



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CATAMARCA
FACULTAD DE TECNOLOGIA Y CIENCIAS APLICADAS
LICENCIATURA EN GEOLOGIA**



SEMINARIO

**GEOLOGÍA E IDENTIFICACIÓN DE GEOAMENAZAS
HÍDRICAS ENTRE LAS LOCALIDADES DE VILLA DE
POMÁN Y RINCÓN, DPTO. POMÁN,
PROV. DE CATAMARCA**



Silvana Elizabeth del Valle Cativa – MU N°499

***DIRECTOR: Dr. Jorge Eremchuk
CO-DIRECTOR: Lic. Miriam Cisternas***

-AÑO 2018-



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero dar gracias a Dios y a la Virgen del Valle por guiarme en cada paso y permitirme alcanzar mi título universitario.

Agradecer profundamente a mis padres que fueron mi fuerza y sostén durante todo este tiempo, gracias por apoyarme siempre, por nunca dejar de confiar en mí, por dar hasta lo que no tenían con tal de que nada nos faltará a mis hermanos y a mí. No me alcanzará la vida para agradecerles.

A mis queridos hermanos Emi, Nancy, Juny, Ceci, Nestor y Gabriel por su comprensión, por su aliento constante para que no bajara los brazos y ayudarme cuando los necesite.

A mi Director de Tesis Dr. Jorge Eremchuk y a mi Co-Directora Lic. Miriam Cisternas, por todos los conocimientos y enseñanzas brindadas, por su paciencia, por guiarme y ayudarme a cumplir este anhelado objetivo.

Agradezco a todos los profesores de la carrera de Geología que me hicieron querer esta ciencia y me brindaron conocimientos, experiencias y consejos útiles para mi formación profesional.

Agradecer a todos mis amigos por darme fuerzas para seguir adelante con este sueño tan deseado.

A los compañeros y amigos que esta hermosa carrera me brindó. En especial a Belén, Yami, Franco, Pato, Diego, Romi, Johana, Sofi, Rafa y José. Guardaré por siempre en mi corazón cada momento compartido.

A mi profe Trini por abrirme las puertas de su casa y por apoyarme con sus retos y consejos.

A mi querido amigo y hermano Exequiel Barrionuevo, gracias por tu apoyo incondicional, por nunca soltarme la mano, por estar cuando más te necesité, Gracias.

Por último le doy gracias a la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas de la Universidad Nacional de Catamarca (UNCa) por permitirme estudiar y desarrollar mis tareas en forma libre y gratuita.

A todos ¡MUCHAS GRACIAS!



ÍNDICE

RESUMEN	
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	1
I.1- Generalidades	2
I.1.1- Ubicación y vías de acceso al área de estudio	2
I.1.2- Antecedentes	3
I-2. Objetivos	5
I-2.1- Objetivos Generales	5
I.2.2- Objetivos Específicos	5
I.3- Metodología	5
I.3.1- Primera Etapa: Gabinete	6
I.3.2- Segunda Etapa: Campo	7
I.3.3- Tercera Etapa: Gabinete	7
I.4- Estructura	8
CAPÍTULO II CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS	9
II.1- Población	10
II.2- Aspectos socioeconómicos	11
II.3- Uso actual del suelo	12
II.4- Uso del agua	12
II.5- Orografía	13
II.6- Hidrografía	13
II.6.1- Descripción de los principales ríos del área de estudio	14
II.7- Hidrogeología	19
II.7.1- Escala Regional	19
II.7.2- Escala Local	20
II.8- Clima	20
II.8.1- Precipitaciones	22
II.8.1.1- Estación Mutquín (correo y telégrafo)	24
II.8.1.2- Estación Michango	24
II.8.1.3- Estación Rincón (correo y telégrafo)	25
II.8.2- Aforos	26
II.8.2.1- Unión de ríos Simbolar y Estancia Vieja: río Pomán	26
II.8.2.2- Toma del pueblo: río Colana	27
II.8.2.3- Vieja Toma del pueblo: río Mutquín	28
II.8.2.4- 5 km aguas arriba de cruce con ruta: río Siján	29
II.8.2.5- 1,5 km aguas arriba de Planta Potabilizadora: río Apoyaco	30
II.8.2.6- 300 m al noreste por finca de flia. Losso: río Michango	31
II.8.2.7- 200 m aguas arriba del desarenador: río Rincón	33
II.9- Tipos de suelos	34
II.10- Vegetación	35
CAPÍTULO III GEOLOGÍA	36
III.1- Geología Regional	37
III.2- Geología del área de estudio	37
III.2.1- Paleozoico	37
III.2.1.1- Complejo Metamórfico La Cébila (Ordovícico Inferior a Medio)	37
III.2.1.2- Complejo Metamórfico Ígneo El Portezuelo (Ordovícico)	42
III.2.1.3- Formación Colana (Ordovícico)	45
III.2.1.4- Cuerpo cuarzoso hidrotermal de Mutquín - Cerro Blanco (Ordovícico)	47
III.2.1.5- Granitos sintectónicos, tardío y pos-tectónicos (Ordovícico - Carbonífero inferior)	49
III.2.2- Cenozoico	52
III.2.2.1- Formación Pomán (Lafleur, 1981)	52
III.2.2.2- Formación Pipanaco (Lafleur, 1981)	53
III.2.2.3- Formación Colpes (Lafleur, 1981)	55



CAPÍTULO IV GEOMORFOLOGÍA	57
IV.1– Geomorfología del área de estudio	58
IV.1.1- Área montana	58
IV.1.2- Área pedemontana	59
IV.1.2.1- Paleoconos aluviales	59
IV.1.2.2- Conos aluviales inactivos.....	59
IV.1.2.3- Conos aluviales activos	59
IV.1.3- Cauces fluviales y formas asociadas	61
CAPITULO V GEOAMENAZAS HÍDRICAS	63
V.1- Identificación de geoamenazas hídricas	64
V.2- Zonas susceptibles de inundación.	65
V.2.1- Sector Colana.....	66
V.2.1.1- Tramo N°1: Ex matadero municipal.....	68
V.2.1.2- Tramo N°2: Badén sobre RP 25	71
V.2.2- Sector Pomán.....	75
V.2.2.1- Tramo N°1: Parque Los Leones	77
V.2.2.2- Tramo N°2: Camino al Balneario Municipal	81
V.2.2.3- Barrio 50 Viviendas – Geoamenazas hídricas del tipo pluvial	87
V.2.3- Sector Rincón	90
CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	94
VI.1- Conclusiones.....	95
VI.1.1- Con relación al clima	95
VI.1.2- Con relación a la geología del área de estudio	95
VI.1.3- Con relación a la geomorfología del área de estudio	95
VI.1.4- Con relación a la identificación de geoamenazas hídricas.....	96
VI.2- Recomendaciones	97
CAPÍTULO VII REFERENCIAS	98
VII.1- Páginas de Internet.....	101
CAPÍTULO VIII BIBLIOGRAFÍA.....	102
VIII.1- Páginas de Internet.....	104
CAPÍTULO IX ANEXOS.....	105
IX- Anexo N° 1: Tablas de precipitaciones	106
IX- Anexo N° 2: Tablas de aforos	106
IX- Anexo N° 3: Cartografía geológica-geomorfológica.....	111
IX- Anexo N° 4: Sector Colana – Tramo N° 1	112
IX- Anexo N° 5: Sector Colana – Tramo N° 2	113
IX- Anexo N° 6: Sector Pomán – Tramo N° 1	114
IX- Anexo N° 7: Sector Pomán – Tramo N° 2.....	115
IX- Anexo N° 8: Sector Rincón	116



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Ubicación y vías de acceso a la zona de estudio.....	3
Figura N° 2: Variación poblacional en el departamento Pomán.	10
Figura N° 3: Variación poblacional según Censos del año 1991- 2001 y 2010.....	11
Figura N° 4: Principales ríos de la zona de estudio.....	14
Figura N° 5: Regiones hidrogeológicas. Región 7: Sierras Pampeanas y sus valles.....	20
Figura N° 6: Tipos de climas de la provincia de Catamarca.....	21
Figura N° 7: Ubicación de Estaciones Pluviométricas en el área de estudio	23
Figura N° 8: Precipitación Media Mensual- Estación Mutquín (correo y telégrafo)	24
Figura N° 9: Precipitación Media Mensual- Estación Michango	25
Figura N° 10: Precipitación Media Mensual- Estación Rincón (correo y telégrafo)	25
Figura N° 11: Caudal Medio Anual del aforo unión de ríos Simbolar y Estancia Vieja.....	27
Figura N° 12: Caudal Medio Mensual del aforo unión de ríos Simbolar y Estancia Vieja .	27
Figura N° 13: Caudal Medio Anual del aforo la Toma: río Colana.....	28
Figura N° 14: Caudal Medio Mensual del aforo la toma: río Colana.	28
Figura N° 15: Caudal Medio Anual del punto de aforo en vieja toma: río Mutquín.....	29
Figura N° 16: Caudal Medio Mensual del punto de aforo en vieja toma: río Mutquín	29
Figura N° 17: Caudal Medio Anual del punto de aforo en vieja toma: río Siján.....	30
Figura N° 18: Caudal Medio Mensual del punto de aforo en vieja toma: río Siján.	30
Figura N° 19: Caudal Medio Anual del punto de aforo en el río Apoyaco	31
Figura N° 20: Caudal Medio Mensual del punto de aforo en el río Apoyaco.....	31
Figura N° 21: Caudal Medio Anual del punto de aforo en el río Michango.....	32
Figura N° 22: Caudal Medio Mensual del punto de aforo en el río Michango	32
Figura N° 23: Caudal Medio Anual del punto de aforo en río Rincón.....	33
Figura N° 24: Caudal Medio Mensual del punto de aforo en río Rincón	33
Figura N° 25: Tipos de suelos del área de estudio.....	35
Figura N° 26: Perfil del área montana de la zona de estudio	58
Figura N° 27: Modelo de desarrollo del pie de monte de la zona de estudio	61
Figura N° 28: Superficie estimada del aluvión – Siján.....	65
Figura N° 29: Determinación de tres sectores con evidencias de geoamenazas hídricas	66
Figura N° 30: Cuenca del río Colana.....	67
Figura N° 31: Sector de Colana.....	67
Figura N° 32: Dinámica del río correspondiente al año 1968: Ex Matadero Municipal.	68
Figura N° 33: Dinámica del río correspondiente al año 2004: Ex Matadero Municipal	69
Figura N° 34: Dinámica del río correspondiente al año 2011: Ex Matadero Municipal	69
Figura N° 35: Dinámica del río correspondiente al año 2016: Ex Matadero Municipal	70
Figura N° 36: Dinámica del río correspondiente al año 1968: Baden sobre RP 25.....	71
Figura N° 37: Dinámica del río correspondiente al año 2004: Baden sobre RP 25.....	72
Figura N° 38: Dinámica del río correspondiente al año 2012: Baden sobre RP 25.....	73
Figura N° 39: Dinámica del río correspondiente al año 2016: Baden sobre RP 25.....	74
Figura N° 40: Cuenca del río Pomán.....	76
Figura N° 41: Sector de Pomán. Tramo 1 y 2.....	76
Figura N° 42: Fragmento de fotografía aérea del año 1968: Parque Los Leones.....	77
Figura N° 43: Dinámica del río Pomán en el 2004: Parque Los Leones	78
Figura N° 44: Dinámica del río Pomán en el año 2013: Parque Los Leones	78
Figura N° 45: Dinámica del río Pomán en el año 2016: Parque Los Leones	79
Figura N° 46: Fragmento de fotografía aérea del año 1968: Balneario Municipal.....	82
Figura N° 47: Dinámica del río correspondiente al año 2004: Balneario Municipal.....	83
Figura N° 48: Dinámica del río correspondiente al año 2017: Balneario Municipal.....	84
Figura N° 49: Vista del Barrio 50 Viviendas, año 2016.....	88
Figura N° 50: Imagen satelital del año 2016.....	88
Figura N° 51: Metodología aplicada – Barrio 50 Viviendas	89
Figura N° 52: Medición de las secciones del arroyo.....	90
Figura N° 53: Cuenca del río Rincón.....	91



Figura N° 54: Dinámica del río Rincón correspondiente al año 1968.....	91
Figura N° 55: Dinámica del río Rincón correspondiente al año 2004.....	92
Figura N° 56: Dinámica del río Rincón correspondiente al año 2016.....	93

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen N° 1: Río Pomán. Vista desde el puente - Villa de Pomán.....	15
Imagen N° 2: Río Colana. Vista desde la toma, límite Retiro- Rosario de Colana.	16
Imagen N° 3: Río Apullaco. Vista desde el camino RP 25 - Localidad de Apoyaco.....	16
Imagen N° 4: Río Mutquín. Vista desde la toma - Localidad de Mutquín.	17
Imagen N° 5: Río Siján. Vista desde el camino, RP 25 - Localidad de Siján.	18
Imagen N° 6: Río Michango. Vista desde el camino, RP 25 - Localidad de Michango.	18
Imagen N° 7: Río Rincón. Vista desde reservorio en construcción.....	19
Imagen N° 8: Afloramientos del CMLC sobre RP 25 en cercanías a Michango.....	40
Imagen N° 9: Filones concordantes de granito de textura porfiroidea.....	40
Imagen N° 10: Reactivación de falla en Cuesta del Infiernillo, Mutquín.....	41
Imagen N° 11: Evidencias de reactivación de falla en la localidad de Rosario de Colana	41
Imagen N° 12: Afloramiento de filitas del CMLC.....	42
Imagen N° 13: Afloramiento de migmatitas fuertemente triturado y deformado.....	44
Imagen N° 14: Afloramiento de migmatitas en contacto con la Formación Pipanaco.....	44
Imagen N° 15: Metaconglomerados.....	46
Imagen N° 16: Afloramientos de metaconglomerados.....	47
Imagen N° 17: Afloramientos del cuerpo cuarzoso a ambas márgenes del río Siján.....	49
Imagen N° 18: Cuerpo granítico.....	51
Imagen N° 19: Afloramientos de la Formación Pomán sobre RP 25.....	53
Imagen N° 20: Afloramientos de la Formación Pipanaco sobre RP 25.....	55
Imagen N° 21: Vista hacia el norte, ingreso a la localidad de Rincón, sobre RP 25.	60
Imagen N° 22: Vista desde hacia el oeste, en cercanías a Rosario de Colana.	60
Imagen N° 23: Niveles de terraza sobre la margen derecha, aguas arriba del río Siján...62	
Imagen N° 24: Registro fotográfico del evento acaecido en enero del 2008.....	72
Imagen N° 25: Registro fotográfico del evento acaecido en el año 2012.....	73
Imagen N° 26: Registro fotográfico de los límites del evento acaecido en 2012.....	74
Imagen N° 27: Sector Colana, tramo N°2.....	75
Imagen N° 28: Estado actual del brazo “C” del río Pomán- Parque Los Leones.	80
Imagen N° 29: Estado actual de vivienda en el interior del brazo “C” del río Pomán.....	81
Imagen N° 30: Vista hacia el este, lecho del río a escasos metros del camino.	85
Imagen N° 31: Vista hacia el sur, subiendo al Balneario Municipal.....	85
Imagen N° 32: Sector Pomán, tramo N°2.....	86
Imagen N° 33: Fotografías de marzo del 2018, subiendo al Balneario Municipal.....	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Cantidad de habitantes por localidad.....	10
Tabla N° 2: Hogares del Dpto. Pomán con NBI.....	12
Tabla N° 3: Cuencas hidrográficas de la Provincia de Catamarca.....	13
Tabla N° 4: Estaciones pluviométricas oficiales en el área de estudio.....	23
Tabla N° 5: Descripción de cada punto de aforo.....	26
Tabla N° 6: Descripción de los tipos de suelos en el área de estudio.....	35



RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo principal realizar una descripción geológica del flanco occidental de la Sierra de Ambato, generando la correspondiente cartografía geológica-geomorfológica a escala 1:100.000 e identificar las geoamenazas hídricas de las zonas antropizadas, dentro del área de estudio, elaborando cartografía temática a escala de detalle, que contribuya al adecuado ordenamiento territorial de los municipios.

La metodología empleada consistió en tres etapas: en la primera etapa se realizó la búsqueda y recopilación de información, en base a lo cual se llevó a cabo la fotointerpretación de fotografías aéreas de los años 1968 (escala 1:50.000 y 1:25.000) e imágenes satelitales (desde 2004 al 2016), confección de cartografía preliminar, el procesamiento y análisis de los registros de las principales variables meteorológicas del área de estudio y de los caudales de los ríos, a partir de datos provistos por diferentes fuentes. En la segunda etapa se ejecutaron las visitas de campo correspondientes. Por último, en la tercera etapa, a partir del uso del software *Arcgis 10.3* y *Google Earth Pro*, se elaboró la cartografía temática definitiva.

Se definieron dos ambientes principales, el correspondiente al basamento metamórfico, comprendido por las siguientes unidades geológicas: Complejo Metamórfico La Cébila (Ordovícico Inferior a Medio); Complejo Metamórfico Ígneo El Portezuelo (Ordovícico); Formación Colana (Ordovícico); Cuerpo cuarzoso hidrotermal de Mutquín-Cerro Blanco (Ordovícico) y los Granitos sintéctónicos, tardío y post-tectónicos (Ordovícico-Carbonífero inferior); y ambiente de piedemonte, comprendida por: Formación Pomán (Pleistoceno), Formación Pipanaco (Holoceno) y Formación Colpes (Holoceno).

Geomorfológicamente, el área de estudio fue dividida en tres unidades denominadas: “área montana”, “área pedemontana” y “cauces fluviales y formas asociadas”. El área montana representada por la ladera occidental o “vertientes obsecuentes disecadas” de la Sierra de Ambato. El piedemonte se encuentra directamente vinculado a las formaciones cuaternarias definidas por Lafleur (1981), las cuales yacen en tres niveles de altura del relieve pedemontano (Nieto et al. 2018). Los cursos fluviales que drenan el área, presentan un comportamiento diferente, en función de la unidad geomorfológica que atraviesan.

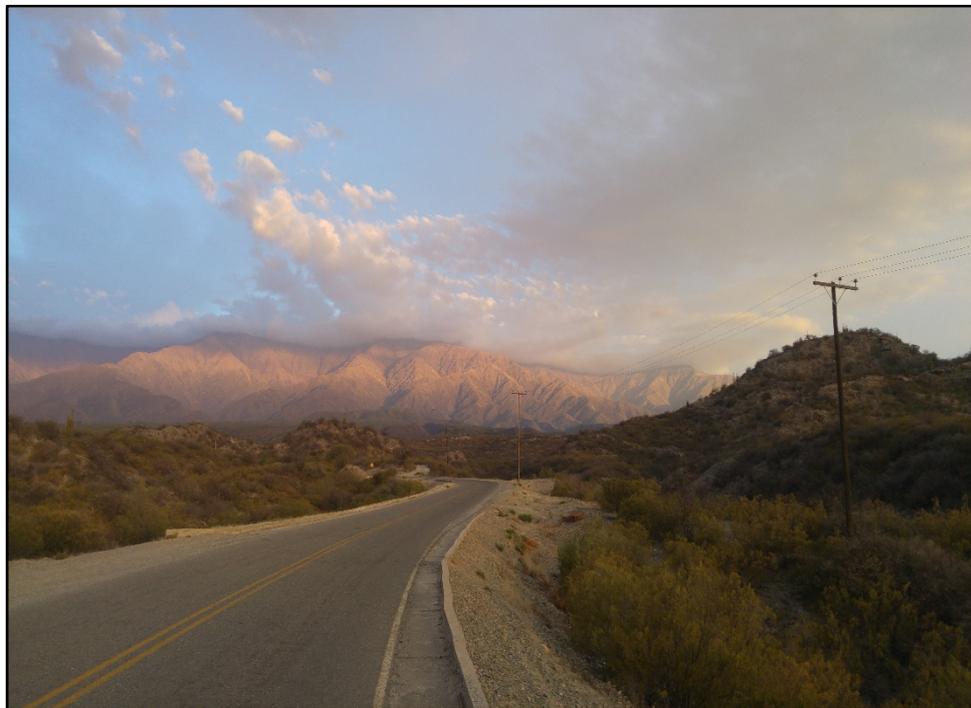
Se ha generado cartografía geológica-geomorfológica a escala 1:100.000, conteniendo las unidades antes mencionadas.

En cuanto a la identificación de geoamenazas hídricas se determinaron tres (3) sectores susceptibles a inundaciones: 1) Sector Colana: Tramo N°1: Ex Matadero Municipal y Tramo N°2: Badén sobre RP 25. 2) Sector Pomán: Tramo N°1: Parque Los Leones y Tramo N°2: Camino al Balneario Municipal. 3) Sector Rincón. En dichos sectores se estableció que, en el transcurso de los últimos 50 años, los ríos Colana, Pomán y Rincón, han sufrido importantes cambios en su dinámica, destacándose la presencia de cauces abandonados (río Pomán), sectores sometidos a erosión y socavación lateral sobre los taludes que limitan el lecho mayor o de inundación del río con las fajas de terrenos ribereños (río Colana y río Rincón), variaciones en el rumbo de los cursos y pérdidas de energía por cambios de altura o pendiente (río Pomán).

La información de base generada podrá ser de utilidad para los organismos competentes al momento de realizar la planificación de asentamientos urbanos, como así también podrá ser utilizada como base para estudios de tipo ambiental.

Palabras claves: *Geoamenazas Hídricas, Flanco Occidental de Ambato, Riesgos de inundación, Ordenamiento Territorial.*

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN



Camino a la localidad de Colana sobre RP 25

I.1- Generalidades

La siguiente investigación se realizó a fin de cumplimentar con el requisito que establece el Plan de Estudios (2004) de la carrera de Licenciatura en Geología de la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas de la Universidad Nacional de Catamarca, para acceder al título de Licenciada en Geología.

Como área de estudio, se eligió una zona en el departamento Pomán, en la región oeste de la provincia de Catamarca, que se extiende desde la Villa de Pomán hasta la localidad de Rincón, entre los paralelos 28°29' y 28°11' de latitud S y los meridianos 65°09' y 66°06' de longitud O, situadas en el sector occidental de la Sierra de Ambato.

El área corresponde al sector oriental de la cuenca hídrica del Salar de Pipanaco. Esta zona presenta un clima predominantemente árido de sierras y bolsones, con escasas precipitaciones durante el año, concentrándose mayormente en la época estival, ocasionando grandes crecidas de los principales ríos y arroyos de la zona. Tales crecidas, tanto ordinarias como extraordinarias y, tal como lo demuestran los antecedentes en el NOA, generan diversas modificaciones a las geformas estables o pasivas, pero que son parte de la misma dinámica fluvial del área. Esta situación natural, puede ser considerada un riesgo geológico. Al desconocer o subestimar estos riesgos naturales y al no considerarlos como parte del ordenamiento territorial, es que ocurren desastres como el aluvión acontecido en la localidad de Siján en el año 2014.

Debido a que la información de base del medio físico-ambiental y la cartografía asociada que existe, no es adecuada para caracterizar los eventos hídricos extraordinarios que generan riesgos sobre los asentamientos poblacionales, es objeto de este trabajo realizar la descripción geológica del área antes mencionada, generando cartografía a escala 1:100.000 y a su vez, identificar las geoamenazas hídricas de las zonas antropizadas, con la correspondiente elaboración de cartografía a escala detallada.

El estudio contribuirá a la determinación de posibles zonas de riesgo y se pretende que aporte a la toma de decisiones de las autoridades correspondientes al momento de realizar la planificación de asentamientos urbanos.

I.1.1- Ubicación y vías de acceso al área de estudio

El área de estudio comprende distintas localidades del departamento Pomán, ubicado en la región oeste de la provincia de Catamarca, el cual se encuentra inserto en el noroeste de la República Argentina.

El departamento Pomán limita hacia el norte con el departamento Andalgalá, hacia el sur con la provincia de la Rioja, hacia el este con los departamentos Ambato y Capayán, y hacia el oeste con los departamentos de Belén y Tinogasta. La localidad de Saujil es la cabecera departamental y las localidades de la Villa de Pomán, Rincón, Siján y Mutquín son los centros de mayor importancia dentro de la jurisdicción.

Se accede a la zona de estudio desde la ciudad de San Fernando del Valle de Catamarca por RN 38 hasta la localidad de Chumbicha (Dpto. Capayán), luego se continua por RN 60 ingresando por la Quebrada de La Cébila, empalmando hacia el norte con la RP 46 que atraviesa todo el Dpto. Pomán por el este en dirección norte-sur, a partir de la cual parten las demás rutas que ingresan desde ésta hacia los distintos pueblos. Dista de la capital provincial 160 km aproximadamente.

La RP 25 conecta las localidades por el sector medio del área pedemontana. Es la segunda ruta más importante del Dpto., está pavimentada en gran parte de su trayecto, encontrándose también sectores de ripio, que deben ser conservados sobre todo en épocas de lluvia ya que tienden a deteriorarse.

El área de estudio se encuentra limitada hacia el norte con la cuenca del río Saujil, hacia el oeste con la RP 46, al este con línea divisoria de Sierra Manchao - Ambato y su límite sur lo constituye los nacientes del río Pomán (Fig.1).

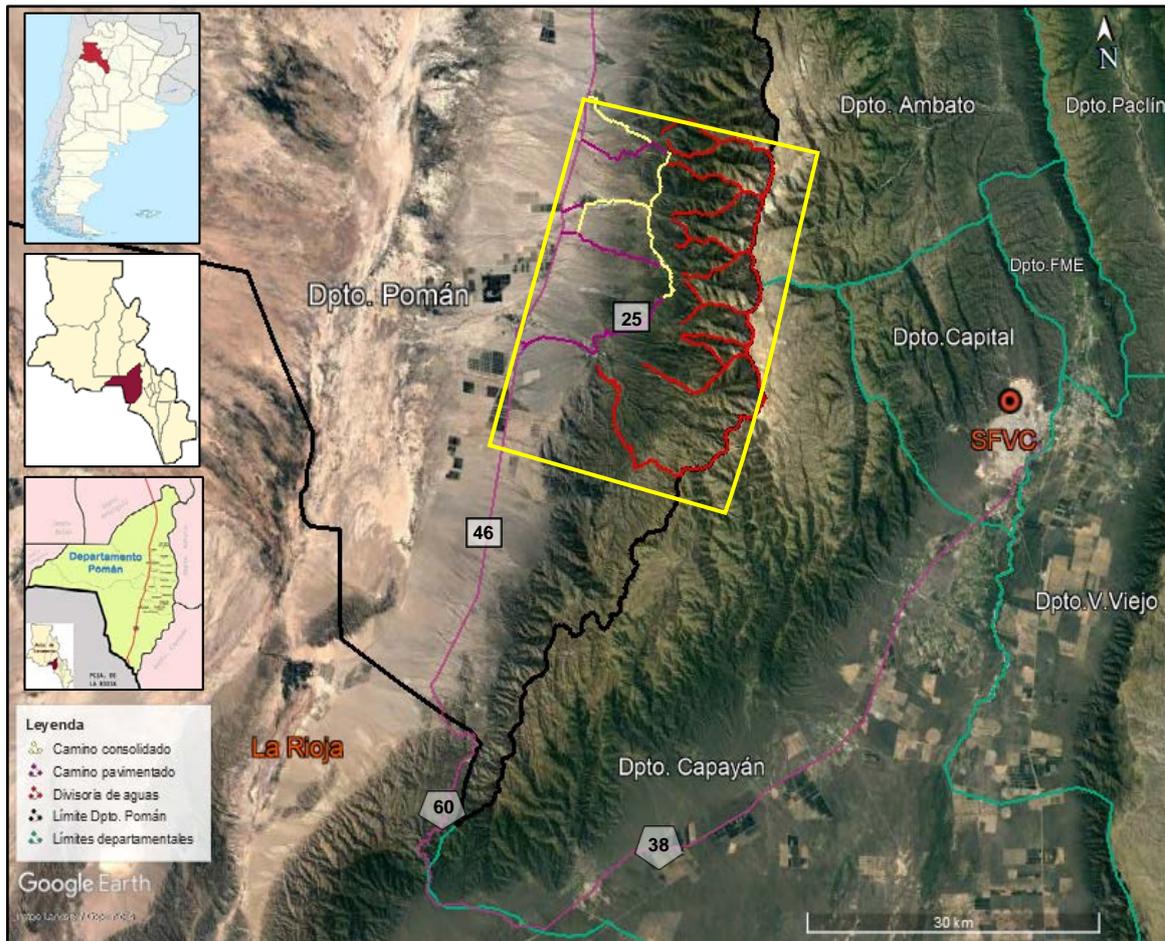


Figura N° 1: Ubicación y vías de acceso a la zona de estudio sobre imagen obtenida de Google Earth.
Recuadro amarillo: área de trabajo.

I.1.2.- Antecedentes

Los trabajos previos referentes a la geología de la zona de estudio son muy escasos, basándose fundamentalmente en la “Hoja 14f San Fernando del Valle de Catamarca”, relevada por el Dr. Félix González Bonorino en el año 1951, y publicada recién en 1978. En la descripción geológica de la Hoja, el Dr. González Bonorino realizó una magistral descripción en detalle del basamento cristalino, de las inyecciones e intrusiones magmáticas y de los distintos depósitos sedimentarios, además elaboró un capítulo Geológico-Económico.

La “Hoja 14e, Salar de Pipanaco, provincias de Catamarca y La Rioja”, descripta por el Dr. Mario V. J. Sosic y publicada en el 1973; incluye la región llana del área de estudio, casi en su totalidad, por lo que la descripción geológica se basó en los sedimentos del Cuaternario.

Estudios realizados por Verdecchia et al. (2007) y, Verdecchia y Baldo (2010), desarrollados aproximadamente hacia el sudeste de la zona de estudio, más específicamente en la Quebrada de La Cébila, permiten inferir en la edad y procedencia de los metasedimentos del Complejo Metamórfico La Cébila (CMLC), cuyas rocas constituyen parte del basamento del área de trabajo. Verdecchia et al. (2007), mediante el hallazgo de fauna fósil en dicha formación, le asignaron edades ordovícicas, difiriendo de autores como Gonzalez Bonorino (1978), Nullo (1981), Blasco et, al. (1994) quienes le asignaron una edad precámbrica.

Verdecchia y Baldo (2010) estudiaron la geoquímica y procedencia de los metasedimentos ordovícicos del CMLC, lo que permitió equipararlos con al menos tres composiciones primarias referentes a tipos litológicos psamíticos, psefiticos y pelíticos



cuarzosos, lo cual sugiere que los procesos metamórficos sobreimpuestos a estos sedimentos no modificaron en su esencia la composición del protolito. Además, sugieren que los depósitos de los protolitos del CMLC habrían ocurrido en una posición distanciada del arco volcánico Famatiniano y en cercanías a un basamento de composición ácida probablemente localizado al este-sudeste. Finalmente, indican que los metasedimentos de CMLC resultan geoquímicamente equivalentes a los pertenecientes a la Formación Puncoviscana (Neoproterozoico tardío - Cámbrico Temprano).

