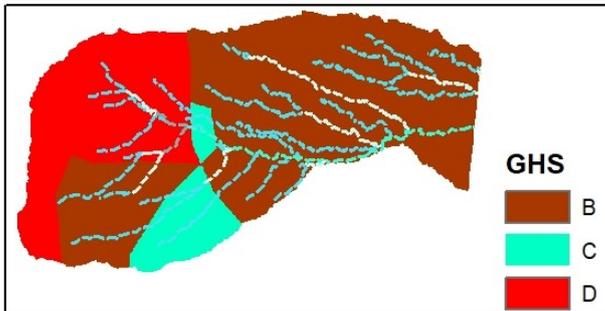
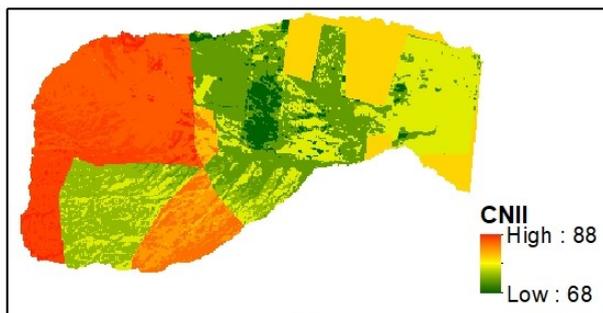
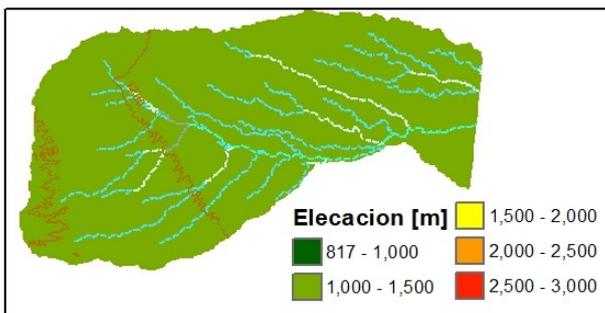
		Evaluación de amenazas hídricas en piedemonte al oeste del Área Metropolitana de Mendoza (AMM)			
Resp. Proy.: Ing. V. Burgos	Escenario: CONDICION ACTUAL		Esc.: 1:75,000		Sist.: Posgar 07 Proy.: GK (faja 2)
Revisa / Aprueba: Arq. M. Lopez	Mapa de Cuenca 011		Fecha: Octubre de 2018		
				Lámina N°: A11	

CUENCA AGRELO 2



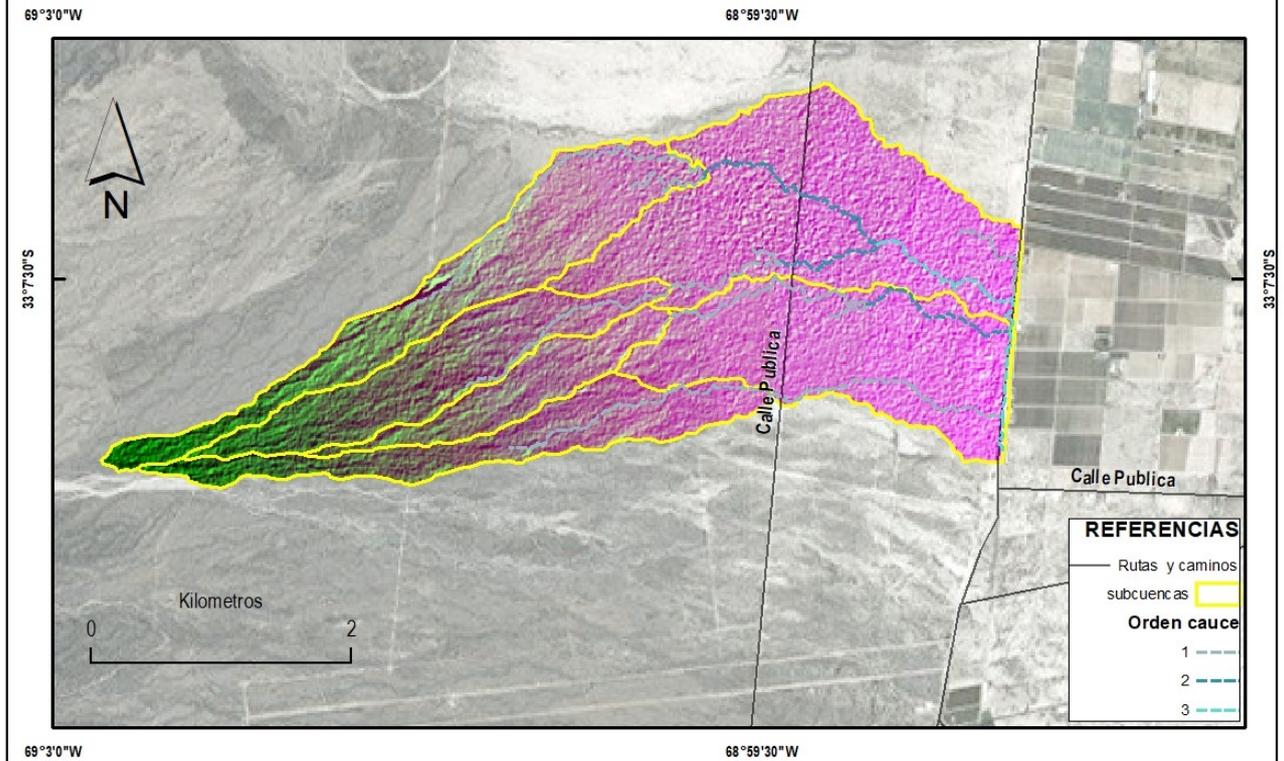
PARAMETROS

Area [km ²]	43.9	ΔH [m]	394.3
Hmax [m]	1457.0	Pend. Media	10.44%
Hmin [m]	1062.7	Tc [hs]	2.1



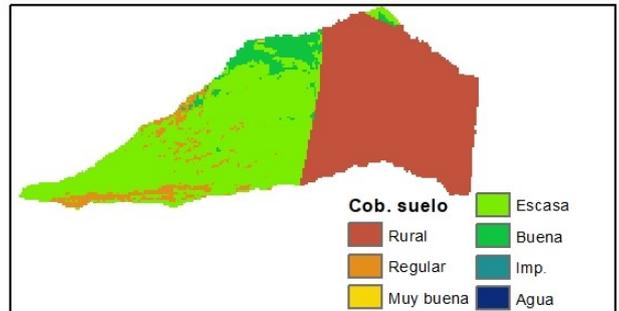
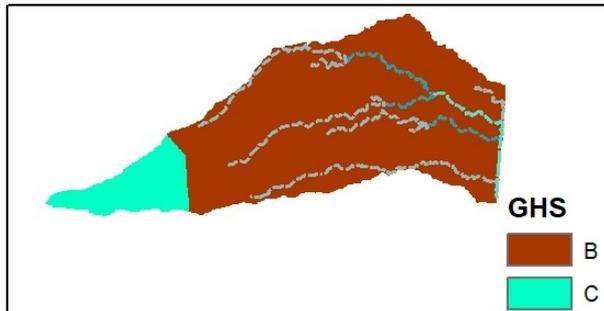
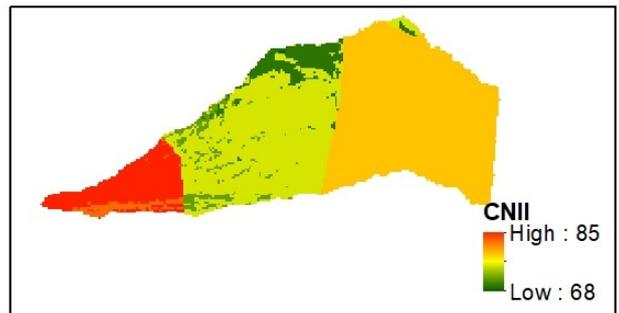
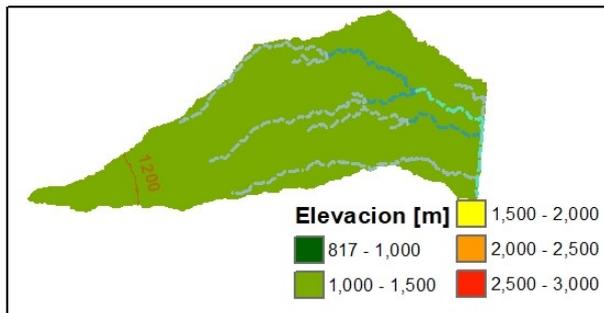
	Evaluación de amenazas hídricas en piedemonte al oeste del Área Metropolitana de Mendoza (AMM)		
	Resp. Proy.: Ing. V. Burgos Revisa / Aprueba: Arq. M. Lopez	Escenario: CONDICION ACTUAL Mapa de Cuenca 012	

CUENCA AGRELO 3



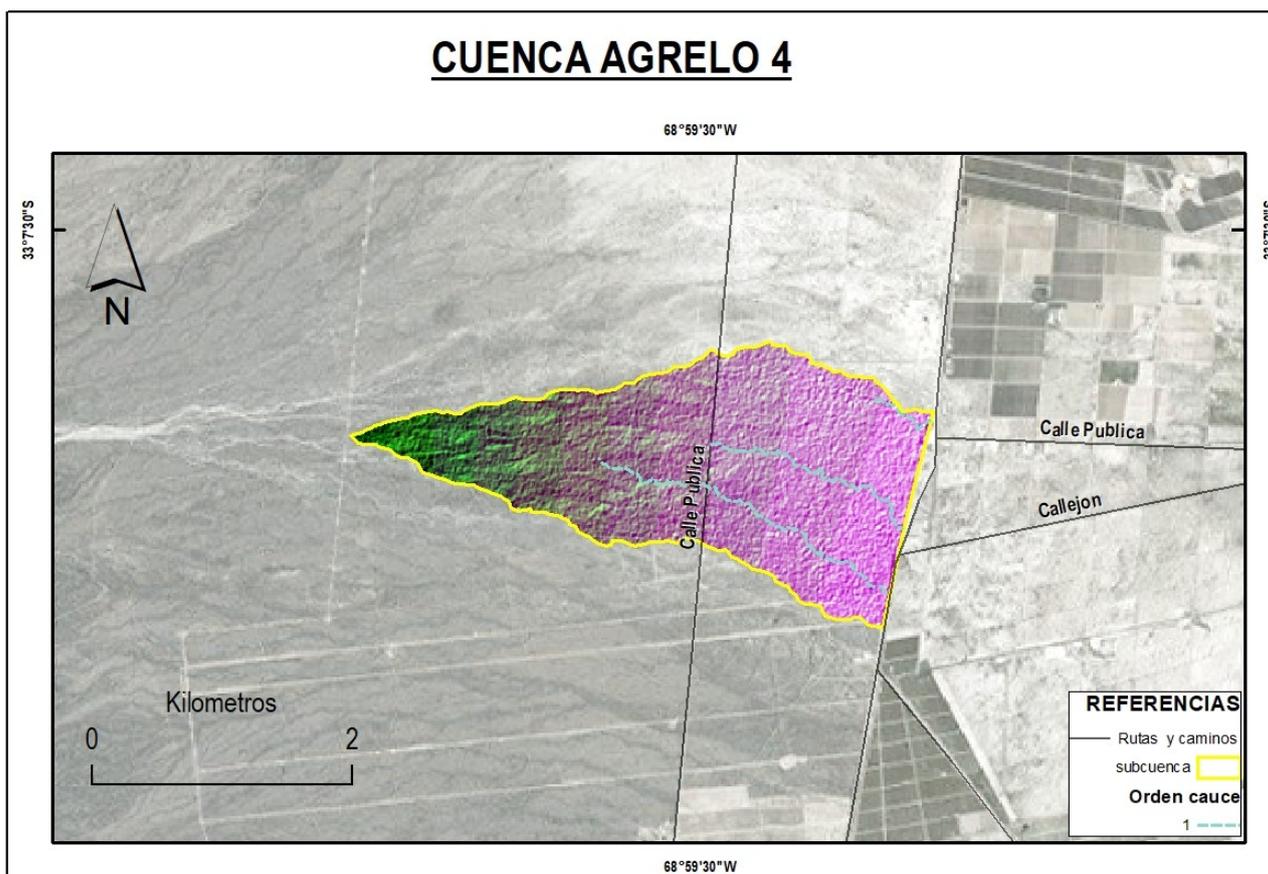
PARAMETROS

Area [km ²]	11.6	ΔH [m]	202.5
Hmax [m]	1259.9	Pend. Media	3.20%
Hmin [m]	1057.4	Tc [hs]	2.0



