



**“ESTUDIO DEL MEDIO GEOLÓGICO,
GEOMORFOLÓGICO Y BIÓTICO DE LOS TERRENOS A
ANEXAR PARA LA AMPLIACIÓN DEL EJIDO DE LA
CIUDAD DE VILLA CARLOS PAZ”**

Córdoba, enero de 2020

Proyecto:	Estudio del medio geológico, geomorfológico y biótico de los terrenos a anexar para la ampliación del ejido de la ciudad de Villa Carlos Paz
Comitente:	Municipio de Villa Carlos Paz
Expediente:	Expediente INA 2019-11647957-ANP-INA#MI
Protocolo INA	1610
Presupuesto Oficial:	\$649.771,00 (pesos seiscientos cuarenta y nueve mil con setecientos setenta y uno con 00/100)
Fecha de Firma Acta Complementaria:	23 de Abril de 2019
Coordinador:	Geol. Osvaldo L. Barbeito
Cartografía y Edición:	Ana Laura Rydzewski
Equipos de Trabajo:	
INA-CIRSA	Geol. Osvaldo Barbeito Bec. Ana Laura Rydzewski Geol. David E. Moya
Colaboradores en tareas de campo y registro fotográfico:	Julieta Barbeito Geol. Mauro F. Lanfranco.
Consultores Externos:	
Medio Biótico	Biól. Liliana Arguello Mg. Biól. Guillermo Schwindt Téc. Agr. Adriana Verdini Est. Biól. José Fissore
Arqueología	Dr. Sebastián Pastor

INDICE

I.- RESUMEN EJECUTIVO	7
I.1.- OBJETIVO GENERAL.....	7
I.1.A. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
I.1.B. SÍNTESIS DE TAREAS REALIZADAS	8
SECCION I.....	9
ANÁLISIS REGIONAL.....	9
ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS.....	10
II.- HIDROGRAFÍA CUENCA ALTA RÍO SUQUIA.....	11
III.- GEOLÓGIA Y GEOMORFOLÓGIA	18
III.1.- LITOLOGÍA	19
III.2.- CUBIERTAS RESIDUALES Y SUELOS	20
III.3.- AMBIENTES GEOMORFOLÓGICOS.....	24
IV.- NEOTECTONICA Y SISMICIDAD	31
IV.1.- ESTRUCTURA GEOLÓGICA FALLAS	31
IV.1.A. FALLA SIERRA CHICA:.....	31
IV.1.B. FALLA QUEBRADA HONDA:	32
IV.1.C. FALLAS Y/O FRACTURAS SECUNDARIAS:	33
IV.2.- INDICIOS DE ACTIVIDAD NEOTECTÓNICA.	34
IV.2.A. PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS.....	34
IV.2.B. EVIDENCIAS EN IMÁGENES SATELITALES Y EN CAMPO.	37
V.- ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN.COMUNIDADES VEGETALES CUENCA ALTA RÍO SUQUIA.	39
V.1.- COMUNIDADES VEGETALES PRESENTES EN LOS AMBIENTES GEOMORFOLÓGICOS.....	41
V.1.A. COMUNIDADES VEGETALES DE LA VERTIENTE ESCALONADA DE LA SIERRA GRANDE	41
V.1.B. COMUNIDADES VEGETALES DEL VALLE ESTRUCTURAL DE PUNILLA.....	42
V.1.C. COMUNIDADES VEGETALES DE LA SIERRA CHICA.....	43
VI.- AREA URBANIZADA SEGÚN CUENCA Y PROBLEMATICAS ASOCIADAS.....	44
VII.- FRECUENCIA DE INCENDIOS	47
VIII.- FICHAS SÍNTESIS	50
IX.- ANTECEDENTES Y BIBLIOGRAFIA CONSULTADOS	59
X.- GLOSARIO.....	63
XI.- ANEXO CARTAS:.....	64
SECCION 2.....	65
EJIDO AMPLIADO	65
XII.- HIDROGRAFÍAY PARAMETROS MORFOMÉTRICOS	66

XII.1.- PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS	67
XII.2.- ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL EN CUENCAS URBANIZADAS.....	74
XII.2.A. CUENCAS SIERRAS CHICAS.....	81
XII.2.B. CUENCAS VERTIENTE ESCALONADA SIERRA GRANDE	86
XII.2.C. ÁREA URBANA CONSOLIDADA	96
XII.3.- CONCLUSIONES	98
XIII.- AMBIENTES Y UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS.....	100
XIII.1.- RELIEVE DE MONTAÑA: VERTIENTE ORIENTAL ESCALONADA DE LAS CUMBRES DE ACHALA Y SIERRA GRANDE.....	104
XIII.1.A. DOMINIO DE ROCAS METAMÓRFICAS	104
XIII.1.B. DOMINIO ROCAS ÍGNEAS	106
XIII.1.C. VALLES ESTRUCTURALES SECUNDARIOS.	108
XIII.1.D. FAJAS FLUVIALES:	110
XIII.2.- RELIEVE DEMONTAÑA - SIERRA CHICA.....	120
XIII.2.A. ABRUPTO DE FALLA DEL LINEAMIENTO PRINCIPAL (SIERRA CHICA).	121
XIII.2.B. ABRUPTO DE FALLA DEL LINEAMIENTO SECUNDARIO (SIERRA DE OCHOA).	123
XIII.2.C. VERTIENTE ORIENTAL TENDIDA DE LA SIERRA CHICA	124
XIII.2.D. DOMINIO ROCAS METAMÓRFICAS	125
XIII.2.E. VALLES ESTRUCTURALES SECUNDARIOS.....	126
XIII.3.- RELIEVE DE VALLE- VALLES ESTRUCTURALES DE PUNILLA Y COSTA AZUL	126
XIII.3.A. PIEDEMONTES DEL LINEAMIENTO PRINCIPAL (SA. CHICA).....	127
XIII.3.B. PIEDEMONTES DEL LINEAMIENTO SECUNDARIO	130
XIII.3.C. FAJA FLUVIAL RÍO SAN ANTONIO	134
XIII.3.D. PERIEMBALSE	138
XIV.- PELIGROSIDAD Y RIESGO GEOMORFOLÓGICO.....	143
XIV.1.- EVALUACIÓN DE AMENAZAS O PELIGROSIDAD DESENCADENADA POR FENÓMENOS NATURALES	143
XIV.1.A. INUNDACIONES Y ANEGAMIENTOS. ASPECTOS CONCEPTUALES	144
XIV.2.- ZONIFICACION Y CATEGORIZACIÓN DE PELIGROSIDAD DE INUNDACION Y ANEGAMIENTO EJIDO.....	147
XIV.2.A. ZONA DE EXTREMA PELIGROSIDAD POR INUNDACIONES REPENTINAS.	148
XIV.2.B. ZONA DE ALTA PELIGROSIDAD POR INUNDACIONES REPENTINAS Y ANEGAMIENTO.	149
XIV.2.C. SIN PELIGROSIDAD POR INUNDACIÓN -ANEGAMIENTO. AFECTADA POR EROSIÓN HÍDRICA ACELERADA Y REMOCIÓN EN MASA EN RELIEVE DE MONTAÑA.	151
XIV.3.- SITIOS CRÍTICOS ÁREAS EXPUESTAS SEGÚN ZONIFICACIÓN.....	153
XIV.4.- BIBLIOGRAFIA.....	157
XV.- ASPECTOS BIÓTICOS.....	158