Por otra parte, Aceñolaza y Toselli (1977) definen la Formación Ancasti como esquistos bandeados con intercalaciones lentiformes de micacitas cuarcíferas, abundantes lentes de rocas calcosilicáticas, con presencia de zonas migmatizadas hacia el flanco occidental de la Sierra. Posteriormente en 1981, a partir de comparaciones litológicas y geoquímicas de elementos mayores y trazas en roca total, estas fueron correlacionadas con el mayor grado metamórfico de la Formación Puncoviscana.

Knüver (1983), en base a 9 muestras de esquistos bandeados y gneises ubicados a 2 Km al Sudoeste de la Villa El Portezuelo, obtuvo una edad $523,9 \pm 28$ Ma para dataciones de Rb-Sr, atribuyendo esta unidad al Periodo Cámbrico, producto del evento de metamorfismo regional de grado bajo “M2” (Ciclo Pampeano). Edades de 472 ± 26 Ma para dataciones de Rb-Sr se relacionan al metamorfismo de grado alto “M3” (Ciclo Famatiniano) asociado con migmatización, Larrovere (2012).

Esta unidad posee características semejantes a las descritas por Blasco et al., (1994) en la “Carta Geológica 2966-II – San Fernando del Valle de Catamarca”, donde se menciona que la Formación Ancasti – Miembro El Portezuelo está compuesta por gneises granulosos y gneises migmatíticos de textura bandeadada, así como esquistos o micacitas gnéisicas de tipo venoso.

Larrovere M. (2009), redefine a la Formación Ancasti-Miembro El Portezuelo, en base a comparaciones litológicas y geoquímicas, como Complejo Metamórfico-Ígneo El Portezuelo (CMIEP).

Por otro lado, Toselli et al. (2014) investigaron los metaconglomerados de Colana, ubicados en la localidad homónima, con el propósito de comprender su inusual composición, que presentan como característica principal el ser monomíticos y con clastos de cuarzo inequigranular sostenidos en matriz cuarzosa de grano fino. Primeramente, Lapidus (1946) y Coco (1946) reconocieron y denominaron como Conglomerado de Colana a un conjunto psefítico aflorante al este de la localidad de Rosario de Colana, y posteriormente Coco y Lapidus (1947) lo calificaron como “conglomerado metamórfico”. Diferentes autores trabajaron en la región proponiendo distintas interpretaciones sobre su edad y génesis, pero las mismas planteaban más interrogantes que respuestas.

Mediante diversos estudios petrográficos y observaciones de campo, Toselli et al., (2014) determinaron que debido a la ubicación concordante del protolito sedimentario de meta-psamitas y meta-psefitas de Colana, en las filitas de la Formación La Cébila, la edad máxima de sedimentación se situaría en los 525 Ma. Asimismo, de acuerdo con esta edad podría ser correlacionada con afloramientos de la Formación Puncoviscana. Además, indican que la edad de metamorfismo de la Formación La Cébila se correspondería con las determinaciones realizadas sobre las migmatitas de la Sierra de Ambato, establecidas en 477-470 Ma que concuerdan también con la edad del conglomerado.

Con respecto a las geoamenazas hídricas, se deben mencionar dos informes elementales, ejecutados en el año 2014.

A raíz de los acontecimientos acaecidos en las localidades de Siján y el Rodeo, donde se produjo un trágico aluvión que le costó la vida a varias personas, además de cuantiosos daños materiales, el Colegio de Geólogos de Catamarca realizó un estudio de carácter diagnóstico tendiente a evaluar las posibles causas que desencadenaron el desborde de los ríos Siján y Ambato. Asimismo, recomendaron una serie de medidas, estructurales y no estructurales, que permitirían prevenir consecuencias similares ante un posible evento de esta naturaleza y que pueden ser aplicables en todo el territorio de la provincia.



De la misma manera, profesionales y personal de apoyo del Instituto de Geología y Recurso Mineral del Servicio Geológico Minero Argentino, con sede en Buenos Aires y delegación Catamarca, elaboraron un informe preliminar sobre los aluviones ocurridos el 23 de enero 2014 en las localidades catamarqueñas de El Rodeo y Siján. Realizaron una evaluación preliminar de los eventos ocurridos y algunas recomendaciones a llevar a cabo en el corto y mediano plazo para dichas localidades.

En relación a los recursos minero, en el año 1993 el Consejo Federal de Inversiones y la Dirección de Minería de la provincia de Catamarca confeccionaron un informe titulado “Los yacimientos de cuarzo del Dpto. Pomán”, estudiando las manifestaciones de cuarzo y caolín, con el objeto de constatar las concentraciones económicas que permitan un aprovechamiento industrial y, describieron a su vez la geología presente entre las localidades de Michango y Mutquín.

De igual manera, el geólogo Matías García (2006) presentó el trabajo titulado “Estudio Geológico-Minero del área de Mutquín - Michango, Dpto. Pomán”; en el que realizó la descripción de las unidades presentes en el área, con especial énfasis en el notable cuerpo de cuarzo que allí aflora, contribuyendo de esta manera conocimiento geológico minero del sector occidental de la Sierra de Ambato.

I-2. Objetivos

I-2.1- Objetivos Generales

- Realizar la descripción geológica del flanco occidental de la Sierra de Ambato, entre las localidades de Rincón y Villa de Pomán, generando cartografía a escala 1:100.000.
- Identificar las geoamenazas hídricas de las zonas antropizadas, dentro del área de estudio, elaborando cartografía temática a escala de detalle, que contribuya al adecuado ordenamiento territorial de los municipios.

I.2.2- Objetivos Específicos

- a. Realizar recopilación y análisis crítico de antecedentes del área de estudio.
- b. Generar cartografía geológica-geomorfológica del área de estudio a partir de análisis visual de las cartas de las bandas de fotografías aéreas 2967-210 y 2967-211, del Plan NOA (Secretaría de Minería de la Nación), imágenes satelitales disponibles en Google Earth Pro y Bing Map.
- c. Describir las diferentes unidades geológicas aflorantes, características geomorfológicas y estructurales en la zona de estudio.
- d. Caracterizar los aspectos climáticos, relacionados a precipitaciones y aforos, en base a los registros disponibles.
- e. Describir y caracterizar el uso del suelo (urbano, rural y rústico) en la zona de trabajo.
- f. Identificar las geoamenazas hídricas del área a investigar.

I.3- Metodología

Para alcanzar los objetivos planteados, este trabajo se llevó a cabo en tres etapas consecutivas que incluyeron tareas de gabinete y trabajos de campo complementarios: en la primera etapa se desarrollaron tareas de gabinete de distinta índole, en la segunda etapa se realizó control de campo y, por último, en la tercera etapa se llevó a cabo el procesamiento e interpretación de la información obtenida en las etapas previas.

A continuación, se describen cada una de las etapas y sus respectivas tareas:



I.3.1- Primera Etapa: Gabinete

Las tareas realizadas en la primera etapa estuvieron vinculadas principalmente a la búsqueda y recopilación de información bibliográfica, cartográfica y estadística sobre el área de estudio, la región y la temática abordada. Para esto se consultaron libros, informes técnicos, publicaciones, investigaciones, cartas y hojas geológicas, disponibles en bibliotecas públicas, la Secretaría del Agua y el Ambiente (Dir. Prov. de Hidrología y Evaluación de Riesgos Hídricos), Catastro Provincial (Dirección Cartografía), páginas de Internet, Google Earth y sitios web oficiales (SMN, INTA, SCIELO, INA, SEGEMAR, entre otros). Asimismo se realizaron:

- Fotointerpretación de fotografías aéreas e imágenes satelitales: Se efectuó la interpretación geológica visual de imágenes satelitales multitemporales y de fotos aéreas pancromáticas disponibles del área de estudio, donde se hizo además una identificación de los puntos clave a visitar, de acuerdo con la problemática.
- Digitalización de imágenes satelitales empleando el software Google Earth Pro, lo cual comprende la delimitación de las cuencas hidrográficas, divisorias de agua, ríos principales y transitorios, subcuencas, áreas pobladas, zonas de cultivo, etc.
- Confección de mapas preliminares de la zona de estudio, que incluyen rutas, vías de acceso, localidades y ríos principales.
- Confección de cartografía geológica-geomorfológica: En base a los antecedentes recopilados a nivel regional y local, se realizó lectura crítica; analizando y actualizando parte de la nomenclatura utilizada.
Se generó la cartografía geológica y geomorfológica preliminar, mediante la utilización del software ArcGIS versión 10.3 para edición y del *Google Earth Pro*, a fin de efectuar su posterior verificación y corrección en base a las observaciones de campo.
- Análisis e Interpretación de datos de precipitaciones y aforos: Se recopilaron datos de precipitaciones y aforos pertenecientes a la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la provincia de Catamarca (Anexo N° 1 y Anexo N° 2)
Se trabajó con 3 (tres) registros de estaciones pluviométricas dentro del área de estudio, las cuales poseen datos desde 1948/1980-1972/2010 para la Estación Mutquín (correo y telégrafo), 1973-2010 para la Estación Michango y 1972/1987-2000/2007 y 1948-1984 para la Estación Rincón (correo y telégrafo). Además, existen registros puntuales y dispersos en el periodo 2004 a 2011 de datos de caudales correspondientes a 7 (siete) puntos de aforo.
A partir de la información recopilada y provista por la Secretaría del Agua y el Ambiente, se confeccionaron gráficos y tablas, analizando los datos de manera anual y mensual.
- Descripción de los componentes ambientales propios de la región: Clima, Vegetación, Tipo de suelo, Geología, Geomorfológica e Hidrología.
- Análisis de geoamenazas hídricas: Este estudio se realizó a partir de la interpretación fotogeológica de documentos aero-fotográficos y escenas satelitales multitemporales del área de trabajo. Para este análisis se dispuso de los siguientes documentos: fotografías aéreas tomadas en el año 1968, a escala 1:50.000 y 1:25.000 (proporcionadas por la Dirección de Catastro de la provincia de Catamarca), e imágenes satelitales multitemporales disponibles en los sitios web *Google Earth Pro* y Bing Maps.
Con base en las observaciones realizadas a partir de los documentos fotográficos antes mencionados, se pudo evaluar el comportamiento la dinámica fluvial y la movilidad del cauce de los ríos, lecho de inundación y aquellos terrenos ribereños de la trama urbana

y rural susceptible de inundación. Además, se llevó a cabo la confección de la cartografía preliminar correspondiente a escala detallada.

- Selección de puntos estratégicos preliminares para la observación en campo.

I.3.2- Segunda Etapa: Campo

Durante esta etapa se hicieron recorridos por el área de estudio, identificando las unidades litológicas aflorantes, delimitando los contactos geológicos, relevando los datos estructurales y estratigráficos, como así también, la identificación y el registro fotográfico de los procesos naturales. Asimismo, las evidencias geológicas observadas en el análisis de geoamenazas hídricas, fueron corroboradas en el campo para determinar la validez y confiabilidad de la información.

Se realizaron tres campañas de campo en las cuales; dos de ellas estuvieron vinculadas a la revisión de los aspectos generales y a los referidos a la geología y geomorfología de la zona. En el caso de la geología se verificó si las unidades litológicas y las estructuras determinadas en gabinete se ajustan a lo observado en campo; mientras que para la geomorfología se pudieron reclasificar algunas geoformas y distinguir otras nuevas que no habían sido consideradas en gabinete.

En cuanto a los aspectos generales, se llevó a cabo un reconocimiento general de la zona de estudio, que incluyó identificación de las redes de drenaje, vías de acceso, estado de caminos, distancias, habitantes, actividades productivas, suministro de agua de riego, etc.

La tercera campaña de campo, implicó identificar los taludes límites de los terrenos inundables, a partir de las variaciones de pendiente en los caminos y sectores accesibles próximos a los cauces, y tipo de vegetación. En aquellos sectores en donde la actividad agrícola ha modificado totalmente el terreno, la línea de talud fue inferida. Además, se corroboró el tramado de la red hidrográfica, entrevistas a pobladores de las zonas críticas, señaladas previamente mediante la fotointerpretación, y la toma de fotografías cada sitio de observación y en diferentes puntos de interés, recabando a su vez datos de importancia para el estudio.

Durante las campañas se utilizaron las siguientes herramientas y materiales: Libreta de campo y marcador, piqueta, cinta métrica, brújula geológica, GPS, tablas de reconocimiento sedimentológico, cámara fotográfica y la cartografía preliminar impresa y digital.

I.3.3- Tercera Etapa: Gabinete

- Elaboración del mapa geológico y geomorfológico: Mediante la fotointerpretación realizada y con los datos recopilados en campo referentes a litologías, datos estructurales y geomorfológicos, se realizó la cartografía geológica-geomorfológica final a escala 1:100.000, mediante el uso del software ArcGIS versión 10.3. (Ver Anexo N° 3).
- La cartografía de geoamenazas hídricas de los ríos Pomán, Colana y Rincón, se elaboró a escala 1:3.500. Los criterios que se tuvieron en cuenta para discriminar los terrenos inundables, fueron taludes degradados, huellas de drenaje, cubierta vegetal, sedimentos. El análisis multitemporal realizado a partir de los documentos fotográficos antes mencionados, permitió estimar la ocurrencia hídrica identificándose: terrenos susceptibles de inundación en periodos menores a 50 años y terrenos susceptibles de inundación en periodos mayores a 50 años. Por otro lado, se realizó el cálculo del diámetro de ductos de desagües en el “Barrio 50 Viviendas”, en el Dpto. Pomán. El procedimiento aplicado fue extraído del Manual de Ingeniería de Carretera, Forest Road Engineering Guidebook (2002), y supone que el alto y ancho del agua representa el área de flujo transversal de

inundación anual media para el arroyo, determinado por la marca de crecida; y que el área de flujo transversal para un caudal recurrente de cien años (Q100) es tres veces más. El desarrollo de esta metodología se encuentra dentro del Capítulo V: Geoamenazas Hídricas, con el propósito de comprender con mayor facilidad lo aplicado en el presente trabajo.

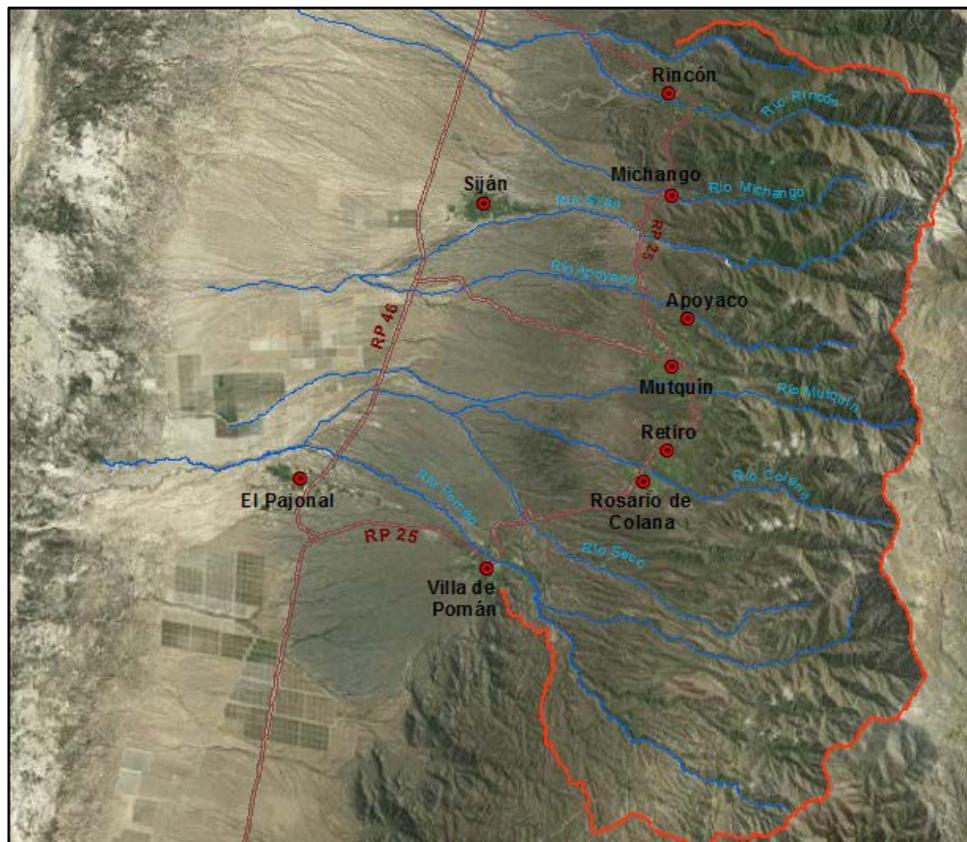
- Digitalización de mapas temáticos y redacción del texto: Con el programa ArcGIS versión 10.3., se realizó la confección de mapas finales con respecto al uso de suelo del área de estudio a escala detallada y, la correspondiente confección del manuscrito o informe del trabajo desarrollado.

I.4- Estructura

El Trabajo Final cuenta con la siguiente estructura:

- El primer capítulo cuenta con la introducción, en donde se detalla la ubicación y vías de acceso al área de estudio, objetivos del trabajo, antecedentes y la metodología utilizada.
- En el segundo capítulo se detallan las características geográficas de la zona, en relación a la población, al clima, orografía, hidrografía, etc.
- El tercer capítulo hace referencia a la geología regional y local del área de estudio.
- En el cuarto capítulo, se describe la geomorfología del área de estudio, en donde se hace una división entre el área montana, el área pedemontana y los cauces y formas asociadas.
- El quinto capítulo se refiere a las geoamenazas hídricas, en el cual se realiza una identificación de las mismas, dividiendo en sectores y tramos.
- En el sexto capítulo se desarrollan las conclusiones y recomendaciones obtenidas.
- Finalmente, en los capítulos siete, ocho y nueve, se indican las referencias, bibliografía y los anexos respectivamente.

CAPÍTULO II CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS



Digitalización del área de estudio

II.1- Población

El departamento de Pomán tenía una población de 10776 habitantes (INDEC, 2010), lo que representa un incremento del 12.9% frente a los 9543 habitantes (INDEC, 2001) del censo realizado en el año 2001 (Fig. 2).

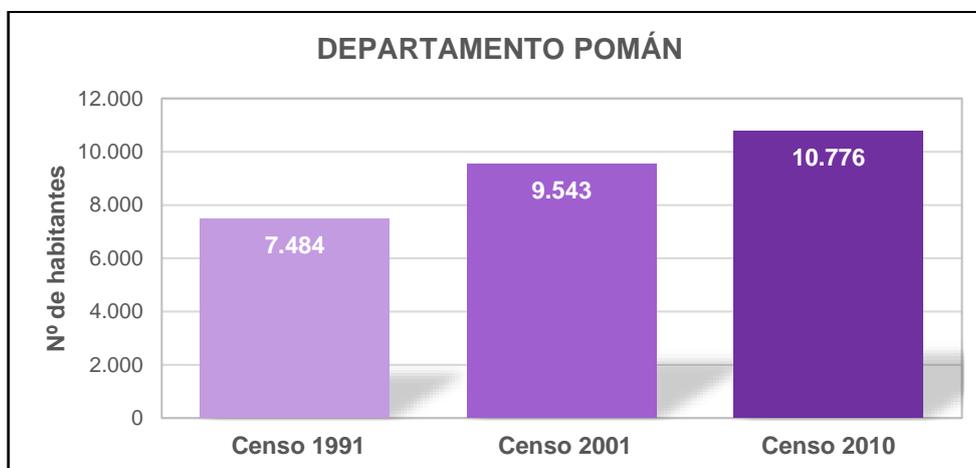


Figura N° 2: Variación poblacional en el departamento Pomán.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INDEC.

A continuación, se presenta un cuadro comparativo en el cual se puede apreciar la variación poblacional con respecto a los Censos de INDEC, efectuados en el año 1991, 2001 y 2010 pertenecientes a las localidades involucradas en el área de trabajo (Tabla 1).

Localidad	Censo 1991	Censo 2001	Censo 2010
Apoyaco	66	93	76
Colana	416	490	478
Colpes	515	695	774
El Pajonal	357	502	590
Mutquín	928	1.075	1.075
Pomán	1.577	2.259	2.856
Rincón	555	554	523
Siján	831	1.044	1.169

Tabla N° 1: Cantidad de habitantes por localidad.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INDEC.

En la Figura 3, se puede apreciar que la localidad de la Villa de Pomán presenta un marcado crecimiento poblacional, al igual que las localidades de Colpes, El Pajonal y Siján. Esto no ocurre con las localidades de Apoyaco, Colana y Rincón, las cuales presentan una leve disminución en su número de habitantes, si se comparan los censos de 2001 y del 2010.

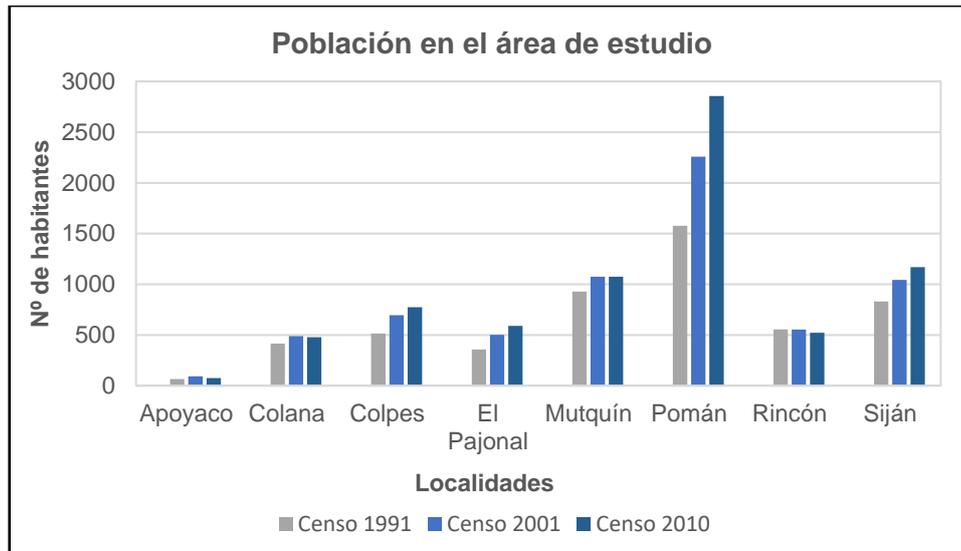


Figura N° 3: Variación poblacional según Censos del año 1991- 2001 y 2010.
Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina (web).

II.2- Aspectos socioeconómicos

Respecto a las actividades económicas, en base a Atlas Catamarca (2016), la zona de estudio tiene dos tipos de paisaje bien definidos, el del marco montañoso y el del desierto y Salar. Las poblaciones que se ubican en la falda de la Sierra de Ambato realizan como actividad primaria la producción de nogales de muy buena calidad, debido principalmente al microclima más húmedo. En la zona llana, siendo el microclima más árido y caluroso, la producción que se lleva a cabo es la vid, frutales como el membrillo y el cultivo de olivos para aceitunas en frasco y aceite, mientras que los cultivos anuales como papa, porotos, tomates y pimientos ocupan un pequeño margen. En cuanto a la ganadería, cerca del salar, se da en menor medida la cría de bovinos y caprinos, pero está más destinado al consumo familiar.

La minería no constituye una actividad relevante, se ve reducida a la explotación de rocas de aplicación las que existen en muy buena calidad y cantidad, destacándose la extracción de caolín, utilizándose en rellenos de caminos y en la fabricación de cemento blanco y materiales refractarios.

Según datos del INDEC, en el departamento Pomán, la ocupación del 63% de la población se concentra en 4 rubros:

- 1) Administración pública, defensa y seguridad social obligatoria.
- 2) Agricultura, ganadería, caza y silvicultura.
- 3) Enseñanza.
- 4) Comercio al por mayor, en comisión y al por menor, excepto vehículos.

Por otro lado, en las localidades del área de estudio existen centros educativos de nivel primario, secundario y terciario. Según datos brindados por el INDEC, la mayor parte de la población de Pomán se encuentra comprendida en nivel primario completo y secundario incompleto con niveles más altos que la media provincial y nacional.

En cuanto a las necesidades básicas insatisfechas (NBI), se resume en la Tabla 2 el porcentaje de hogares con NBI en el departamento Pomán, según los Censos Nacionales de Población, Hogares y Viviendas 2001 y 2010 del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC).

Departamento	2001			2010			Variaciones intercensales (en %)		
	Total de Hogares	Hogares con NBI	%	Total de Hogares	Hogares con NBI	%	Total de Hogares	Hogares con NBI	Ptos. Porc.
	(a)	(b)	c= b/a	(d)	(e)	f= e/d	g=d/a	h=e/b	j= f - c
Pomán	2167	486	22,4	2746	322	11,7	26,7	-33,7	-10,7

Tabla N° 2: Hogares del Dpto. Pomán con NBI - Fuente: INDEC.

II.3- Uso actual del suelo

En la actualidad la ocupación del suelo en el área de estudio, se realiza sobre la base de ordenanzas aisladas a nivel departamental y provincial, ya que no cuenta con una ley que condicione el uso del suelo y su ordenamiento territorial. Por lo tanto, es el resultado del crecimiento demográfico sin una planificación concreta.

En base a imágenes satelitales y reconocimiento de campo, se han diferenciado zonas con uso del suelo:

- Natural: se denominan así a zonas en donde el medio natural se mantiene intacto en su generalidad (exceptuando por senderos hacia las sierras y cumbres), es un área que por motivos de acceso no se ha podido ocupar ni explotar para la adquisición de un bien útil.
- Construida: áreas en donde se localizan las poblaciones. Se las reconoce por tramado y disposición de viviendas.
- Agrícola: se ubican en una zona de transición entre la zona natural y la zona urbana. Se caracteriza por no poseer vegetación natural, y por brindar una adquisición útil para el o los dueños, principalmente siembra y cosecha. Presentan en general pendiente escasa y homogénea.
- Recreativo: involucran principalmente a las zonas del lecho mayor de los ríos presentes en la zona de estudio (en épocas estivales), otro tipo de área recreativa involucran senderos hacia cumbres y sierras, campings, polideportivos, locales bailables, canchas de futbol, etc.
- Servicios: El uso de suelo con respecto a los servicios corresponde a las áreas ocupadas por la terminal de ómnibus de la Villa de Pomán, filtros y estanques de agua de los distintos poblados, transformadores del abastecimiento eléctrico, iglesias, etc.
- Sitios Arqueológicos: Los estudios arqueológicos en el Dpto. Pomán no son numerosos, pero con las pocas investigaciones se pudo determinar la riqueza arqueológica del departamento, donde se pueden mencionar las ruinas de Pajanco, Tuscamayo y La Ciudadita (Lafone Quevedo, 1902), materiales alfareros decorados recuperados en inmediaciones de estos sitios, etc.

En líneas generales el área de estudio presenta mayor superficie ocupada por zonas naturales, lo cual se debe a la existencia de sistemas montañosos. La principal zona ocupada por la actividad antrópica corresponde a la localidad de Pomán y Mutquín. La segunda área en importancia corresponde a las Zonas Agrícolas.

Desde los Anexos N°4 al N°8 se presentan cinco (5) cartografías temáticas de uso de suelo, en función de las áreas seleccionadas con evidencias de geoamenazas hídricas, lo cual se describirá en el Capítulo V.

II.4- Uso del agua

El caudal aportado por los ríos que discurren en el área de trabajo, es captado por medio de cañerías y aprovechado para abastecer de agua, tanto para consumo humano como agrícola y ganadero, a las poblaciones de Retiro, Rosario de Colana, Mutquín, Michango y Rincón, todas ellas ubicadas en el sector apical de los conos; y Pomán, Siján y Saujil ubicadas en los sectores medios y distal de dichos conos. Antiguamente se

utilizaban los caudales de algunos ríos para generación de energía eléctrica, la cual era distribuida para el consumo en las localidades citadas.

II.5- Orografía

Los principales rasgos fisiográficos de la zona de estudio están dados por las formaciones montañosas de Sierra de Ambato - Manchao.

El bloque de El Manchao se eleva a 3600 m sobre un piedemonte de 900 m en el oeste y constituye el elemento de mayor altura en la región. Esta sierra posee en el sector de cumbre un relicto de superficie de erosión de 1 km de ancho con elevaciones sobre los 3500 a 4000 m y culmina a los 28°30' en coincidencia con la finalización del grueso de los cordones serranos, a partir del cual se inicia el Valle de Catamarca. Aquí nace la Sierra de Ambato con una altura entre 2600 a 3000 m.

La Sierra de Ambato constituye un cordón elongado, con una orientación submeridiana y una longitud aproximada de 200 km, se extiende desde el noreste de la provincia de La Rioja, atraviesa el sector central de la provincia de Catamarca y alcanza en su extremo septentrional el límite de la provincia de Tucumán. La característica fisiográfica principal de dicha sierra es su pendiente suave del lado oriental y abrupto del lado occidental, rasgo estructural que puede observarse en muchas de las unidades que forman parte de la provincia Geológica de Sierras Pampeanas. Este cordón montañoso posee alturas que superan los 4000 m, entre los que se pueden destacar los cerros del Alto (4200 msnm), Morado (4023 msnm), y El Manchao, con 4575 msnm.

Adosados a la ladera occidental del Ambato, se desarrollan un conjunto de conos de deyección, sobre los cuales se encuentran ubicados todos los centros poblados de la región. Dichos conos se extienden hacia el este, alcanzando su parte más distal en la ex línea ferroviaria General Belgrano. Estos conos se encuentran surcados por arroyos temporarios que abastecen de agua a los principales ríos del departamento Pomán.

II.6- Hidrografía

Dentro del Sistema Hidrográfico de la Provincia de Catamarca se distinguen nueve cuencas hídricas, las cuales se sintetizan en tabla 3.

CUENCA	DEPARTAMENTO	Km ²	REGIÓN
CUENCA RÍO ABAUCÁN-COLORADO-SALADO	Tinogasta	20.894	Oeste
CUENCA LAGUNA VERDE	Tinogasta	2.639	Oeste
CUENCA RÍO SANTA MARÍA	Santa María	1.700	Oeste
CUENCA DEL ESTE	El Alto - Ancasti - Santa Rosa - La Paz	11.672	Este
CUENCA SALAR DE PIPANACO	Belén - Pomán - Andalgala	17.994	Oeste
CUENCA RÍO DEL VALLE CENTRAL, AFLUENTE Y RÍOS DE LA FALDA ORIENTAL DEL AMBATO	Capital - F.M.E. - Valle Viejo - Paclin - Capayán - Ambato	5.315	Centro
CUENCA DE LA PUNA	Antofagasta de la Sierra	17.552	Oeste

Tabla N° 3: Cuencas hidrográficas de la Provincia de Catamarca.
Fuente: Elaboración propia.

La zona de estudio se encuentra inmersa en la cuenca endorreica del Salar de Pipanaco, en la cual confluyen los principales cursos de agua de la región. Esta cuenca abarca íntegramente el departamento Pomán, la mayor parte de los departamentos de Andalgala y Belén, así como una pequeña parte del departamento Tinogasta.