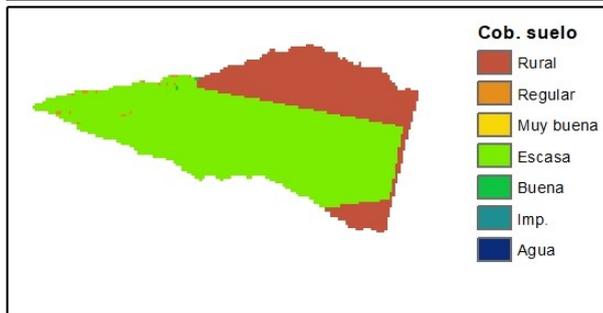
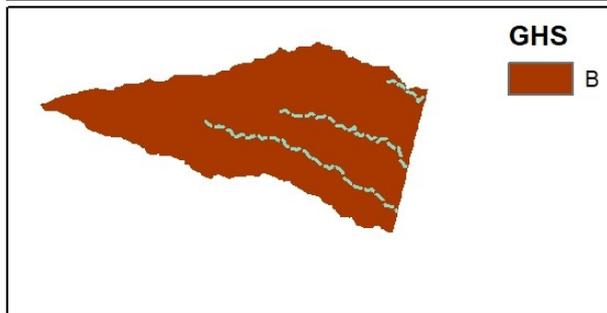
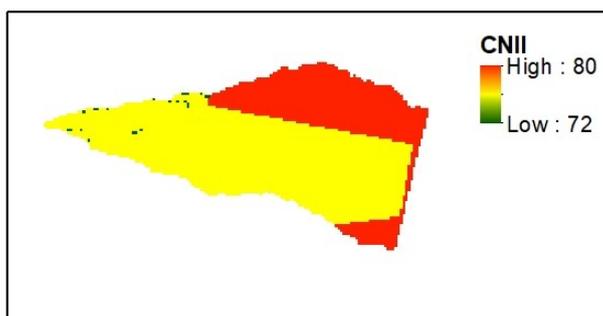
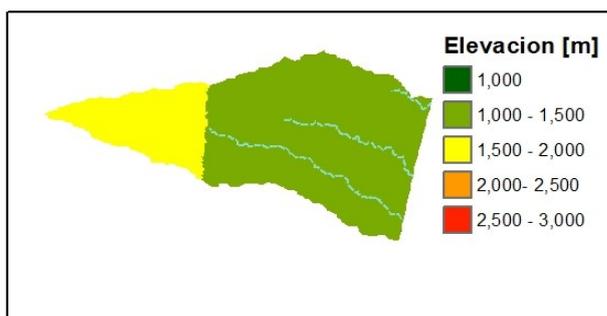
	Evaluación de amenazas hídricas en piedemonte al oeste del Área Metropolitana de Mendoza (AMM)	Secretario de Ambiente y Ordenamiento Territorial MENDOZA GOBIERNO
Resp. Proy.: Ing. V. Burgos Revisa / Aprueba: Arq. M. Lopez	Escenario: CONDICION ACTUAL Mapa de Cuenca 013	Esc.: 1:50,000 Fecha: Octubre de 2018 Lámina Nº: A13
		Sist.: Posgar 07 Proy.: GK (faja 2)

CUENCA AGRELO 4



PARAMETROS

Area [km ²]	5.0	ΔH [m]	138.1
Hmax [m]	1178.0	Pend. Media	2.87%
Hmin [m]	1039.9	Tc [hs]	1.4



Evaluación de amenazas hídricas en piedemonte al oeste del Área Metropolitana de Mendoza (AMM)



MENDOZA GOBIERNO

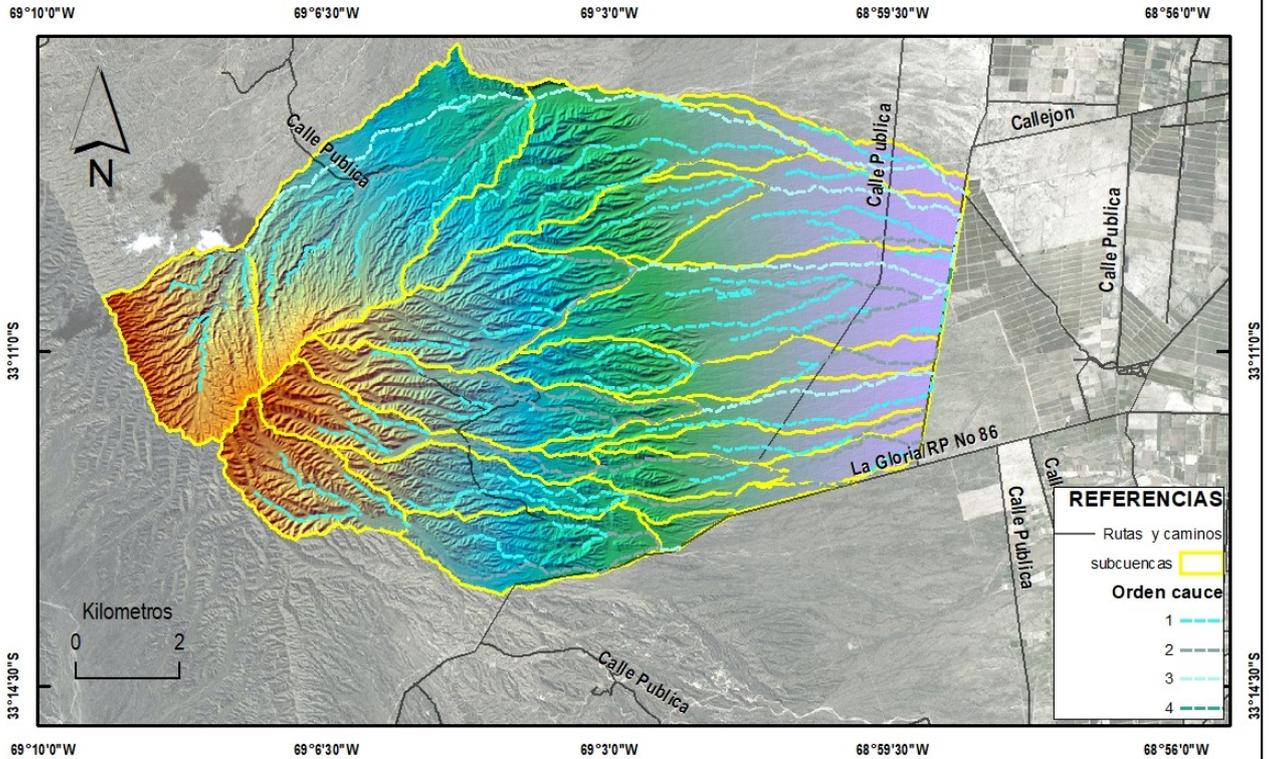
Resp. Proy.:
Ing. V. Burgos
Revisa / Aprueba:
Arq. M. Lopez

Escenario: CONDICION ACTUAL
Mapa de Cuenca 014

Esc.: 1:50,000
Fecha: Octubre de 2018
Lámina N°: **A14**

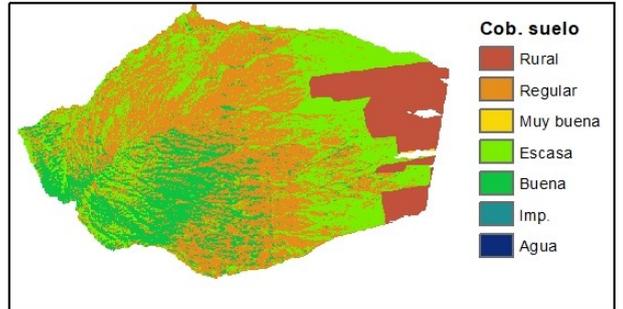
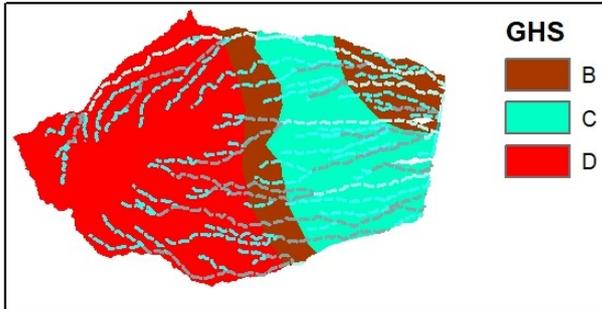
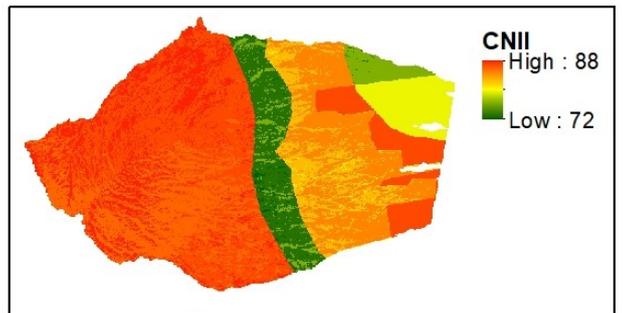
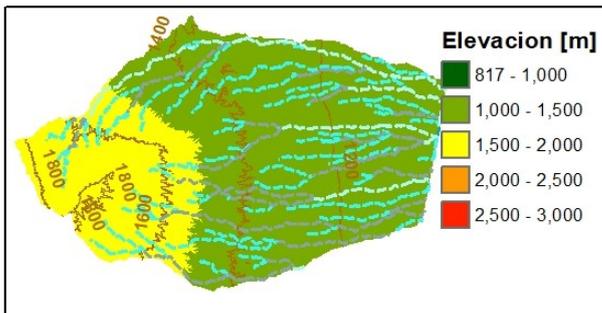
Sist.: Posgar 07
Proy.: GK (faja 2)

CUENCA AGRELO 5



PARAMETROS

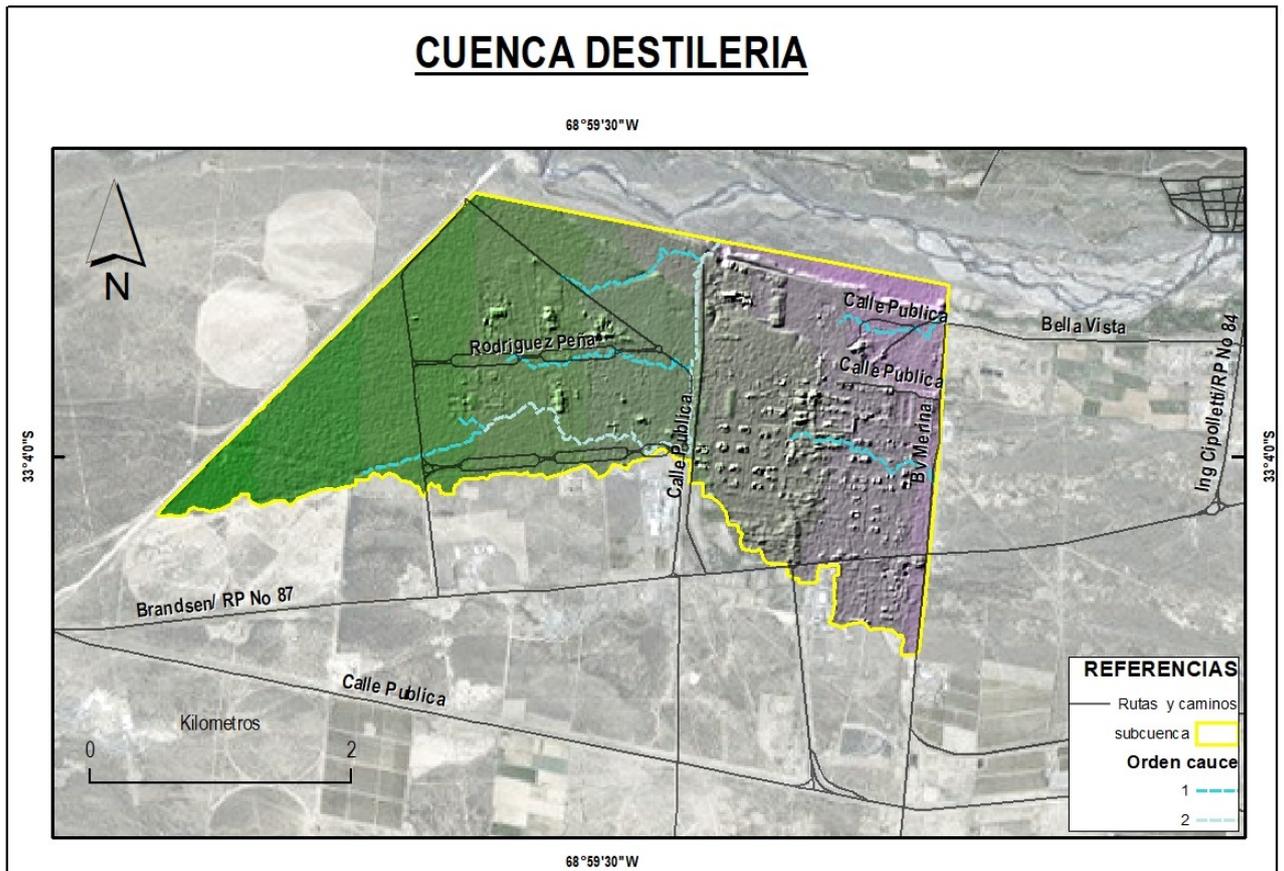
Area [km ²]	116.4	ΔH [m]	823.6
Hmax [m]	1868.3	Pend. Media	15.00%
Hmin [m]	1044.7	Tc [hs]	3.1