XV.1.- INTRODUCCIÓN.....	158
XV.1.A. OBJETIVOS	158
XV.2.- COMUNIDADES VEGETALES DEL SECTOR DE AMPLIACIÓN DE EJIDO URBANO	158
XV.3.- FAUNA	162
XV.4.- CONSERVACIÓN:.....	164
XV.5.- FRECUENCIA Y RIESGO ESTRUCTURAL DE INCENDIOS EJIDO VILLA CARLOS PAZ	169
XV.6.- BIBLIOGRAFÍA.....	174
XVI.- PATRIMONIO ARQUEOLÓGICO PREHISPÁNICO VALLE DE PUNILLA SECTOR SUR	176
XVI.1.- TIPÓLOGIA DE YACIMIENTOS ARQUEOLOGICOS.....	181
XVI.2.- PELIGROSIDAD DE PÉRDIDAS PATRIMONIALES SEGÚN TIPO DE YACIMIENTO. ZONIFICACION.....	184
XVI.2.A. YACIMIENTOS SOBRE ROCAS INMÓVILES ARTEFACTOS DE MOLIENDA: MORTEROS, CONANAS. GRABADOS CON FORMA DE HOYUELOS.	185
XVI.2.B. YACIMIENTOS DE CAMPAMENTOS RESIDENCIALES, CON MATERIALES EN SUPERFICIE Y/O EN EL SUBSUELO.....	185
XVI.2.C. YACIMIENTOS POTENCIALES	186
XVI.2.D. OCUPACIONES EN ABRIGOS ROCOSOS.	186
XVI.3.- BIBLIOGRAFÍA.....	187
XVII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES	189
XVIII.- GLOSARIO.....	192
XIX.- CARTAS.....	193
XX.- FICHAS SINTESIS EJIDO AMPLIADO VILLA CARLOS PAZ.....	194
XXI.- ANEXO REGISTRO DE INUNDACIONES HISTÓRICAS.....	216
XXII.- ANEXO ESCALAR DE GRADOS Y SUBGRADOS DE ARTIFICIALIZACIÓN	228
XXIII.- ANEXO TERMINOS DE REFERENCIA LICITACIÓN.....	232

Agradecimientos

A los vecinos entrevistados, agentes de gestión municipal, docentes y directivos de establecimientos educativos, que compartieron con nosotros registros fotográficos y sus saberes respecto de la dinámica de la escorrentía en el sector urbano. Sus aportes permitieron verificar los procesos identificados en las tareas de laboratorio mediante triangulación de datos a partir de corroboración cruzada.

I.- RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento constituye el informe técnico conforme al convenio marco firmado entre el Instituto Nacional del Agua y la Municipalidad de Villa Carlos Paz (anexo 1).

El plan de trabajo contemplo la generación de estudios de base que caracterizan y evalúan las condiciones; geológicas, geomorfológicas, de relieve, hidrogeomorfológicas, edafológicas, biológicas y sitios de interés sociocultural en los terrenos anexados al ejido de la localidad de Villa Carlos Paz.

Se plantearon dos niveles de análisis complementarios, a saber: nivel de mesoescala se evaluaron las cuencas de aporte de los sistemas de drenaje identificados, y el entorno regional con influencia en ejido municipal, y a nivel de detalle en donde trabajó en el territorio anexado al ejido municipal.

En base a ello este informe técnico fue organizada en dos secciones: Sección 1- Análisis regional y Sección 2- Ejido ampliado.

El análisis regional fue requerido para poder concretar un estudio integral de las unidades hidrológicas correspondientes al ejido ampliado ya que son tributarias al Embalse y a los ríos San Antonio y Los Chorrillos. Sumado a ello, ciertas dinámicas territoriales y problemáticas identificadas tales como; crecimiento urbano - contaminación de los recursos hídricos presentan como unidad de gestión la cuenca hidrográfica en su conjunto.

Los resultados obtenidos brindan información de clara interpretación para el uso interdisciplinario e incluyen recomendaciones y restricciones de uso generales. De utilidad para la toma de decisiones en el ámbito de gestión y planificación urbana, así como también la implementación de medidas de protección, manejo y mitigación.

I.1.- OBJETIVO GENERAL

Evaluar las condiciones geológicas, geomorfológicas, flora, fauna y amenazas naturales según proceso – severidad, en el ejido de la localidad de Villa Carlos Paz.

I.1.a. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1- Caracterizar el relieve, geología, geomorfología y tipos de suelos
- 2- Determinar cuencas y redes de drenaje asociadas.
- 3- Evaluar y zonificar la amenaza de inundación y procesos asociados (erosión de márgenes, sobrepasos, etc.) del Arroyo Los Chorrillos, Río Icho cruz – San Antonio y cursos menores no identificados en la toponimia, en los tramos comprendidos dentro del ejido actual.
- 4- Detectar y evaluar procesos de remoción en masa en forma de caídas, deslizamientos y flujos con énfasis en la vertiente occidental de la Sierra Chica.
- 5- En los terrenos anexados al ejido, definir comunidades biológicas.
- 6- Caracterizar y evaluar el estado, representatividad y conectividad de las comunidades biológicas identificadas.
- 7- Delimitar las comunidades vegetales presentes en los ambientes geomorfológicos a escala de la cuenca y el sector.
- 8- Determinar los condicionantes naturales y antrópicos que definen la distribución de la vegetación.
- 9- Generar una carta de ocupación de tierras que cualifique el estado de la vegetación.
- 10- Determinar áreas críticas por los valores y por el riesgo de pérdida de las comunidades biológicas presentes.

Elaboró: Área Geomorfología	Emisión: Enero de 2020	
<p>INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – B° Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gov.ar</p>	Revisión: 03	Página 7 de 236

- 11- Determinar el riesgo potencial de incendio.
- 12- Identificar y caracterizar sitios de interés sociocultural por su valor histórico y/o arqueológico en los terrenos anexados al ejido.

I.1.b. Síntesis de tareas realizadas

Se realizó una recopilación de antecedentes bibliográficos y cartográficos. A partir de dicha información, relevamientos de campo y de la aplicación de técnicas de fotointerpretación y teledetección, se diferenciaron unidades de terreno según sus características geológicas, geomorfológicas, cobertura vegetal y procesos morfodinámicos.

El análisis espacial y cartografía temática se realizó mediante un sistema de información geográfica (SIG). Para ello, se trabajó con los programas de código abierto QGIS versión 2.14.3 y System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA).

La delimitación de cuencas, sistemas de drenaje y parámetros morfométricos se realizaron en base al análisis y procesamiento de Modelos Digitales de Elevaciones (MDE) provistos por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), de una resolución de 5 metros por píxel generados a partir de vuelos aerofotogramétricos llevados a cabo por dicha Institución durante el año 2014.

Los mismos fueron complementados con modelos digitales de terreno (MDT) Alos Dem resolución espacial 30m de la Agencia Espacial Japonesa JAXA que fueron pre procesados mediante relleno de vacíos, inclusión de datos de lagos, filtrado espacial y enmascarado de límites.

El área urbanizada de la cuenca se calculó a partir de una clasificación supervisada aplicando el método de mínima distancia. Para ello se utilizó una imagen Sentinel 2 fecha 30 de agosto de 2019 - 20JLL (área mínima mapeable de 1,5 ha). En la clasificación se incluyeron rutas y caminos principales. Los datos obtenidos luego fueron ajustados manualmente excluyendo las áreas loteadas, pero no edificadas. El área futura a urbanizar se estableció a partir de las parcelas categorizadas como urbanas en el Catastro de la Provincia de Córdoba, que aún no se encuentran ocupadas o loteadas.

La zonificación de peligrosidad se realizó en base al criterio geológico geomorfológico e histórico en función de las unidades geomorfológicas caracterizas y su actividad.

Los sitios arqueológicos corresponden a la base de datos de yacimientos perteneciente al personal contratado a tal fin.