El ciclo hidrológico comienza por las precipitaciones en los bordes elevados de las sierras, continúa por el escurrimiento superficial en las zonas altas, que se produce por numerosos cauces de corto recorrido y en general de régimen temporario (manteniéndose permanente solo en algunos tramos) hasta la zona de acumulación al pie de las sierras, donde las aguas se infiltran. Desde allí el escurrimiento es por lo general subterráneo (sólo en épocas de crecidas suele ser superficial) hasta su nivel de base en el Salar de Pipanaco, donde el agua asciende por capilaridad y, posiblemente, por presión hidrostática, produciendo su descarga en la superficie por evaporación.

El agua de estos ríos se insume antes de llegar a la extensa depresión del Pipanaco, y sólo en las grandes crecidas unos pocos de ellos llegan como curso superficial hasta el salar.

Los ríos y arroyos que atraviesan los conos aluviales del área de trabajo, son de régimen torrencial, con cauce bien definido y encajonado, tramos de mucha pendiente, tendencia a los aluviones y al arrastre de material árido grueso, como cantos rodados y bloques.

II.6.1- Descripción de los principales ríos del área de estudio

Los principales cursos de agua presentes en la zona de estudio son los ríos Pomán, Colana, Mutquín, Siján y Rincón, atraviesan sus localidades homónimas (Fig. 4). Tienen un curso general Este-Oeste y nacen en la Sierra de Ambato-Manchao, divisoria de aguas entre las cuencas del Valle Central y la del Salar de Pipanaco, algunos de ellos son de curso permanente y caudal variable, otros secos, pero todos de régimen torrencial y pronunciadas pendientes; estos son utilizados para consumo y regado de fincas, predominando el nogal y la vid (Varela, 2012).

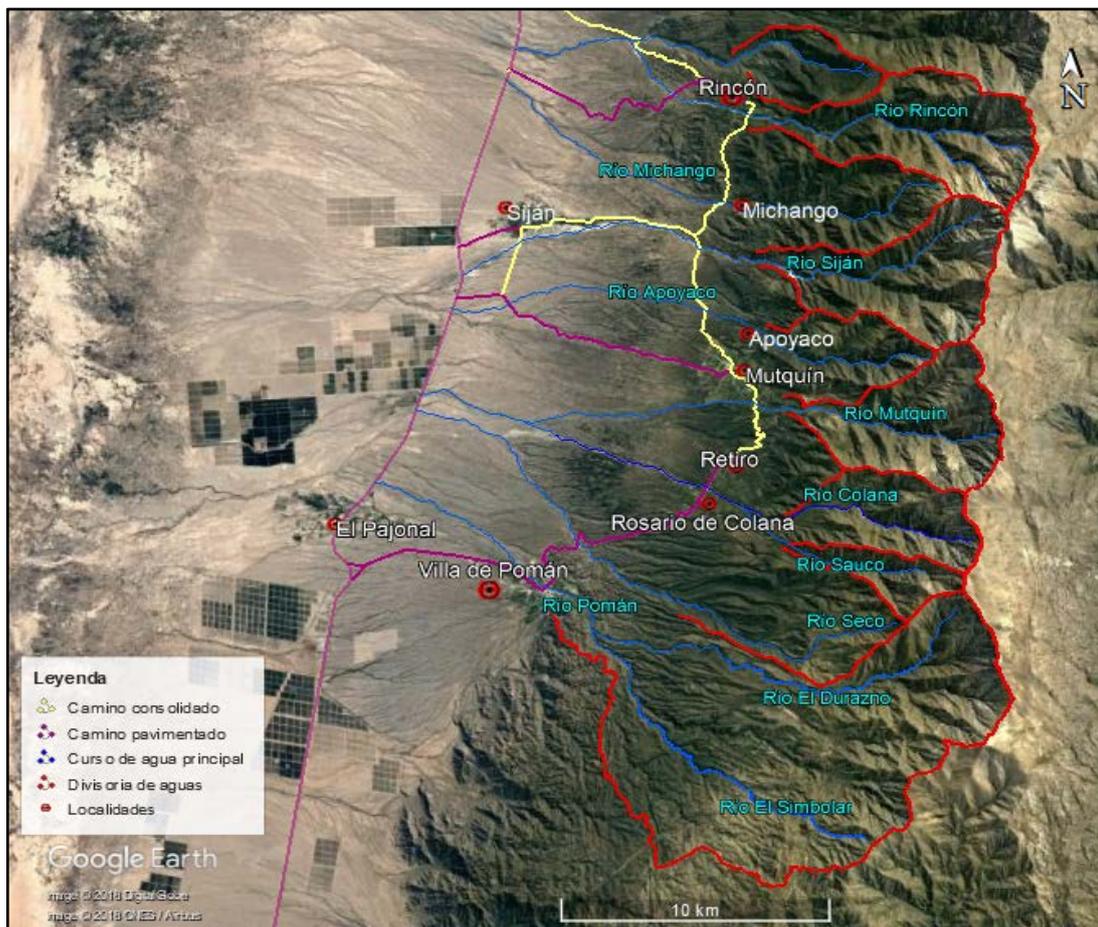


Figura N° 4: Principales ríos de la zona de estudio. Elaboración propia.

Al no existir un colector o río principal que acumule los caudales de los distintos ríos y arroyos existentes en la zona y los transporte hacia el salar, estos escurren sus aguas en la cuenca del Salar de Pipanaco en forma individual.

➤ **Río Pomán** (*Voz cacana que significa: el alto de los leones*).

Este río de muy buen caudal, y de gran importancia para riego y consumo de las localidades Villa de Pomán y Pajonal, se origina en la unión de los ríos El Durazno o Estancia Vieja, con el río El Simbolar o Los Pozos a 300 m aguas arriba al sur del Balneario Municipal; este último río recibe el afluente permanente del río Los Corrales al que aportan el arroyo Duraznillo y el arroyo Tala Marcado también llamado arroyo La Romana, según relatos de antiguos pobladores de la zona.

El río Pomán (Imagen 1), circula con una dirección al noroeste para luego girar al final del pueblo con rumbo este-oeste, atraviesa las localidades de Pomán y Pajonal; desde este último pueblo cambia por el nombre de río Amblao (*voz cacana que significa: lugar redondo del alto*), cruza la RP 46, siempre en dirección oeste hasta perderse como cauce temporario en el Salar de Pipanaco, donde recibe el afluente temporario del río Seco.

El resto de los arroyos y ríos de la vertiente occidental del Ambato, que son aprovechados por las localidades antes mencionadas, son de sur a norte: arroyo Balgal (*voz quichua que significa: vuelta redonda*) el cual está formado por la unión del arroyo Puerta Grande y el río La Cañada; el río Anguil (*voz cacana que significa: espinas en el alto*), el río de La Quebrada y el río Seco están formados por el río La Banda y el arroyo El Totoral que baja del Puesto Espinillo. El río Seco marca el límite entre las localidades de la Villa de Pomán y Colana.

El río Antacu (*voz cacana-quichua que significa: algarrobo del alto*) y arroyo Burruyaco (*voz castellana-quichua que significa: agua del burro*), transportan agua solo en época estival y circulan entre las localidades antes mencionadas.



Imagen N° 1: Río Pomán. Vista desde el puente - Villa de Pomán.

➤ **Río Colana** (*voz del Cuzco que significa: lo más alto o elevado*).

Elemento vital que abastece de agua potable e irrigación a las localidades de Rosario de Colana y Retiro.

Este río nace a unos 3700 msnm, entre las coordenadas 28° 22' S - 66° 3' O, en un ambiente de montaña, circulando en dirección predominante hacia el oeste. Recibe el aporte del río Sauco de caudal permanente, el cual baja en dirección este-oeste.

Luego, a los $28^{\circ} 22' 29''$ S - $66^{\circ} 5' 22''$ O, el río adquiere una dirección sureste – noroeste a lo largo de 4,2 km y a los 2415 msnm el curso cambia de dirección con sentido hacia el suroeste, a lo largo de 3,5 km. Finalmente a los $28^{\circ} 22'$ S - $66^{\circ} 7'$ O a una altura aproximada de 1940 msnm, ya en el inicio de la población, el flujo adquiere un rumbo preferencialmente hacia el noroeste por 15 km aproximadamente, hasta descargar sus aguas en el borde oriental del Salar de Pipanaco, que constituye su nivel de base.

El río Colana atraviesa dichas localidades mediante cauce temporario, marcando el límite entre ambas (Imagen 2), Rosario de Colana hacia el sur y Retiro hacia el norte.



Imagen N° 2: Río Colana. Vista desde la toma, límite Retiro- Rosario de Colana.

➤ **Río Apullaco** (*Voz del cacana que significa: agua del señor*).

Comúnmente llamado como Apoyaco, es de régimen permanente, caudal variable y circula en dirección paralela al tramo final del río Mutquín. Su escaso caudal es captado por un sistema de canales que abastecen a la planta potabilizadora y riego de fincas nogaleras, por lo que dicho río cruza el poblado de Apoyaco totalmente seco (Imagen 3).



Imagen N° 3: Río Apullaco. Vista desde el camino RP 25 - Localidad de Apoyaco.

➤ **Río Mutquín** (voz quichua que significa: *lugar para oler*).

Este río es de caudal permanente y bastante considerable, utilizado para abastecimiento de agua potable y regadío en la localidad de Mutquín (Imagen 4).

Este curso de agua nace aproximadamente a los 3960 msnm, al pie del Cerro Manchao, entre las coordenadas 28°20' S - 66°3' O, a partir de la unión de varios cauces que bajan de la zona cumbre de la sierra. Recorre unos 5 km en sentido sureste - noroeste a través del cordón montañoso. Al atravesar la RP 46 cambia por el nombre de Tuscamayo (voz del Cuzco que significa: *río de las tuscas*).

Asimismo, la localidad de Mutquín se encuentra surcada por arroyos de pequeña extensión que solo llevan agua en épocas estivales, ellos son: Apullaco, Polonia, Talayaco y del Infiernillo.



Imagen N° 4: Río Mutquín. Vista desde la toma - Localidad de Mutquín.

➤ **Río Siján** (voz del Cacán que significa: *hendedura del alto*).

El río Siján nace de la ladera suroccidental del cerro Manchao, a partir de la confluencia de dos cauces principales que bajan de la zona cumbre, a los 3680 msnm, entre las coordenadas 28°15' S - 66°3' O, recorriendo unos 5,2 km con sentido noreste - suroeste.

Río de mucho caudal a la altura de la cantera de cal fuera de explotación a 8 Km aproximadamente aguas arriba del pueblo de Siján, pero que a pocos kilómetros aguas abajo se convierte en temporario (Imagen 5), abasteciendo al pueblo de Siján por medio de un canal principal. Al atravesar la RP 46 cambia por el nombre de Pajanco (voz del Cacán que significa: *agua escondida en la falda*).



Imagen N° 5: Río Siján. Vista desde el camino, RP 25 - Localidad de Siján.

- **Río Mischango o Michango** (voz del Cacán: *muchacho del gato*).
Es el río de menor caudal con respecto a los demás, nace al pie del Cerro Manchao y atraviesa la localidad de nombre homónimo (Imagen 6), a 4 km hacia el sur de la localidad de Rincón.



Imagen N° 6: Río Michango. Vista desde el camino, RP 25 - Localidad de Michango.

- **Río Rincón** (etimológicamente significa *malcasco* o *malasco* significa: aguada de la vuelta o agua que da vuelta).
El río Rincón, de caudal permanente, nace en la parte elevada de la sierra, entre las coordenadas 28°14' S–66°2' O, su flujo es de dirección este - oeste abarcando 4,5 km en la parte alta de la cuenca.

Este río abastece a la localidad homónima por medio de cañerías y pasa por la misma en forma temporaria (Imagen 7). Al cruzar la RP 46 se une al río Saujil para perderse en el Salar. Dicho río presenta un rumbo general este a oeste.



Imagen N° 7: Río Rincón. Vista desde reservorio en construcción
(Coord. 28°13'40.01"S; 66° 7'29.18"O) - Localidad de Rincón.

Estos cursos tienen comportamientos torrenciales y crecientes estivales, con picos de alta intensidad y corta duración. El agua posee cierto grado de turbiedad dado por los elementos de material sólido en suspensión y arrastre de material de fondo durante período aluvional.

Dicho comportamiento, influye en el sistema de riego, impactándolo negativamente y dejando fuera de servicio las captaciones del agua por colmatación lo que se refleja en la disminución de la eficiencia del mismo. Esta conducta torrencial y aluvional de los ríos y arroyos, con elevado aporte de sedimentos en suspensión y arrastre de sólidos, ocasiona actualmente procesos erosivos en las márgenes del curso, afectando la correcta operación de los sistemas por colmatación de las estructuras de toma y obstrucción en algunos de los canales.

II.7- Hidrogeología

II.7.1- Escala Regional

La zona de estudio se encuentra enmarcada en la Región 7, según Auge, M. et al. 2006. En la Figura 5 se puede apreciar la localización de las diversas regiones hidrogeológicas del Centro y Norte de la Argentina.

Las Sierras Pampeanas poseen núcleos formados por rocas de origen ígneo y metamórfico de edad Precámbrica y Paleozoica inferior, pero su manifestación orográfica data del Neógeno superior, como consecuencia de un fallamiento regional inverso de alto ángulo y de rumbo meridiano, que originó bloques de perfil asimétrico. Un potente relleno sedimentario depositado entre los bloques, por acción fluvial y/o de la gravedad y constituye un importante reservorio de agua subterránea.

La recarga se lleva a cabo por medio de la infiltración de los afluentes superficiales y cursos principales en los abanicos aluviales y rellenos de valle. Otro aspecto muy

significativo pero difícil de cuantificar es el aporte por flujo lateral, a través de la porosidad secundaria que presentan las rocas que forman los núcleos de las sierras.

El agua contenida en dichos depósitos aluviales es de buena calidad, pero desmejora marcadamente en los sedimentos que conforman el Neógeno subandino. Por ello, si estos últimos subyacen al aluvio, se puede producir salinización por ascenso vertical del agua salada de fondo, si se desequilibra el sistema de bombeo.

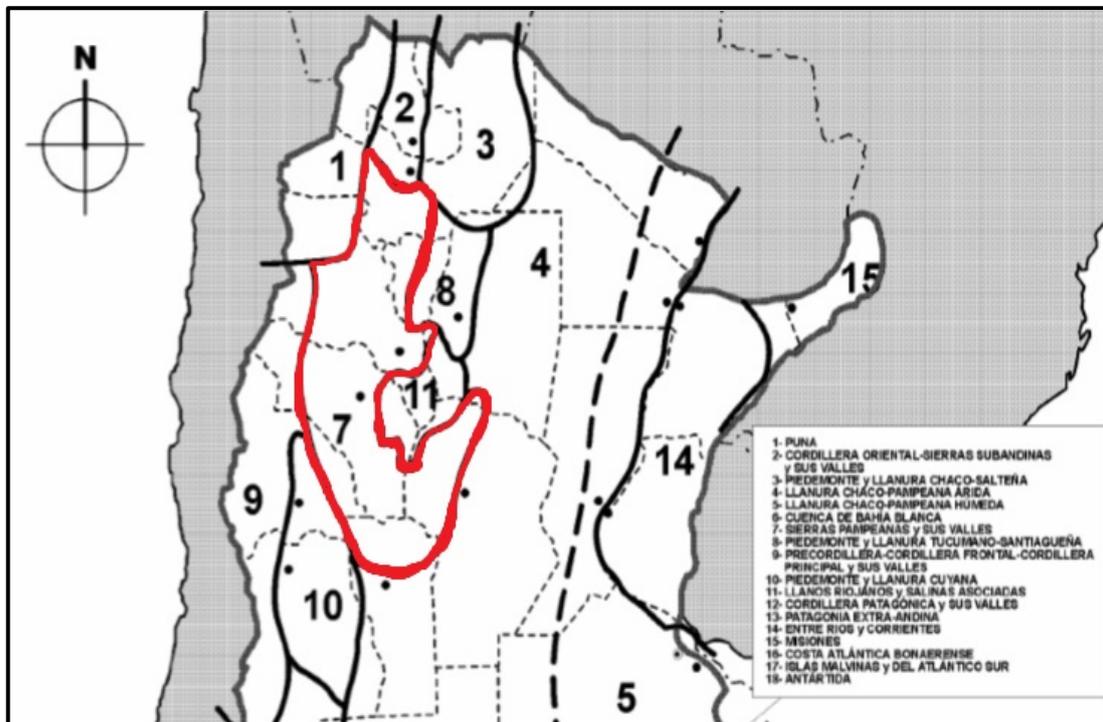


Figura N° 5: Regiones hidrogeológicas. Región 7: Sierras Pampeanas y sus valles (Auge, M. et al. 2006).

II.7.2- Escala Local

La recarga del agua subterránea se origina en los sedimentos cuaternarios que conforman los conos aluviales en el borde occidental de las sierras de Ambato-Manchao. Dicha recarga proviene de las precipitaciones que se producen en la cuenca alta y en las quebradas que dan origen a vertientes y arroyos que son aprovechados en pequeñas explotaciones agrícolas. Estos conos aluviales constituyen buenos reservorios de agua subterránea que mantienen sus características desde el sur de Pomán hasta Saujil y Andalgalá. La zona media a distal de los conos, al oeste de la RP 46, es la zona con mayores posibilidades para el desarrollo futuro en base a la explotación de sus recursos hídricos subterráneos.

Los emprendimientos agropecuarios ubicados en el área de estudio, aprovechan especialmente el agua subterránea, mediante la ejecución de perforaciones que rondan los 100 a 350 metros de profundidad aproximadamente.

II.8- Clima

La República Argentina cuenta con cuatro tipos de climas según la clasificación de Dauss y García Gache (1954), en la cual contempla las siguientes categorías climáticas: Climas Cálidos, Climas Templados, Climas áridos y Climas Fríos.

En la provincia de Catamarca se distinguen tres categorías climáticas basadas en el estudio realizado por el Dr. Herminio Navarro (1994), quién a su vez toma la clasificación de Dauss y de García Gache (1994), donde se pueden identificar los climas áridos del tipo

tropical serrano; climas áridos del andino puneño; y árido de sierras y bolsones, que pueden apreciarse en la siguiente figura (Fig. 6).

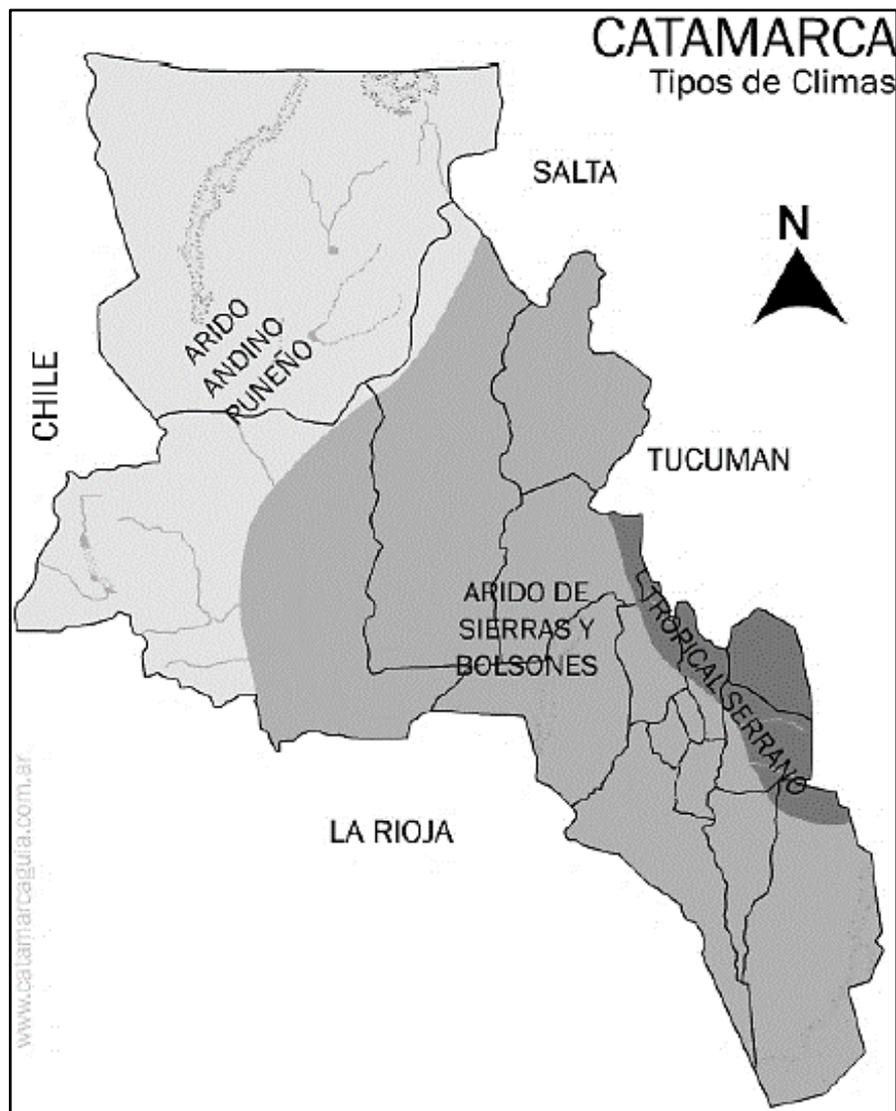


Figura N° 6: Tipos de climas de la provincia de Catamarca (Navarro, H., 1994).

El área de trabajo se encuentra en la categoría Árido de sierras y bolsones, cuya característica más destacable es la continentalidad por el aislamiento y la distancia al mar. Este tipo de clima abarca la mayor parte de la provincia y se encuentra dentro de lo que se conoce como “*la diagonal árida argentina*”. Presenta notables variaciones térmicas, registrándose durante el verano temperaturas elevadas que rondan los 40°C, con cielos despejados y escasa nubosidad; y el invierno se caracteriza por un fuerte enfriamiento lo que provoca las heladas. Las precipitaciones son escasas (350 mm anuales) y se distribuyen en el período que comprende entre los meses de noviembre a marzo.

Las características topográficas que presenta el terreno inciden fuertemente en este tipo de clima, la presencia de sierras da lugar a la formación de microclimas debido a su orientación y diferencia de altura, lo cual condiciona el marco topográfico para la existencia de distintos asentamientos humanos que se localizan en los conos de deyección, en la falda occidental de los valles. Dichos pueblos utilizan el agua proveniente de los cursos temporarios para riego y abastecimiento humano.

En los faldeos de las sierras que no reciben aporte pluvial aparecen microclimas con rasgos de acentuada aridez.

El ambiente desierto que se genera en la parte baja de la ladera occidental del Ambato, se interrumpe por la presencia de las serranías que se elevan en esta zona, que por su altura interceptan los vientos provenientes del este y noroeste, ocasionando nubosidad abundante, debido a la condensación que se produce en las laderas enfrentadas a las corrientes de aire húmedo, pero que en los fondos de los valles es de pequeña magnitud.

A los escasos volúmenes de precipitaciones, se suman la mala distribución estacional de las mínimas y las elevadas temperaturas reinantes, lo cual agudiza el problema. Por ende, el balance hídrico es deficitario.

El área de estudio presenta un elevado valor heliofánico (cielo cubierto durante 40 días al año) y predominan los vientos del noreste y sudeste, pero adquiere mayor intensidad durante los meses de agosto y septiembre, esporádicamente se hace sentir el viento zonda. Aun cuando la velocidad media del viento se puede estimar entre 15 a 20 km/hora, son frecuentes velocidades entre 70 a 90 km/hora. La ocurrencia de estos fuertes vientos, unidos a factores climáticos de extrema aridez y por la inestabilidad que presentan los suelos, ayuda a que se acentúe el fenómeno erosivo, provocando erosión eólica con la formación de médanos permanentes que, en algunas ocasiones, obliga al abandono de diversas parcelas de cultivos.

II.8.1- Precipitaciones

Con el fin de conocer el régimen pluviométrico de la zona de estudio, se realizó un análisis de la información brindada por la Secretaría del Agua y el Ambiente (SAyA) y por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN).

Los registros de estaciones pluviométricas dentro del área de estudio (Fig.7), poseen datos desde 1933/1955-1960/1963 y 1973/1978 para la Estación Pomán (ferrocarril), 1949-1977 para la Estación Pomán (correo y telégrafo), 1948/1980-1972/2010 para la Estación Mutquín (correo y telégrafo), 1948-1958 para la Estación Siján (correo y telégrafo), 1972/1987-2000/2007 y 1948-1984 para la Estación Rincón (correo y telégrafo) y desde 1973-2010 para la Estación Michango. En la Tabla N°4 se detalla la información de cada estación.

Para este trabajo, se seleccionaron los datos de 3 (tres) estaciones pluviométricas, Estación Mutquín, Michango y Rincón ya que estas son las únicas que cumplen con la condición de que las series climáticas tengan un periodo de al menos de 30 años.

Los promedios, máximos y mínimos mensuales de las estaciones pluviométricas antes mencionadas se presentan en el Anexo N°1.

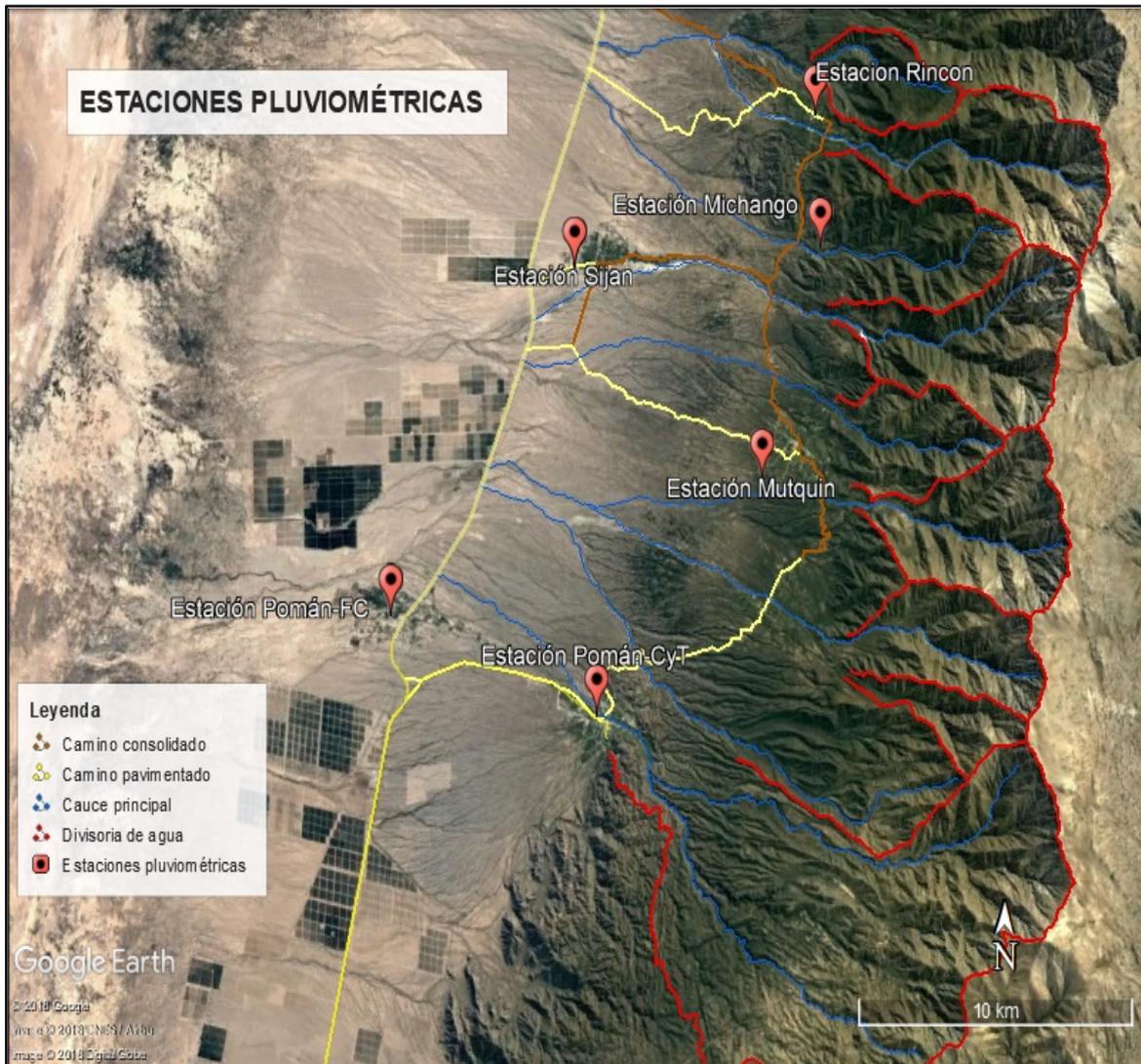


Figura N° 7: Ubicación de Estaciones Pluviométricas en el área de estudio.

Estación	Ubicación	Coord. geográficas		Altura (msnm)	Fuente	Periodo
Pomán	Correo y telégrafo	Lat. S	28°23'40.71"	1150	S.M.N.	1949/1961-1963/1974
		Long. O	66°13'34.12"			
	Ferrocarril	Lat. S	28°22'50.40"	845		
		Long. O	66°18'12.16"			
Mutquín	Correo y telégrafo	Lat. S	28°20'55.86"	1573	S.M.N.	1948-1980
		Long. O	66°10'2.48"		SAyA	1972-2010
Siján	Correo y telégrafo	Lat. S	28°16'60.00"	930	S.M.N.	1948-1953 y 1958
		Long. O	66°14'0.00"			
Michango	s/d	Lat. S	28° 15' 33.5"	1542	SAyA	1973-2010
		Long. O	66° 08' 24.3"			
Rincón	Correo y telégrafo	Lat. S	28°14'54.34"	1190	S.M.N.	1948-1984
		Long. O	66°10'34.50"		SAyA	1972/1987–2000/2007

Tabla N° 4: Estaciones pluviométricas oficiales en el área de estudio.

II.8.1.1- Estación Mutquín (correo y telégrafo)

Las precipitaciones mensuales registradas en la estación Mutquín (correo y telégrafo) se aprecian en la Figura 8, según datos de la SAyA (periodo 1972-2010) y del SMN (periodo 1948-1980). Los histogramas muestran una similar variación.

La precipitación promedio mensual registrada para los periodos analizados ha sido de 32,77 mm (SAyA) y 39,74 mm (SMN). El promedio mensual para el periodo Dic- Mar fue de 73,78 mm (SAyA) y de 88,20 mm (SMN).

El mes de mayor precipitación ha sido enero, seguido por febrero y marzo, con valores ligeramente menores. La máxima precipitación mensual se produjo en enero con valores de 270,3 mm (SAyA) y 224,5 mm (SMN).

Los meses más secos fueron junio, julio y agosto.