	Evaluación de amenazas hídricas en piedemonte al oeste del Área Metropolitana de Mendoza (AMM)		
	Resp. Proy.: Ing. V. Burgos Revisa / Aprueba: Arq. M. Lopez	Escenario: CONDICION ACTUAL Mapa de Cuenca 015	

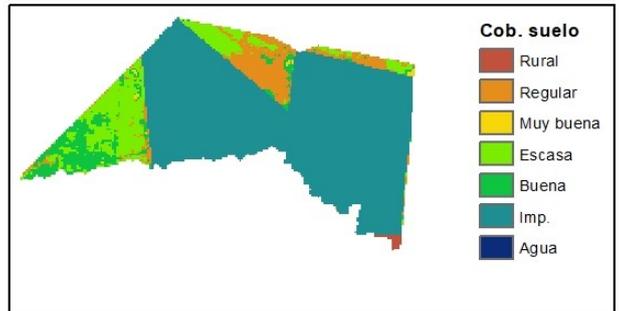
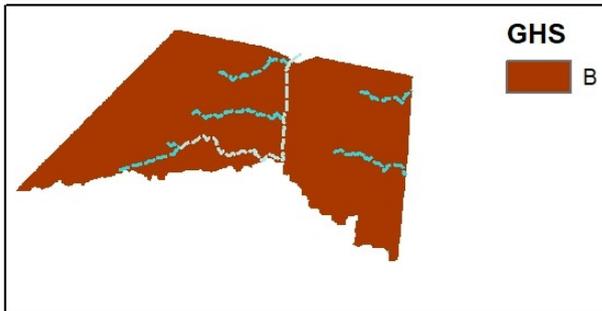
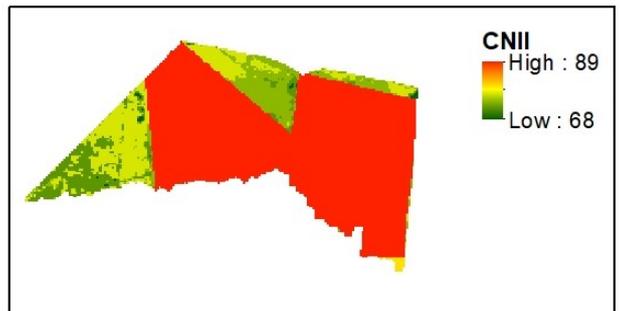
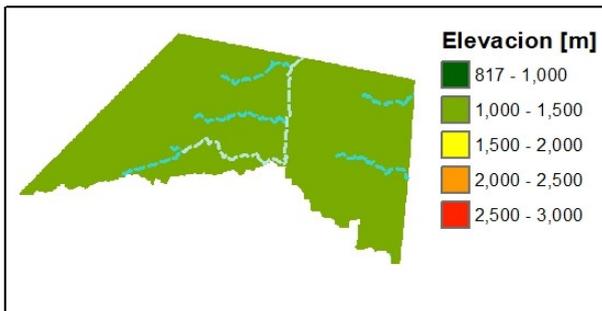
Sist.: Posgar 07
Proy.: GK (faja 2)

CUENCA DESTILERIA



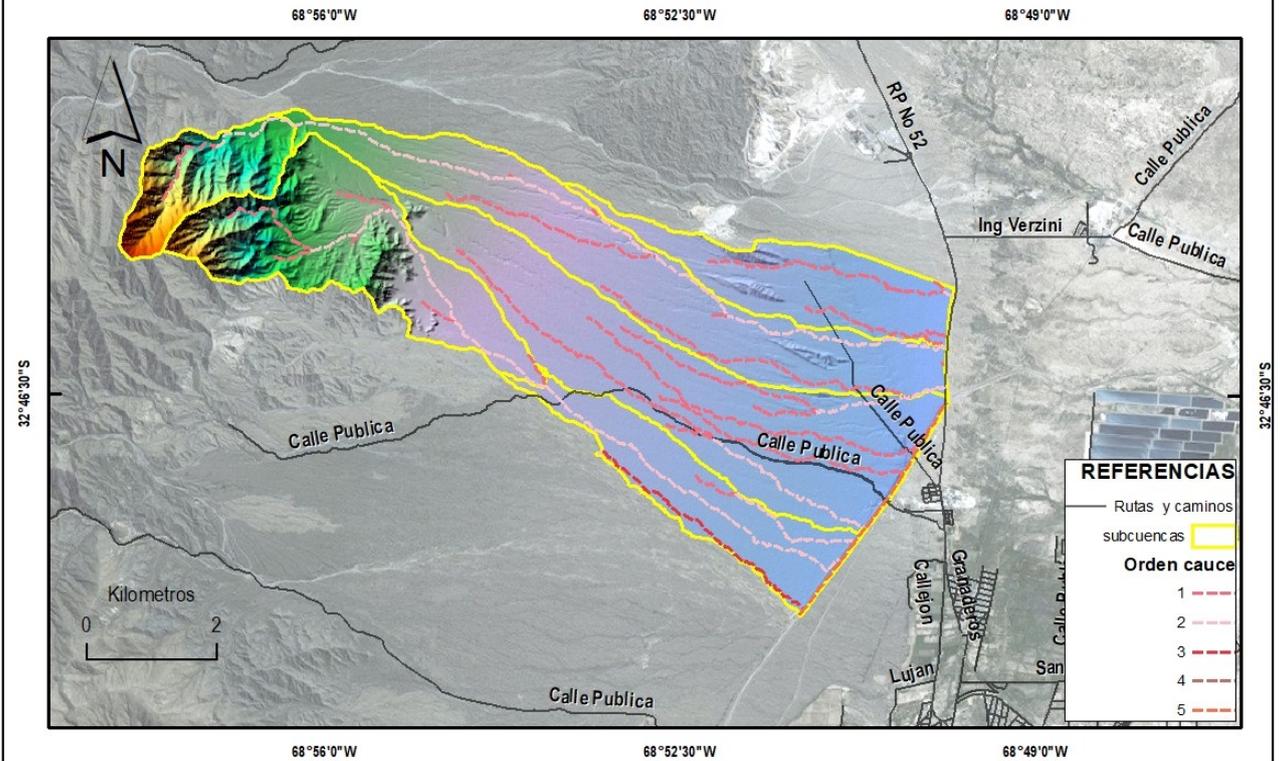
PARAMETROS

Area [km ²]	10.7	ΔH [m]	85.2
Hmax [m]	1156.4	Pend. Media	5.13%
Hmin [m]	1071.2	Tc [hs]	1.7



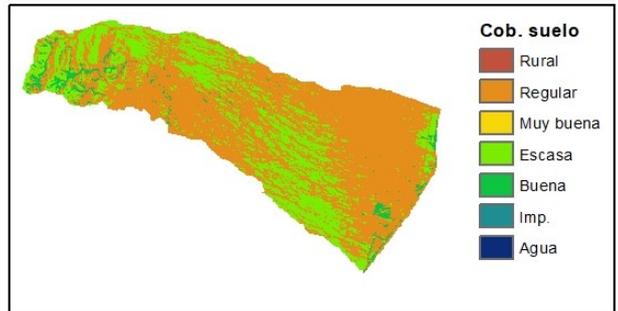
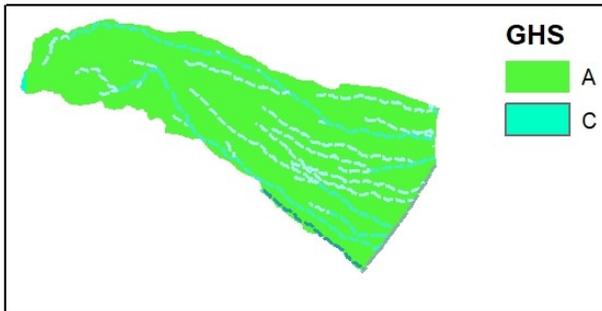
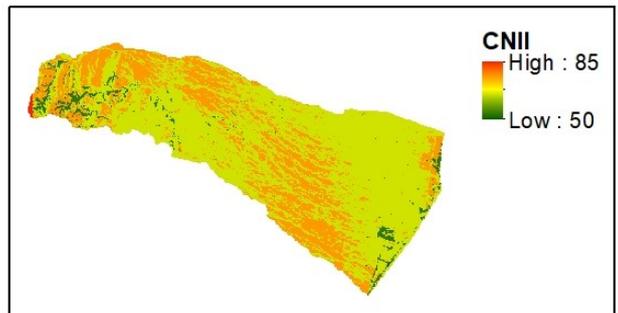
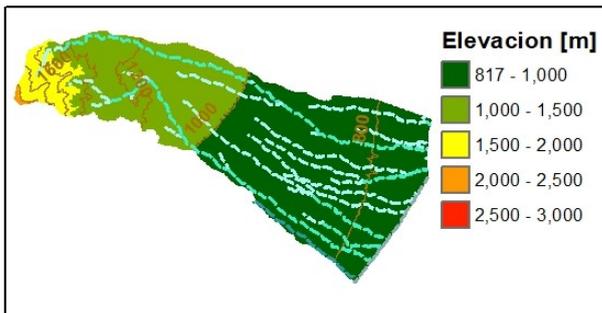
		Evaluación de amenazas hídricas en piedemonte al oeste del Área Metropolitana de Mendoza (AMM)			
Resp. Proy.: Ing. V. Burgos	Escenario: CONDICION ACTUAL		Esc.: 1:50,000		Sist.: Posgar 07 Proy.: GK (faja 2)
Revisa / Aprueba: Arq. M. Lopez	Mapa de Cuenca 016		Fecha: Octubre de 2018		
				Lámina N°: A16	