Las comunidades vegetales se definieron a partir de fotointerpretación de pares estereoscópicos de imágenes Quick Bird 2019. Las unidades homogéneas se caracterizaron a campo y en laboratorio siguiendo la metodología de carta de ocupación de tierras (Etienne, 1982).

Para determinar la frecuencia de incendios a escala regional y del ejido, se procesaron y clasificaron 33 imágenes satelitales Landsat 5 y 8 para el periodo (1986-2019). En base a las comunidades vegetales definidas y a las pendientes se calculó el índice de riesgo estructural de incendios.

La cartografía realizada se proyectó o re-proyecto al Marco de referencia: Posgar 98, sistema de proyección Gauss Krüger faja 4.

Elaboró: Área Geomorfología	Emisión: Enero de 2020	
	Revisión: 03	Página 8 de 236
	INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – B° Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gov.ar	

SECCION I

ANÁLISIS REGIONAL

Elaboró: Área Geomorfología

Emisión: Enero de 2020

Revisión: 03

Página 9 de 236

INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida
Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital
Sede VCP: Medrano N° 235 – B° Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba
(54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar

Abreviaturas y acrónimos

A.	Arroyo
Av.	Avenida
B^o	Barrio
C	Cumbre
Cca.	Cuenca
CIRSA	Centro de la región semiárida
cm.	Centímetros
Co.	Cerro
Ea.	Estancia
Esq.	Esquina
Ha	Hectáreas
Hm³	Hectómetros cúbicos
IGN	Instituto geográfico nacional
INA	Instituto nacional del agua
Km²	Kilómetros cuadrados
m.	Metros
m.a	Millones de años
m.s.n.m	Metros sobre el nivel del mar
MDE	Modelo digital de elevación.
mm	Milímetros
NOA	Noroeste Argentino
pte.	Puente
Q	Quebrada
R.	Río
S/D	Sin datos
Sa.	Sierra
Sp	Especie
Va.	Villa

II.- HIDROGRAFÍA CUENCA ALTA RÍO SUQUIA.

Desde el punto de vista regional, el ejido de la localidad de Villa Carlos Paz se ubica en la cuenca alta del Río Suquia. Su área urbana se desarrolla a ambos lados del embalse San Roque, dentro del valle estructural de Punilla.

El embalse, es un nivel de base temporario que desde su construcción da origen al río Suquia, con desagüe endorreico en la laguna Ansenunza o Mar Chiquita.

Su cuenca de recepción posee aproximadamente 1.635 km² y está conformada por cuatro tributarios principales; los ríos San Antonio y Cosquín, los arroyos Los Chorrillos y Las Mojarras. Además, recibe aportes de cuencas menores tributarias al periembalse; arroyos Los Mimbres, Las Catas, del Valle y Huahuas Mayun. A estos se suman pequeños cursos semipermanentes sin toponimia y escurrimientos pseudoconcentrados provenientes del área urbana (fig. 1).

Los límites de la cuenca están definidos por las siguientes divisorias de aguas; al este por el cordón Oriental (Sierra Chica) de orientación Norte-Sur, al Oeste por el cordón Central de la Sierra Grande, de igual orientación que el anterior. El cierre Norte se da en la divisoria de Cumbres de Perchel a la altura de la localidad de La Cumbre y el Sur en la divisoria de cuenca del río de la Suela en la cumbre de Santiago.

Río Cosquín

Presenta dos subcuencas principales de carácter permanente con desarrollo en la vertiente oriental escalonada de la Sierra Grande; la del río Grande o San Francisco al norte y la del río Yuspe al sur con nacientes por encima de los 1.200 msnm. y 1.500 msnm. respectivamente.

La cuenca del río Grande posee un área de 351 km², y se forma por la unión de los arroyos Las Chacras y Piedra Grande. En su recorrido recibe el aporte de numerosos arroyos que descienden de la Dorsal de La Cumbre y el flanco occidental de la Sierra Chica entre los que se destacan los arroyos Vaquerías, Las Chacras, Piedras Blancas, entre otros. Posee un nivel de base local constituido por el Dique la Falda a los 31° 07' latitud sur y 64°30' longitud oeste el cual fue construido con el propósito de proveer agua a la localidad de La Falda y para el control de crecidas de la cuenca del Río San Francisco.

El río Yuspe organiza sus nacientes en Los Gigantes, comprende un área de aporte de 475,3 km² y se forma por la confluencia de los ríos Carnerillo y Negro, ambos de carácter permanente.

Los colectores principales de ambas subcuencas confluyen a los 715 m.s.n.m. para dar origen al río Cosquín, el cual, en su recorrido de 19 km hacia el sur, recibe además el aporte de arroyos de carácter permanente, entre los cuales se destacan El Rosario y Suncho Huayco para finalmente desaguar en el lago a los 645 m.s.n.m.

Elaboró: Área Geomorfología	Emisión: Enero de 2020	
	Revisión: 03	Página 11 de 236
INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – B° Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gov.ar		