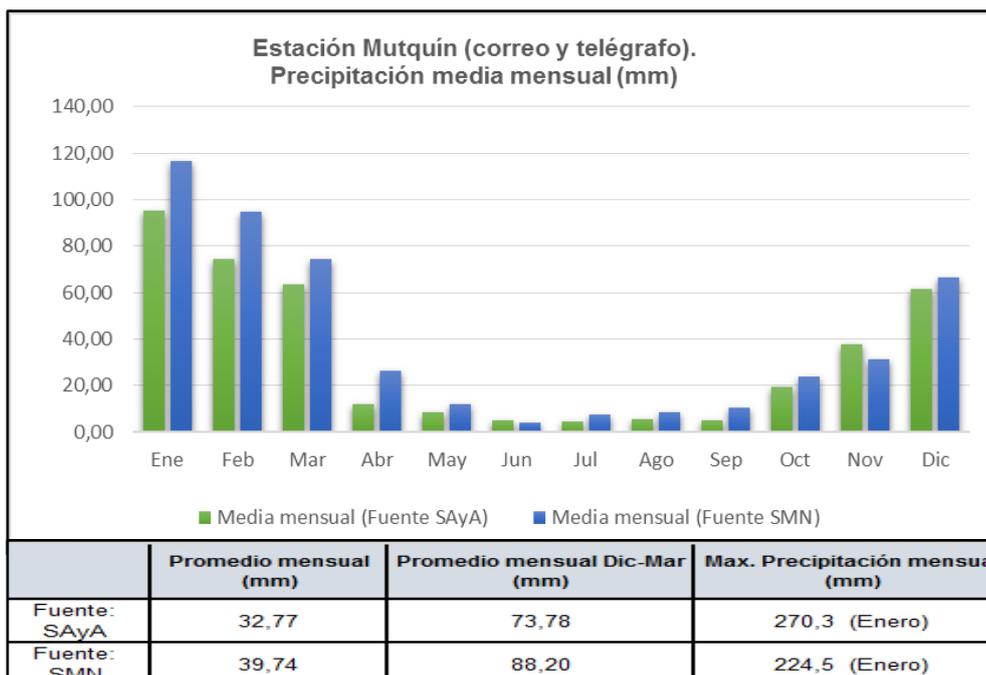


Figura N° 8: Precipitación Media Mensual- Estación Mutquín (correo y telégrafo)- Periodos 1948/1980 y 1972/2010. Fuente: Secretaría del Agua y el Ambiente y Servicio Meteorológico Nacional.

II.8.1.2- Estación Michango

La Figura 9 muestra las precipitaciones mensuales registradas en la estación Michango, periodo 1973-2010, datos provistos por la Secretaría del Agua y el Ambiente (SAyA).

La precipitación promedio mensual registrada para el periodo analizado ha sido de 39,18 mm. El promedio mensual para el periodo Dic- Mar fue de 76,94 mm. El mes de mayor precipitación ha sido enero, seguido por febrero y marzo. La máxima precipitación mensual se produjo en los meses de enero y marzo con 276,00 mm.

Los meses más secos fueron junio, julio y agosto.

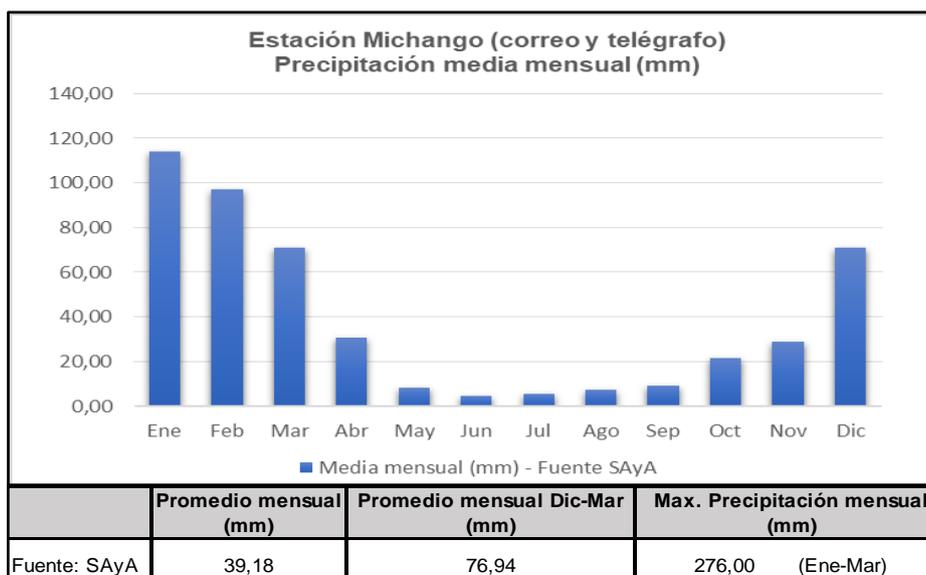


Figura N° 9: Precipitación Media Mensual- Estación Michango - Periodos 1973-2010. Fuente: Secretaría del Agua y el Ambiente.

II.8.1.3- Estación Rincón (correo y telégrafo)

Las precipitaciones mensuales registradas en la estación Rincón (correo y telégrafo) se aprecian en la Figura 10, según datos de la SAyA (periodos 1972/1987–2000/2007) y del SMN (periodo 1948-1984). Los histogramas muestran una similar variación.

La precipitación promedio mensual registrada para los periodos analizados ha sido de 32,03 mm (SAyA) y 30,21 mm (SMN). El promedio mensual para el periodo Dic- Mar fue de 73,9 mm (SAyA) y de 71,1 mm (SMN).

El mes de mayor precipitación ha sido enero, seguido por marzo y febrero, con valores ligeramente menores. La máxima precipitación mensual se produjo en enero con valores de 297,5 mm (SAyA) y 224,5 mm (SMN).

Los meses más secos fueron junio, mayo y julio.

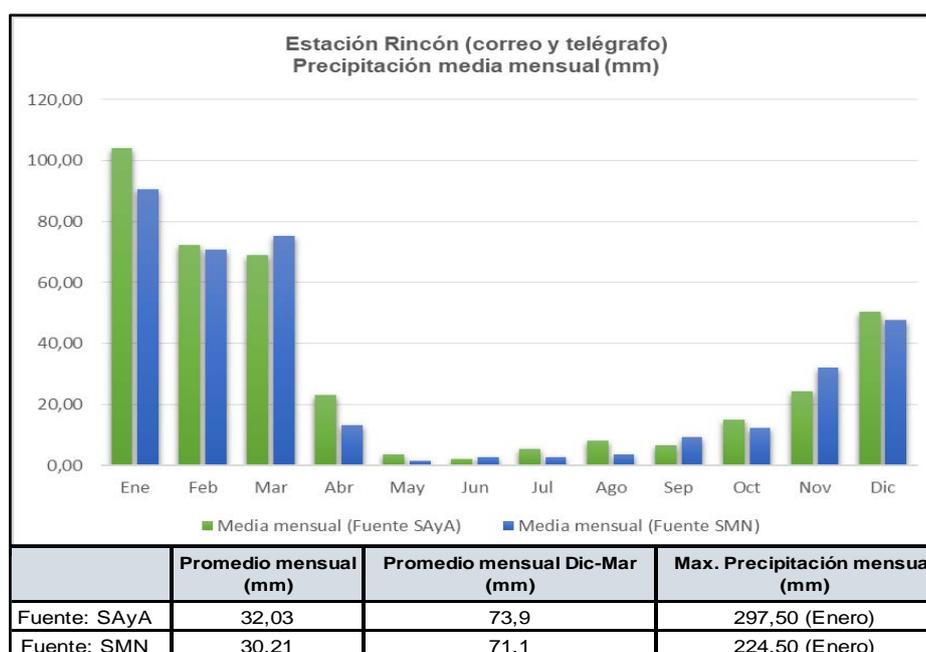


Figura N° 10: Precipitación Media Mensual- Estación Rincón (correo y telégrafo) - Periodos 1972/1987–2000/2007 y 1948-1984. Fuente: Secretaría del Agua y el Ambiente y Servicio Meteorológico Nacional.

II.8.2- Aforos

Los datos de aforo generados por la Secretaria de Recursos Hídricos - Dirección Provincial de Hidrología y Evaluación de Recursos Hídricos – Dpto. Hidrología Superficial de la Prov. de Catamarca, corresponden a datos puntuales, medidos en forma mensual discontinua, entre el año 2004 y 2016, evidenciándose años con una sola medición mensual y otros sin ningún registro. Desde el punto de vista estadístico, la cantidad de datos disponibles no es suficiente para dar confiabilidad a los promedios obtenidos. Sin embargo, constituyen una primera aproximación al comportamiento periódico de los principales cursos de agua que drenan en el área de estudio.

Se analizó la variación anual y mensual, expresados en m³/seg, de los siguientes puntos: río Pomán (en la unión del río Simbolar y Estancia Vieja); río Colana (en la toma, 700 m aprox. aguas arriba de la planta potabilizadora de Retiro de Colana); río Mutquín (200 m aguas arriba de la toma vieja); río Michango (300 m noreste por finca de la familia Loso); río Rincón (200 m aguas arriba del desarenador del canal de riego); río Siján (5 km aguas arriba del cruce con la ruta a Rincón) y río Apoyaco (a 1,5 km aguas arriba de la planta potabilizadora).

Los promedios de caudales anuales y mensuales de los puntos de aforo, al igual que los máximos y mínimos, se presentan en el Anexo N°2.

En la Tabla N° 5, se pueden apreciar los datos de ubicación de cada punto de aforo.

Río	Localidad	Punto de aforo	Coord. geográficas		Altura (msnm)
			Lat. S	Long. O	
Pomán	Villa de Pomán	Unión de ríos Simbolar y Estancia Vieja	Lat. S	28° 24' 29.0"	1300
			Long. O	66° 12' 06.5"	
Colana	Colana	En la toma	Lat. S	28°22'00.2"	1994
			Long. O	66°08'20.8"	
Mutquín	Mutquín	En la vieja toma	Lat. S	28°19'54.38"	1834
			Long. O	66°7'36.79"	
Siján	Siján	5 km aguas arriba de cruce ruta	Lat. S	28°16'11.3"	1463
			Long. O	66°09'34.5"	
Apoyaco	Apoyaco	1,5 km aguas arriba de Planta Potabilizadora	Lat. S	28° 18' 25.1"	1744
			Long. O	66° 07' 54.3"	
Michango	Michango	300 m aguas arriba de flia. Loso	Lat. S	28°15'33.3"	1554
			Long. O	66°08'24.6"	
Rincón	Rincón	Aforo en la toma	Lat. S	28°13'45.5"	1699
			Long. O	66°07'34.09"	

Tabla N° 5: Descripción de cada punto de aforo. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Secretaria de Recursos Hídricos de la provincia.

II.8.2.1- Unión de ríos Simbolar y Estancia Vieja: río Pomán

Este punto de aforo se ubica en la coordenada S: -28° 24' 29.0"; O: -66° 12' 06.5", 200 m aguas arriba del Balneario Municipal de la localidad de Pomán. En este sector el flujo de agua circula en sentido sudeste – noroeste.

El caudal medio anual calculado para el periodo 2001/2016 es de 0,328 m³/seg. No es posible analizar tendencias debido a la falta de datos del periodo húmedo (Fig. 11).

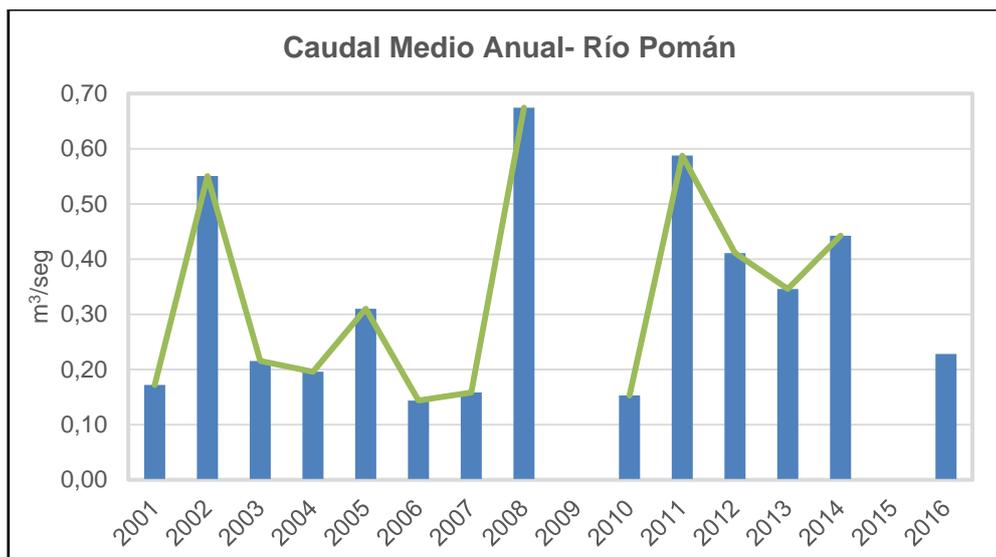


Figura N° 11: Caudal Medio Anual del aforo unión de ríos Simbolar y Estancia Vieja: río Pomán - Periodo 2001/2016.

Los meses de marzo, febrero y abril poseen los mayores caudales, mientras que desde mayo a enero los caudales disminuyen, siendo enero el mes con menor flujo de agua circulante en el periodo 2001/2016 (Fig.12).

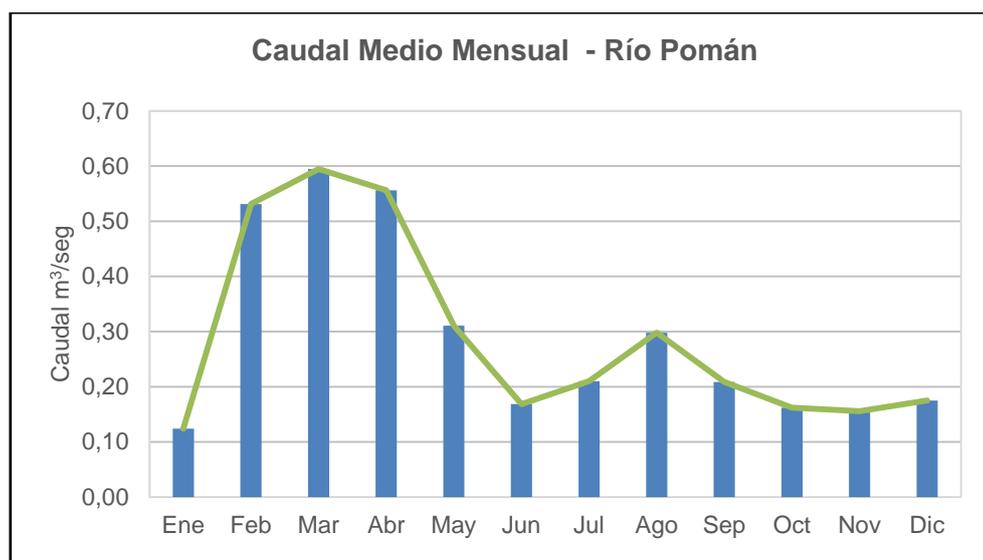


Figura N° 12: Caudal Medio Mensual del aforo unión de ríos Simbolar y Estancia Vieja: río Pomán- Periodo 2001/2016.

II.8.2.2- Toma del pueblo: río Colana

El punto de aforo del río Colana se ubica en la toma del pueblo, a 700 m aproximadamente aguas arriba de la planta potabilizadora de la localidad de Retiro de Colana, coordenadas S: -28°22'00.2"; O: -66°08'20.8". En este sector el flujo de agua circula en sentido noreste – suroeste.

El caudal medio anual calculado para el periodo 2001/2016 es de 0,095 m³/seg. En el año 2001 no se registran datos de caudal (Fig. 13).

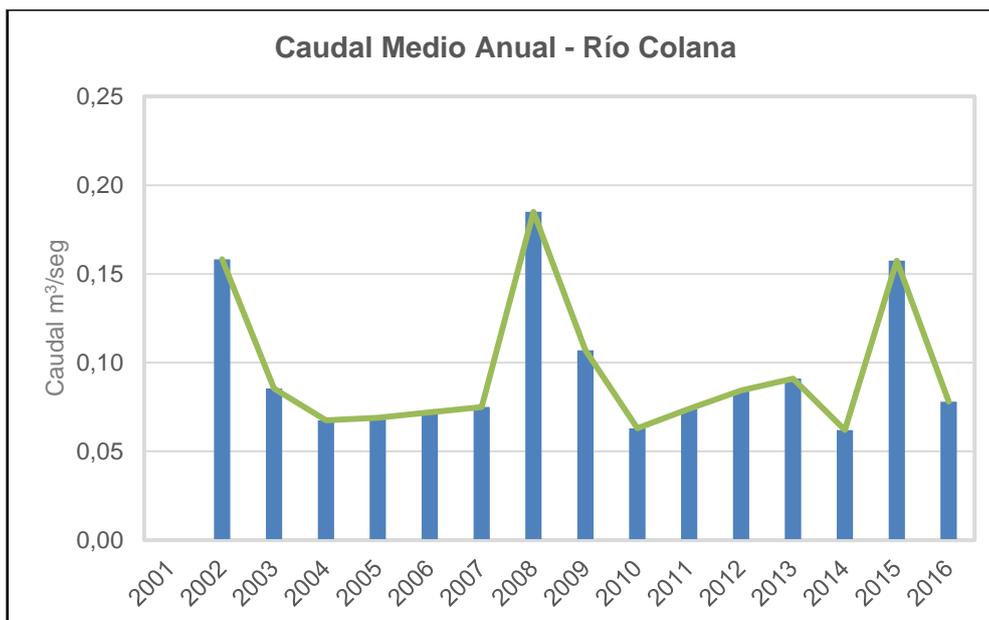


Figura N° 13: Caudal Medio Anual del aforo la Toma: río Colana. - Periodo 2001/2016.

En la Figura 14 se aprecia que durante los meses de abril, marzo y febrero se registra un aumento considerable de los caudales; mientras que durante los meses de julio y junio, los caudales disminuyeron, siendo el mes de julio el que presentó menor caudal (0,065 m³/seg).

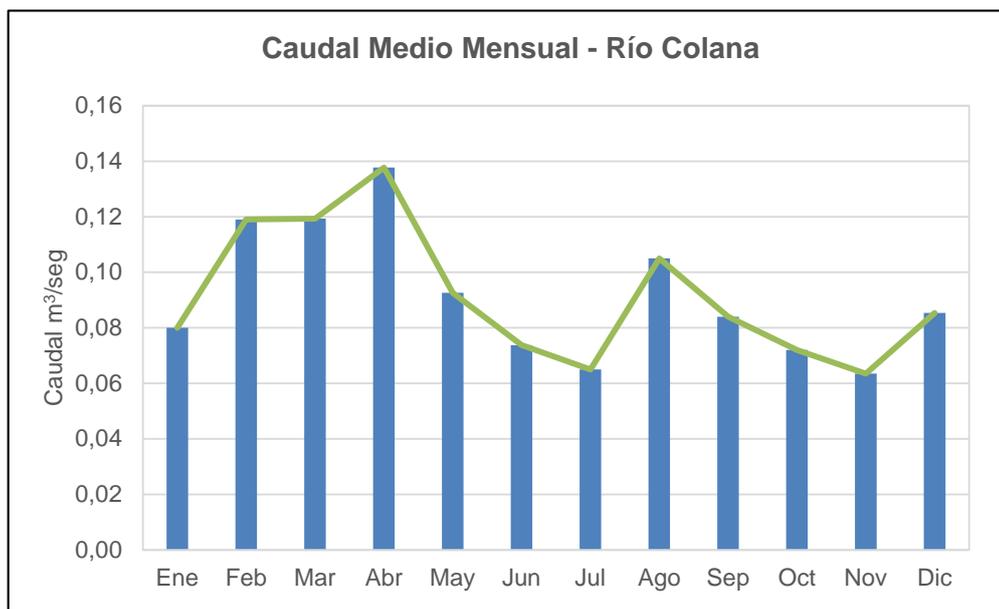


Figura N° 14: Caudal Medio Mensual del aforo la toma: río Colana. - Periodo 2001/2016.

II.8.2.3- Vieja Toma del pueblo: río Mutquín

En punto de aforo se ubica en la coordenada S: -28°19'54.38"; O: -66°7'36.79", 200 m aguas arriba de la toma vieja de la localidad de Mutquín. En este sector el flujo de agua circula en sentido sudeste – noroeste.

El caudal medio anual calculado para el periodo 2001/2016 es de 0,183 m³/seg. En el año 2015 no se registran datos (Fig. 15).

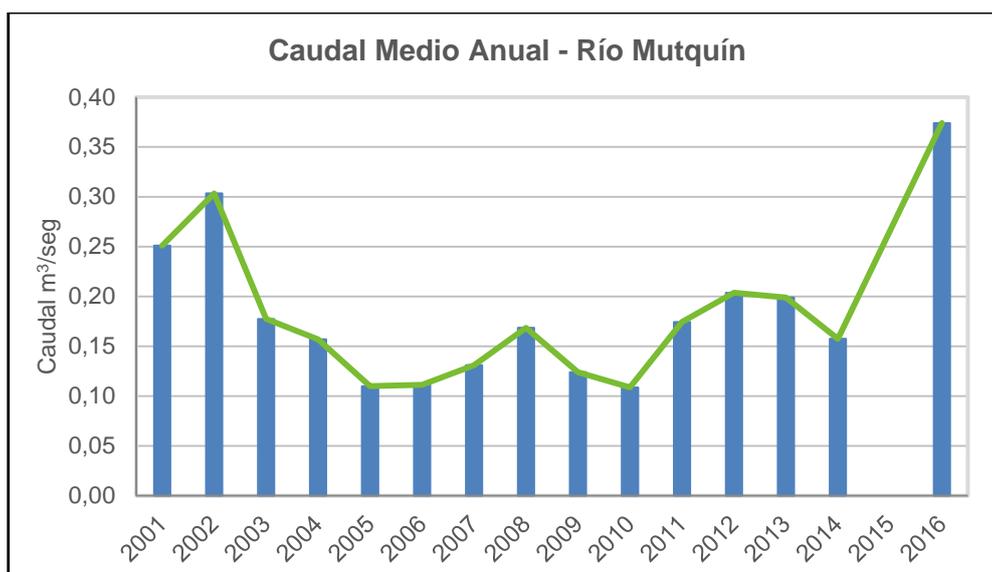


Figura N° 15: Caudal Medio Anual del punto de aforo en vieja toma: río Mutquín.
- Periodo 2001/2016.

Durante los meses de marzo y febrero se registran los máximos caudales (0,295 y 0,285 m³/seg respectivamente); mientras que durante los meses de julio a diciembre, los caudales disminuyeron significativamente, a excepción del mes de agosto el cual registra un aumento considerable.

El menor caudal (0,017 m³/seg) se registra en el mes de julio (Fig. 16).

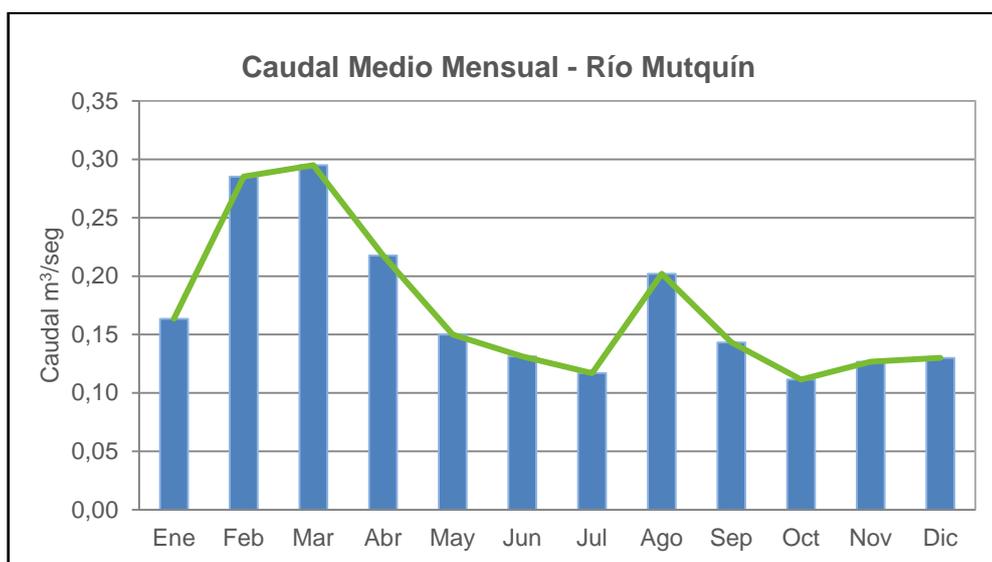


Figura N° 16: Caudal Medio Mensual del punto de aforo en vieja toma: río Mutquín.
- Periodo 2001/2016.

II.8.2.4- 5 km aguas arriba de cruce con ruta: río Siján

Esta corriente de agua fluye en sentido sudeste – noroeste, recibe el nombre de la localidad homónima. El punto de aforo se ubica en la coordenada S: -28°16'11.3"; O: -66°09'34.5", 5 km aguas arriba del cruce con la ruta que conduce hacia la localidad de Rincón. Presenta un caudal medio anual de 0,125 m³/seg.

El registro de mediciones de caudal obtenido para este río carece de datos, generándose una a seis mediciones por año. El caudal muestra un notable incremento en el 2015 (0,3017m³/seg), pero cabe destacar que esta fue la única medición realizada en

ese año, la cual corresponde al mes de marzo. No se registraron mediciones de caudal en los años 2011, 2013 y 2016 (Fig.17).

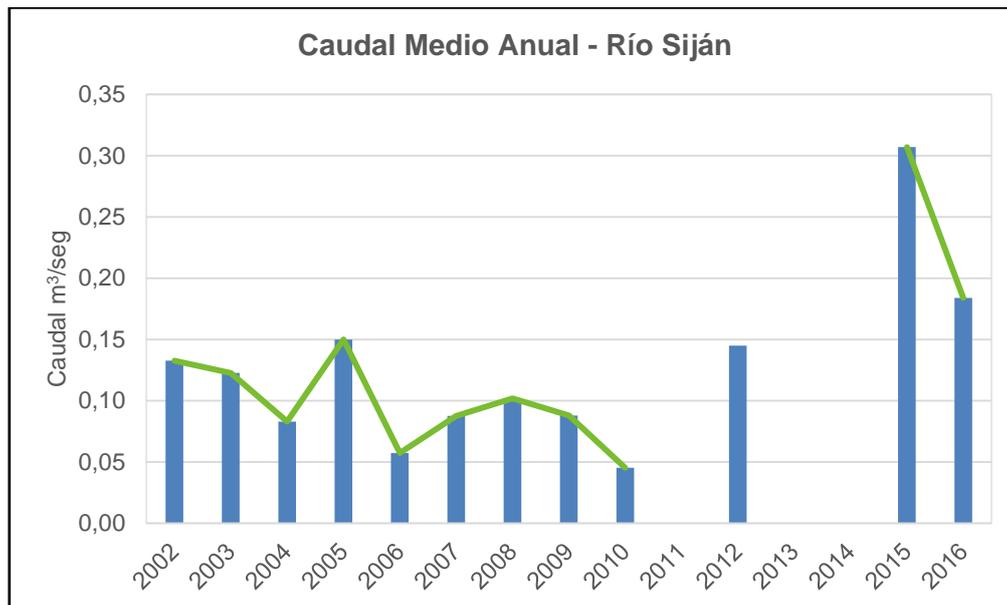


Figura N° 17: Caudal Medio Anual del punto de aforo en vieja toma: río Siján.
- Periodo 2002/2016.

En la Figura 18, se puede observar que el mes de marzo presenta el máximo caudal (0,183 m³/seg) para el periodo 2002/2016, seguido por los meses de abril y mayo. El análisis muestra que el caudal obtenido en los meses siguientes es relativamente uniforme, a excepción del mes de julio del cual no se registran datos.

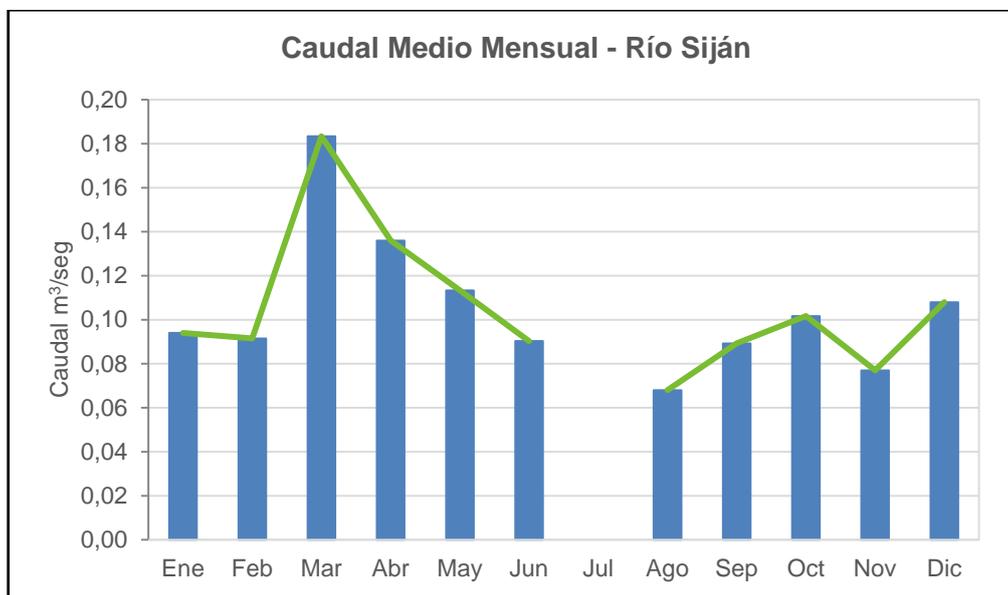


Figura N° 18: Caudal Medio Mensual del punto de aforo en vieja toma: río Siján.
- Periodo 2002/2016.

II.8.2.5- 1,5 km aguas arriba de Planta Potabilizadora: río Apoyaco

El punto de aforo se encuentra en la coordenada S: -28°18'25.1"; O: -66°07'54.3", a 1,5 km aguas arriba de Planta Potabilizadora. El río Apoyaco, en este sector, circula en sentido sudeste – noroeste y presenta un caudal medio anual de 0,038 m³/seg.

Con base en los datos obtenidos, el menor caudal, con un valor de 0,006 m³/seg; se registró en el 2006, mientras que el año con mayor caudal correspondió al 2002 con 0,116 m³/seg, correspondiente al mes de marzo. El caudal medio anual fue de 0,038 m³/seg. No se encontraron datos de afloros en el año 2009 (Fig.19).