CUENCA COLECTOR LAS HERAS 2



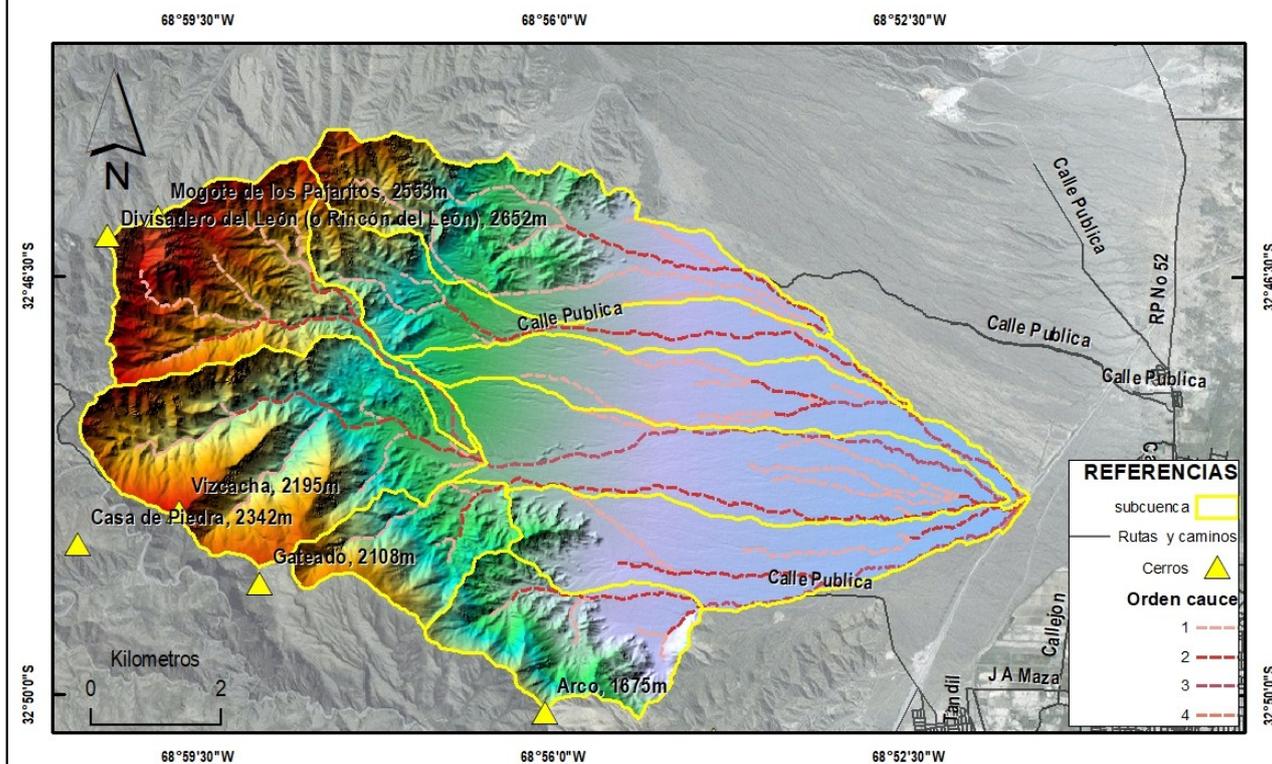
PARAMETROS

Area [km ²]	43.4	ΔH [m]	1423.0
Hmax [m]	2153.2	Pend. Media	18,80%
Hmin [m]	730.2	Tc [hs]	1.6



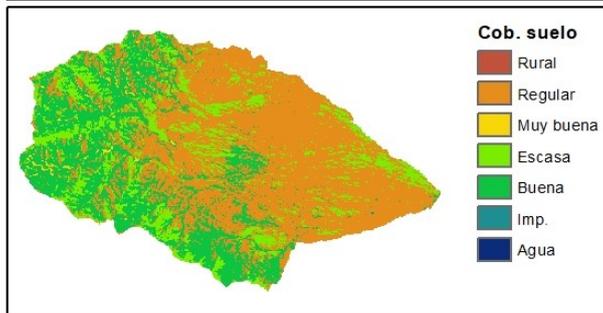
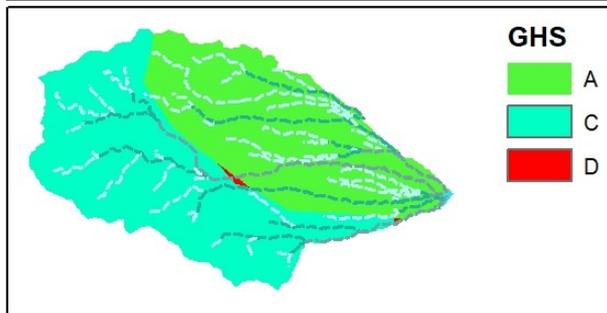
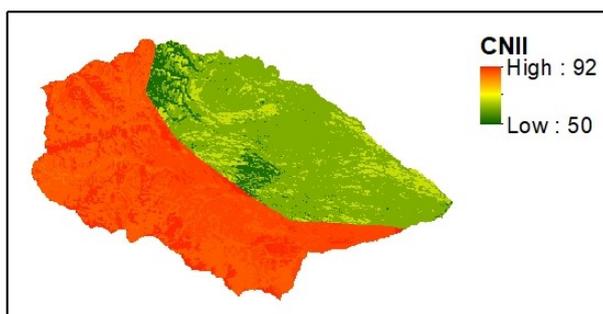
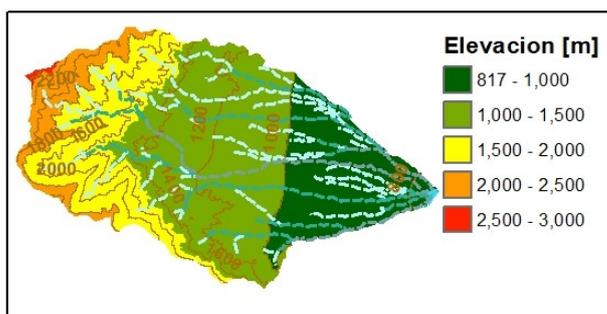
		Evaluación de amenazas hídricas en piedemonte al oeste del Área Metropolitana de Mendoza (AMM)			
Resp. Proy.: Ing. V. Burgos	Escenario: CONDICION ACTUAL		Esc.: 1:100,000		Sist.: Posgar 07 Proy.: GK (faja 2)
Revisa / Aprueba: Arq. M. Lopez	Mapa de Cuenca 017		Fecha: Octubre de 2018		
			Lámina N°: A17		

CUENCA QUEBRADA DE LAS CHILCAS



PARAMETROS

Area [km ²]	78.3	ΔH [m]	1900.0
Hmax [m]	2678.3	Pend. Media	33.69%
Hmin [m]	778.3	Tc [hs]	1.5



Evaluación de amenazas hídricas en piedemonte al oeste del Área Metropolitana de Mendoza (AMM)



MENDOZA GOBIERNO

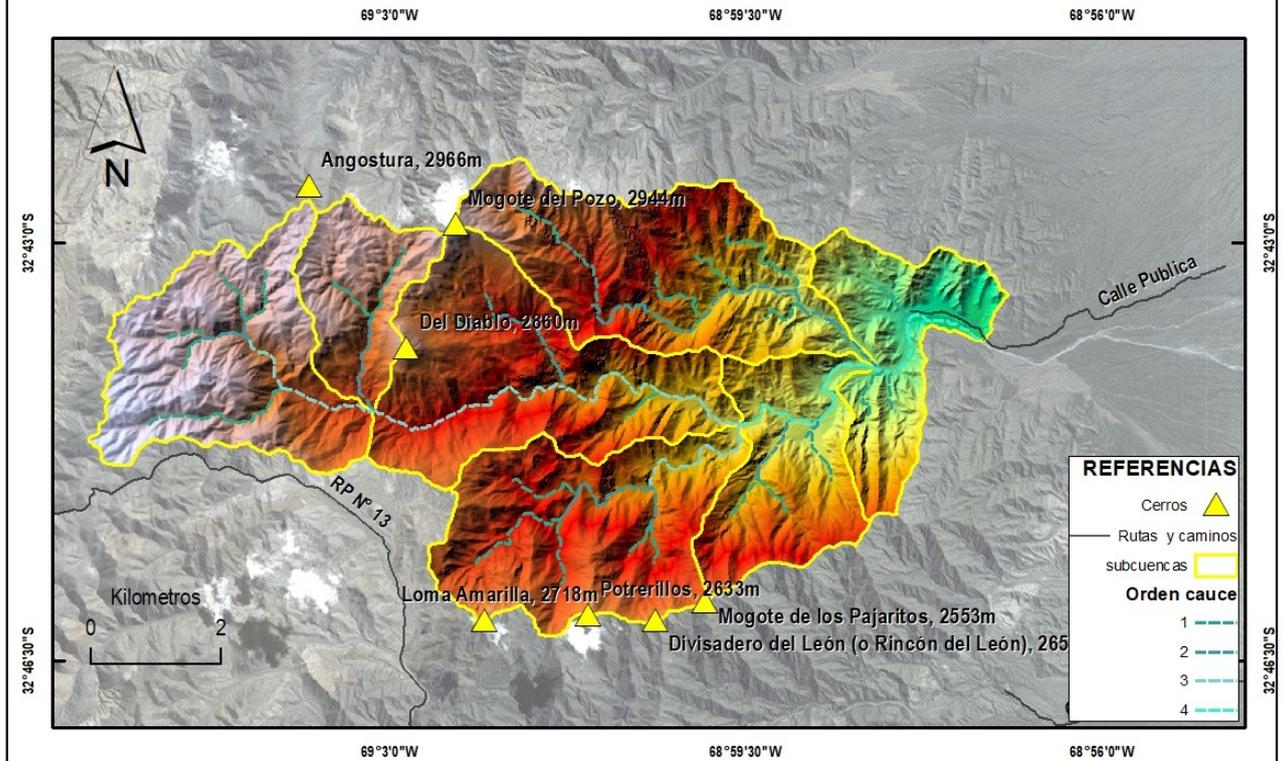
Resp. Proy.:
Ing. V. Burgos
Revisa / Aprueba:
Arq. M. Lopez

Escenario: CONDICION ACTUAL
Mapa de Cuenca 018

Esc.: 1:100,000
Fecha: Octubre de 2018
Lámina Nº: **A18**

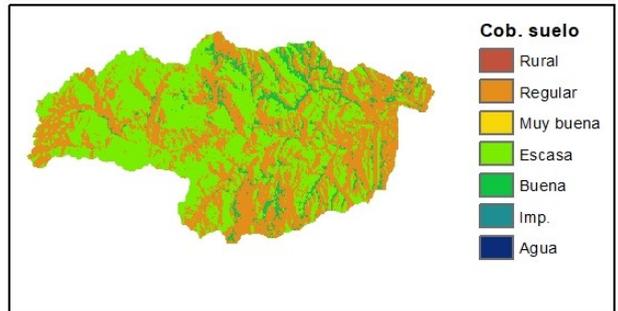
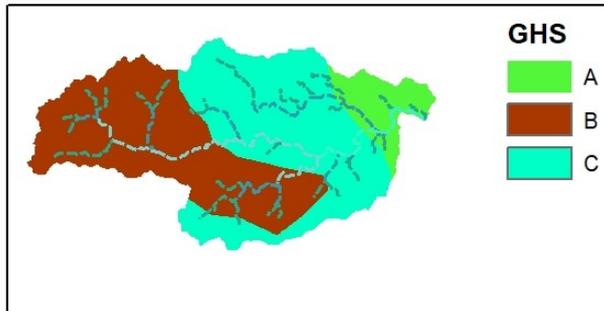
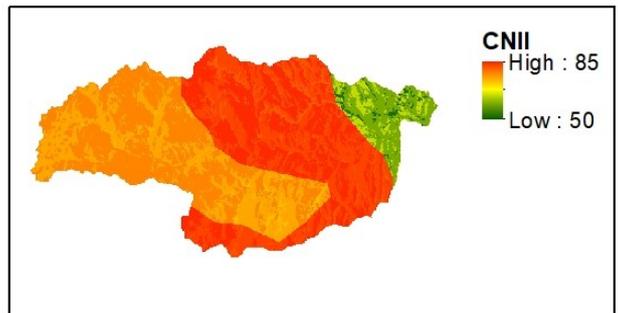
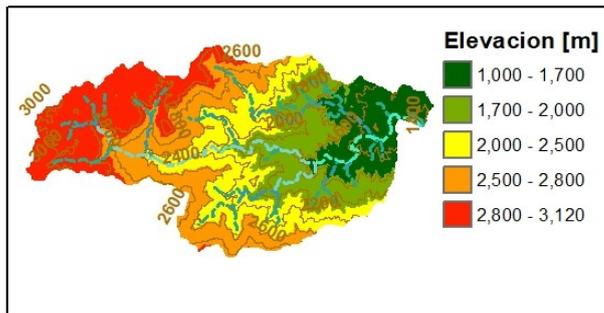
Sist.: Posgar 07
Proy.: GK (faja 2)