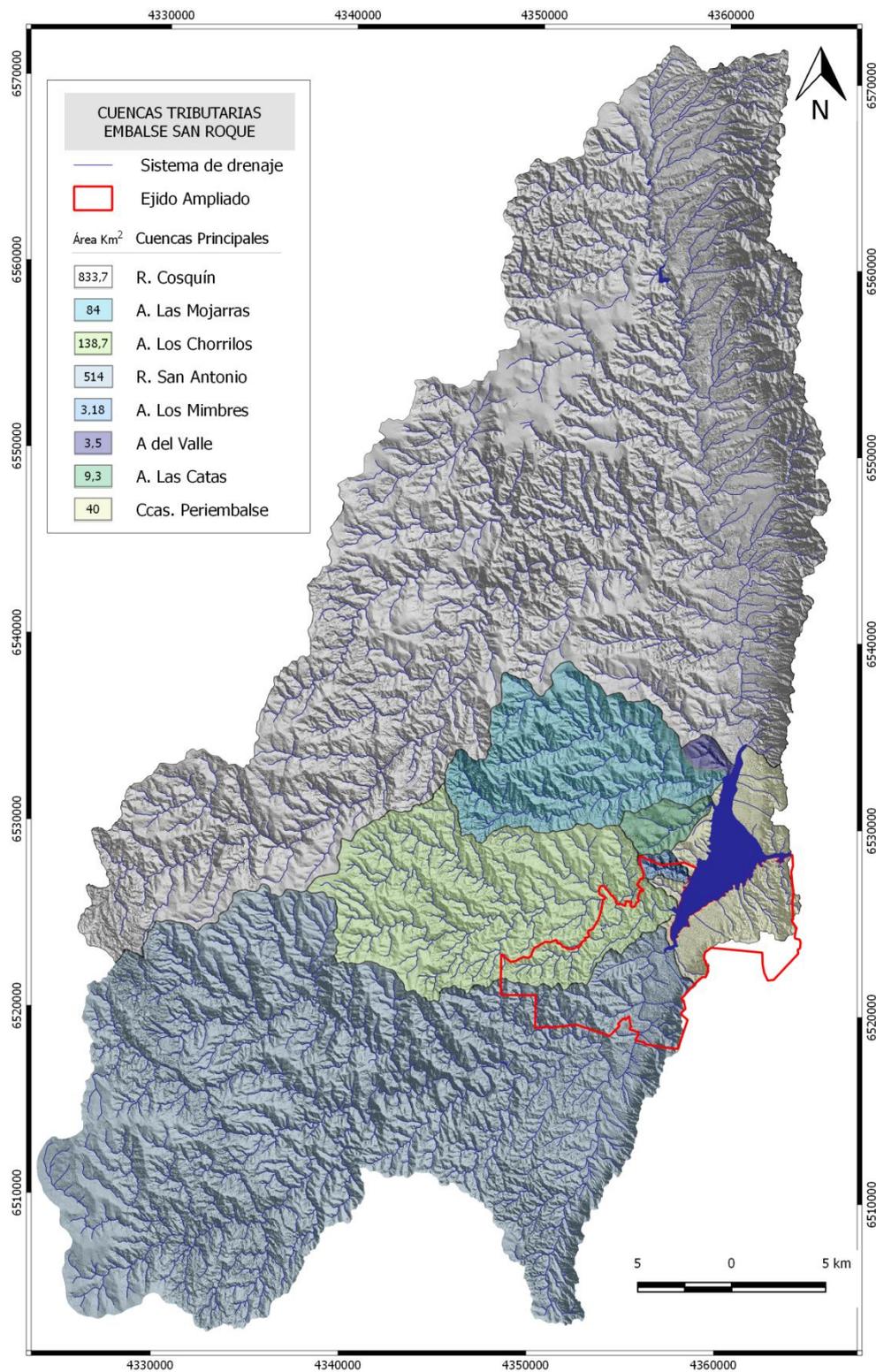


Figura 1. Cuencas tributarias al embalse San Roque. Fuente: propia.

Arroyo Las Mojarras

El área de recepción en el flanco oriental escalonado de la Sierra Grande se conforma por dos subcuencas principales: el arroyo Mallín al norte y el arroyo Tanti al sur, el primero con nacientes por encima de los 1.000 m.s.n.m. y el segundo a los 1.100 m.s.n.m.

La subcuenca del arroyo Mallín comprende un área de aporte de 51,7 km² y se origina por la unión del arroyo homónimo y el arroyo El Coyuyo a los 779 m.s.n.m.

La subcuenca del arroyo Tanti se conforma por la confluencia de los arroyos Cerco de la Quebrada y Chico a los 855 m.s.n.m. y abarca una superficie de 39,8 km².

Los colectores principales de ambas subcuencas luego de recorrer 13,7 y 14,0 km respectivamente, confluyen a los 673 m.s.n.m. para dar origen al arroyo Las Mojarras, que recorre una distancia de 4,5 km en sentido oeste-este hasta tributar en el embalse, sin recibir aportes laterales de envergadura.

Arroyo Los Chorrillos

La subcuenca del arroyo Los Chorrillos abarca una superficie de 138,7 km², con nacientes a los 1300 m.s.n.m. Los colectores principales arroyo Chorrillos y Chaguaral, confluyen a una altitud de 882 m.s.n.m. dando origen al arroyo Los Chorrillos, el cual recorre 22,2 km en sentido oeste-este hasta desaguar en el embalse, recibiendo además el aporte de arroyos menores entre los que se destacan el arroyo Toro Muerto.

Río San Antonio

El río San Antonio organiza sus nacientes en la altiplanicie cumbre de la Sierra Grande (Pampa de Achala) según dos cuencas principales: el río Cajón al norte y el río Icho Cruz al sur. La primera a más de 2.300 m.s.n.m. y la segunda por encima de los 2.350 m.s.n.m.

La subcuenca del río Cajón comprende un área de 136,9 km² y se conforma por los arroyos Las Mesadas, El Mogote y Vatán. Antes de unirse al río Icho Cruz recorre una longitud de 27 km y recibe el aporte por ambas márgenes de arroyos menores semipermanentes.

Por su parte la subcuenca del río Icho Cruz, abarca un área de recepción de 250,1 km² y está formada por los arroyos Malambo, Las Calles, de las Mulas y Durazno. Luego de recorrer una distancia de 38 km, el colector principal confluye con el río El Cajón a los 960 m.s.n.m.

Este curso bajo el nombre de río Icho Cruz se dirige al este recogiendo las aguas de los arroyos de las Achiras y Cuesta Blanca, y finalmente confluye con el arroyo San Antonio cambiando de denominación a río San Antonio. Desde allí, recorre una distancia de 8 km hasta desaguar en el embalse a los 760 m.s.n.m.

Parámetros morfométricos

Para los tributarios principales del embalse San Roque se calcularon los siguientes parámetros morfométricos (Tabla 1)

Área total de la cuenca: corresponde a toda el área en donde las precipitaciones son evacuadas por un sistema común de cauces.

Perímetro: delimitación de la cuenca que define su forma. Inciden en los tiempos de concentración.

Elaboró: Área Geomorfología	Emisión: Enero de 2020	
<p style="text-align: center;">INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – B° Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gov.ar</p>	Revisión: 03	Página 13 de 236

Coeficiente de Compacidad o Índice de Gravelius: relación del perímetro de la cuenca y el perímetro de circunferencia de área equivalente. Los valores próximos a la unidad indican una mayor tendencia a la generación de crecientes repentinas ya que los tiempos de concentración en distintos puntos de la cuenca son similares.

Tabla 1 Parámetros físicos y morfométricos

Parámetros físicos y morfométricos	Río Cosquín	Río San Antonio	A. Las Mojarras	A. Los Chorrillos
-Superficie de la cuenca (km ²)	833,7	514	84	138,7
-Perímetro de la cuenca (km)	194	137	46	60
-Coeficiente de compacidad	1.14	1.02	1.02	0.90
Sistema de Drenaje	Dendrítrico angular y subparalelo en el escarpe de la Sierra Chica	Dendrítrico angular y subparalelo en el escarpe de la Sa Chica	Dendrítrico angular	Dendrítrico angular

Los resultados obtenidos son indicativos de que las cuencas analizadas presentan una alta tendencia a la generación de crecientes repentinas.

Embalse San Roque

El embalse San Roque, ubicado a los 31° 22' S y 64° 27' O, constituye el nivel de base temporario de los ríos y arroyos mencionados.

Fue construido por primera vez en 1888 y reemplazado por el actual en 1944. Es una presa de gravedad de hormigón con planta curva, que tiene una altura de 51,30 m y una longitud de coronamiento de 145 m.

Los propósitos de la obra fueron la regulación de crecidas del río Suquía, garantizar el abastecimiento de agua potable a la ciudad de Córdoba (actualmente se provee también a La Calera), además de proveer agua para riego al cinturón verde, y la generación de energía hidroeléctrica.

Presenta un sistema de válvulas, toma y vertedero de fondo. El nivel máximo de embalse a cota de vertedero se encuentra a 35,3, equivalentes a 643,3 m.s.n.m. y a cota de embalse máximo 43 (651 m.s.n.m.). El área del espejo de agua a cota máxima es de 1501 Ha, la descarga se realiza por una toma ubicada a 17 m. sobre el lecho original y circunstancialmente por las válvulas disipadoras de energía ubicadas a 15 m (DIPAS S/D).

El volumen de embalse a cota labio de vertedero es de 201Hm³ y a cota máxima es de 350Hm³.

La cota de expropiación para los terrenos del perieembalse originalmente fue fijada en 43 m. Luego en el año 1951 se fijó a los 38 m sobre el cero local (646 msnm)¹.

Finalmente a partir del Decreto N° 8178 (08/10/69) se establece como límite de los terrenos sujetos a expropiación para el embalse del Dique San Roque la cota de los 36 m, liberándose a los ubicados arriba de dicha línea.

Estos cambios de normativa que implicaron el avance de la urbanización sobre el perieembalse generan peligrosidad por inundación que se ve condicionada por factores antrópicos y naturales (fig.2). Los primeros refieren al manejo del embalse, en base a la cota de espera y el funcionamiento de las válvulas.