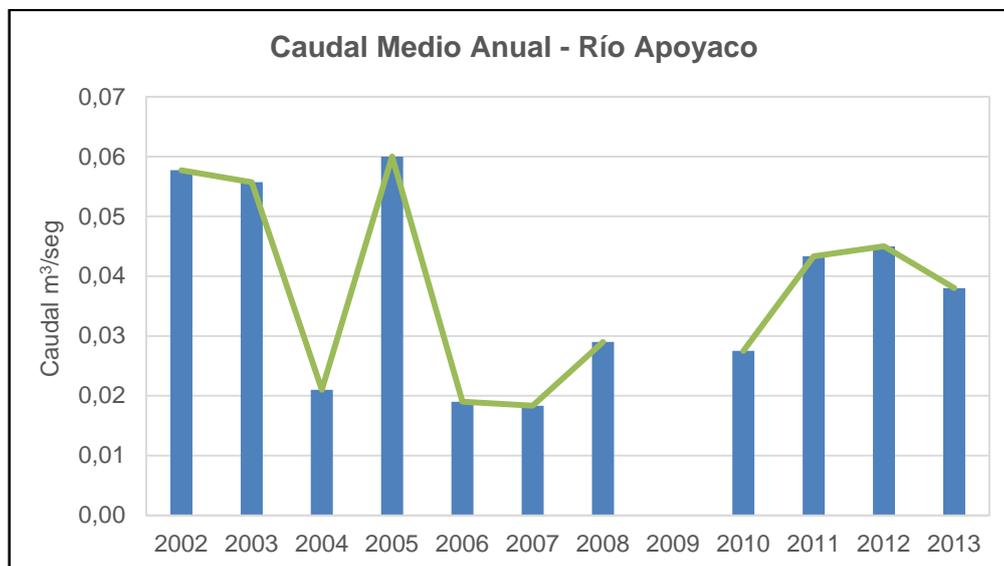


Figura N° 19: Caudal Medio Anual del punto de aforo en el río Apoyaco.
- Periodo 2002/2013.

El mes de marzo posee el mayor caudal, seguida de mayo y abril, mientras que en los meses siguientes el caudal se mantiene uniforme. En enero, con un caudal promedio de 0,021 m³/seg, se produce el menor flujo de agua circulante durante el periodo 2002/2013. Cabe destacar que este último es el único registro obtenido en dicho periodo (Fig. 20).

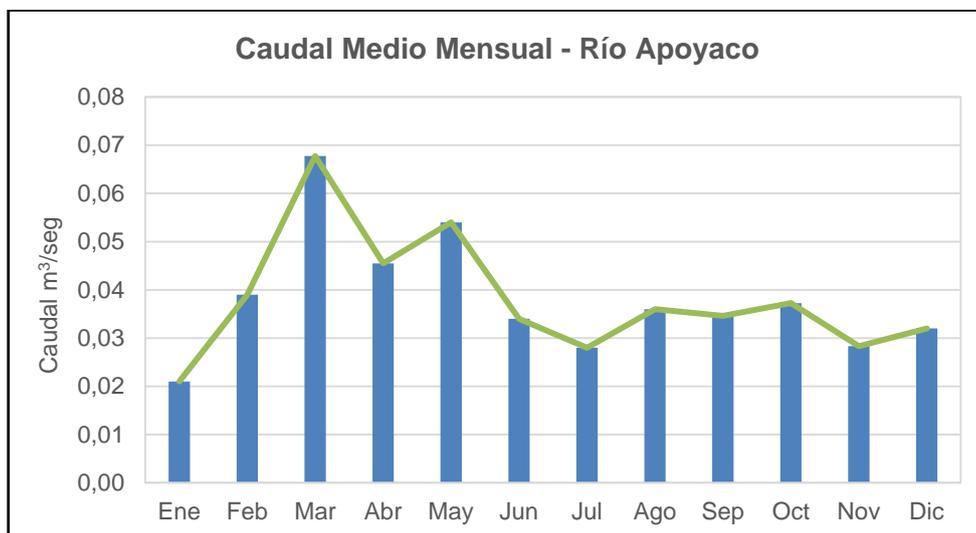


Figura N° 20: Caudal Medio Mensual del punto de aforo en el río Apoyaco.
- Periodo 2002/2013.

II.8.2.6- 300 m al noreste por finca de flia. Losso: río Michango

El punto de aforo de este río se ubica a 300 m al noreste por finca de la familia Losso, en este sector el cauce circula en sentido este-oeste, siendo su traza rectilínea. Posee las siguientes coordenadas S: -28°15'33.3"; O: -66°08'24.6".

El periodo de medición en este punto de aforo comprende desde el 2002 al 2014. Contando con una sola medición durante el año 2014 y sin datos de aforos en el 2009.

Gráficamente el caudal se incrementó desde el año 2002 al año 2012, mientras que en el año 2004 se registra el menor caudal durante el periodo analizado (Fig. 21).

El río Michango, presenta un caudal medio anual de 0,025 m³/seg. El año con máximo caudal registrado corresponde al 2012 con 0,055 m³/seg.

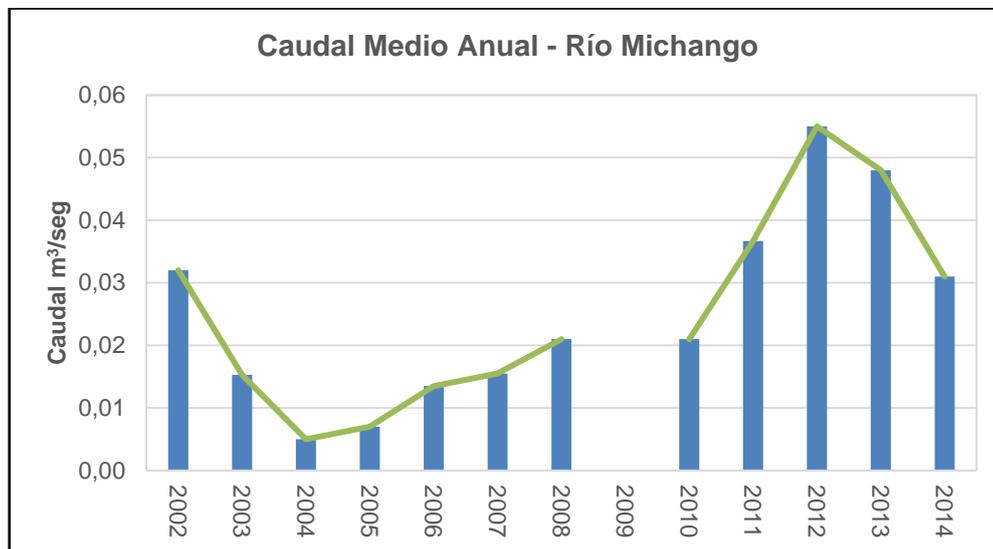


Figura N° 21: Caudal Medio Anual del punto de aforo en el río Michango.
- Periodo 2002/2014.

Mensualmente, el río Michango cuenta con escasos datos en la época estival, obteniendo un sólo registro en el mes de enero (0,005 m³/seg), correspondiente al año 2004, que representa el mes con menor caudal durante el periodo 2002/2014 (Fig.22).

Los meses más caudalosos corresponden a agosto, febrero y marzo (0,040, 0,039 y 0,037 m³/seg respectivamente).

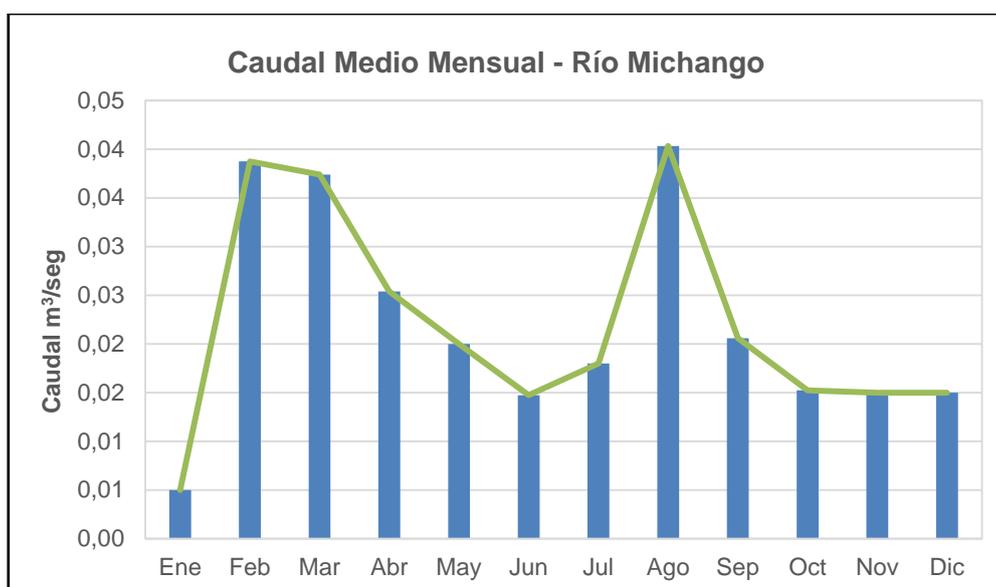


Figura N° 22: Caudal Medio Mensual del punto de aforo en el río Michango.
- Periodo 2002/2014.

II.8.2.7- 200 m aguas arriba del desarenador: río Rincón

El punto de aforo se encuentra en la coordenada S: $-28^{\circ}13'45.5''$; O: $-66^{\circ}07'34.09''$, a 200 m aguas arriba del desarenador del pueblo. El río Rincón, en este sector, circula en sentido sudsudeste-nornoroeste.

Durante el periodo analizado, 2002/2016, este punto de aforo muestra un menor caudal en el 2009 con un valor de $0,023 \text{ m}^3/\text{seg.}$, mientras que el año con mayor caudal correspondió a 2012 con $0,510 \text{ m}^3/\text{seg.}$; siendo su caudal medio anual de $0,275 \text{ m}^3/\text{seg.}$

No se cuenta con datos de aforos en los años 2005 y 2015 (Fig.23).

El caudal medio anual para el río Rincón es de $0,105 \text{ m}^3/\text{seg.}$

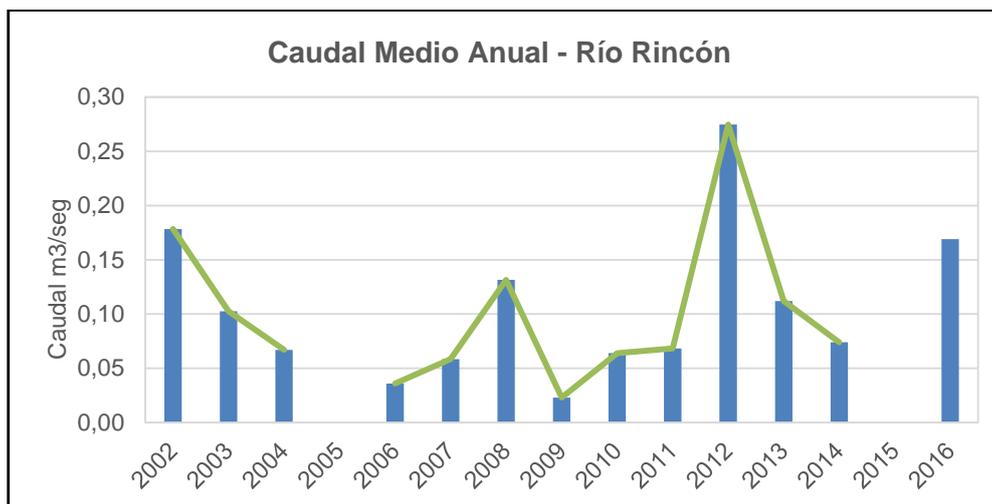


Figura N° 23: Caudal Medio Anual del punto de aforo a 200 m del desarenador – río Rincón - Periodo 2002/2016.

En la Figura 24, se puede observar que el mes de febrero presenta el máximo caudal ($0,269 \text{ m}^3/\text{seg.}$) para el periodo 2002/2016. El análisis muestra dos periodos diferenciados. Un periodo de gran caudal (meses de febrero a abril) y otro en el que el caudal disminuye (meses de mayo a enero).

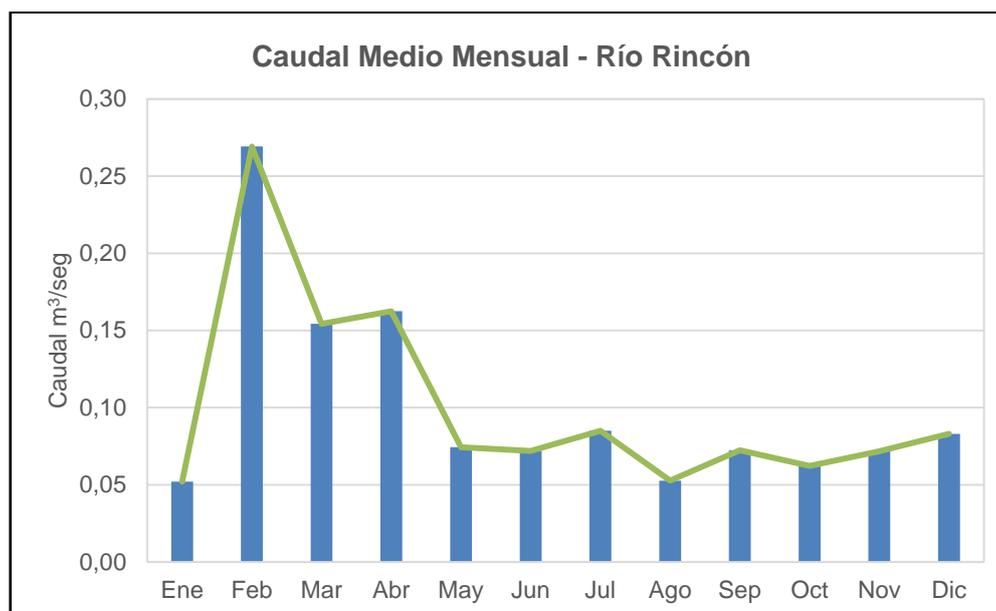


Figura N° 24: Caudal Medio Mensual del punto de aforo a 200 m del desarenador – río Rincón - Periodo 2002/2016.

II.9- Tipos de suelos

En el área de estudio los suelos poseen una capacidad de retención de agua muy baja y su contenido de materia orgánica es muy reducido. Suelos limosos, guijarrosos y salitrosos son los más frecuentes.

Estos suelos presentan una oxigenación relativamente buena, no habiéndose observado procesos relacionados con la reducción del hierro (*gleyzación*) y no hay impedimentos para un drenaje más o menos rápido del suelo. Los valores de pH del suelo, probablemente, mantengan insolubles gran cantidad de nutrientes (fósforo) y micronutrientes (metales pesados), teniéndose valores de sales solubles y de sodio inferiores a los esperables, situación remediable con medidas adecuadas (Fig. 25).

Los Órdenes de suelos presentes en el área corresponden a los Aridisoles y Entisoles con texturas desde pedregosas a arenosas (Tabla 6).

Aridisoles: Este tipo de suelo se caracteriza por ser típico de zonas con clima árido ya sean fríos o cálidos y no disponen durante largos períodos el agua suficiente para el crecimiento de cultivos o pasturas polifíticas. La mayor parte del tiempo el agua presente es retenida a gran tensión, lo que dificulta su utilización por parte de las plantas o bien es agua salada.

Estos suelos comúnmente poseen un horizonte superficial claro y pobre en materia orgánica (epipedón ócrico) por debajo del cual pueden aparecer una gran variedad de caracteres morfológicos que pueden ser el resultado de las actuales condiciones de aridez o bien de condiciones anteriores (heredadas). Los procesos involucrados en su génesis incluyen la migración y acumulación de sales solubles, carbonatos y arcillas silicatadas o concentraciones de calcáreo o sílice.

Dentro del Orden de los Aridisoles se ha identificado en el área de estudio el Suborden Ortides y dentro de este se presenta el Gran Grupo Cambortides. Estos son suelos que sólo poseen como carácter diferencial un horizonte de alteración con ligeras evidencias de traslación y deposición de arcillas (horizonte cámbico).

Entisoles: Son suelos que poseen escaso desarrollo de horizonte pedogenéticos. En general suelen tener un horizonte superficial claro, de poco espesor y con contenido pobre de materia orgánica (epipedón ócrico). Estos suelos pueden presentarse en ambientes de distintos regímenes de humedad, temperatura, vegetación, materiales parentales y edad. La característica común a todos los suelos pertenecientes a este Orden es la ausencia de horizontes y su naturaleza mineral.

Dentro del Orden de los Entisoles se presentan en el área de influencia los suelos pertenecientes al Suborden de los Ortentes y Fluventes.

Ortentes: Son los suelos formados en superficies recientemente erosionadas. Los horizontes diagnósticos están ausentes o han sido truncados. Se presentan en cualquier tipo de clima, el cual le imprime características particulares en base a las cuales se diferencia el Gran Grupo Torriortentes. Estos suelos se encuentran en zonas de clima seco, en regiones áridas, frías o cálidas con régimen de humedad tórrico. La mayoría son neutros o calcáreos y están sobre pendientes moderadas a fuertes.

Fluventes: Son Entisoles desarrollados en las planicies de inundación, derrames, deltas de ríos y sobre sedimentos depositados recientemente por las aguas. Los sedimentos son afectados con frecuencia por inundaciones pero no llegan a saturarse con agua. En el perfil de suelos es común la presencia de materiales provenientes de la erosión de áreas altas conteniendo una cantidad considerable de materia orgánica.

Dentro del área de estudio se presenta el Gran Grupo Torrifluventes. Estos suelos se encuentran en zonas de clima árido que no están inundados frecuentemente o por largos períodos. La mayor parte de los mismos son alcalinos o calcáreos y en ciertos sitios salinos.

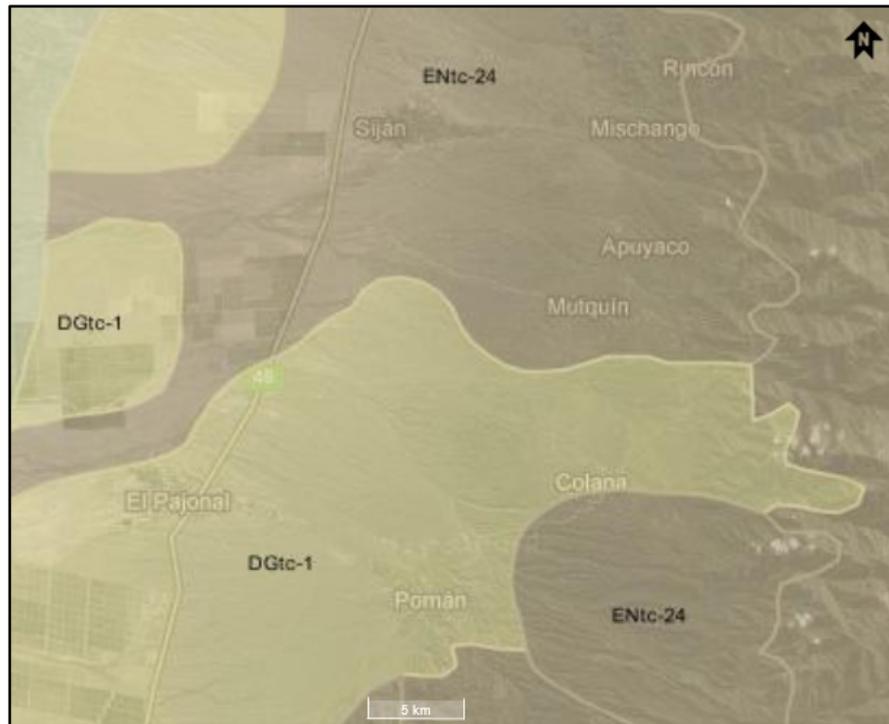


Figura N° 25: Tipos de suelos del área de estudio.
Fuente: <http://geointa.inta.gov.ar/suelos>.

Referencias:

Símbolo	Orden principal	Textura sup. Principal	Componente 1	Componente 2	Componente 3	Limitante principal
DGtc-1	Aridisoles	Arenofranca	Cambortides (65%)	Torrifluventes (35%)	0%	Climática
ENtc-24	Entisoles	Arenoso gruesa	Torriortentes (50%)	Torrifluventes (30%)	Cambortides (20%)	Pedregosidad

Tabla N° 6: Descripción de los tipos de suelos en el área de estudio.

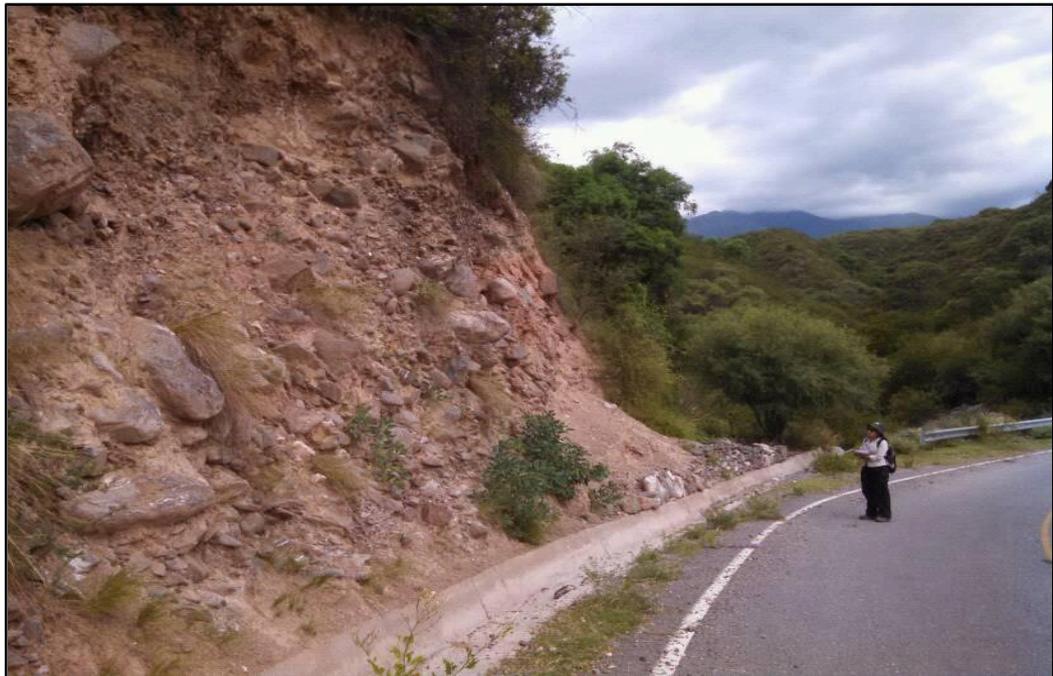
II.10- Vegetación

El área de trabajo, se encuentra dentro de la provincia fitogeográfica del Monte. En la zona de montaña, la vegetación característica sobre la ladera es, algarrobo, mistol, tala, molle, biscote hasta los 1500 msnm. Luego se pueden encontrar montes bajos de arbustos hasta los 1700 msnm, pasando esta altitud solo existen pastos duros y hierbas aromáticas (chachacoma, peperina, muña muña, carqueja, salvia y otros). Junto a los cauces de los ríos, se encuentran prácticamente las mismas especies pero con mayor desarrollo individual, son particularmente abundantes y de gran tamaño las tuscas y los retamos.

En el campo de derrame pueden encontrarse diversas comunidades edáficas, como retamal, algarrobal, jumeal, cachiyyual, o bien vegetación psamófila, según sea el sustrato.

CAPÍTULO III

GEOLOGÍA



Relevamiento de datos del perfil de Formación Pomán

III.1- Geología Regional

El área de estudio se encuentra emplazada dentro de la Provincia Geológica de Sierras Pampeanas, la cual se divide en dos fajas de características diferentes, las Sierras Pampeanas Occidentales y las Sierras Pampeanas Orientales (Caminos, 1979).

Particularmente, el área se encuentra dentro de lo que se denomina Sierras Pampeanas Occidentales, entendiéndose como tal a las Sierras Pampeanas de Tucumán, Catamarca, La Rioja, San Juan y el sector occidental de San Luis (Caminos, 1979).

Con respecto a la Provincia de Catamarca, las Sierras Pampeanas Occidentales ocupan el centro y sur de la misma.

Se caracterizan por presentar estrechos valles intermontanos, que suelen ser asiento de los principales centros urbanos y actividades agrícolas, así como amplios bolsones que por lo general contienen salinas y/o formaciones medanosas. Ambos elementos estructurales negativos, se encuentran alternando con bloques o cordones elevados de orientación meridional, que típicamente presentan su ladera oriental muy tendida, mientras que la ladera occidental es abrupta o escarpada.

Geológicamente, su basamento corresponde a un orógeno eopaleozoico. Está caracterizado por metamorfitas y migmatitas con una edad de metamorfismo ordovícica, que alojan una serie de granitoides calcoalcalinos. La composición de estos intrusivos varía de gabros tholeíticos, a tonalitas y granodioritas asociadas a subducción, de edad cámbrica a ordovícico superior a devónica basal. Granitos post-tectónicos se emplazan en el carbonífero inferior. Sobre una amplia superficie de erosión, tallada sobre el basamento cristalino, se disponen sedimentitas continentales de edad terciaria cubiertas por depósitos de edad cuaternaria, que se conservan mayormente en valles y bolsones y en las áreas proximales del piedemonte, respectivamente.

III.2- Geología del área de estudio

Las formaciones geológicas presentes en el área de trabajo, se detallan indicando para cada una de ellas el tipo de litología que presenta, autores que las definieron y los sitios donde afloran.

Se definieron dos ambientes principales, el correspondiente al basamento metamórfico y el piedemonte donde se desarrolla una cubierta sedimentaria importante.

La columna estratigráfica está conformada por las siguientes unidades:

- Complejo Metamórfico La Cébila (Ordovícico Inferior a Medio).
- Complejo Metamórfico Ígneo El Portezuelo (Ordovícico).
- Formación Colana (Ordovícico).
- Cuerpo cuarzoso hidrotermal de Mutquín-Cerro Blanco (Ordovícico).
- Granitos sintectónicos, tardío y post-tectónicos (Ordovícico-Carbonífero inferior).
- Formación Pomán (Pleistoceno).
- Formación Pipanaco (Holoceno).
- Formación Colpes (Holoceno).

La Carta N°1 muestra la distribución areal de cada unidad geológica presente en el área de trabajo (Anexo N°3).

III.2.1- Paleozoico

III.2.1.1- Complejo Metamórfico La Cébila (Ordovícico Inferior a Medio).

❖ *Antecedentes:*

González Bonorino (1951) introdujo este término para describir a las rocas metamórficas de muy bajo grado en la quebrada homónima, donde observó la presencia

de pizarras, filitas, metacuarcitas y esquistos, con inyecciones magmáticas concordantes, de carácter sintectónico y en muchos casos deformados. Luego Espizúa y Caminos (1979) realizaron trabajos en el sector sur de la Sierra de Ambato, indicando que la Quebrada de La Cébila está constituida por tres subunidades litológicas:

1) Metacuarcitas cuarzo-biotíticas con nódulos de muscovita y sillimanita, con esquistosidad débil presentes en bancos de 1 m de espesor, con relictos de laminación primaria paralela o entrecruzada. Están constituidas por cuarzo, oligoclasa y biotita, además de muscovita con estructura poiquilítica, fibrolita y microclino;

2) Filitas cuarzobiotítico-muscovíticas con andalucita y escasa sillimanita de color gris verdoso, foliadas y con porfiroblastos de andalucita de 2 a 5 mm de espesor. El bandeo está definido por la alternancia de capas micáceas y cuarzosas;

3) Micacitas, con cuarzo, biotita, muscovita y sillimanita, inyectadas por venas de cuarzo, microclino y oligoclasa. Las metacuarcitas constituirían el núcleo de un anticlinal, siendo las rocas más antiguas. Nullo (1981) asignó a la Formación La Cébila un metamorfismo de facies anfibolitas en la parte sur, mientras que Toselli et al. (1999), sugieren que en la región central de la sierra la asociación mineralógica corresponde a facies de esquistos verdes.

Verdecchia (2009) definió a esta formación como “Complejo Metamórfico La Cébila” (CMLC), en consistencia con las recomendaciones del Código Argentino de Estratigrafía en sus artículos 28° y 32° (Comité Argentino de Estratigrafía de la Asociación Geológica Argentina, 1992).

El motivo de esta modificación es que no se pueden definir techo y base con certeza y límites netos de los protolitos, que son las bases del concepto de Formación. Este concepto es esencialmente sedimentario y no extrapolable a metamorfismo. En metamorfismo existen numerosos procesos que obliteran las estructuras primarias: deformación, anatexis, etc, y en este caso, La Cébila, donde existe transposición de las unidades, y al menos dos etapas de plegamiento superpuestas. La extensión y orientación espacial de la unidad sedimentaria original queda totalmente obliterada e imposible de establecer.

❖ *Litología:*

En el sector norte del área de estudio, al pie de la ladera, se encuentran esquistos de grano fino. En las cercanías de Michango, la parte baja de la ladera está formada por filitas de aspecto lajoso, de tonos claros, muscovíticas, que alternan con capas delgadas (en general de pocos cm) de grano más fino y esquistosidad menos marcada, pero de composición similar, con rumbos de entre 290° y 330° e inclinaciones al noreste que varían entre 40° y 80°. Las filitas muestran en partes corrugamientos finos y poco profundos; el tamaño de las laminillas de muscovita es de 3 o 4 mm (Imagen 8a, b, c y d).

Una característica típica del basamento de este sector, es la presencia de filones concordantes de granito de textura porfiroidea, foliados por deformación que alternan con las filitas, así como algunos filones de pegmatita turmalínica muy cuarzosa, que también muestran señales de deformación tectónica. Las inyecciones graníticas varían su tamaño desde pocos metros a decenas de metros de largo y espesor (Imagen 9). Están constituidos principalmente por feldespato potásico, cuarzo, muscovita y turmalina. La notoria presencia de turmalina indica que se trata de fluidos con alto contenido de boro (García, 2006).

González Bonorino (1978) señala que desde la localidad de Michango hasta poco más al sur del río Sijan, las filitas presentan una alternancia de capas de color gris crema y gris verde azulado, de grano muy fino y cuarzosa. En muchos granos de cuarzo se notan laminillas de Boehm, y otros signos de cataclasis (extinción ondulosa, etc.). Las capas de tono verde azulado contienen, además de sericita, una moderada proporción de clorita, que le da su coloración.

Según este autor, los caracteres mega y microscópicos de estas rocas, indican deformación tectónica “en frío”, con trituración parcial de los granos, y alteración de la biotita (descompuesta en clorita, sericita y óxido de hierro). La deformación ha consistido en esfuerzos sisantes, que transformaron a las micacitas y filitas cuarzosas en pizarras

sericítico-clorítico-cuarzosas, que estarían asociadas con fenómenos hidrotermales de silicificación.

Ascendiendo por la quebrada del río Mutquín, luego de pasar un pequeño cuerpo granítico situado en el ingreso a dicha quebrada, se distinguen rocas metamórficas asociadas a cuerpos graníticos sintéctonicos. Los esquistos son micacitas cuarzosas, con algo de feldespato, grano fino y bandeado composicional.

La esquistosidad posee rumbo nornoroeste, con inclinación vertical a sub-vertical al este; las variaciones locales son comunes, debido a repliegues de la foliación. Aguas arriba por la quebrada, la esquistosidad se vuelve subhorizontal; en esta parte se advierte el aumento de venas leucocráticas de composición granítica a pegmatítica, y un poco más al este, comienzan a aflorar las migmatitas.