CUENCA HIGUERAS



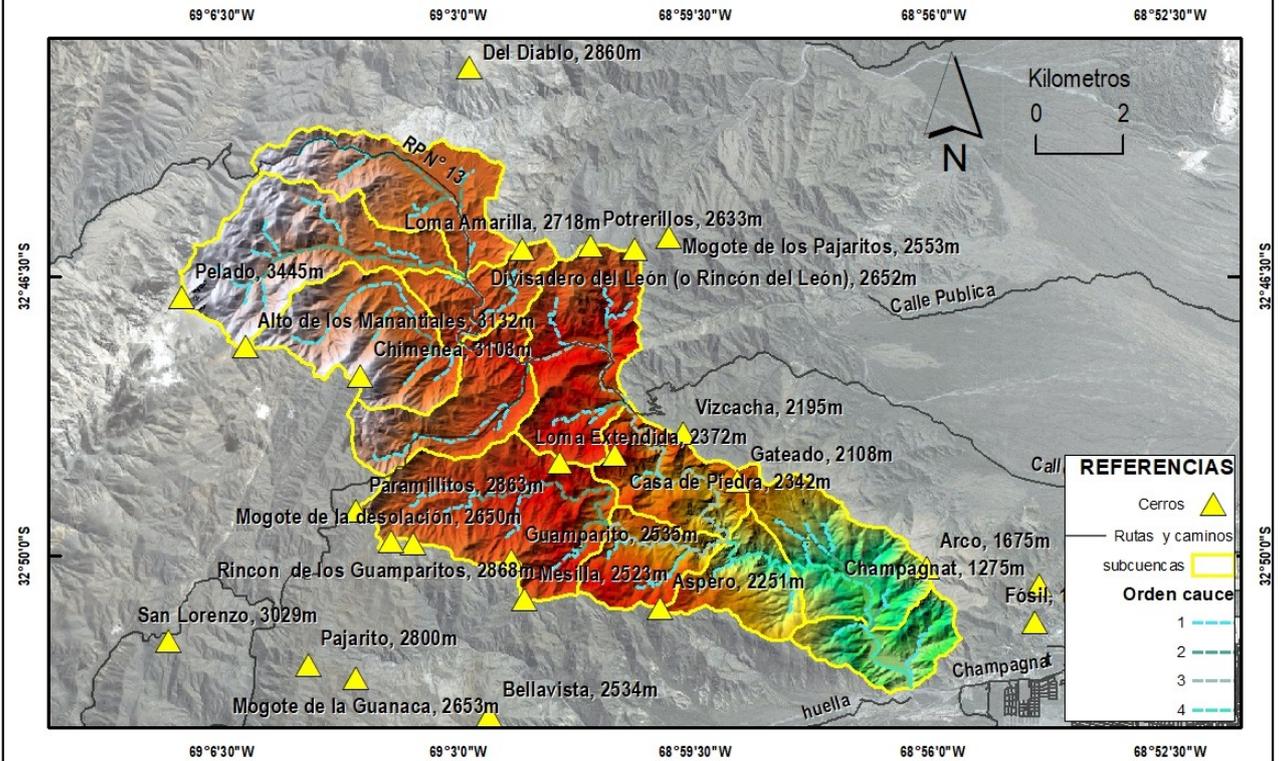
PARAMETROS

Area [km ²]	61.5	ΔH [m]	1743.7
Hmax [m]	3099.5	Pend. Media	53.49%
Hmin [m]	1355.8	Tc [hs]	1.6



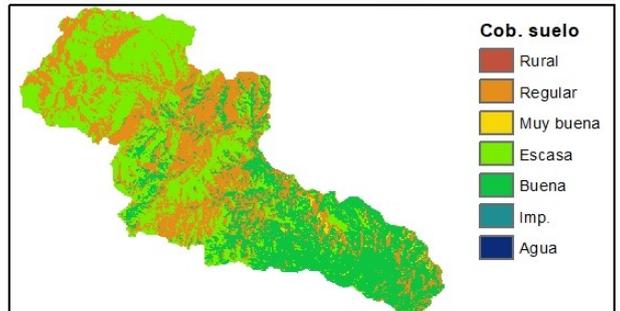
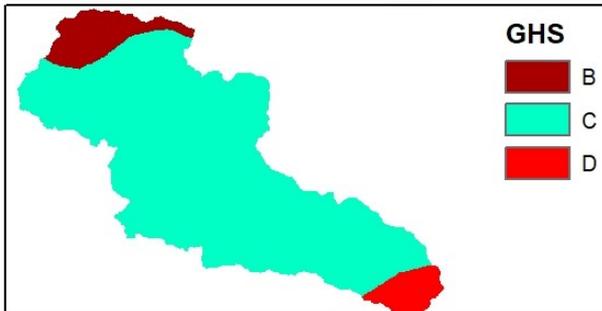
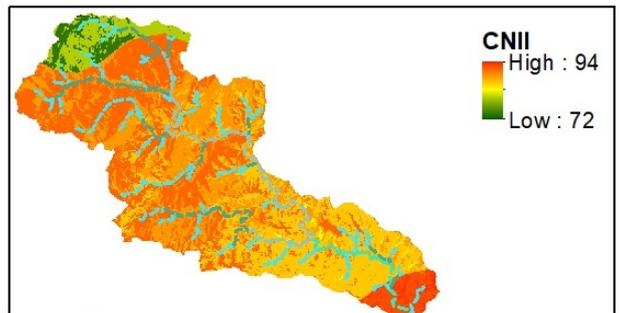
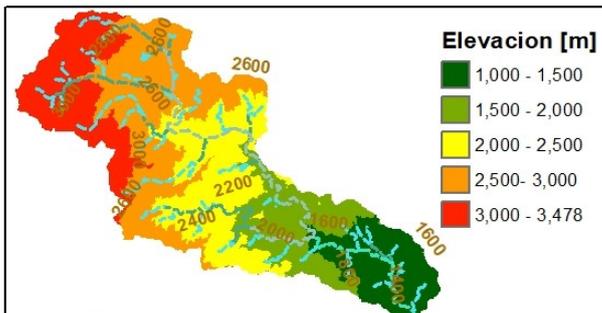
		Evaluación de amenazas hídricas en piedemonte al oeste del Área Metropolitana de Mendoza (AMM)		Secretario de Ambiente y Ordenamiento Territorial MENDOZA GOBIERNO	
Resp. Proy.: Ing. V. Burgos	Escenario: CONDICION ACTUAL		Esc.: 1:100,000		Sist.: Posgar 07 Proy.: GK (faja 2)
Revisa / Aprueba: Arq. M. Lopez	Mapa de Cuenca 019		Fecha: Octubre de 2018		
			Lámina N°: A19		

CUENCA CASA DE PIEDRA



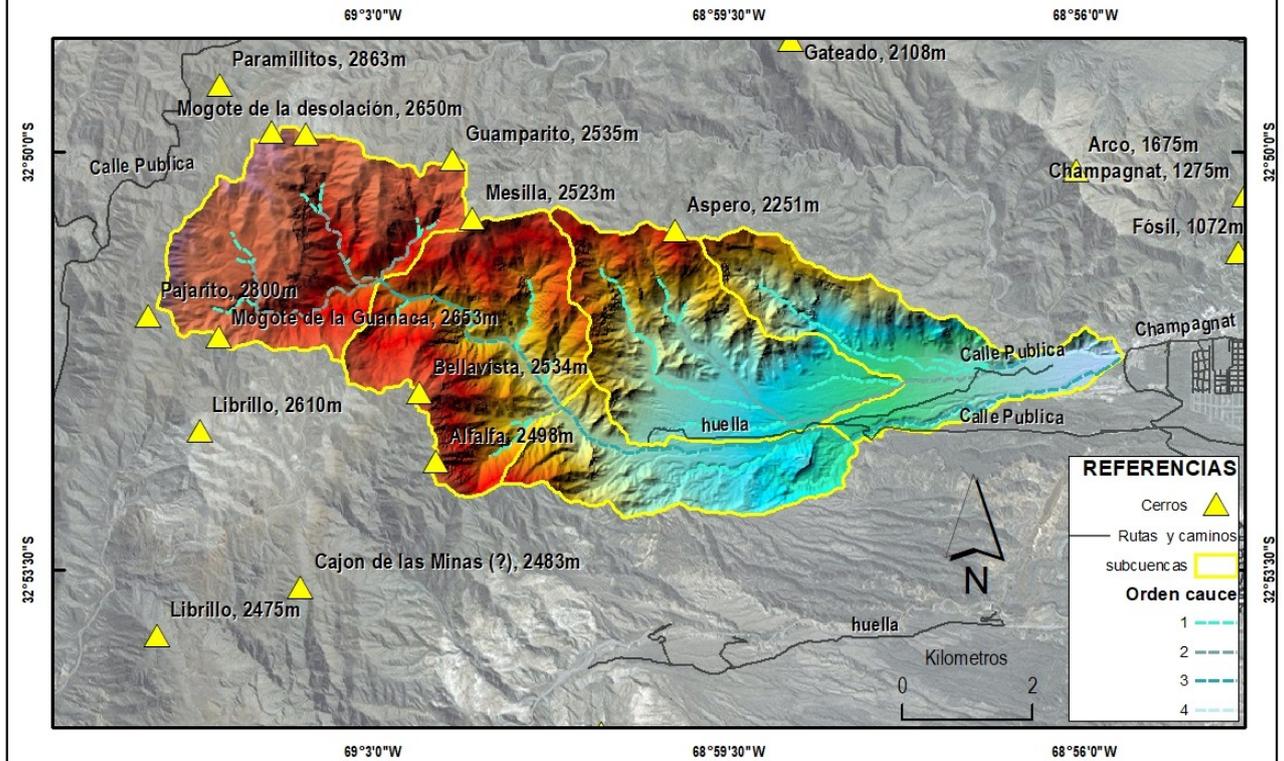
PARAMETROS

Area [km ²]	97.3	ΔH [m]	2315.9
Hmax [m]	3455.5	Pend. Media	46.66%
Hmin [m]	1139.6	Tc [hs]	2.5



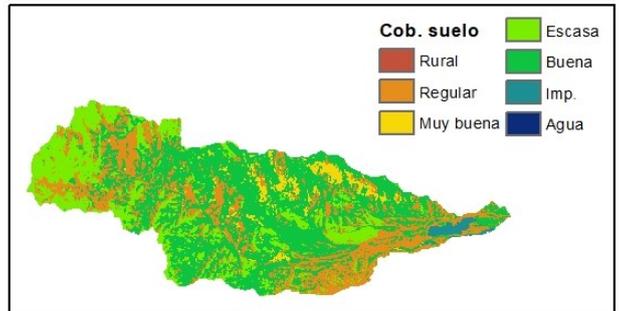
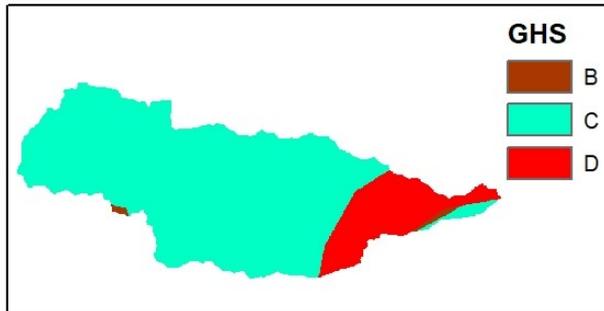
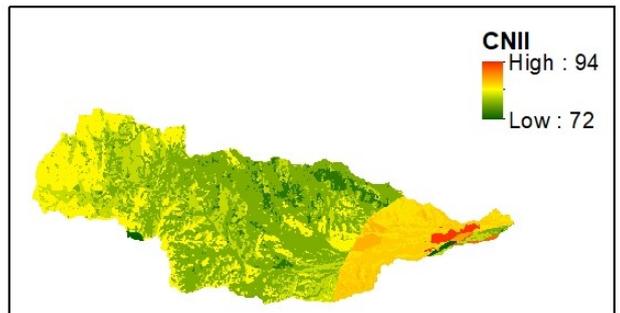
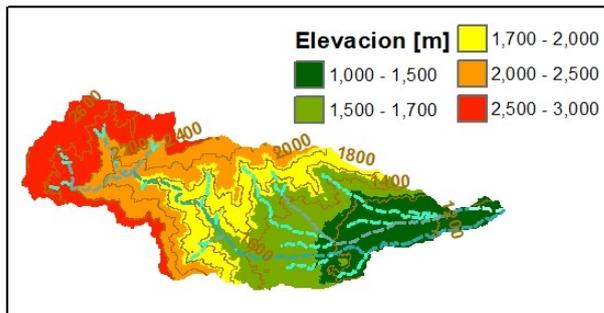
		Evaluación de amenazas hídricas en piedemonte al oeste del Área Metropolitana de Mendoza (AMM)			
Resp. Proy.: Ing. V. Burgos	Escenario: CONDICION ACTUAL		Esc.: 1:150,000		Sist.: Posgar 07 Proy.: GK (faja 2)
Revisa / Aprueba: Arq. M. Lopez	Mapa de Cuenca 020		Fecha: Octubre de 2018		
				Lámina Nº: A20	