¹ Resolución N° 391 del Director General de Hidráulica de fecha 14-03-51

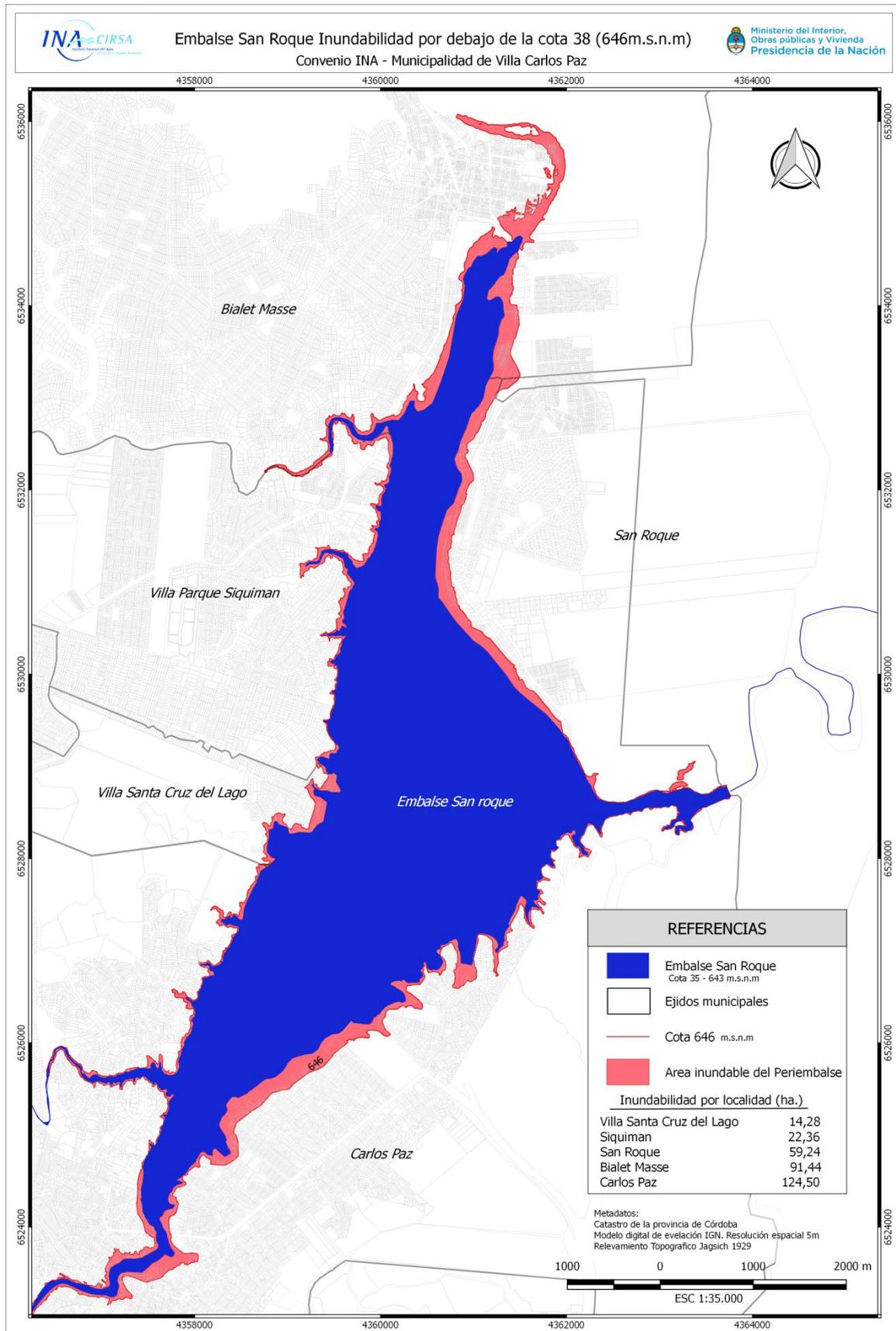


Figura 2. Inundabilidad del Periembalse por debajo de la cota 38. Fuente: propia.

Los naturales, dependen no solo de eventos pluviales de intensidad, sino también de las condiciones de lluvias antecedentes, y de la posibilidad de que ingresen dos crecidas sucesivas.

Ejemplo de ello, fueron los eventos acontecidos en los años 1975, 1992, 1999, y más recientemente en el año 2014 donde en la localidad de Carlos paz se vieron afectadas el área central y la costanera.(Figuras 3, 4 y5)

Para dichos eventos, en Tabla 2 se pueden observar la variación en Hm³ que causo cada una de las crecientes en el embalse y el nivel de cota de inundación al que llegó.

Cabe mencionar que en el año 1992 la crecida del río San Antonio fue estimada en 6.156 metros cúbicos por segundo, y se estimó un aporte similar del río Cosquín (Catalini C., Caamaño Nelli, 2005). Con esos volúmenes de ingreso, los caudales erogados por las válvulas del dique son insuficientes.

Tabla 2 Variación de cota del embalse e ingreso de volumen por evento en un día. Fuente: Catalini C., Camaño Nelli (2005)

Fecha	Cota de inundación	Variación (Hm ³)
18 /03/1975	37,84	61,1
19 /03/ 1975	38,27	32,3
06/01/1992	38,26	73
01/11/1999	39,20	85,7
15/02/2014	36,67	66,4

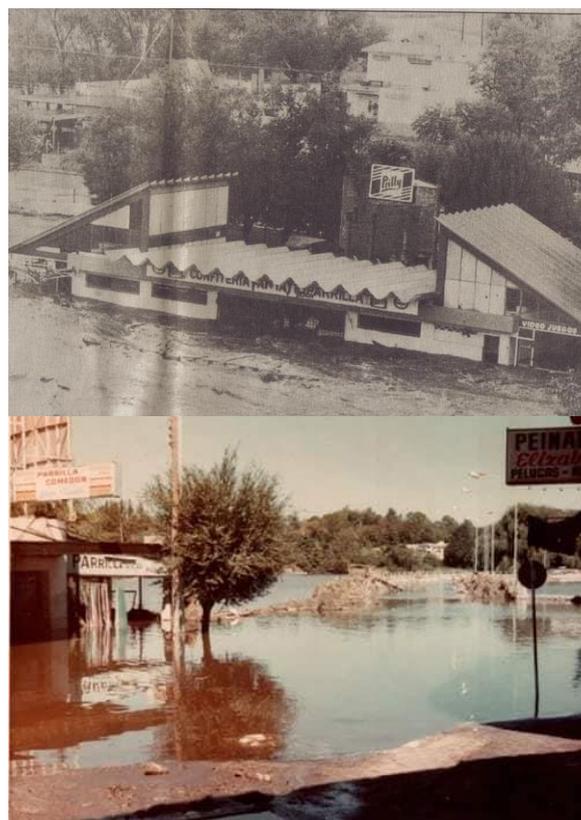


Figura 3. Inundación 16 de marzo de 1975. Fuente: Eldor Bertorello.



Figura 4. Inundación 6 de enero de 1992. Fuente: Via Carlos Paz <https://viapais.com.ar/carlos-paz/791789-a-27-anos-de-la-inundacion-del-pute-de-carlos-paz/>



Figura 5. Inundación 1 de noviembre de 1999 Puente Carena. Fuente: La voz del interior Archivo.

Respecto de la colmatación o entarquinamiento del embalse por aporte de sedimentos de las cuencas tributarias. A la fecha se han realizado tres batimetrías en los años 1976, 1987 y 2016. Las dos primeras, fueron efectuadas por el CIRSA y la sedimentación se calculó en relación al relevamiento topográfico realizado en 1929 por Jagsich para la Dirección Provincial de Hidráulica de Córdoba, antes de la construcción del embalse actual.