Con base en observaciones de campo se pudo apreciar que, entre las localidades de Mutquín y Rosario de Colana, las filitas y esquistos allí presentes, se encuentran fuertemente fracturados y deformados, debido a la reactivación de la falla principal que afecta el primer nivel de piedemonte (Imagen 10 y 11).

Asociados al Complejo Migmatítico, que forma el borde de la sierra, se observan esquistos en la parte alta de la ladera y zona encumbrada. En los esquistos de la cumbre hay cuerpos aislados, aunque bastante numerosos, de granito dentro de micacitas cuarzosas bandeadas de grano fino. Este tipo de litología predomina hacia el norte del portezuelo del Abra, constituyendo los cerros Mogote de la Cruz (Peinado), Piona, y en general toda la cumbre hasta el granito del Manchao. Dentro de su masa aloja numerosos filones más o menos concordantes de pegmatita, muy ricos en cuarzo.

❖ *Relaciones de campo:*

En el área de estudio, el Complejo Metamórfico La Cébila (CMLC) aflora en inmediaciones a la localidad de Rincón. Se puede apreciar su presencia en un morro en el ingreso a dicha localidad, a metros de RP 25 (Imagen 12a), donde evidencia un contacto neto con la Formación Pomán. Luego se encuentra hacia el sur del pueblo en el pie de la ladera, hacia el oeste en contacto neto con la Formación Pomán y hacia el este en contacto transicional con las migmatitas del Complejo Metamórfico Ígneo El Portezuelo (CMIEP). La RP 25 atraviesa el CMLC en sentido norte-sur.

También puede apreciarse al este del caserío de Michango, en la quebrada del río homónimo, en la parte baja de la ladera, en contacto transicional con migmatitas del CMIEP.

Además, se observan filitas y esquistos micáceos del CMLC en el sector sur de la quebrada del río Mutquín, que continúa como una faja norte-sur hasta las inmediaciones del paraje Bayo Muerto de la localidad de Colana (Imagen 12b).

❖ *Edad:*

González Bonorino (1951, 1978), Espizúa y Caminos (1979), asignaron a este complejo al Precámbrico. Posteriormente Nullo (1981), ubica a esta unidad entre el Precámbrico superior- Paleozoico inferior; el mismo criterio es ratificado por Blasco et al. (1994) y Toselli et al. (1999).

Verdecchia et al. (2007), basado en el registro fosilífero faunístico obtenido en muestras recolectadas en el sur de la Sierra de Ambato, fuera del área de estudio, y edades de procedencia U-Pb en circones, Finney et al. (2003, 2004) Rapela et al. (2007), afirma que los metasedimentos del CMLC se depositaron durante el Ordovícico temprano a medio y no serían correlacionables temporalmente con los metasedimentos de la Formación Puncoviscana. Este autor interpreta estas sucesiones como parte de una plataforma silicoclástica y las correlaciona con los depósitos volcano-sedimentarios de la Formación Suri del Grupo Famatina, vinculados a la cuenca de intra-arco Famatianiana, Astini et al. (2007), ubicados al oeste de los depósitos del CMLC.



Imagen N° 8: a) Vista del afloramiento de filitas de aspecto lajoso del CMLC sobre RP 25 en cercanías a Michango. Las imágenes b), c) y d) muestran en detalle los corrugamientos que presentan las filitas del CMLC en este sector (Coord. Geog. 28°15'5.93"S; 66°8'49.59"O).

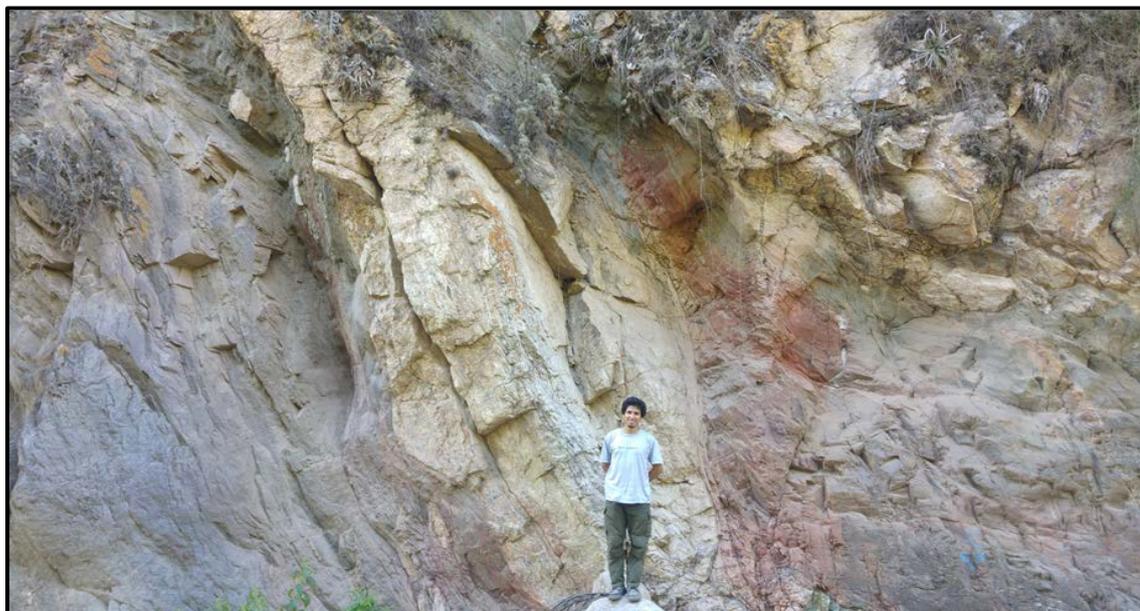


Imagen N° 9: Filones concordantes de granito de textura porfiroidea, foliados por deformación que alternan con las filitas (Coord. Geog. 28°15'31.86"S; 66° 7'56.16"O).



Imagen N° 10: Reactivación de falla en Cuesta del Infiernillo, Mutquín. Afloramiento de unos 50 m, totalmente triturados donde participa el basamento y por encima se encuentra el conglomerado de primer nivel de piedemonte. Rumbo: 45°; Inclinación: 85°; DI: NO. (Coord. Geog. 28°20'28.6"S; 66°8'07.5"O).



Imagen N° 11: Evidencias de reactivación de falla en la localidad de Rosario de Colana, camino a la finca de Bayo Muerto. (Coord. Geog. 28°23'20.4"S; 66°6'55.5"O).



Imagen N° 12: a) Filitas de aspecto lajoso del CMLC en el ingreso a la localidad de Rincón; b) afloramiento de filitas en cercanías a Rosario de Colana. (Coord. Geog. 28°22'12.28"S; 66° 7'57.15"O).

III.2.1.2- Complejo Metamórfico Ígneo El Portezuelo (Ordovícico)

❖ *Antecedentes*

Aceñolaza y Toselli (1977) utilizan el término “Formación el Portezuelo” para agrupar a fajas de migmatitas, reconociendo que presentan una característica transicional entre los afloramientos del este (Formación La Cébila) y los del oeste, que son netamente migmatíticos. González Bonorino (1978) emplea la terminología “Esquistos inyectados y migmatitas”.

Nulló (1981), define a esta unidad como “Formación Los Divisaderos”, donde además incluye cuerpos intrusivos de composición granítica, pegmatitas y cuerpos tardíos o post-tectónicos de composición granítica. Para Nulló (1981), las migmatitas graníticas, no son consideradas como una Formación independiente, sino que se los incluye como una Facie de la Formación Los Divisaderos.

Larovere (2009), agrupa las Formaciones Ancasti y El Portezuelo en el Complejo Metamórfico Ígneo El Portezuelo redefiniendo esta unidad. El complejo abarca un conjunto de sierras menores ubicadas entre las sierras de Ancasti, Ambato y Aconquija, por donde se prolongarían los límites del CMIEP.

❖ *Litología*

Las rocas de este complejo metamórfico son de alto grado, incluye migmatitas, gneises, esquistos inyectados y cuerpos de granitos anatécticos concordantes con la esquistosidad de la roca de caja. Estos últimos se destacan a la distancia por su coloración más clara que el resto. Las migmatitas constituyen la principal litología del CMIEP, comprendiendo una faja de extensión regional con dirección norte-sur conformada mayormente por metatexitas del tipo estromatítico y en menor medida por diatexitas, que presentan una foliación regional con orientación nornoroeste-sudsudeste y norte-sur, y buzamientos estenoroeste y este respectivamente (Larovere et al. 2012). Las migmatitas tienen continuidad litológica con los gneises y esquistos, evidenciando un cambio transicional en el grado metamórfico (Larovere et al. 2011).

Las migmatitas que predominan en la comarca son de tipo flebíticas. Los leucosomas de estas arteritas fueron clasificadas por González Bonorino (1950), en: 1) de grano fino y homogéneo, espesor constante, con oligoclasa y cuarzo como componentes esenciales o casi exclusivamente, y 2) otras de aspecto algo pegmatítico, de grano y espesor cambiantes, en las que el microclino es el componente principal, en oposición al cuarzo y la oligoclasa del primero. Para Nullo (1981), el segundo tipo de leucosoma, descrito previamente, pertenece a la Formación Los Divisaderos.

En la Sierra de Ambato, Nullo (1981), describe dos fajas de migmatitas de rumbo aproximado norte-sur. Predominan las migmatitas flebíticas, con inyección cuarzo-feldespática. Los leucosomas son pequeños, de hasta 1 cm de ancho, se las encuentra muy replegadas y todo el conjunto se encuentra intruido por pegmatitas. En sectores las migmatitas presentan indicios de tectonización (deformación de algunos componentes mineralógicos) observándose una leve milonitización (Imagen 13).

Toselli (1999), reconoce en la zona de estudio el “Área Migmatítica de Pomán” constituida por migmatitas, esquistos inyectados y cuerpos de granitos anatéticos que afloran en la Sierra de Ancasti (zona de cumbres y ladera oeste), Graciana, Fariñango y Ambato, fuera del área de estudio, donde alternan con esquistos y micacitas bandeadas. Los contactos que presentan las migmatitas del CMIEP con las filitas de aspecto lajoso de la unidad metamórfica La Cébila son transicionales o tectónicos.

En cuanto al nivel estructural, las rocas del CMIEP son las más profundas y de mayor grado metamórfico (facies anfibolitas) de toda la Sierra de Ambato y se considera que se han formado junto con las granodioritas y tonalitas sintectónicas descritas por González Bonorino (1978).

❖ *Relaciones de campo*

En el área de estudio, esta unidad abarca las zonas cumbreles y gran parte de los flancos occidentales de la Sierra de Ambato. En la quebrada del río Colana, pasando la toma de agua, se puede apreciar el contacto entre migmatitas y la Formación Pipanaco (Imagen 14).

En el área migmatítica de Pomán el grado de inyección aumenta de este a oeste, culminando en el borde de la sierra, en contacto neto con la Formación Pomán, lo que indicaría una mayor fusión parcial hacia el oeste.

❖ *Edad*

Sobre la base de dataciones radiométricas efectuadas en granitos correspondientes a esta unidad, Aceñolaza y Toselli (1976) indican que las Formaciones El Portezuelo y Ancasti (CMIEP), corresponden a equivalentes metamórficos de mayor grado de la Formación Puncovizcana y por lo tanto están relacionadas a la orogenia Pampeana.

Larovere et al. (2011), mediante dataciones obtiene edades de 477- 470 Ma, para el metamorfismo de alto grado del Complejo Metamórfico Ígneo El Portezuelo, cuestionando que las rocas del complejo se hayan originado totalmente durante la orogenia Pampeana, según lo propuesto por Aceñolaza y Toselli en 1976. Este autor propone que la Formación Puncovizcana puede haber aportado las rocas precursoras de este complejo, las cuales sufrieron una extensa historia de deformación y metamorfismo que no se puede conocer datando solo el protolito. De esta manera se asignan al período Ordovícico, las rocas metamórficas de más alto grado pertenecientes al Complejo Metamórfico Ígneo El Portezuelo.

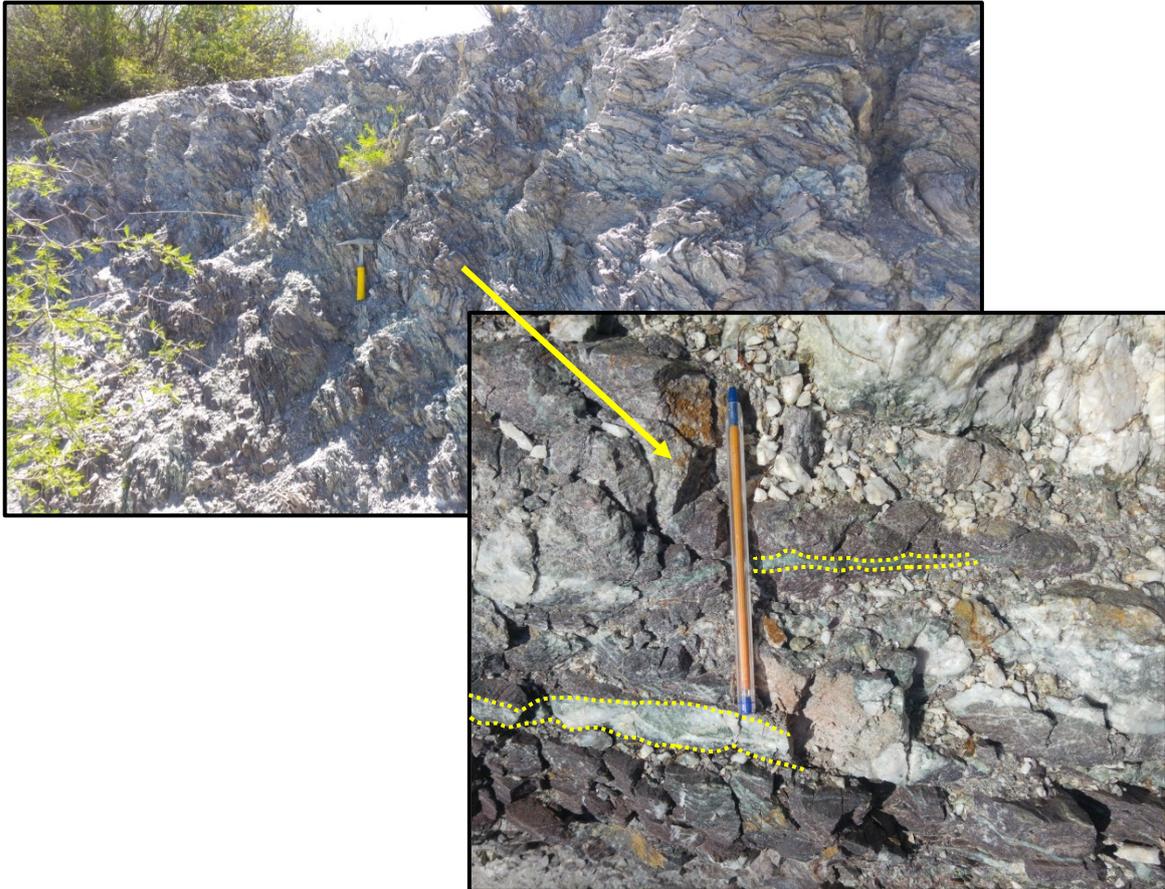


Imagen N° 13: Afloramiento de migmatitas fuertemente triturado y deformado. Se observó la presencia de venillas alargadas de cuarzo azulado (línea de puntos amarilla). (Coord. Geog. 28°22'29.10"S; 66°8'13.6"O).

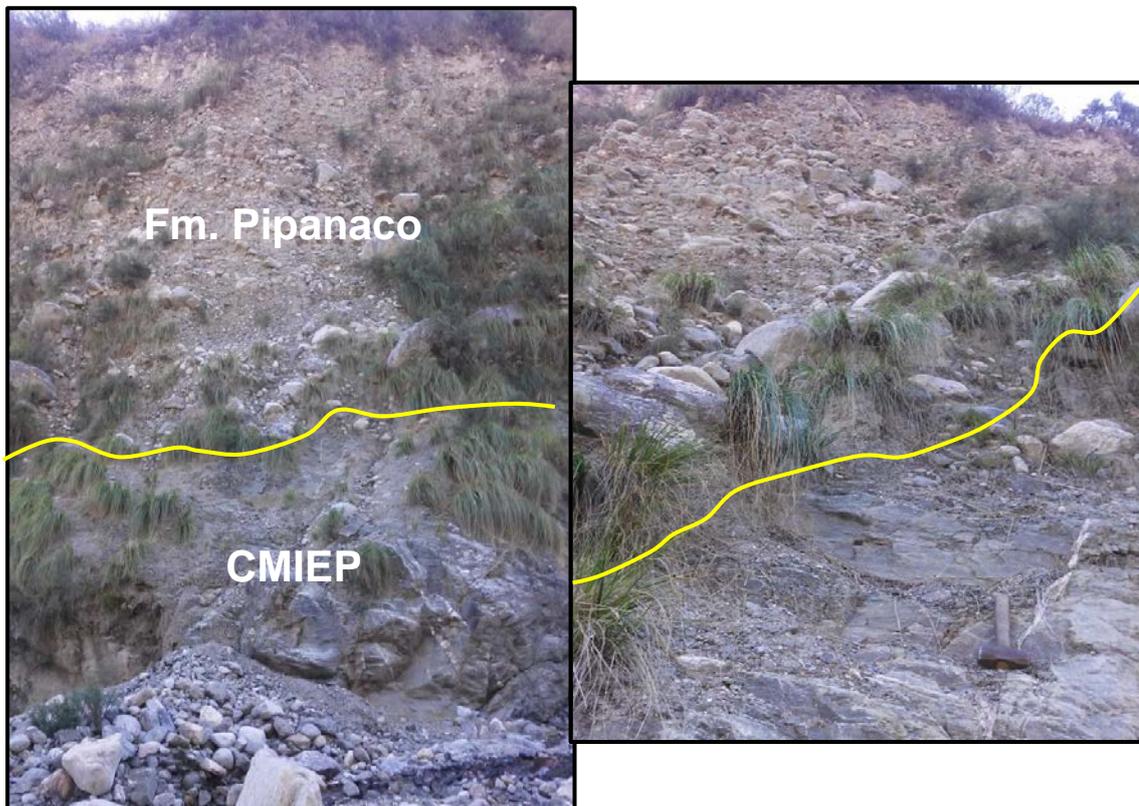


Imagen N° 14: Afloramiento de migmatitas en contacto con el conglomerado de la Formación Pipanaco, aguas arriba del río Colana (Coord. Geog. 28°22'0.64"S; 66° 7'9.00"O).

III.2.1.3- Formación Colana (Ordovícico).

❖ *Antecedentes*

Lapidus (1946) y Coco (1946) indicaron como Conglomerado de Colana al conjunto psefítico que aflora al este y sureste de Rosario de Colana, en el faldeo occidental de la Sierra de Ambato. En el cerro Divisadero de la Cañada (Lapidus, 1946) describe afloramientos de conglomerados de grano fino y color pardo rojizo, con unos 300 m de espesor, con características similares al descrito para el Divisadero de la Cruz por Coco (1946).

Coco y Lapidus (1947) distinguieron conglomerados según el tamaño de los rodados de cuarzo. Uno de grano medio de hasta 1 cm de diámetro, donde la textura es porfidoblástica de carácter blasto-psamítico y otro, de grano grueso, con rodados de cuarzo que llegan a 4 - 5 cm de diámetro y algunos clastos alargados, orientados paralelamente a la estratificación. Asimismo, interpretaron la sedimentación de estas psefitas, como producidas en ambiente acuático costero, con transporte fluvial.

Borrello (1969) designa a esta unidad como Molasa Pomán o Molasa Colana, aunque sin especificar su magnitud; en un trabajo posterior, Borrello (1976) la incluyó en el Grupo Ambato y le dio la categoría de formación. Otros estudios sobre este tema fueron realizados por Durand (1986, 1990); González Díaz (1969) y Nullo (1981) que profundizaron los estudios sobre estas rocas y también realizaron referencias sobre la génesis, significación y edad. Adams *et al.*, (2010) determinaron que la edad máxima de sedimentación de la Formación La Cébila en 525 Ma, sobre la base de los circones detríticos, y por relaciones geológicas, debería ser del mismo lapso temporal de deposición de los conglomerados.

Toselli *et al.*, (2014) realizaron un estudio en los afloramientos más destacados en la localidad de Rosario de Colana, con el propósito de comprender la inusual composición de estos meta-conglomerados. Concluyen que son monomíticos con clastos de cuarzo inequigranular sostenidos en matriz cuarzosa de grano fino. Mediante el análisis de sus relaciones con filitas, esquistos y gneises les ha permitido concluir que son delgadas lentes del protolito sedimentario, metamorfozadas durante la fase orogénica famatiniana y deformado posteriormente. Estas características petrográficas son comparables con las de otros conglomerados intercalados en el basamento metamórfico de las Sierras Pampeanas.

❖ *Litología*

En los afloramientos presentes en la zona de estudio, se puede apreciar que los metaconglomerados varían de gruesos a finos, con clastos de cuarzo que superan el 90% de su volumen, acompañados por cuarcitas bandeadas y escasos clastos de feldspatos. La matriz es cuarzosa-pelítica-hematítica, con escasas laminillas de muscovita. En las variaciones granulométricas más finas la matriz es dominante, con clastos pequeños de cuarzo, mientras que en otros la matriz psamo-pelítica está subordinada entre los clastos angulosos cuarzosos. Según Toselli *et al.* (2014), el conjunto sedimentario original constituido por pelitas, psammitas y psefitas subordinadas, sufrió metamorfismo regional que le imprimió los caracteres petrográficos actuales.

En cuanto a las relaciones geológicas y posición estratigráfica, Lapidus (1946) indicó que entre los Ríos Espinillo y Estancia Vieja, el conglomerado está en contacto concordante hacia el este con las filitas del CMLC, mientras que con el gneis del CMIEP, cuyo contacto se advierte hacia el oeste, es difícil precisar la relación. En el cerro Divisadero de La Cañada, el contacto con las filitas es tectónico. En este sitio, Coco (1946) observó que hacia el este se encuentra en contacto concordante con filitas y que éstas se sitúan por arriba del conglomerado. Para Coco y Lapidus (1947), los conglomerados se ubican entre el gneis y las filitas, aflorando claramente en los cerritos Divisadero de la Cruz y Divisadero de la Cañada, estos se prolongan hacia el norte en afloramientos menores y hacia el sur, después de una zona de recubrimiento moderno, reaparece en el puesto El Espinillo, entre el arroyo homónimo y el río Estancia Vieja.

Ramos et al. (1996), estudiaron afloramientos de conglomerados de las Sierras Pampeanas y señalan que los conglomerados de Colana presentan estructura planar (S1) no muy bien definida, paralela a la estratificación y con valores cambiantes si se consideran los afloramientos de las proximidades de Estancia Vieja y los situados más al norte (Divisadero de la Cruz y Divisadero de La Cañada). Indicaron asimismo que los clastos de cuarzo presentan fuerte extinción ondulosa y algunos granos de cuarcita están bandeados.

Toselli et al. (2014), destaca que en el cerro Divisadero de la Cañada, los conglomerados afloran concordantemente con las filitas, en el cauce del río Colana que lo corta por unos 200 m y están truncados por una falla de rumbo norte-sur, que controla la morfología, Coco (1946). Más al norte se observan pequeños afloramientos que son paulatinamente cubiertos por depósitos modernos.

❖ *Relaciones de campo*

Los afloramientos más destacados se ubican en el faldeo occidental de la Sierra de Ambato, al este y sureste de la localidad de Rosario de Colana, se presentan cubiertos por fanglomerados cuaternarios y son de tamaño reducido. Los metaconglomerados afloran en los cerros Divisadero de la Cruz y Divisadero de la Cañada, los cuales están próximos a la localidad de Colana (Imagen 15 a, b y c).

Según Toselli et al. (2014), otro afloramiento de metaconglomerados se localiza en Cerrito Blanco a 4 km al sudsudeste del Divisadero de La Cañada, ubicado entre los puestos de Los Corrales y Punta del Agua. Todos estos afloramientos están ubicados entre los $66^{\circ}07'46''$ y $66^{\circ}08'25''$ O y los $28^{\circ}22'07''$ y $28^{\circ}22'36''$ S.

En general los afloramientos están restringidos a una estrecha franja de rumbo norte-sur, que se extiende por aproximadamente 8 km y que tanto hacia el norte como hacia el sur desaparece bajo la cubierta moderna del piedemonte; mientras que en sentido este-oeste el ancho máximo alcanza aproximadamente 1 km.

Con base a lo observado en el campo, se pudo apreciar que, hacia el noreste del cerro Divisadero de la Cruz, cruzando el río de Colana, se encuentra un morro en donde afloran los mencionados metaconglomerados (Imagen 16 a, b y c).

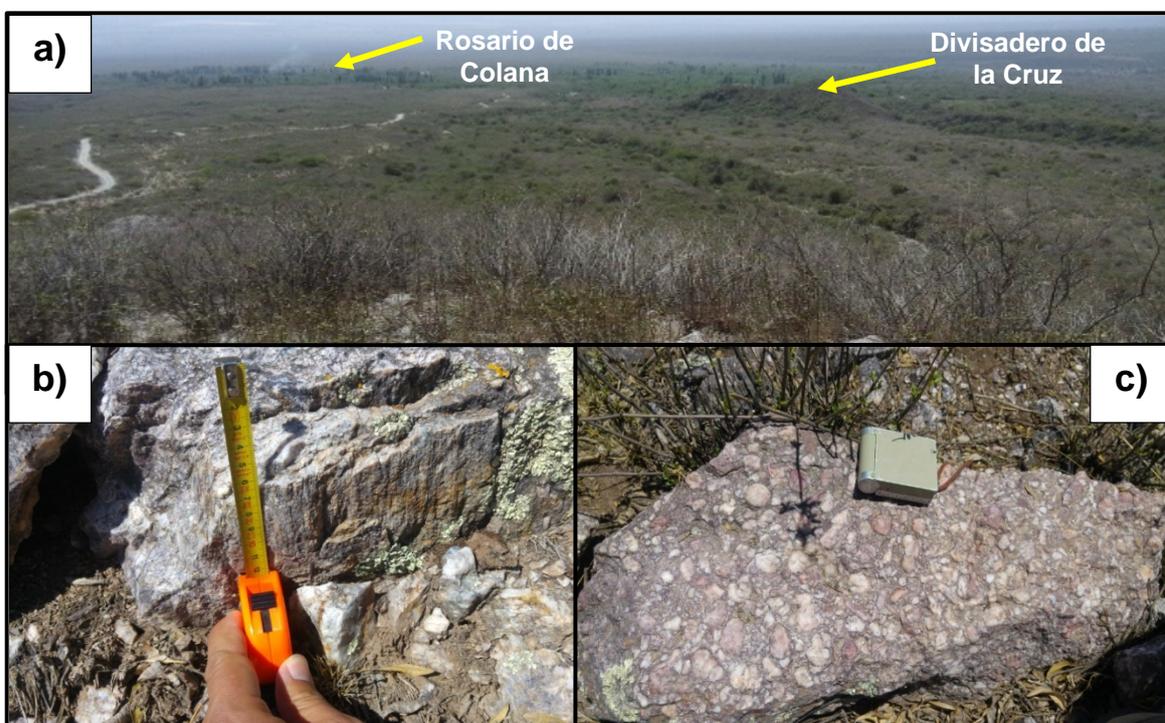


Imagen N° 15: a) Vista hacia el oeste, desde Divisadero de la Cañada. En las imágenes b) y c) se aprecian en detalle los metaconglomerados presentes en Divisadero de la Cañada.
(Coord. Geog. $28^{\circ}22'32.11''$ S; $66^{\circ} 8'4.15''$ O).

❖ *Edad*

Toselli et al., (2014) señalan que el meta-conglomerado Colana está intercalado concordantemente en las filitas ordovícicas del Complejo Metamórfico La Cébila (Verdecchia et al., 2007), y cuya deformación y metamorfismo serían ordovícicos. Por las relaciones estructurales concordantes con las filitas, consideran integrante del mismo complejo sedimentario, que habría sufrido deformaciones posteriores, en niveles más someros.

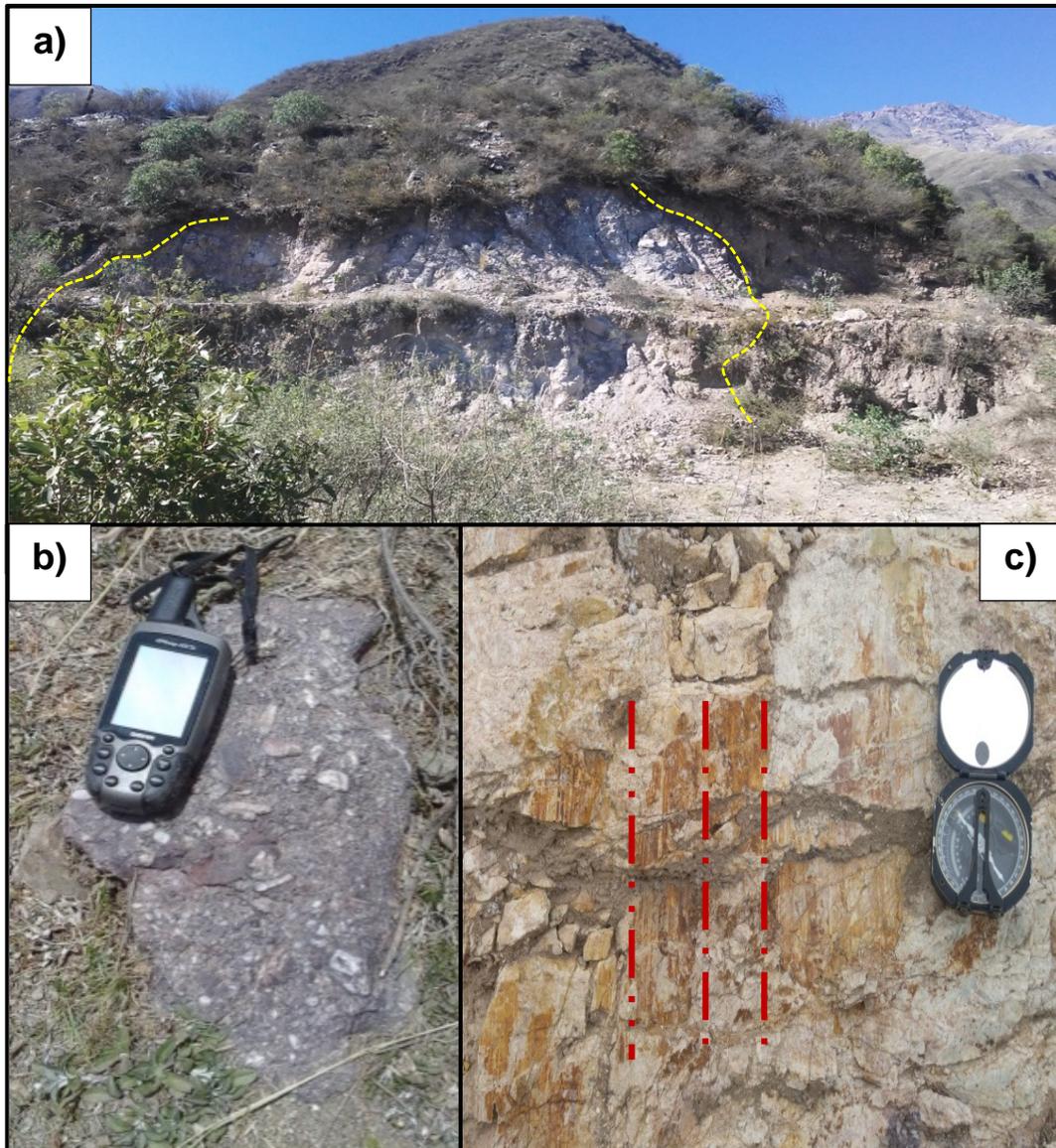


Imagen N° 16: a) Morro de metaconglomerados, truncado por una falla de rumbo norte-sur, ubicado hacia el este del Divisadero de la Cruz, cruzando el río Colana. b) Vista en detalle del meta-conglomerado presente en este sector; c) Estrías de falla evidenciando el desplazamiento sufrido.
(Coord. Geog. 28°22'8.97"S; 66° 8'5.40"O).