CUENCA SAN ISIDRO



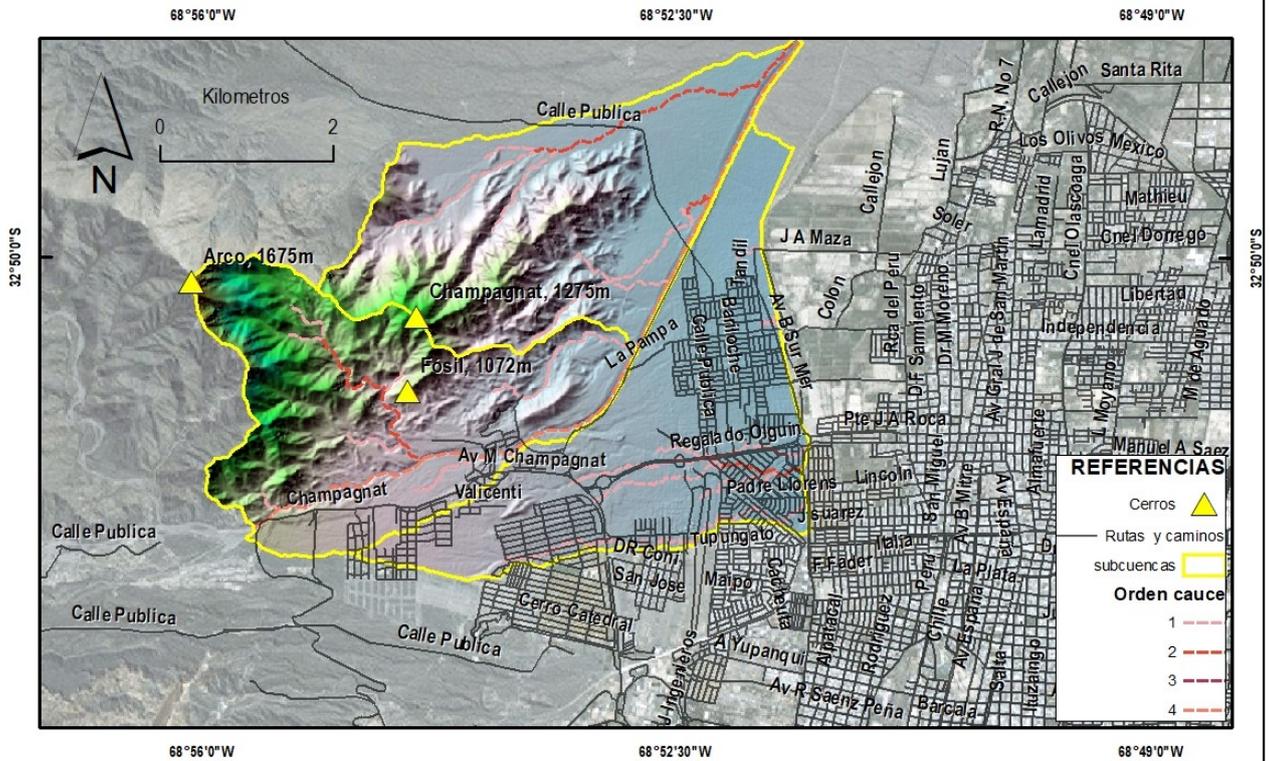
PARAMETROS

Area [km ²]	45.1	ΔH [m]	1676.0
Hmax [m]	2767.8	Pend. Media	44.72%
Hmin [m]	1091.8	Tc [hs]	1.7



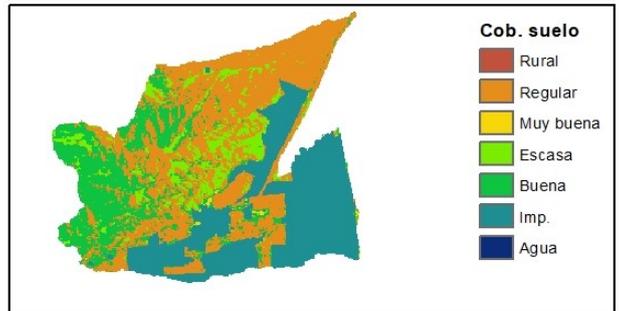
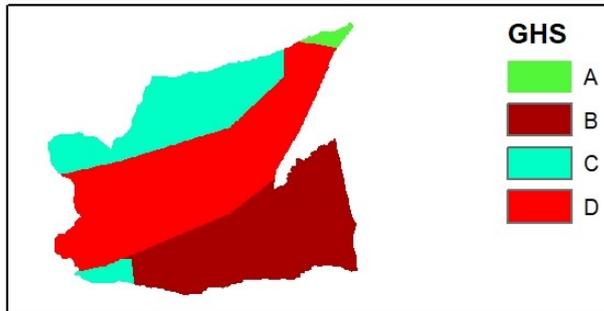
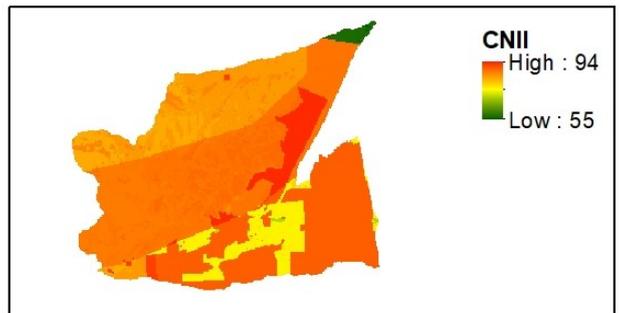
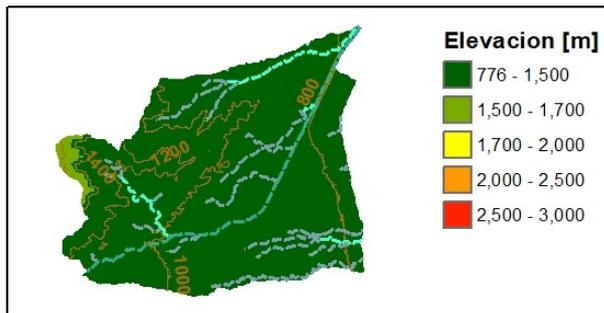
		Evaluación de amenazas hídricas en piedemonte al oeste del Área Metropolitana de Mendoza (AMM)			
Resp. Proy.: Ing. V. Burgos	Escenario: CONDICION ACTUAL			Esc.: 1:100,000	
Revisa / Aprueba: Arq. M. Lopez	Mapa de Cuenca 021			Fecha: Octubre de 2018	
			Lámina N°: A21		Sist.: Posgar 07 Proy.: GK (faja 2)

CUENCA COLECTOR LAS HERAS 1



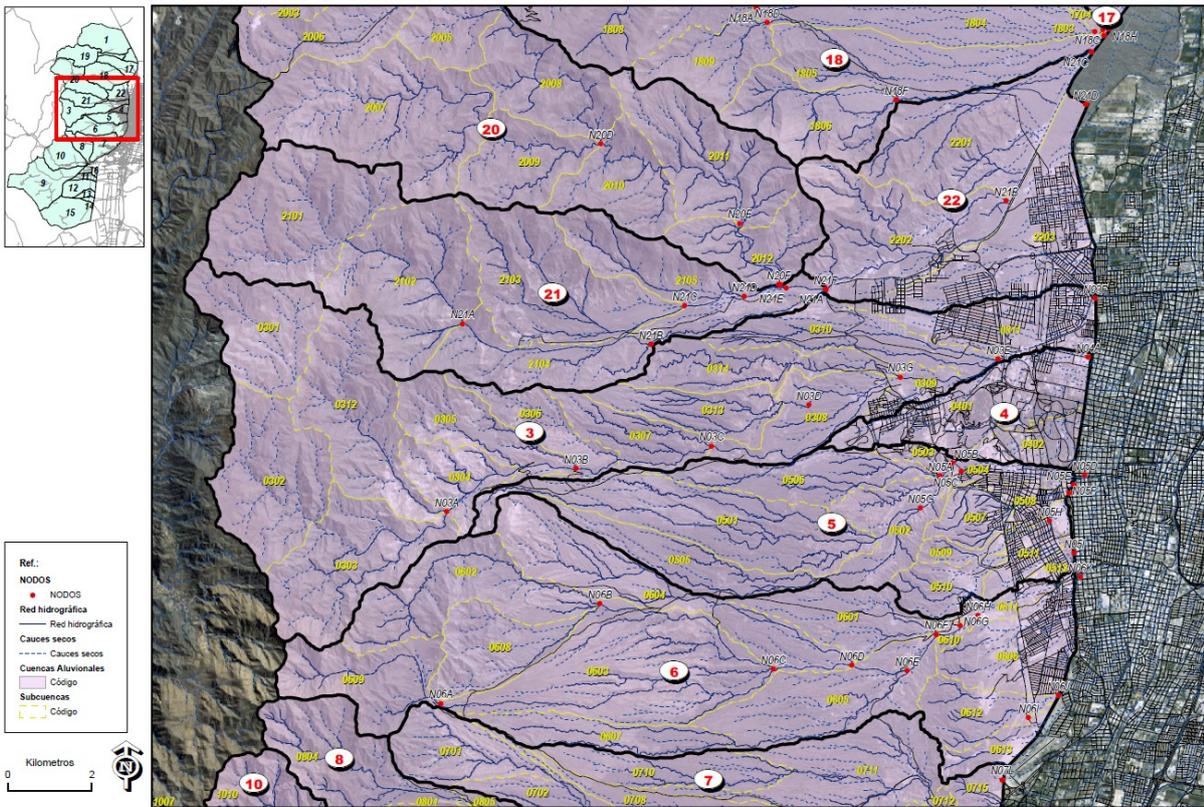
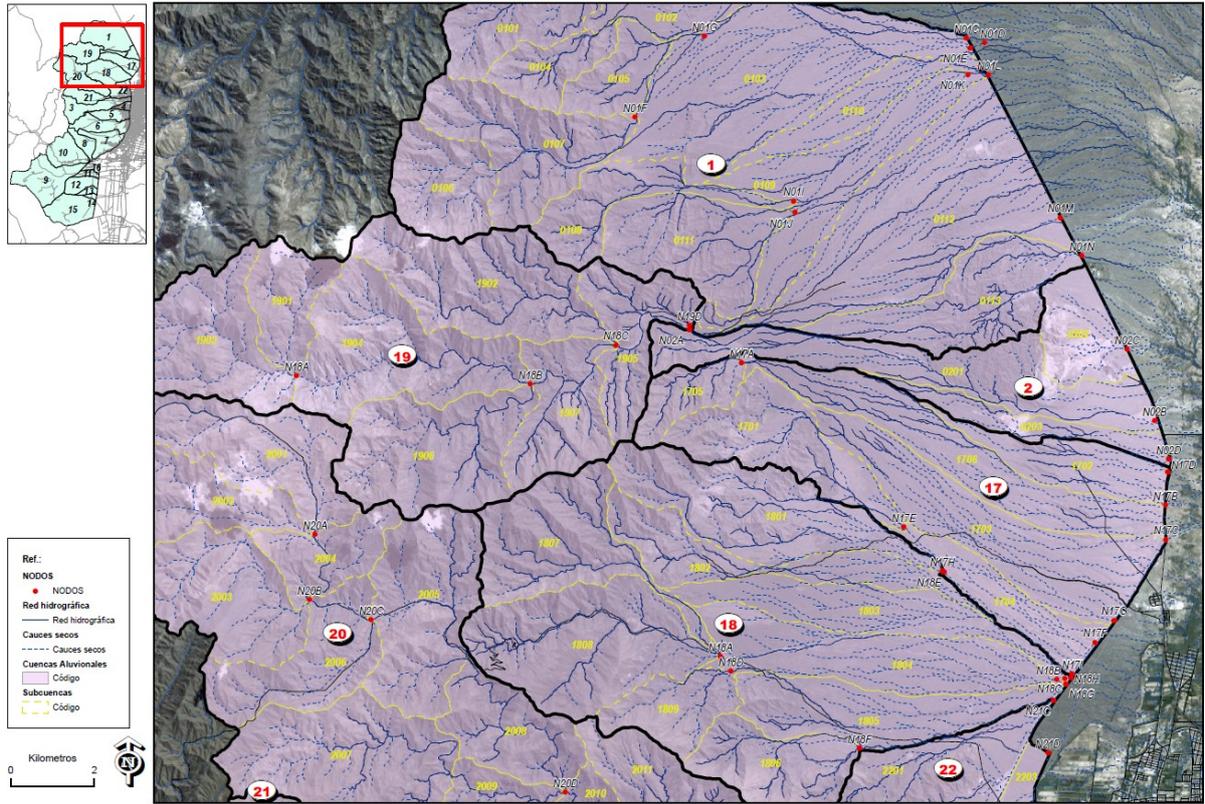
PARAMETROS