La de 2016 fue efectuada por el Instituto Argentino de Oceanografía y el cálculo de la variación de cotas de fondo se calculó en relación a la batimetría de 1976, ya que no se contaba con el relevamiento topográfico mencionado.

Los resultados obtenidos indican que el volumen total del lago San Roque en el año 2016 es de 172,55 Hm³. En relación a la topografía de 1929 la pérdida de capacidad del lago fue de 14,21 %. (tabla 3).

Tabla 3 Resultados de Batimetrías existentes del Embalse San Roque

Batimetría	Tasa de sedimentación anual [Hm ³ /año]	Decrecimiento [Hm ³]	Disminución de volumen del embalse [%]
1976	0,286	13,46	6,69
1987	1,066	11,73	5,83
2016	0,416	15,09	7,5

Respecto a 1976 presenta una disminución de 15,09 Hm³, lo que implica un aumento de la velocidad de colmatación, pasando de 0,286 hm³/año para el período 1929-1976, a 0,416 Hm³/año para el período 1976-2016.

Dicho informe refiere "que el incremento de la velocidad de colmatación del lago se debe a un aumento en el aporte de sedimentos por parte de los arroyos y ríos causado por el notable incremento en las lluvias en la región a partir de la década de 1950". (Gómez. E. et.al .2016 P.9)

Sin embargo, cabe mencionar que en el informe técnico correspondiente al relevamiento batimétrico del año 1987 se explicita que el realizado en 1976 fue de carácter expeditivo ya que no contaba con el suficiente apoyo topográfico como el que se efectuó en el año 1987.

En base a ello no es factible determinar si el incremento de la tasa de sedimentación del embalse refiere a acumulación de errores topográficos, diferentes métodos de medición o efectivamente a un incremento de los aportes de sedimentos de los cursos fluviales tributarios al embalse.

De todos modos, si bien la mayor parte de la cuenca se compone de basamento cristalino que implica una baja tasa de aportes sedimentarios respecto de embalses situados sobre rocas de menor resistencia, es de esperar que un incremento en la superficie urbanizada, pérdida de cobertura vegetal, e incendios impacten en alguna medida en la tasa de producción de sedimentos. Pese a ello, sigue siendo baja como para temer una colmatación acelerada del embalse no previsto en el diseño del mismo.

Los mayores aportes de sedimentos se ubican en el ingreso de los tributarios al embalse, esto se debe a la pérdida de capacidad de carga por disminución de la velocidad y tiene desarrollo en cotas inferiores a -10m.

Esta característica impacta en la inundabilidad del perilago al ingreso de Los ríos san Antonio y Cosquín ya que la elevación del fondo del cauce (agradación - avulsión) favorece los desbordes fluviales ya que disminuye la sección del canal.

III.- GEOLÓGIA Y GEOMORFOLÓGIA

La estructura del basamento cristalino plutónico metamórfico de las Sierras de Córdoba es el resultado de la sobreimposición de eventos metamórficos y dinámicos cuyas principales fases de deformación se desarrollaron durante los ciclos orogénicos Pampeano (600 a 520 ma), Famatiniano (465 a 385 ma), Achaliano (419 ma) y Andino (45 a 0 ma).

El ciclo Pampeano, corresponde a la colisión de un trozo litosférico, el Terreno Pampeano, con el borde occidental del supercontinente de Gondwana (Rapela et al., 1998). El ciclo Famatiniano, se caracteriza por el desarrollo de un importante arco magmático principal, de unos 700 km de largo, con un metamorfismo de baja presión. La finalización de este ciclo está vinculada el cierre del Océano Iapetus Sur y a la colisión del terreno Precordillera al margen continental del Gondwana.

Durante el Devónico Inferior tiene inicio el Ciclo Achaliano a partir de la reanudación de la convergencia del margen de Gondwana, que produjo la reactivación de zonas de cizalla y el desarrollo de un arco magmático con generación de grandes volúmenes de magma félsico a partir de la fusión de una corteza empobrecida en MgO, que dio lugar al batolito de Achala. El cual constituye el mayor de los cuerpos graníticos devónicos de las Sierras Pampeanas. El Ciclo Achaliano continuó hasta el final del Devónico.

Durante todo el Paleozoico Superior, los procesos erosivos originaron la peneplanización del relieve que afectó el basamento cristalino.

Finalmente en el Cenozoico, a partir de la subducción de la placa de Nazca por debajo de la sudamericana inicia el Ciclo Andino que aún se encuentra activo y generó la topografía actual, a partir de la reactivación de fallas preexistentes.

Los movimientos tectónicos de fines del terciario y principios del cuaternario, dieron lugar a lineamientos de bloques sobre elevados y escalonados con suave pendiente al este y abrupta al oeste; los bloques están delimitados lateralmente por fallas principales de carácter regional y afectados por fallas secundarias transversales, que originaron el basculamiento diferencial de bloques a lo largo de un mismo lineamiento (Gordillo y Lencinas, 1979) que termina por configurar la actual morfología del Basamento.

Dentro de la cuenca los cordones principales están constituidos por la Sierra Grande o Cumbre de Achala al oeste y, la Sierra Chica al Este, separados ambos, por un lineamiento deprimido de bloques que constituye el Valle estructural de Punilla. Esta faja de hundimiento longitudinal recibió aportes sedimentarios continentales Neógenos y Cuaternarios.

III.1.- LITOLOGÍA

En su mayor extensión la cuenca se compone por un basamento cristalino metamórfico-plutónico de edad precámbrica a eopaleozoica, con peneplanicies cumbrales en la Sierra Grande y cubiertas limo-loésicas discontinuas (CARTA 2).

Las rocas cristalinas ocupan el 85% de la superficie total, correspondiendo un 32% a rocas metamórficas y un 53% a rocas ígneas. La roca dominante en el complejo metamórfico es ungneis masivo a esquistoso, de composición tonalítica-biotítica, constituido principalmente por oligoclasa, cuarzo y biotita; con textura granoblástica y colores grises oscuros o claros dependiendo de su contenido de Biotita y Plagiocasa.

La meteorización y alteración de la roca se ve favorecida por la esquistosidad y por el contenido de Biotita, lo que produce una marcada partición subparalela que facilita la infiltración y los procesos de hidrólisis.

Por su parte, las rocas ígneas están representadas por una intrusión granítica post-metamórfica, que abarca una extensión de 768 km². Se trata de un granito microclínico-biotítico de textura gruesa, con variaciones locales de textura porfírica. Los componentes mineralógicos principales son: cuarzo en abundante cantidad, feldespato potásico (microclino), micas (biotita – muscovita) y plagioclasa ácida (fig.6. Izq.).