III.2.1.4- Cuerpo cuarzoso hidrotermal de Mutquín - Cerro Blanco (Ordovícico).

❖ *Antecedentes*

Diversos autores como Beder (1922), Angelelli y Trelles (1937), Sgrosso (1947), González Bonorino (1978), De La Fuente (1982), Trinca *et al.*, (1993) realizaron trabajos referidos a la geología y a los depósitos de cuarzo y caolín de Mutquín y Michango proponiendo su genesis a partir de fluidos hidrotermales.

Posteriormente García (2006), realiza un estudio geológico-minero en el área de Mutquín - Michango, en donde propone que los yacimientos de cuarzo presentes en la zona se originaron a partir de fluidos hidrotermales sobresaturados en sílice que, debieron ascender por un sistema de fallas activo de rumbo norte-sur y que reemplazaron a las rocas de campo presentes en el sector.

❖ *Litología*

La composición de este cuerpo no es igual en toda su extensión. En los extremos, es decir en las áreas de Michango y Mutquín, su material tiene el aspecto de una roca intensamente alterada, pero en partes conserva restos de la textura y composición originales. En la parte media, la roca es un agregado de cristales de cuarzo, que no deja ver ningún resto que revele la existencia de una determinada roca en el lugar.

Las características petrográficas generales de todo el cuerpo son el tono de coloración blanquecino, su delezabilidad, especialmente marcada hacia los extremos y la presencia de una fracción fina. La composición mineralógica de las distintas partes del cuerpo es similar, pero sus proporciones varían. La roca de la parte media consiste en más de 95% de cuarzo, siendo el resto principalmente muscovita fina y algo de feldespato potásico. En los extremos, el cuarzo sigue predominando, pero aumenta la proporción de albita, feldespato potásico y muscovita.

❖ *Relaciones de campo*

Este cuerpo cuarzoso aflora entre las localidades de Mutquín y Michango. Presenta un rumbo aproximado norte-noroeste, de casi 10 Km de longitud, y un ancho visible de cerca de 1500 m en su parte media. Se halla ubicado en parte entre el stock granítico del Manchao y los esquistos metamórficos.

En la quebrada del río Siján, a ambos márgenes del mismo, aflora el cuerpo cuarzoso de aproximadamente 700 m a lo largo del río. Mineralógicamente está constituido principalmente por cuarzo, con menor contenido de feldespatos, mica y una fracción fina que podría ser arcilla (Imagen 17 a y b). Aproximadamente a 200 m río arriba del afloramiento principal, se puede observar el contacto del cuerpo de cuarzo con el stock El Manchao, el cual constituiría el límite oriental del cuerpo. González Bonorino (1978) indica que el límite oeste de dicho cuerpo cuarzoso está en contacto con las rocas metamórficas del CMLC, sin embargo, esta relación no se pudo apreciar debido a que aguas abajo el cuerpo está cubierto por material moderno.

❖ *Edad*

De acuerdo a observaciones de campo y correlaciones geológicas, y dado el origen hidrotermal, se estima que el fluido residual del “magmatismo principal ordovícico” es el que genera este cuerpo cuarcítico. Por lo que podría tener una edad similar a los cuerpos tardío-tectónicos mencionados anteriormente.

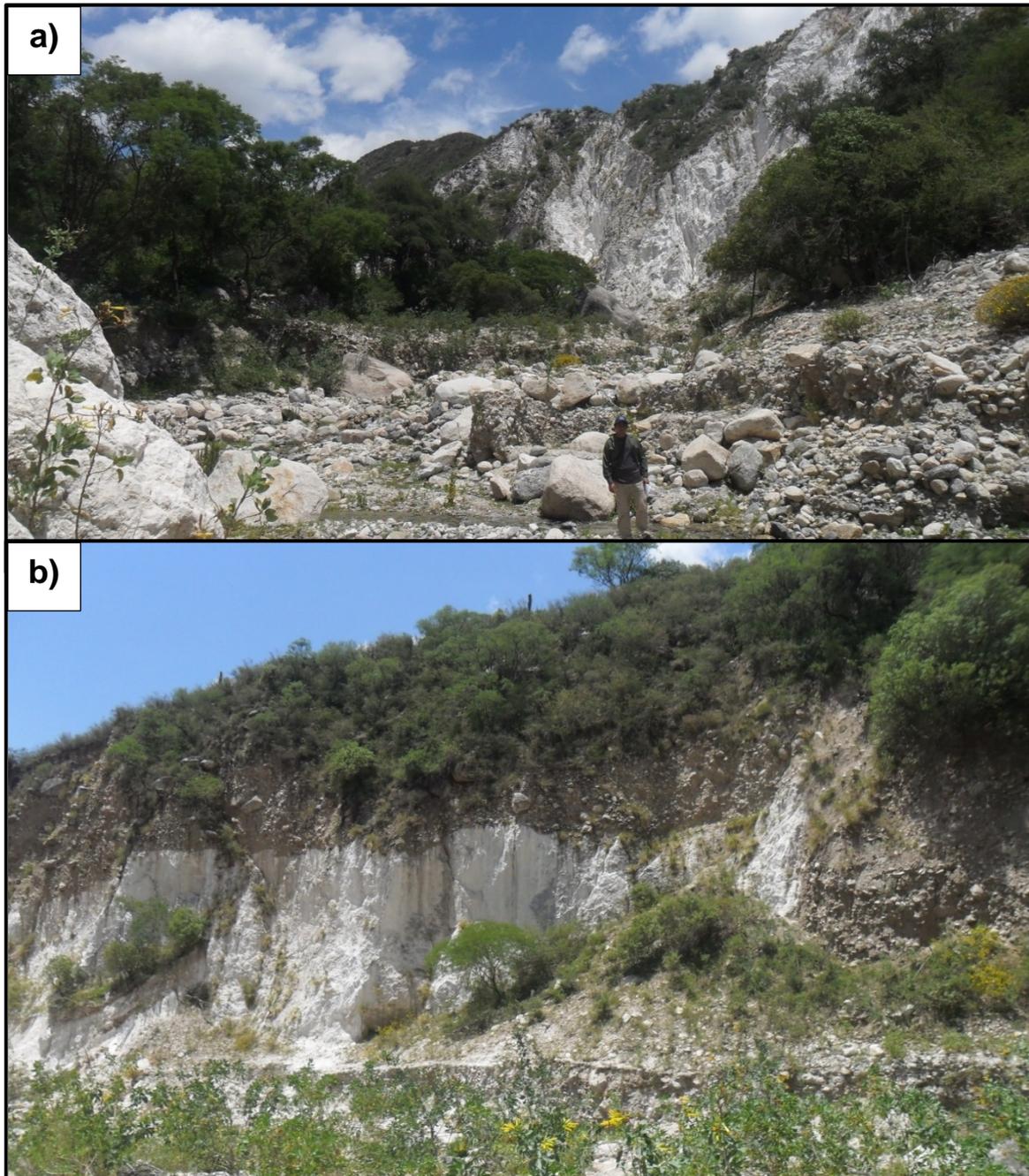


Imagen N° 17: Afloramientos del cuerpo cuarzoso a ambas márgenes del río Siján. a) Vista desde el oeste de la labor principal (Mina La Esperanza) sobre margen derecha del río. b) Vista del afloramiento sobre margen izquierda del río. Se observa la cobertura con material cuaternario.
(Coord. Geog. 28°16'59.97"S; 66°7'24.57"O).

III.2.1.5- Granitos sintectónicos, tardío y pos-tectónicos (Ordovícico - Carbonífero inferior)

❖ *Antecedentes*

González Bonorino (1978), en la Hoja 14f clasifica a estos granitos dentro de la categoría de los “Cuerpos sintectónicos”, “Cuerpos leptotectónicos” y “Cuerpos postectónicos”. A estos últimos, Blasco et al. (1994), en la Hoja geológica 2966-II los define como “Plutonitas Postectónicas”, incluyendo a los granitos presentes en la zona de estudio dentro de la denominación “Granitos biotíticos-muscovíticos y muscovíticos-granatíferos”.

García (2006), define al stock El Manchao como Formación El Manchao. Para facilitar la descripción del mismo, lo dividió en dos sectores: Sector norte (afloramientos del

río Michango) y Sector Centro (afloramientos del río Siján), con iguales características litológicas, ya que en ambos sectores la roca corresponde al mismo granito.

❖ *Litología*

Los graníticos sintectónicos presentes en el área de estudio se caracterizan por su forma alargada y concordante con la foliación de la roca de caja, sus dimensiones reducidas, y su íntima relación con las migmatitas. En la parte sur del área de trabajo predominan los cuerpos tonalíticos y granodioríticos foliados, con biotita, en muchos casos bastantes deformados (cataclásticos), mientras que hacia Mutquín son más comunes los cuerpos sin deformación en contraste con los anteriores.

En inmediaciones al puesto Piedra Parada se encuentran cuerpos graníticos, de grano mediano-fino, compuesta principalmente de albita y cuarzo y apreciable cantidad de epidoto.

En el sector sur de la zona de estudio, los diques de pegmatita son abundantes, sobre todo en la parte media y superior de la ladera, donde alcanzan espesores de más de 20 m. Cuanto más gruesos son los diques, menos concordantes son los contactos, y más irregulares sus formas. No se advierte en las pegmatitas mayor zonalidad; son masas de feldespato potásico en individuos grandes y pequeños, encerrando cuarzo de textura gráfica y numerosos cristales de turmalina diseminados en la masa, junto con “librillos” de muscovita de pocos cm.

Los cuerpos tardío-tectónicos presentan características petrográficas y estructurales intermedias entre los granitos sintectónicos y post-tectónicos. Al sureste de la localidad de Mutquín, en el lado sur de la amplia quebrada del río homónimo, se encuentra un área granítica que al este presenta contacto neto con los esquistos, mientras que al oeste desaparece contra la cubierta de fanglomerados del piedemonte. Es una roca equigranular, homófana (sin foliación), de color gris claro a rosado. Presenta textura hipidiomórfica y aspecto fresco, es muy semejante a la del granito de El Manchao, pero de grano en general algo más fino.

Las rocas graníticas postectónicas son de tonalidad gris blanquecina a veces rosada según su grado de alteración; con textura inequigranular y variación del tamaño desde fino a grueso. Son típicas las variedades porfiroideas en las que se destaca el desarrollo de megacristales tabulares de microclino de hasta 2 o 3 cm de longitud.

Predominan los granitos de dos micas, en general con mayor proporción de biotita. El componente predominante es microclino, siguiendo, en ese orden, cuarzo, oligoalbita y micas.

En la parte alta de la sierra, en la zona marginal del stock de El Manchao, son comunes las venas de cuarzo con turmalina en agregados fibrosos.

García (2006) concluye que el granito El Manchao presenta facies predominantemente monzograníticas, de color blanco grisáceo, con textura porfiroide con fenocristales de microclino y micas, de carácter peraluminoso y calcoalcalino.

❖ *Relaciones de campo*

En el flanco occidental de la Sierra de Ambato, según Toselli, G. (2000), los contactos litológicos del stock granítico se encuentran cubiertos por depósitos de piedemonte y terrazas de nivel superior de edad Pleistocena. A éstos se le adosan al oeste, los sedimentos correspondientes a terrazas de nivel inferior (Imagen 18 a y b).

Los granitos sintectónicos se presentan en cuerpos alargados que tienen una amplia distribución en toda la región; al tipo tardío-tectónico corresponden algunos cuerpos aislados de mayor tamaño que los anteriores, mientras que el tipo post-tectónico abarca casi toda la zona cumbre del área de estudio y tiene como representante típico el stock de El Manchao.

❖ *Edad*

Blasco et al. (1994), considera que a causa de la casi ininterrumpida actividad metamórfica y magmática que se observa desde el Cámbrico medio hasta el Carbonífero

inferior, es difícil separar acontecimientos independientes, debido a la sobreimposición de eventos que pueden haber rejuvenecido algunas edades isotópicas. Sin embargo, pueden reconocerse un ciclo magmático principal en el Ordovícico y otro en el Devónico superior-Carbonífero inferior. Ubicándose a los granitos El Manchao y Ambato en el segundo ciclo.

Por lo general se sostiene que los granitos sintectónicos son de edad ordovícica (ciclo magmático principal) y se formaron junto con las rocas metamórficas (migmatitas, rocas de caja); mientras que los post-tectónicos corresponden al Devónico-Carbonífero y por ende son posteriores al metamorfismo. En cuanto a los cuerpos tardío-tectónicos, que González Bonorino denomina “leptotectónicos”, se habrían originado inmediatamente después del pico metamórfico, de esta manera le corresponden edades entre los granitos sintectónicos y los post-tectónicos.

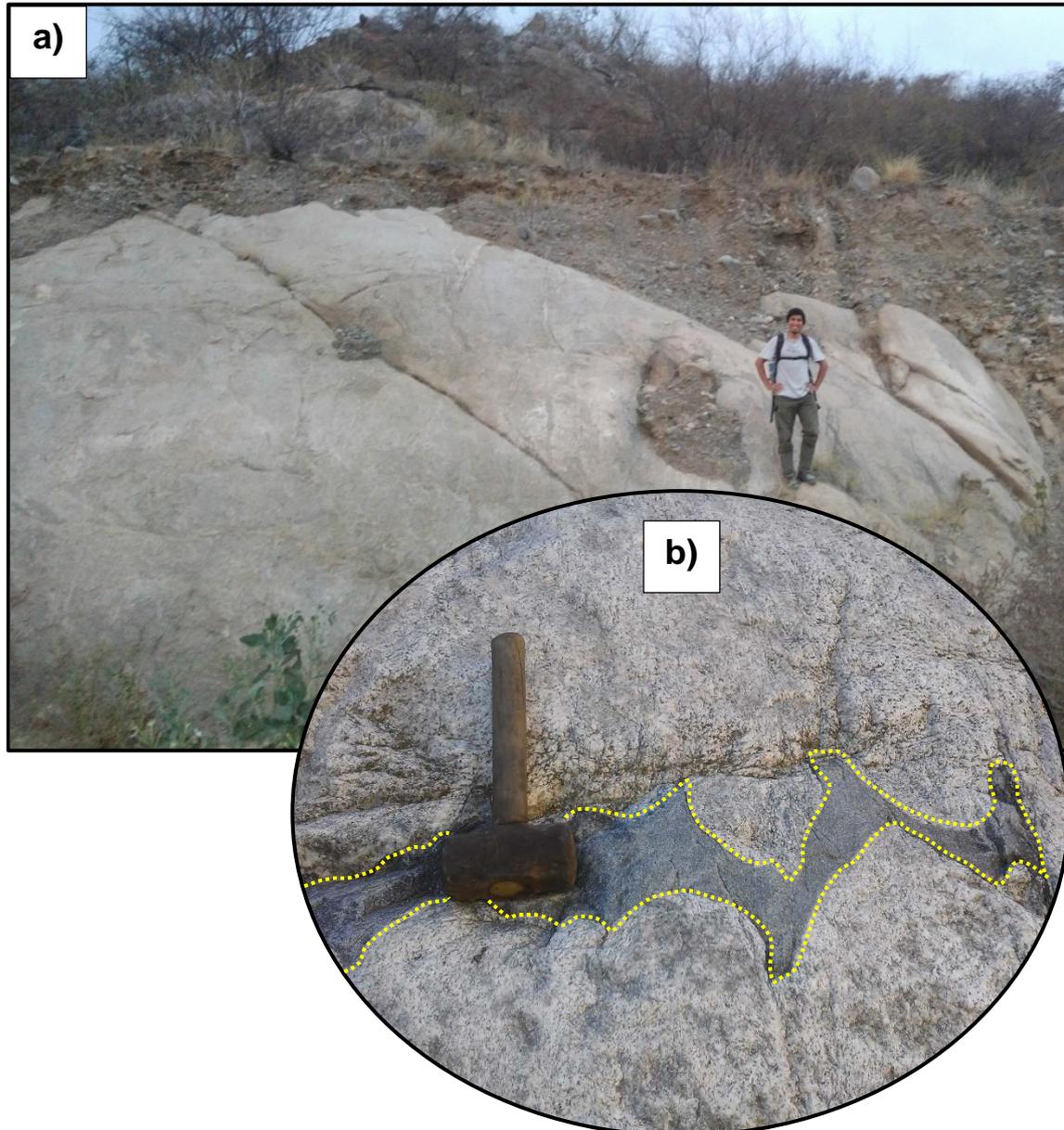


Imagen N° 18: a) Cuerpo granítico cubierto por conglomerados de la Formación Pipanaco, camino a la localidad de la Villa de Pomán. b) Resistores de esquistos en granitoide.
(Coord. Geog. 28°22'43.50"S; 66°12'18.83"O).

III.2.2- Cenozoico

González Bonorino (1978), en la Hoja 14f, indica que los depósitos cuaternarios más modernos en la zona de estudio comprenden el relleno de los valles, fanolomerados de pie de monte, conos de deyección y detritos de falda. Define estos materiales sedimentarios como “Niveles superiores-Depósitos aluviales aterrazados, fanolomerados, etc.”, “Niveles inferiores-Depósitos aluviales más o menos aterrazados, fanolomerados, etc.” y “Depósitos aluviales”.

Los primeros estudios hidrogeológicos realizados en el bolsón de Pipanaco por el INCYTH (hoy Instituto Nacional del Agua – INA) fueron los responsables de caracterizar los diferentes depósitos pedemontano que yacen al pie del borde occidental de las sierras de Ambato - Manchao.

Fue Lafleur, (1981) quien definió a las Formaciones Pomán, Pipanaco y Colpes, cuyos términos fueron usados y extrapolados a todo el bolsón de Pipanaco por Eremchuk y Papetti (1984) y Eremchuk (1984).

III.2.2.1- Formación Pomán (Lafleur, 1981)

❖ *Litología*

Se trata de depósitos de conglomerados, donde la textura fina varía de limos a arenas y la gruesa de gravas a bloques de hasta 1,5 m de diámetro. Estos bloques corresponden en general a esquistos micáceos y migmatitas del tipo estromatítico y flebítico, pertenecientes al basamento descrito precedentemente.

En conjunto estos depósitos se disponen de manera caótica o sin estratificación, son en parte clasto portante y matriz portante.

El perfil más representativo en la zona de estudio se encuentra sobre la RP 25, entre las localidades de la Villa de Pomán y Rosario de Colana (Imagen 19).

- A) Conglomerado clasto portante, con clastos predominantes de 20 cm de largo, 14 cm de ancho y 10 cm de espesor; con bloques de 1,5 m aproximadamente. La matriz es areno-limosa, con clastos de hasta 5 cm. La presencia del limo le da un color castaño claro.

La composición de los constituyentes gruesos, desde un punto de vista macroscópico corresponde a rocas del basamento cristalino. Las arenas gruesas y las gravillas, son dominante en cuarzo, feldespato y fragmentos de rocas metamórficas y graníticas.

- B) Banco de finos matriz portante de finos de coloración pardo rojizo, de aproximadamente 50 cm de espesor. La matriz de acuerdo a las muestras de finos analizadas, está constituida por un 83% de limo, un 10% de arena y un 7% de arcilla, lo que se traduce en una textura limo-arenosa.
- C) Conglomerado clasto portante de tonalidad grisácea, con escasos finos. Los clastos son de 15 cm de largo y 7 cm de ancho aproximadamente, más angulosos que en la sección A y presentan una mejor selección. La composición de los rodados es variable, los rodados predominantes son de metamorfitas.
- D) Conglomerado matriz portante, con clastos angulosos de hasta 10 cm, de color pardo, matriz areno-limosa.
- Coronando al perfil se encuentra una pequeña cobertura edáfica.

❖ *Relaciones de campo*

Los afloramientos de esta unidad en el área de estudio constituyen relieves de lomas bajas subsecuentes a la sierra cristalina. Los conglomerados más antiguos corresponden a las terrazas superiores, que se observan adosadas al pie de la ladera occidental del cordón El Ambato-Manchao, sobre todo entre las latitudes de Pomán y Colana. Más al norte se presentan en forma de retazos adosados a la ladera y, a la altura del río Siján, estos depósitos viejos constituyen terrazas encajonadas en el tramo inferior de la quebrada, representando el pasaje entre los depósitos de valle y el piedemonte.

❖ *Edad*

Si bien no se tienen suficientes elementos para una datación precisa de esta unidad, por su posición se la correlaciona con la Formación Concepción (Fidalgo, 1965), de manera que se le asigna una edad correspondiente al Pleistoceno.



Imagen N° 19: Afloramientos de la Formación Pomán, sobre RP 25, a aproximadamente 500 m de la localidad de Rosario de Colana. (Coord. Geog. 28°22'09.7"S; 66° 9'59.8"O).

III.2.2.2- Formación Pipanaco (Lafleur, 1981)

❖ *Litología*

Se trata litológicamente de depósitos constituidos por limos arenosos, limos e intercalaciones lenticulares de fanglomerados.

Estos sedimentos han sido depositados por los cursos de agua migrantes que bajan de la sierra, cada uno de los cuales forma un cono aluvial a la salida de la quebrada, los que a su vez coalescen en el piedemonte.

En general, la estratificación visible es caótica, los rodados son de tamaño grava, aunque ocasionalmente llegan al metro de diámetro. La sedimentación es grano

decreciente, desde tamaño de bloques en la zona en contacto con la montaña, hasta arenas finas y limos en las zonas más distales.

En un perfil columnar se puede observar que la granulometría varía desde limos hasta bloques, mientras que un perfil transversal varía desde sedimentos finos en las zonas más alejadas al frente de montaña, donde predominan los limos hasta la fracción de tamaño grava, en las partes más cercanas al frente. La composición de la fracción gruesa corresponde a filitas, gneises, esquistos bandeados y rodados de migmatitas o migmatitas granitoideas.

Una de las características principales que la diferencian de los depósitos similares, del primer nivel y de los acarrees modernos, es la presencia de una pátina de carbonato de calcio en sus rodados, que no presenta alteración.

El perfil más representativo de esta unidad formacional en la zona de estudio se encuentra sobre la RP 25, en la localidad de Mutquín (Imagen 20).

- A) Conglomerado masivo - clasto portante, de coloración blanquecina, con matriz subordinada compuesta por arena gruesa a media y limos en menor proporción, los granos son subangulosos.

Los clastos son predominantemente graníticos, sub-redondeados a sub-prismáticos, el tamaño varía de 35 a 50 cm de largo y 20 a 30 cm de ancho.

Se observan, además, bloques de hasta 2 m de largo. La imbricación de los clastos es de 208°. Se encuentran muy pobremente seleccionados y cubiertos por una pátina de carbonatos, característico de esta unidad formacional.

- B) Conglomerado masivo - matriz portante, de coloración pardo, con matriz limo-arenosa.

Los clastos están compuestos por granitos, migmatitas y esquistos micáceos en menor proporción. Son sub-redondeados a sub-prismáticos, el tamaño varía de 8 a 15 cm de largo y 3 a 5 cm de ancho. Se encuentran moderadamente seleccionados y cubiertos por una pátina de carbonatos, pero en menor proporción que el nivel subyacente.

- C) Nivel edáfico, de coloración pardo oscuro, bien seleccionado, textura limo-arenosa, con clastos de gravas de 4 cm, compuesta de esquistos y granitos.

❖ *Relación de campo*

Los afloramientos de la Formación Pipanaco se encuentran más extendidos y a menor nivel topográfico que los afloramientos de la Formación Pomán. Estos depósitos se caracterizan por el predominio de fanglomerados en la parte media y apical de las geoformas, mientras que su parte distal corresponde a arenas finas limosas y limos arenosos. El diseño de los afloramientos es sub-triangular, con el frente aserrado y cortado por la erosión.

❖ *Edad*

Por su posición morfoestratigráfica la hacen correlacionable con la Formación Coneta en el valle central de Catamarca (Blasco, 1994), de manera que se le asigna una edad correspondiente al Holoceno.

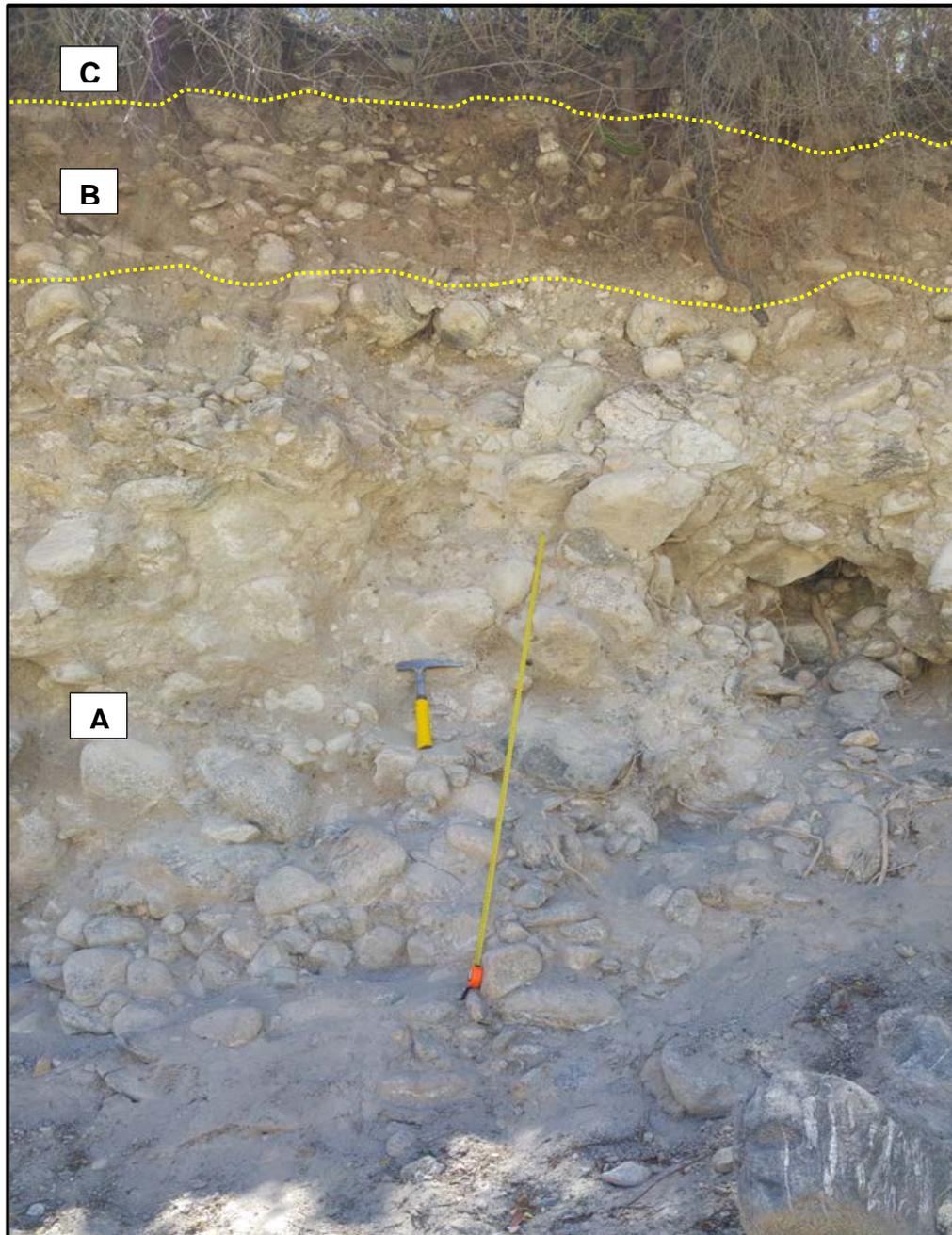


Imagen N° 20: Afloramientos de la Formación Pipanaco, sobre RP 25, en la localidad de Mutquín, a metros de Gruta San Roque (Coord. Geog. 28°19'31.7"S; 66° 8'14.6"O).

III.2.2.3- Formación Colpes (Lafleur, 1981)

Constituyen el relleno de los valles, conglomerados de piedemonte, conos de deyección y detritos de falda. Los límites entre los distintos tipos de depósitos no son precisos; en muchos casos es imposible distinguir entre sedimentos aluviales de valle, depósitos de piedemonte y sedimentos distales de conos de deyección.

El tipo de sedimento de valle que predomina varía entre gravas gruesas y bloques, con alternancia de grava, gravilla y arena, por un lado, y gravilla, arena y limo por el otro.

Los depósitos de piedemonte, de granulometría más gruesa que los anteriores, predominan sobre todo en el oeste al pie de la ladera occidental del cordón Ambato-Manchao. Allí están representados por gravas gruesas hasta bloques, alternando con gravilla y arena, poco seleccionadas y con estratificación irregular o moderadamente



regular. Los sedimentos aluviales se extienden con gran espesor hacia la depresión del Pipanaco.

Los depósitos eólicos, se acumulan en valles amplios en forma de lomadas suaves, generadas por la acumulación del polvo volado desde la planicie aluvial. Están constituidos por arenas finas a medianas, cuyos componentes minerales principales son cuarzo, mica y feldespato.

Sobre los depósitos más antiguos de los ríos se forma una cubierta delgada de grano fino (limo), sin estratificación. El espesor de esta cubierta eólica es generalmente de algunos decímetros, y constituye un buen sustrato para el cultivo.

Dentro de esta clasificación, también se incluyen los depósitos loessoides, los cuales se desarrollan en la parte cuspidal de la sierra, donde se hayan mejor preservados ya que se extienden de forma discontinua y son de escasa expresión areal.

CAPÍTULO IV GEOMORFOLOGÍA



Vista hacia el noroeste, localidad de Colana

IV.1– Geomorfología del área de estudio

De acuerdo a los procesos descritos por Viers, (1973) y Derruau, (1981), es posible determinar que en esta zona el modelado ha sido producto de una combinación de procesos endógenos y exógenos.

Los endógenos, generados por la tectónica regional, produjeron la elevación, fracturación y basculamiento del basamento cristalino, y determinaron el control estructural y la posición topográfica de los niveles montañosos. En los exógenos, el agente fluvial fue el más importante generador del modelado superficial, dando lugar a geoformas de acumulación y erosión.