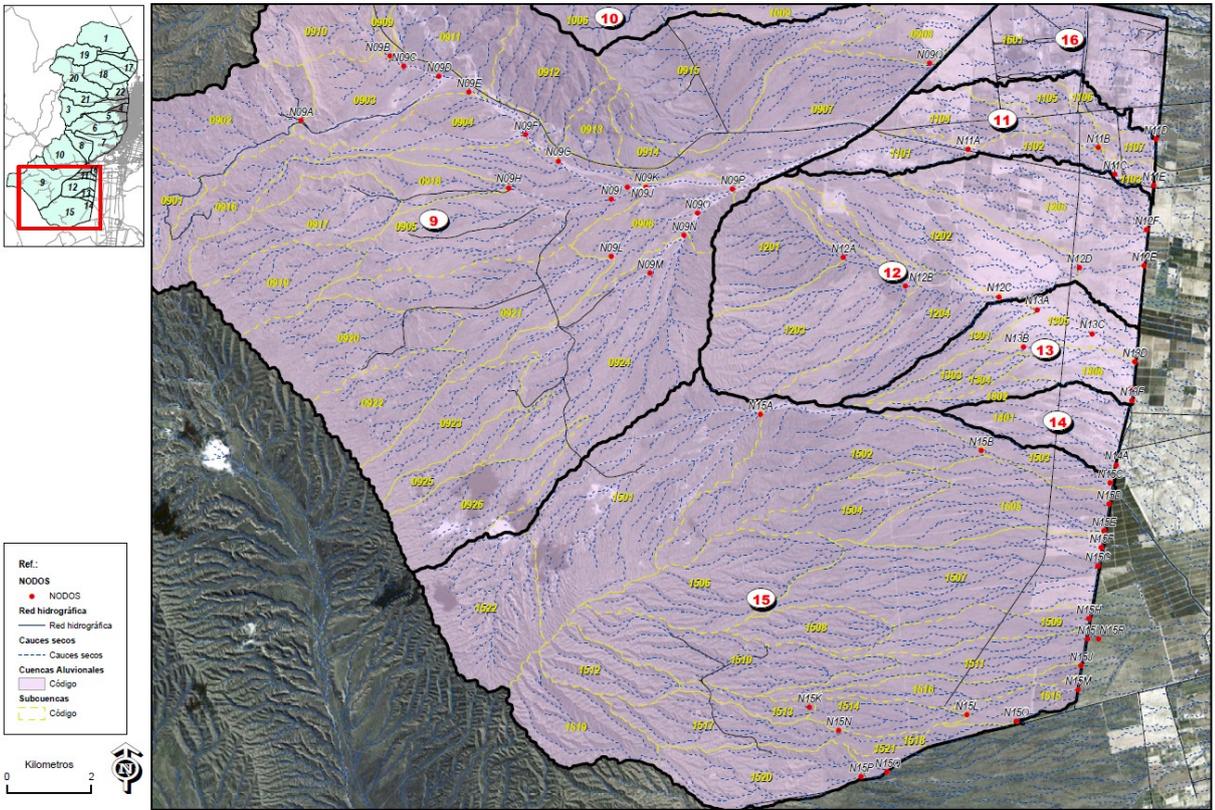
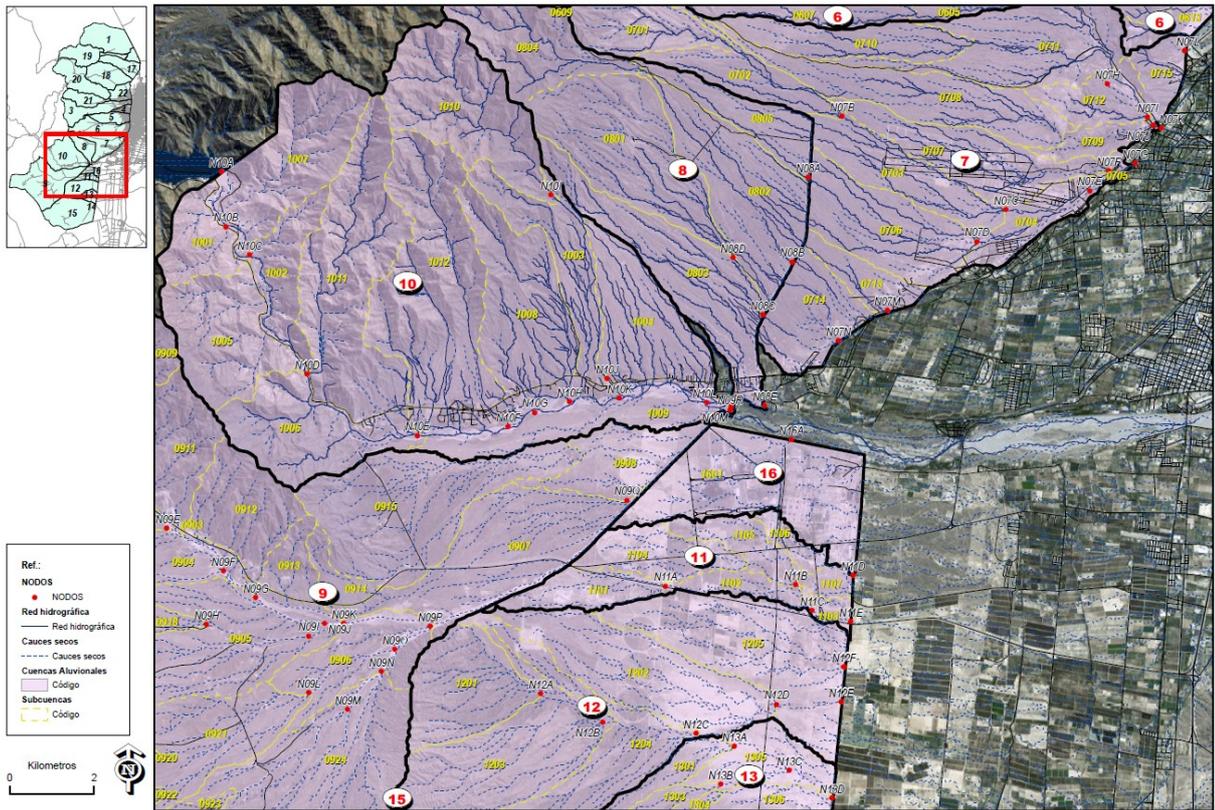
Area [km ²]	30.0	ΔH [m]	912.1
Hmax [m]	1696.5	Pend. Media	25.17%
Hmin [m]	784.4	Tc [hs]	1.2



	Evaluación de amenazas hídricas en piedemonte al oeste del Área Metropolitana de Mendoza (AMM)		
	Resp. Proy.: Ing. V. Burgos Revisa / Aprueba: Arq. M. Lopez	Escenario: CONDICION ACTUAL Mapa de Cuenca 022	

NODOS DEL MODELO HIDROLÓGICO





ANEXO V : JUSTIFICACIONES SEGÚN REVISIÓN A

Validación MDE TanDEM-X para elaboración de curva de volúmenes

Sólo para el caso del análisis de los diques aluvionales, se validó el MDE utilizado para todo el estudio (TanDEM-X de 10m de resolución espacial y con cotas elipsoidales) con una segunda fuente de información topográfica provista por el IGN mediante su MDE-Ar de detalle (con resolución espacial de 5m y confeccionado por restitución aerofotogramétrica). En esta validación se descontó la diferencia entre el modelo de geoide y el elipsoide por medio del uso del modelo de geoide argentino (Geoide-Ar16). Se observa en figura A5-1 un adecuado ajuste (considerando la escala de trabajo) para el Dique Maure, por lo que se dio por válido el análisis, utilizándose para el cálculo de la curva cota-volumen del Dique Papagayos el TanDEM-X al no poseer cobertura el MDEAr de 5 m, como lo indica la tabla 6-33. Para los diques Frías y Maure se utilizó MDEAr de 5m.

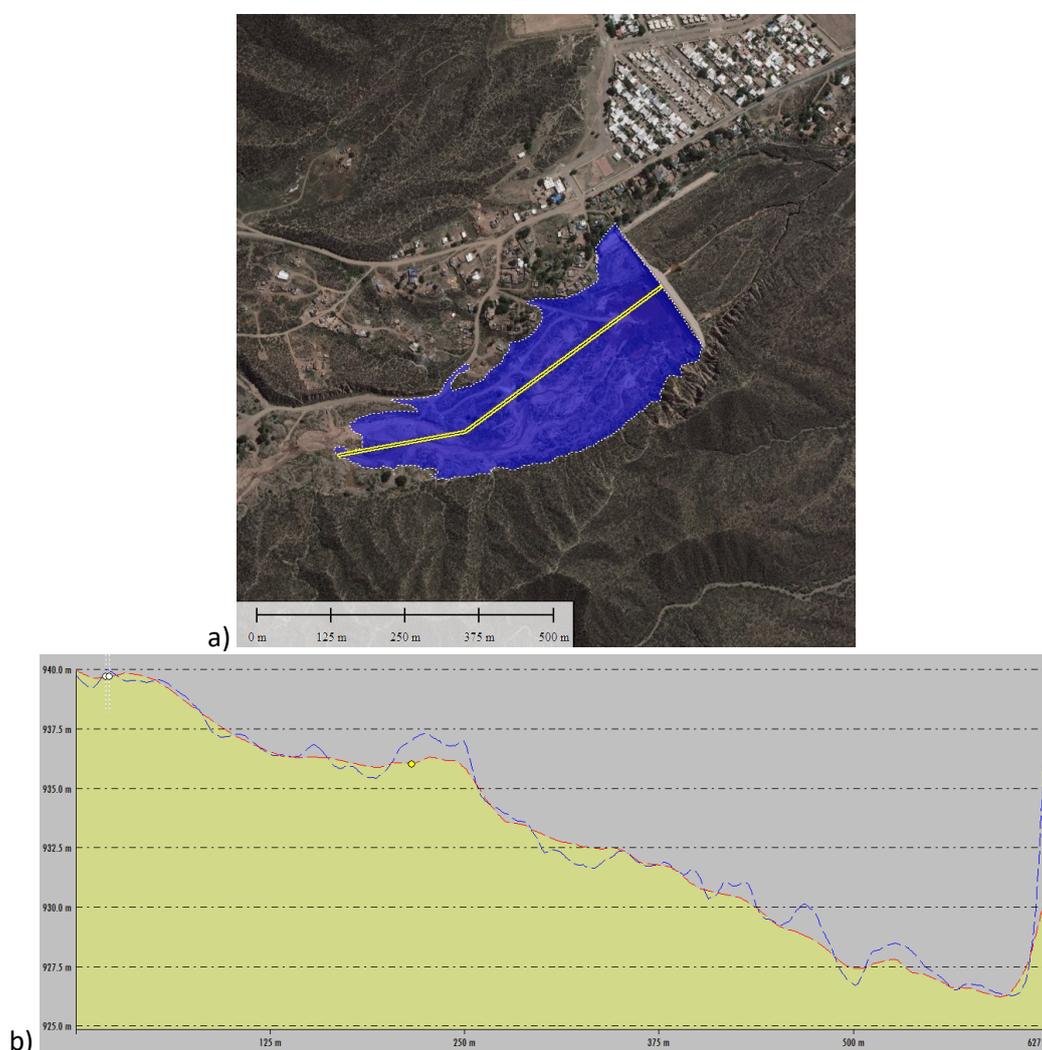


Figura A5-1. Dique Maure: a) Planimetría y ubicación de perfil, b) Diferencia de perfiles longitudinales (MDE TanDEM-X IDEM 10m corregido c/Geoide Ar-16 (amarillo) vs MDE AR 5m (azul))

Otra comparación realizada para validar el uso de TanDEM-X fue relativa a la curva en sí misma obtenida con los dos MDEs. Se muestra en la figura A5-2 el caso del Dique Maure donde ambas curvas se ajustan adecuadamente, siendo casi imperceptibles las diferencias.