Elaboró: Área Geomorfología	Emisión: Enero de 2020	
	Revisión: 03	Página 19 de 236
INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – B° Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gov.ar		

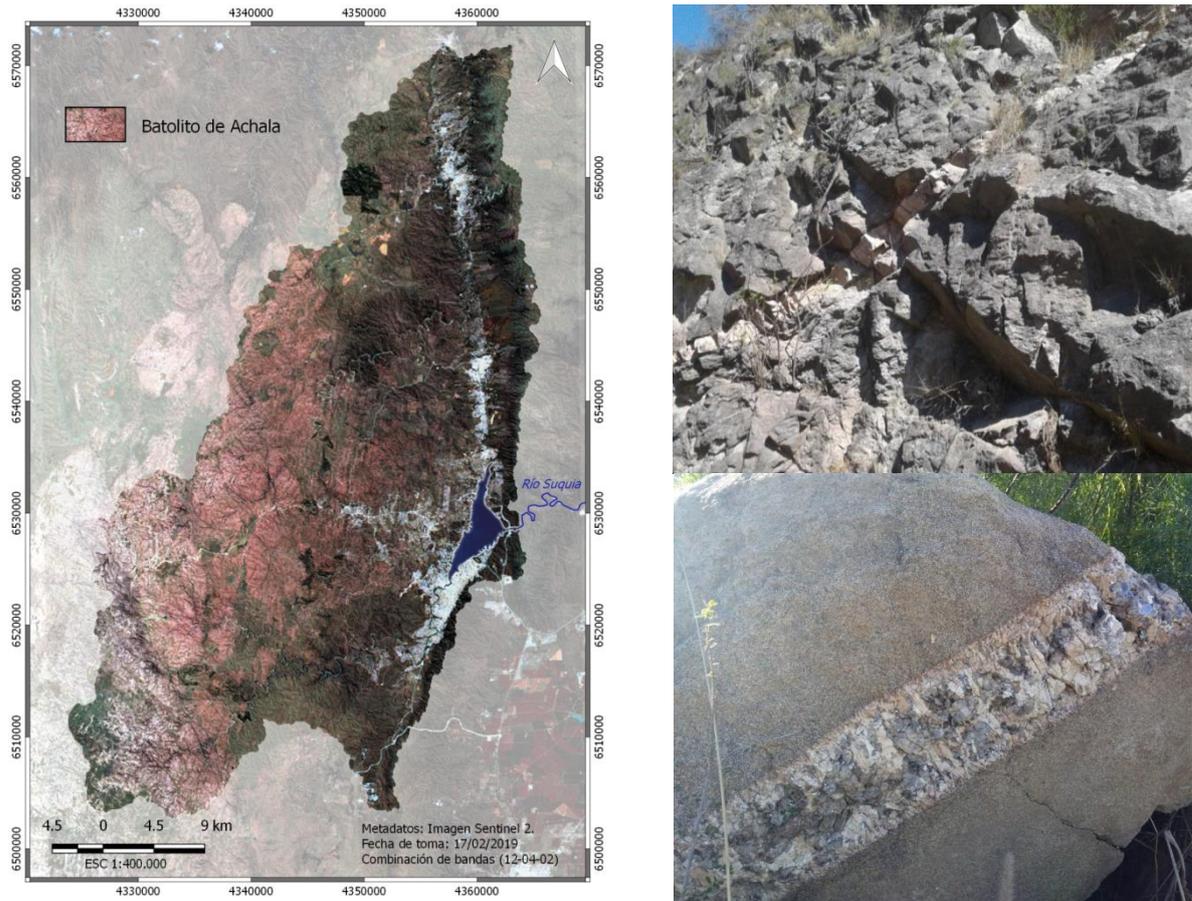


Figura 6. Izq. Batolito de Achala. Der. Intrusivos filoneanos arriba: Aplita, abajo: Pegmatita. Fuente: propia

Tanto el material granítico como el gnéisico, se encuentran intruidos por filones ígneos hipoabisales de carácter pegmatítico de grano muy grueso, y aplítico de grano fino, posteriores a la intrusión principal (fig.6. Der.). Con espesores que varían de pocos centímetros a algunos metros, constituidos mineralógicamente por feldespato potásico, muscovita y cuarzo, distinguidos de la roca circundante por su coloración clara y morfológicamente por crestones sobresalientes producto de una mayor resistencia de la roca al desgaste erosivo.

Al pie del faldeo oriental del cordón de las Sierras Chicas en forma discontinua se apoyan en discordancia depósitos conglomerádicos de edad terciaria, correspondientes a la Formación Cosquín y Casa Grande con morfología de colinas o lomadas disectadas por erosión fluvial. Estas sedimentitas de color pardo rojizo, están constituidas por materiales detríticos de tipo continental, principalmente arcosas conglomerádicas, con abundante matriz arcillosa primaria. Se pueden observar desde la localidad de Bialeto Massé hasta el cierre norte de la cuenca.

Los rellenos del valle estructural de Punilla están constituidos por depósitos fluvio torrenciales asociados a conos aluviales y coluvio aluviales de piedemonte, con cubiertas eólicas discontinuas de tipo limo-loésicas.

III.2.- CUBIERTAS RESIDUALES Y SUELOS

En respuesta a la juventud del relieve, fuertes pendientes, material parental constituido por rocas cristalinas, condiciones climáticas de semiaridez y cobertura vegetal discontinua, los suelos son azonales. Es decir, son suelos jóvenes, que no presentan evolución y diferenciación de

horizontes en los perfiles por la falta de tiempo, sumado a que la alta energía de relieve implica una velocidad de pérdida de suelo por lavado mayor que la velocidad de formación.

Los suelos desarrollados en el ambiente serrano son residuales, poco profundos (menos de 50 cm de espesor), de escaso desarrollo genético, correspondientes al orden de los Entisoles y presentan marcadas diferencias en función del material parental y posición topográfica.

Sobre el área granítica de la cuenca, en general, son suelos gruesos de textura arenosa a arenosa franca, con estructura muy débil en bloques, bajo contenido de materia orgánica y escaso o nulo desarrollo de perfiles. Su formación se vincula a una intensa arenización a la que es sometido el basamento cristalino, siendo sus componentes minerales principales, los constitutivos de la roca granítica representados por cuarzo, feldespatos y micas. Estos suelos son fácilmente disgregables, presentan poca cohesión y alta susceptibilidad a la erosión hídrica (fig.7).

La cobertura de suelos respecto a la roca desnuda es discontinua, alternando con valores de rocosidad superiores al 70% en sectores de relieve enérgico.

A nivel general se distinguen cubiertas residuales apoyadas sobre roca inalterada y/o sobre regolito.



Figura 7. Suelos desarrollados a partir de rocas graníticas. Izq. Desarrollado sobre regolito. Centro y Der. sobre roca inalterada. Fuente: propia.

En las vertientes gnéisicas en respuesta al mayor contenido de minerales alterables (plagioclasa y micas) y a la disminución de la masividad del material (esquistosidad) hay un mayor grado de alteración por hidrólisis. La cubierta de suelos residuales se presenta continua en las vertientes, solo interrumpida por afloramientos aislados de rocas filoneanas (fig.8).

Los perfiles son superficiales a muy superficiales en función de la energía del relieve, de textura franco franco-areno-limosas, con un grado de estructura débil, abundante pedregosidad y un contenido moderado de materia orgánica.



Figura 8. Suelos desarrollados a partir de rocas metamórficas.

Los suelos desarrollados tanto en vertientes graníticas como en metamórficas, presentan por sus características, una elevada susceptibilidad a la erosión hídrica con una intensidad dependiente de la energía del relieve y de la cubierta de vegetación natural (fisonomía, grado de cobertura y alteración).

En lo que respecta a los suelos evolucionados a partir de las cubiertas limo-loésicas que cubren altiplanicies, presentan un mayor grado de evolución. El perfil tipo es profundo, con un horizonte superficial de 25 cm. De color pardo oscuro, textura franca a franca limosa y estructura débil en bloques, con buen porcentaje en materia orgánica (3 y 4%) y con un horizonte iluvial subsuperficial.

En el relieve de altiplanicie de la Pampa de Achala-San Mateo el elevado porcentaje de materia orgánica evidente en el color negro del horizonte superficial, responde a la alta humedad y al clima frío que genera una lenta descomposición de materia orgánica (fig.9).



Figura 9. Suelo orgánico en granito.

Por su parte en los suelos evolucionados sobre los materiales fluvio-torrenciales del piedemonte de Sierra Chica, a partir de detritos de granulometría fina y conglomerados, los perfiles tipo son profundos, de color pardo oscuro, con un horizonte superficial de 15 a 20 cm; textura franco arenosa, estructura débil en bloques y moderado porcentaje de materia orgánica.