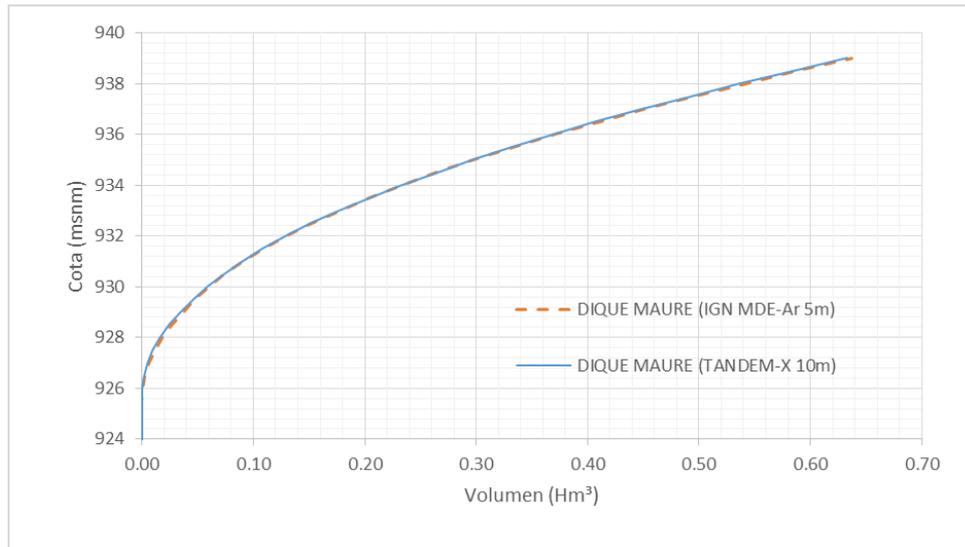


Figura A5-2. Dique Maure: Diferencia de curvas de volúmenes (MDE TanDEM-X IDEM 10m corregido c/Geoide Ar-16 (línea azul) vs MDE AR 5m (línea naranja discontinua)

ANEXO VI: JUSTIFICACIONES SEGÚN REVISIÓN B

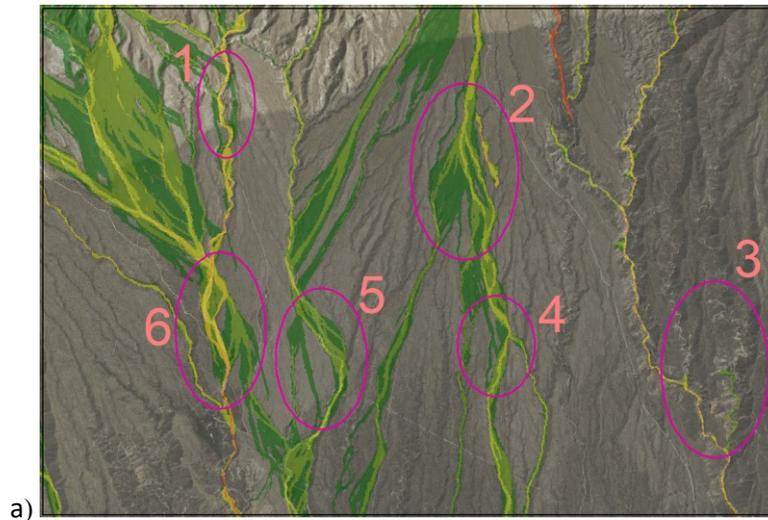
Justificación metodológica

La elección de la metodología utilizada que incluye la parte probabilística en la dirección del flujo, en lugar del tirante o la velocidad de flujo, resulta muy pertinente debido, en primera instancia, a la imposibilidad de contar con registros (aforos) de crecidas históricas o eventos aluvionales observados, que permitan calibrar o validar los modelos, para dar certeza a los resultados de tirantes o velocidades de flujo.

Si bien existen técnicas conocidas como velocimetría por seguimiento de partículas - PIV (*Particle Image Velocimetry*), o técnicas de medición de velocidades superficiales por imágenes a gran escala - LSPIV (*Large Scale Particle Image Velocimetry*), o seguimiento de partículas a gran escala - LSPTV, o velocimetría doppler acústica - ADV (*Acoustic Doppler Velocimeter*) o mediante perfiladores doppler acústicos - ADVP (*Acoustic Doppler Velocity Profiler*) para obtener datos durante las crecidas y mediante esa información poder calibrar los resultados y luego validar una modelación hidráulica, no están disponibles en Mendoza.

En segundo término, la elección del método de EMC y modelos utilizados (además del HEC RAS) incluye mejores definiciones de la dirección del flujo, en lugar de sólo estimar la altura sin validar el modelo hidráulico.

En zonas donde existen cauces bien canalizados, es más que probable que el flujo pase dentro de su sección actual, y en función del caudal dicha sección sea sobrepasada o no, pudiendo el flujo ocupar su planicie de inundación. Pero existen muchas otras zonas, donde no está bien manifestado el cauce (por estar dentro de una geoforma de tipo abanico aluvial) o como en muchos casos presentar divergencias o entrelazamientos (ver ejemplo en Fig. A6-1).



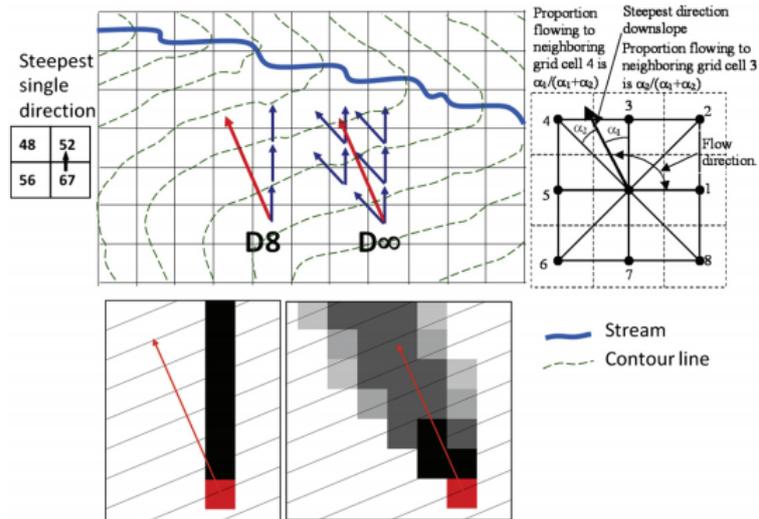


Fig. 1. The D8 and D ∞ flow models.

Fig. A6-2: Flujo D $_8$ vs D $_{inf}$ (Tesfa et al., 2011)

Esta capacidad del algoritmo D $_{inf}$ que emplea el modelo Flow-R permitió identificar zonas con mayor probabilidad de flujo que otras y asignar una probabilidad (cualitativa) clasificando los resultados numéricos obtenidos por clasificación en función de la desviación estándar en 6 clases (ver figura A6-3).

Por lo tanto, se conciben como complementarios todos los modelos utilizados, motivo que la da robustez a la EMC realizada.

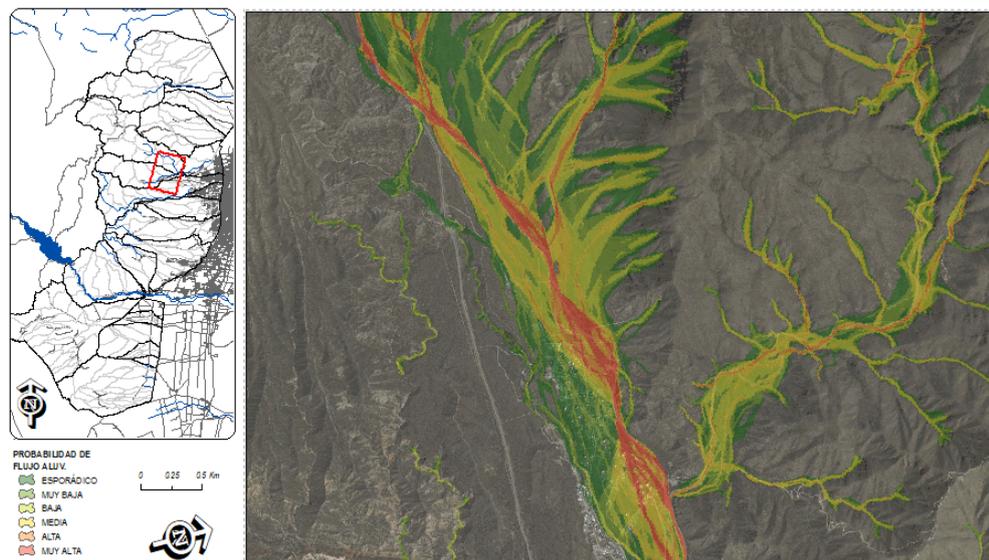


Fig. A6-3: Ejemplo de Mapa probabilístico cualitativo de flujo (zona del A o San Isidro)

ANEXO VII: JUSTIFICACIONES SEGÚN REVISIÓN C

Respecto del método para determinación de cuencas: La red hidrográfica y la delimitación de las subcuencas fue realizada utilizando el MDE TanDEM-X (10 m de resolución) a partir de algoritmos que incluye el SIG. Estos algoritmos son una secuencia de geoprocursos concatenados incluidos en la extensión HEC-GeoHMS para ArcView (USACE, 2000). Esta extensión, que constituye una interfase de acople con el modelo hidrológico HEC, presenta una serie de rutinas informáticas para el preprocesamiento del terreno y para el cálculo de parámetros hidrológicos a nivel de cuenca y subcuenca.

El primer paso consistió en generar un MDE “hidrológicamente corregido”, es decir, la elaboración de un MDE que representa con mayor exactitud las características de la red de drenaje existente en el terreno (Burgos & Salcedo, 2014). Para esta tarea, el programa realiza un proceso de llenado de “depresiones”, celdas aleatorias con menor altura que sus circundantes y que constituyen un impedimento para el cálculo del movimiento del agua sobre el terreno.

El paso siguiente es el cálculo de la dirección del flujo, a fin de identificar las celdas contribuyentes aguas arriba del punto de cierre generando así la delimitación de la superficie de aporte hidrológico, es decir la cuenca. El algoritmo para el cálculo de la dirección de flujo se denomina “D8” el cual establece las 8 posibles direcciones a 45°, basados en el ángulo que posee la celda central de análisis respecto a sus vecinos. El método D8 asigna un código de dirección de flujo a cada celda, basado en la máxima pendiente respecto a sus ocho vecinos. De acuerdo al ángulo, se clasifica en 8 clases según la orientación (E, NE, N, NW, W, SW, S, SE) codificadas con números potencias de 2 (1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128).

El paso siguiente es el cálculo de la acumulación del flujo, el cual utiliza como dato de entrada la grilla de dirección de flujo. La grilla de salida contiene en cada pixel el número de celdas que acumula aguas arriba. La Figura 11 muestra la secuencia explicada.

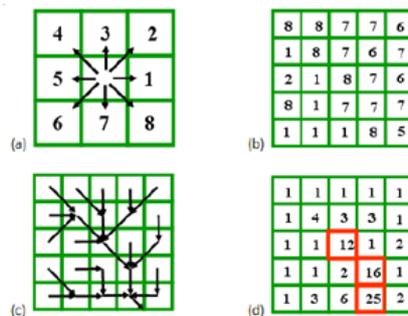


Fig. 11: (a): Codificación de direcciones, (b) Codificación de orientaciones en una grilla de 5x5 celdas; (c) Red de flujo; (d) Grilla de acumulación de flujo

Para extraer la red de drenaje y las subcuencas, se selecciona en la grilla de acumulación de flujo un umbral mínimo, es decir una cantidad mínima de celdas drenantes que hagan que la celda pertenezca a un cauce o no. Para el presente trabajo se fijó un umbral de 5000 celdas, es decir un área mínima drenante de 0.50 km². De esta forma se obtiene la red hidrográfica sintética. Asimismo, se analizaron órdenes de cauce para diferentes umbrales (1000, 5000 y 10.000 celdas) adoptando el umbral de 50 Ha como definición de cauces de 1º orden.

Finalmente se vectoriza la red de drenaje y poligonizan las subcuencas a fin de calcular sus parámetros morfométricos.