Los perfiles esqueléticos y sueltos se caracterizan por tener una fácil disgregación y una alta susceptibilidad a la erosión hídrica, siendo la vegetación el regulador principal de su estabilidad.

Los suelos aluviales con desarrollo más significativo en el Valle de Punilla están asociados al aporte de los colectores principales del sistema fluvial, los cuales han evolucionado a partir de material aluvional en terrazas fluviales. Son suelos profundos con perfiles compuestos por capas, debido a sucesivos aportes de aluvión; de textura gruesa (arenosa a franco arenosa), sueltos, sin horizontes, y con contenido de materia orgánica variable en función de la posición y antigüedad del nivel de terraza.

III.3.- AMBIENTES GEOMORFOLÓGICOS

En función de las características de relieve, morfología, procesos morfodinámicos y estructuras se distinguen dentro de la cuenca los siguientes ambientes y unidades geomorfológicas (figs.14 y 15)(CARTA2).

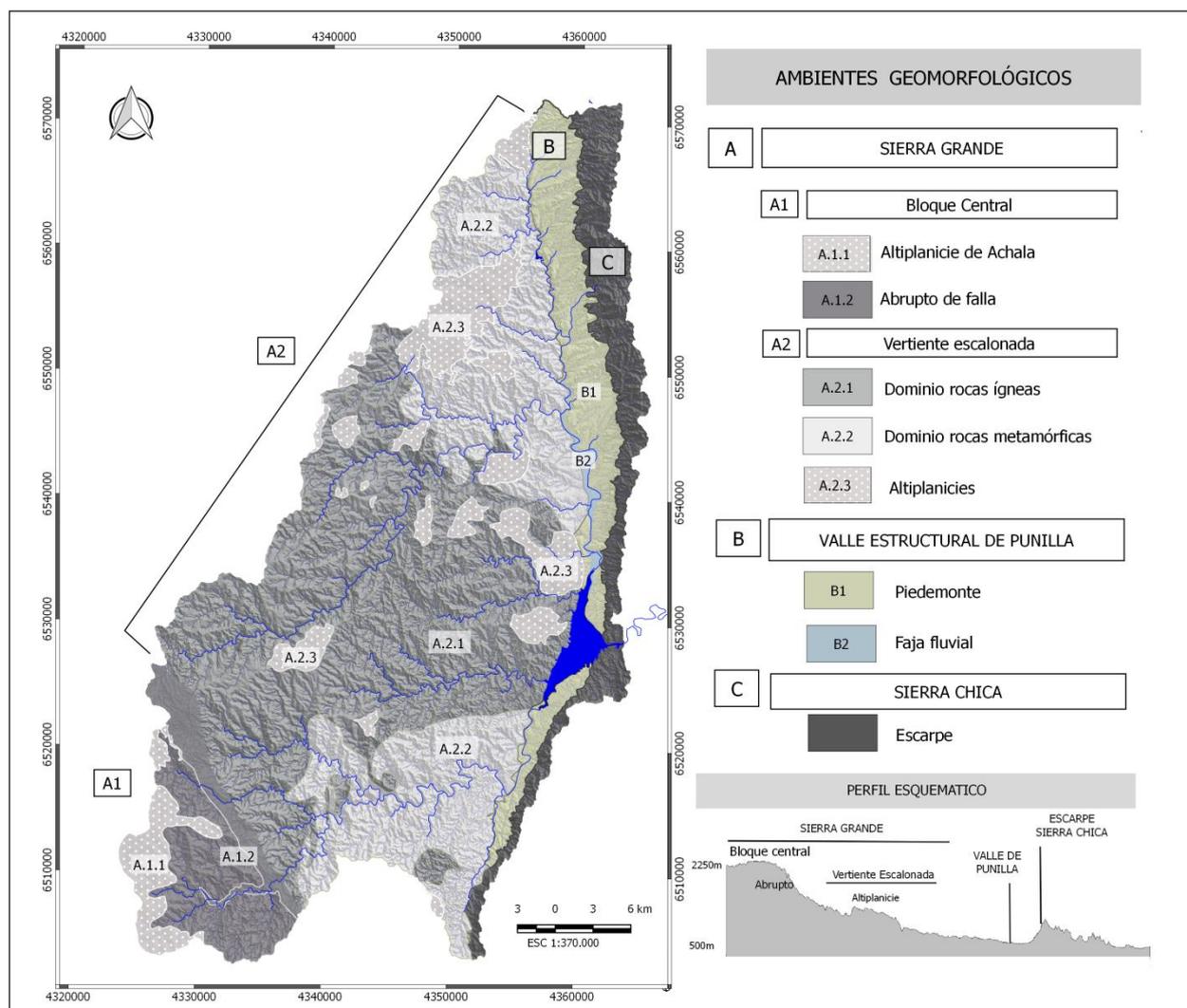


Figura 10. Ambientes y unidades geomorfológicas. Fuente: propia.

A- SIERRA GRANDE

El relieve y estructuras que presenta las Sierra Grande, responde a la intrusión ígnea post metamórfica del batolito de Achala, que estructuralmente representa un pilar tectónico limitado al este y oeste por fallas regionales inversas, de alto ángulo, que fueron reactivadas durante el Terciario.

Litológicamente, las rocas dominantes corresponden al intrusivo granítico en roca de caja metamórfica de medio a alto grado con predominancia de Gneis.

El núcleo principal de la Sierra constituye el sector más elevado de la cuenca en donde se ubica el cerro Los Gigantes (2.420 m.s.n.m). En la vertiente oriental la energía del relieve y el potencial

erosivo, está directamente vinculada a las estructura en bloques escalonados y a litología dominante lo permite diferenciar las siguientes unidades.

A1 Bloque central

A.1.1- Altiplanicie de Achala- San Mateo

Coronando las máximas altitudes de la cuenca, se presenta un relieve de peneplanicie disectada en grado diverso por las nacientes de los principales cursos fluviales del sistema de drenaje, han sido interpretadas como restos de una antigua superficie de peneplanización regional (Vázquez et al. 1979, Rabassa et al. 1996).

En la cuenca se desarrolla por encima de los 2.000 m.s.n.m, en la parte cumbral del Bloque central con relieve ondulado (Pampa de Achala - San Mateo). El levantamiento del bloque está delimitado al Este por la falla Boca del Río.



Figura 11. Pampa de San Mateo. Fuente: propia.

Por la altitud (+ 2.000 m.s.n.m.) predomina la meteorización mecánica por disgregación y fragmentación de la roca. Los procesos dominantes son la crioclastía que implica la expansión del agua por congelamiento en las diaclasas y la termoclastía a partir de dilatación-contracción de la roca debido a la fuerte amplitud térmica diaria. Otro proceso que genera desagregación granular es la arenización, que ocurre por hidrólisis de las micas.

El agente morfodinámico principal es el escurrimiento superficial excesivo, favorecido por la baja permeabilidad del material roca-suelo, lo que genera erosión hídrica laminar, difusa y concentrada en cárcavas en los ejes de avenamiento. Los cuales, constituyen las nacientes aún sin jerarquización de los tributarios principales del río San Antonio.

A1.2-Abrupto de Falla

Corresponde al escarpe generado por la falla Boca del Río y al frente erosivo asociado. En el primero el relieve es abrupto con pendientes superiores al 50% y en el segundo las pendientes se ubican entre 35 y 50 %.

Elaboró: Área Geomorfología	Emisión: Enero de 2020	
	Revisión: 03	Página 25 de 236
INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – B° Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gov.ar		