En esta región semiárida las corrientes tienen una mayor efectividad erosiva, debido a la presencia de un sustrato desprovisto de cubierta vegetal, y por la mayor concentración de las lluvias en un periodo estival, imprimiendo sobre cada unidad geomórfica un patrón de drenaje particular. Las laderas disectadas por valles fluviales, determinan una línea de cumbre irregular.

Los torrentes fluviales al abandonar el sistema montano presentan una pendiente topográfica menor lo que genera la sedimentación y formación del sistema pedemontano donde se observan conos aluviales, remanentes erosivos de cono terrazas, cono-glacis y los cauces de los principales cursos fluviales.

En el presente trabajo se reconocieron las siguientes unidades geomorfológicas (ver Carta Geológica-Geomorfológica en el Anexo N°3).

IV.1.1- Área montana

Esta área está representada por la ladera occidental o “vertientes obsecuentes disecadas” de la Sierra de Ambato, constituidas por rocas metamórficas pertenecientes al basamento cristalino de la sierra.

Dichas vertientes corresponden a la escarpa de falla degradada, donde la erosión hídrica ha generado relieves accidentados y quebradas profundas con desarrollo de perfiles transversales en forma de “V” separadas entre sí por superficies inter-fluviales angostas (Fig. 26). En su mayoría estos valles han sido generados por cursos temporarios de carácter torrencial, cuya distribución en planta determina un patrón de drenaje con diseño de cursos sub-paralelos, influenciados por la pendiente y en parte por el control estructural del basamento.

El carácter cristalino de esta unidad geomorfológica y su grado de fracturación determinan un escurrimiento, predominantemente encauzado; la infiltración es baja de tipo secundaria, es decir aprovechando los planos de fracturación de la roca.

Altitudinalmente está limitado entre las curvas de nivel 4000 msnm y 1300 msnm. Las pendientes son muy fuertes y varían entre 15° y 55° aproximadamente.



Figura N° 26: Perfil del área montana de la zona de estudio. Quebradas profundas en forma de “V” sobre el área montana (Fuente: Google Earth).

IV.1.2- Área pedemontana

Aquí se engloban a las unidades geomorfológicas que se encuentran a partir del quiebre de pendiente (knick) del tronco montañoso hacia la zona pedemontana. Se originan por acumulaciones de materiales detríticos que transportan los torrentes provenientes del tronco montañoso, integrada por fanglomerados, conglomerados y depósitos de arenas y limos correspondientes a las Formaciones Pomán, Pipanaco y Colpes. Estas zonas de descarga y acumulación son debidas a la pérdida de pendiente por parte del terreno, lo que genera una disminución en la energía del agua e influye en su capacidad de transporte, provocando la sedimentación de sus materiales.

En el área de estudio, el piedemonte está directamente vinculado a las formaciones definidas por Lafleur (1981), las cuales corresponden a unidades morfoestratigráficas que yacen a diferentes niveles de altura del relieve pedemontano (Nieto et al. 2018).

IV.1.2.1- Paleoconos aluviales

Corresponde al Nivel Superior de piedemonte, adosados al tronco montañoso y desvinculado de la red de drenaje actual por la reactivación del fallamiento principal (Eremchuk, 1984). Esta unidad fue definida como Formación Pomán (Lafleur, 1981) y por su posición se la correlaciona con la Formación Concepción (Fidalgo, 1965), su litología se caracteriza por depósitos de material grueso de alta energía (clasto y matriz portante del tipo debris-flow), los clastos presentan alteración por termoclastia.

IV.1.2.2- Conos aluviales inactivos

Corresponde al Nivel Medio, generados por las cuencas torrenciales del Ambato, cuyo colector principal corta en todo su recorrido a la geoforma, desvinculándola del drenaje de la cuenca alta.

La litología responde a facies gravas gruesas con intercalaciones de arenosas, la presencia de bloques se restringe a la zona del ápice del cono. Se ha podido observar intercalaciones de bancos limosos mezclados con arenas muy finas, probablemente del retransporte del loess de alta montaña. Esta unidad también se encuentra afectada por la tectónica cuaternaria, con la presencia de escarpas de cono, taludes menores a los 3 m en los sectores medio y apical.

Estas geoformas fueron definidas como Formación Pipanaco Lafleur (1981) y por su posición morfoestratigráfica la hacen correlacionable con la Formación Coneta en el valle central de Catamarca (Blasco, 1994).

IV.1.2.3- Conos aluviales activos

Concierno al Nivel Inferior del piedemonte, reconocidos como Formación Colpes por Lafleur (1981), los mismos se encuentran vinculados con las cuencas altas, por medio de un colector principal que relaciona la unidad con el tronco montañoso, en las partes distales culminan en forma coalescentes, hasta limitar con el borde de las salinas.

Los depósitos corresponden a facies arenosas y gravas finas, con presencia de intercalaciones esporádicas de flujos torrenciales (debris flow) que suelen desbordar en las zonas apicales de las geoformas.

En las imágenes 21 y 22 se pueden apreciar algunas de las geoformas mencionadas en la zona de estudio.

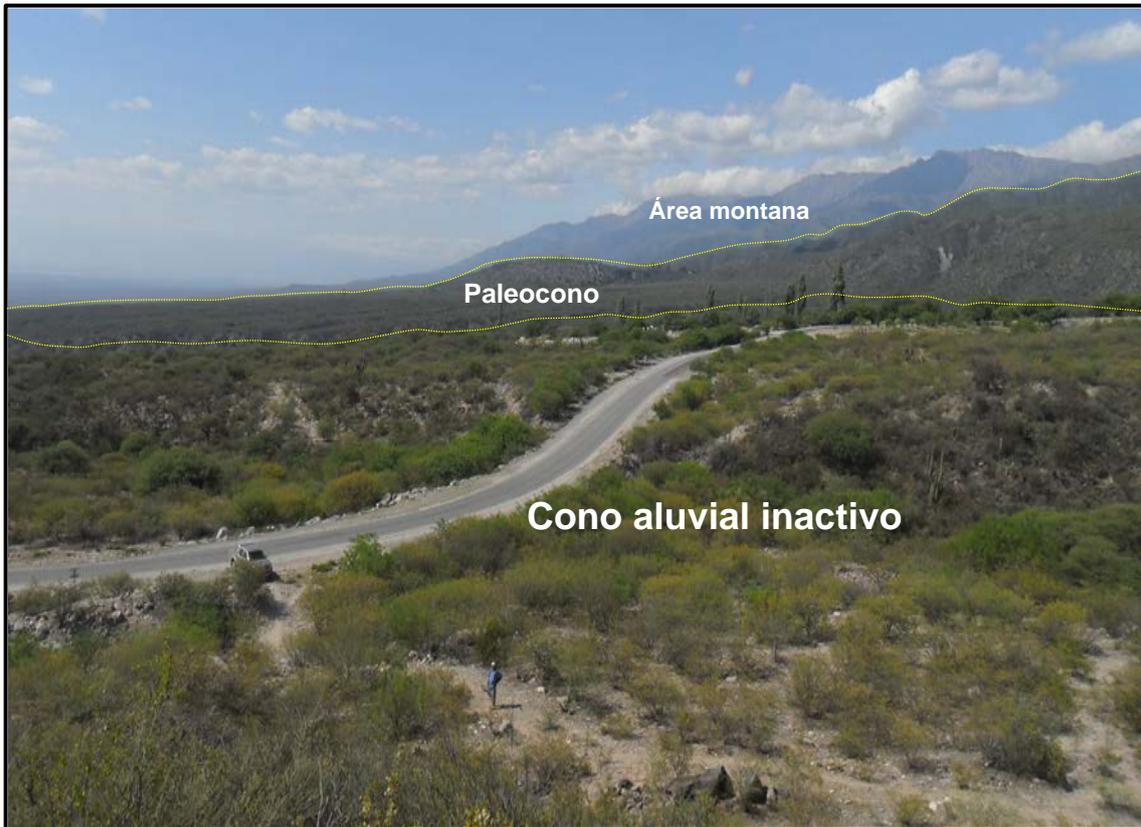


Imagen N° 21: Vista hacia el norte, ingreso a la localidad de Rincón, sobre RP 25.

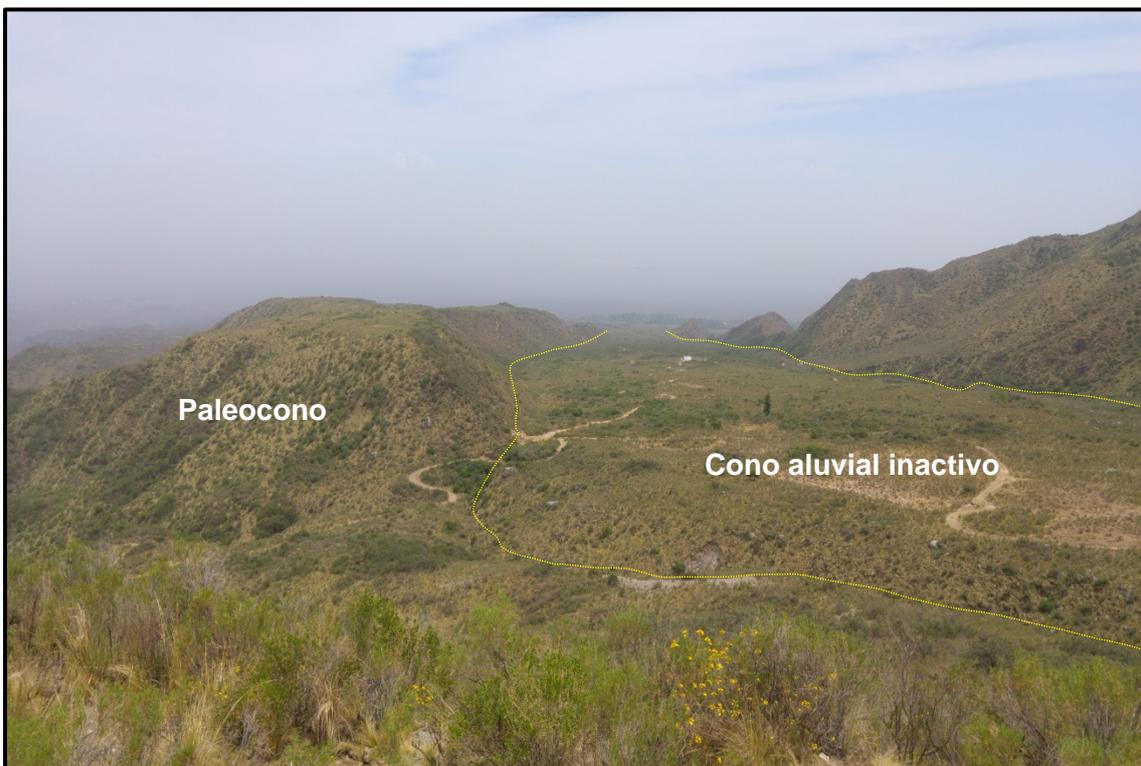


Imagen N° 22: Vista desde hacia el oeste, en cercanías a la localidad de Rosario de Colana.

Eremchuk (2018), esquematizó el modelo del pie de monte de la zona de estudio en la Figura 27, la misma muestra los tres niveles de unidades morfoestratigráficas.

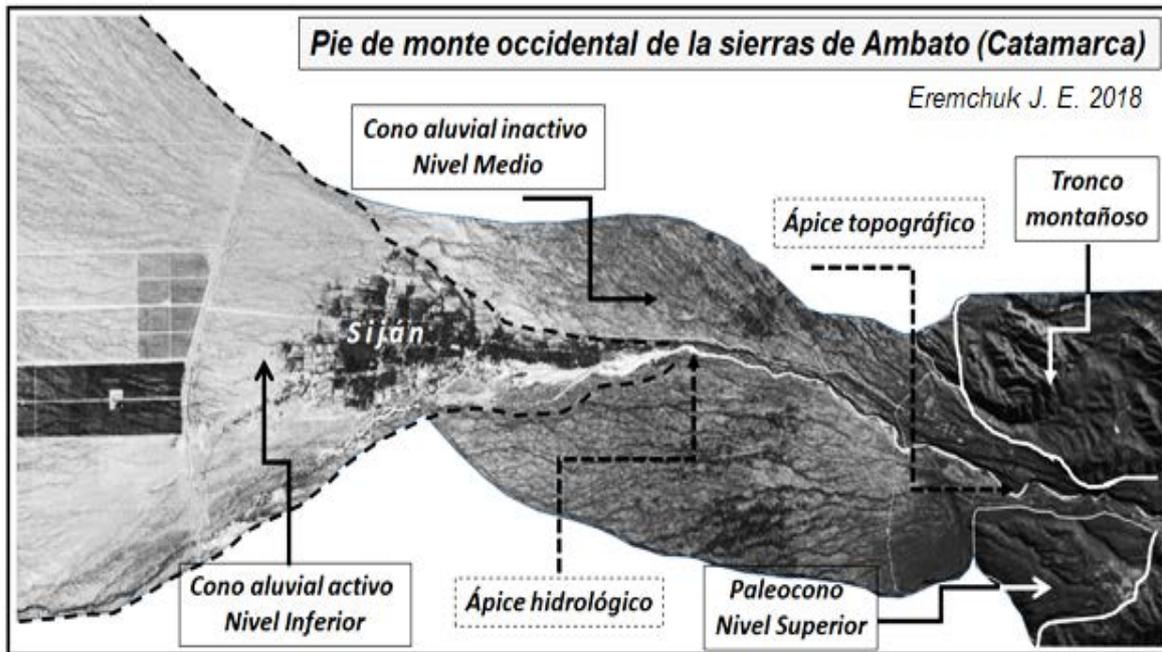


Figura N° 27: Modelo de desarrollo del pie de monte de la zona de estudio (Fuente: Eremchuk 2018).

Eremchuk (1984) indica que el nivel superior corresponde a relictos de “paleoconos”, sobre elevados por la reactivación del fallamiento principal del macizo de Ambato.

Por otro lado, expresa que el nivel medio corresponde a “conos aluviales inactivos”, cuyo ápice se introduce en el sistema serrano (terrenos que denominamos, cono-terracea), estas formas se asemejan a “conos aluviales telescópicos” y el nivel inferior, formado por “conos aluviales activos” que yace en forma “imbricada” con el nivel anterior.

IV.1.3- Cauces fluviales y formas asociadas

Los cauces fluviales son producto de la erosión hídrica, generada por los flujos de agua que bajan de las altas cumbres y de las escorrentías que se concentran por los sectores de menor pendiente.

En este apartado se describen las características de los principales cursos fluviales presentes en la zona de estudio. Analizando el área, de sur a norte, se encuentran:

a) Río Pomán.

Dentro del tronco montañoso su cauce generalmente es sinuoso, y a la salida de este, es en parte sinuoso y en parte entrelazado debido a los desbordes de crecidas que suele experimentar su curso, sistema agradacional típico de torrente de cono aluvial. En los sectores distales las bajas pendientes y las acumulaciones de sedimentos le imprimen un carácter tipo meandroso – entrelazado.

b) Río Colana.

En el primer tramo de este río, las pendientes son abruptas y predomina la erosión vertical. En los tramos siguientes, el curso es más profundo y encajonado, donde se observan tres niveles de terrazas en ambos márgenes (Coord. Geog. 28°21'55.18"S; 66° 6'41.28"O), las cuales ponen en manifiesto los diferentes episodios que sucedieron con respecto a la actividad del río, primero la capacidad de acumulación superó a la erosión, por lo que se produjo la deposición de materiales de acarreo; posteriormente, el río aumentó su capacidad erosiva, y se encajó en sus propios sedimentos, transformándolos por disección en terrazas. En el tramo final, el curso se hace más sinuoso y menos profundo, lo cual está relacionado con la paulatina disminución de la pendiente a medida que se aleja de la zona de montaña.

c) Río Mutquín.

En el primer tramo del río Mutquín, al atravesar el basamento cristalino, este adquiere una pendiente abrupta y la erosión es intensa.

Luego el río adopta un rumbo aproximado este - oeste, a los 28°20' S - 66°5' O, donde se produce el primer cambio de pendiente, por lo que la erosión disminuye y la acumulación aumenta, lo cual se evidencia por un cauce más ancho y una importante acumulación de material sobre el cauce y en sus márgenes. En este tramo se pueden apreciar varios niveles de terrazas en la margen derecha del río. Posteriormente a los 1750 msnm el agua fluye en sentido noreste - suroeste a través del piedemonte, donde luego se une con el río Colana.

d) Río Siján.

En el nacimiento del río Siján, el tramo el curso es recto con numerosos quiebres y cambios de dirección asociados a la fracturación del basamento metamórfico. Luego a los 2090 msnm, el curso cambia en dirección este - oeste, produciéndose un cambio importante de pendiente, generándose varios niveles de terrazas en una margen del río, al atravesar un valle de montaña encajonado, a lo largo de 5,4 km (Imagen 23).

Finalmente, el río abandona por completo el ambiente de montaña, circula por el piedemonte en dirección noreste - suroeste, atravesando geoformas típicas. En el último tramo el río se vuelve meandriforme y discurre sobre los sedimentos que conforman el último nivel de piedemonte.

e) Río Rincón.

En el primer tramo del río Rincón su curso predominantemente recto (influenciado por la inclinación de la ladera escarpada) y posee un valle en forma de V. En la parte media, abarca 3,8 km, con una dirección sureste - noroeste, y luego el flujo varía bruscamente en sentido noreste - suroeste. Al alcanzar el área pedemontana, debido al cambio de pendiente, el cauce se vuelve más sinuoso y anastomosado, generándose varios niveles de terrazas en una margen del río, al atravesar un valle de montaña encajonado.

Su caudal es permanente hasta la localidad de nombre homónimo, desde aquí se transforma en temporario, para entrar luego a el área del salar de Pipanaco.



Imagen N° 23: Niveles de terraza sobre la margen derecha, aguas arriba del río Siján.

CAPITULO V GEOAMENAZAS HÍDRICAS



Crecida del río Colana - año 2008

V.1- Identificación de geoamenazas hídricas

La geoamenaza hídrica corresponde a procesos o fenómenos naturales que pueden causar pérdidas de vida o daños materiales (EIRD-2011). También puede explicarse en términos de “amenaza o peligrosidad” y definirse como la probabilidad de ocurrencia de un evento hídrico susceptible de generar daños civiles o humanos, dentro de un periodo dado y sobre una determinada área, donde la magnitud de los daños depende la intensidad del fenómeno y esta se relaciona con la “extensión, profundidad del agua, velocidad y duración” del evento.

La falta de datos de precipitaciones y aforos (válidos y confiables) de las cuencas, obligó a la aplicación de procedimientos metodológicos cuali-cuantitativos, basados en la movilidad fluvial espacio - temporal y el análisis de indicadores geomorfológicos (Ollero et al. 2011 y Ollero 2014) o solamente del análisis geomorfológico (García et al. 2011)

Uno de los procedimientos factibles a aplicar es el estudio fotogeológico de los sistemas de teledetección (fotos aéreas antiguas e imágenes satelitales temporales) que permite evaluar el comportamiento de la dinámica fluvial y la movilidad del cauce de los ríos, lecho de inundación y terrenos ribereños de la trama urbana y rurales susceptibles de inundación.

Esta metodología si bien no aporta datos de caudal, ofrece un rango de confianza y validez que posibilita aplicar el principio precautorio (Ley General de Ambiente) para la planificación o llevar seguridad a la población ante las crecidas repentinas de los ríos de la provincia (Eremchuk, 2018).

El análisis fotogeológico ayuda a evaluar las “geoamenazas por inundación” en función de la “extensión de los flujos de agua” sobre los terrenos adyacentes a los cauces de los ríos por la “probabilidad de ocurrencia” de las crecientes relevantes del curso de agua.

Para el cálculo de la probabilidad de las recurrencias de las inundaciones, es imprescindible considerar registros históricos, influencia de cambios artificiales y otros datos de la cuenca hidrológica determinando intervalos de confianza y aplicando algunas de las metodologías conocidas referente al tema.

En el área de estudio se realizaron cuatro trabajos sobre la inundación que afectó a la localidad de Siján: SEGEMAR (2014), Colegio de Geólogos de Catamarca (2014), Barbeito et al. (2016) y Cisternas et al. (2017). Dichos estudios se realizaron a raíz de los acontecimientos acaecidos en la localidad de Siján y el Rodeo en el año 2014, en donde se produjo un trágico aluvión que le costó la vida a varias personas, además de cuantiosos daños materiales.

El Instituto de Geología y Recursos Minerales del Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR), con sede en Buenos Aires y delegación Catamarca, elaboró un informe preliminar sobre los aluviones ocurridos el 23 de enero 2014 en las poblaciones de El Rodeo y Siján. Se exponen los resultados de la evaluación de los eventos ocurridos y se mencionan algunas recomendaciones a llevar a cabo en el corto y mediano plazo para dichas localidades.

El Colegio de Geólogos de Catamarca realizó un estudio de carácter diagnóstico para evaluar las posibles causas que desencadenaron el desborde del río Siján. En su informe presenta como conclusiones que el terreno donde se ubica la población de Siján es un área de riesgo natural o geológico, que corresponde al sector activo del cono aluvial.

En dicho estudio indican, que si bien el aluvionamiento es uno de los procesos naturales de formación del cono, el evento ocurrido el 23/01/2014, fue desencadenado por una precipitación intensa (extraordinaria), precedida por un periodo húmedo que saturó progresivamente el subálveo de la cuenca alta del torrente, favorecido por las fuertes pendientes del terreno y la disponibilidad de material suelto, susceptible de ser transportado, a medida que circula hacia las zonas bajas. Concluye además que las bermas de material acopiado del cauce fluvial, construidas para proteger a la población de estos procesos naturales, no han resistido el aluvionamiento, debido a que no estaban

preparadas para la magnitud del evento. Estas defensas, sin limpieza de cauce, sin sistema de contención de sólidos en el tramo medio de la cuenca, no cumplieron la función de desviar y proteger.

La superficie estimada de afectación del aluvión, calculada a partir del relevamiento expeditivo y de la imagen satelital del website *Google Earth*, es de 90 Ha, lo cual representa un 24% de la superficie actual del pueblo (Fig. 28).

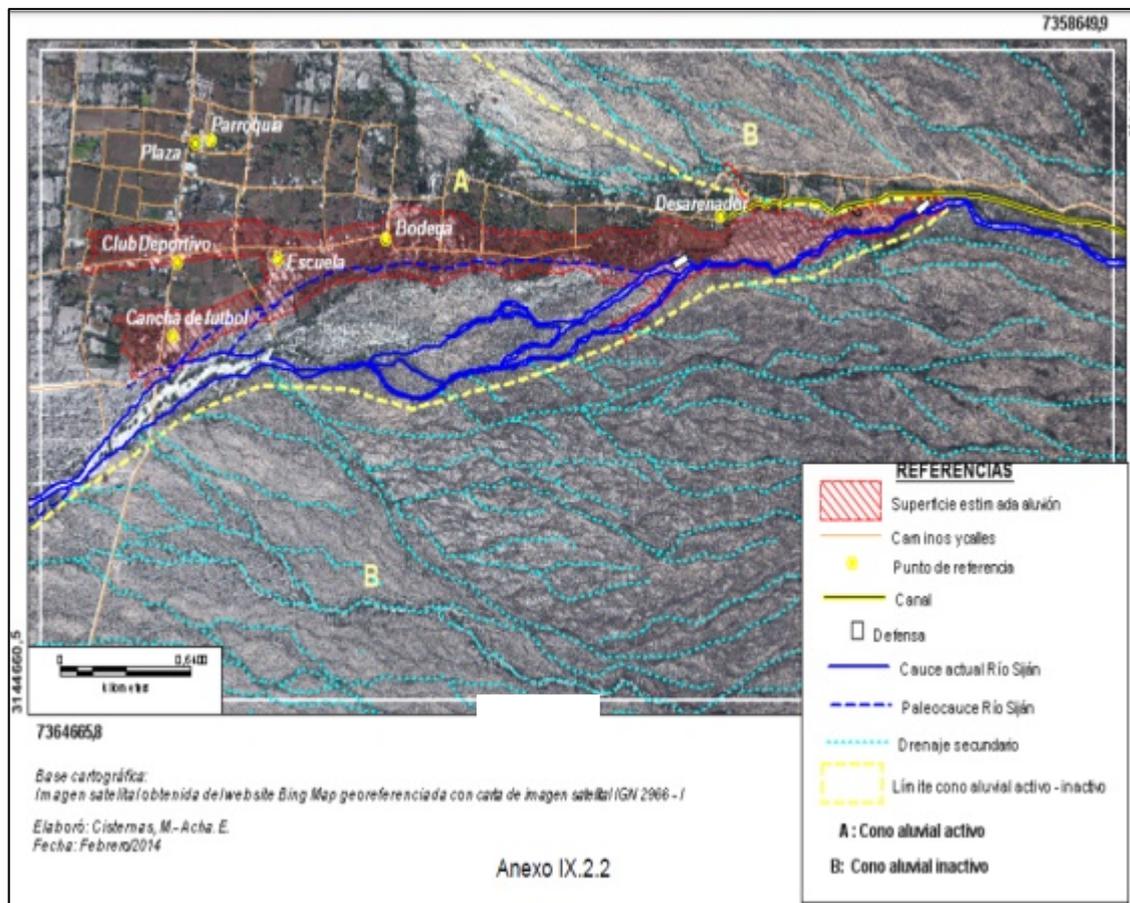


Figura N° 28: Superficie estimada del aluvión de 90 Ha – Siján (Dpto. Pomán – Prov. de Catamarca).
Fuente: Cisternas et al. 2017

V.2- Zonas susceptibles de inundación.

Para la identificación de los sitios susceptibles a geoamenazas hídricas en el área de trabajo, se realizó un análisis multitemporal, donde se compararon fotografías áreas antiguas e imágenes satelitales actuales. Se emplearon fotografías áreas con escala 1:50.000 (Plan Cordillera Norte, año 1968), concedidas por la Dirección Provincial de Catastro, e imágenes satelitales provistas por el servidor *Google Earth*.

Mediante el análisis multitemporal, se determinaron tres sectores susceptibles a inundaciones en las localidades de Colana, Pomán y Rincón, ya que se observa que los ríos que atraviesan estos poblados están muy próximos a las áreas urbanas y de cultivos (Fig. 29). Además, se pudo determinar que, en el transcurso de los últimos 50 años, los ríos Colana, Pomán y Rincón, han sufrido importantes cambios en su dinámica, destacándose la presencia de cauces abandonados, sectores sometidos a erosión, socavación lateral del cauce, variaciones en el rumbo de los cursos y pérdidas de energía por cambios de altura o pendiente.

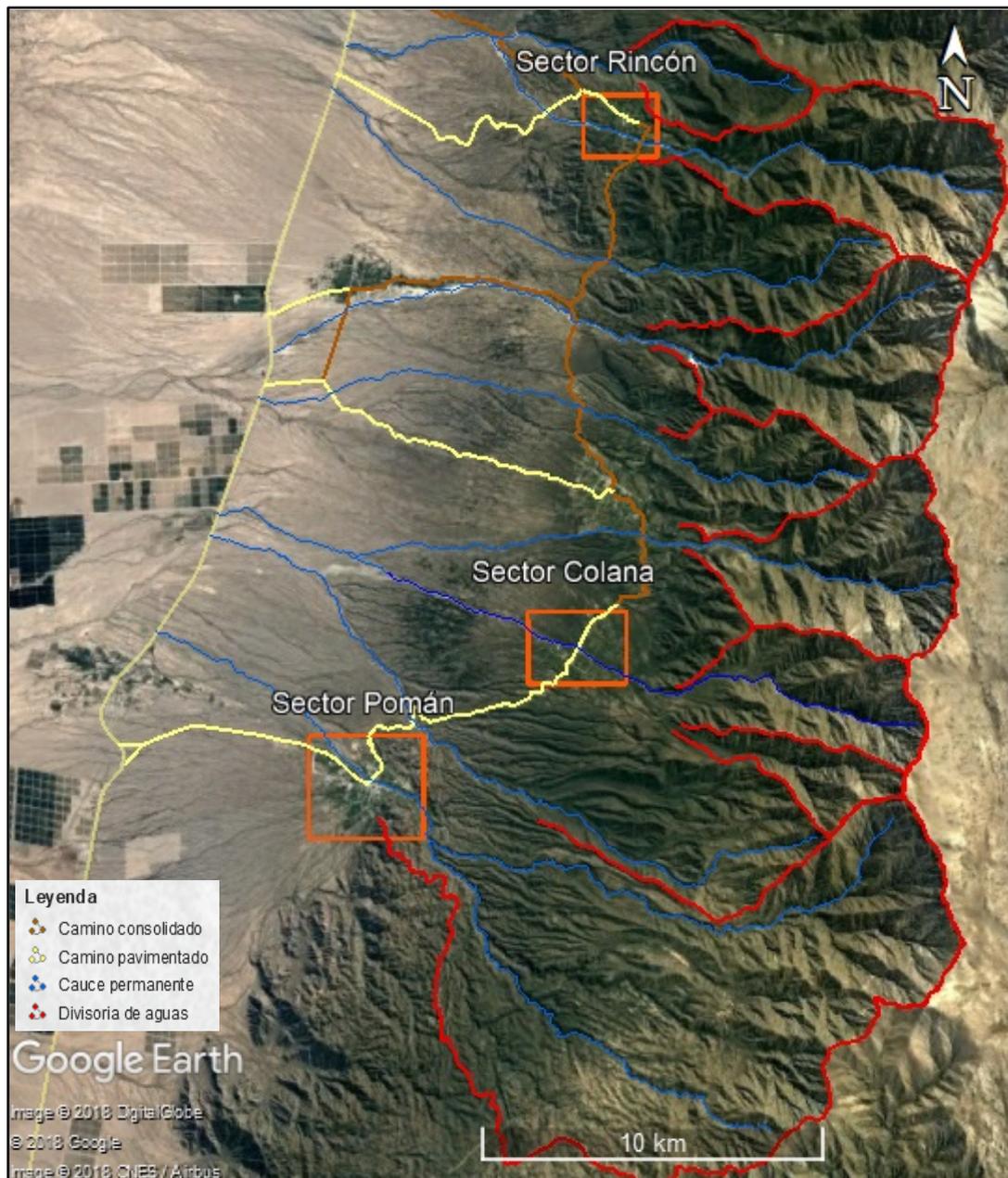


Figura N° 29: Determinación de tres sectores con evidencias de geoamenazas hídricas, graficados sobre captura de imagen satelital de Google Earth. Cuadro naranja: sectores seleccionados.

V.2.1- Sector Colana

El río Rosario o Colana nace de una vertiente de la Sierra Ambato-Manchao, recibe el aporte del río El Sauco, de caudal permanente. Este río, de cauce temporario, desciende en dirección este-oeste, atravesando las localidades de Retiro de Colana y Rosario de Colana, marcando el límite jurisdiccional entre ambos poblados (Fig. 30).

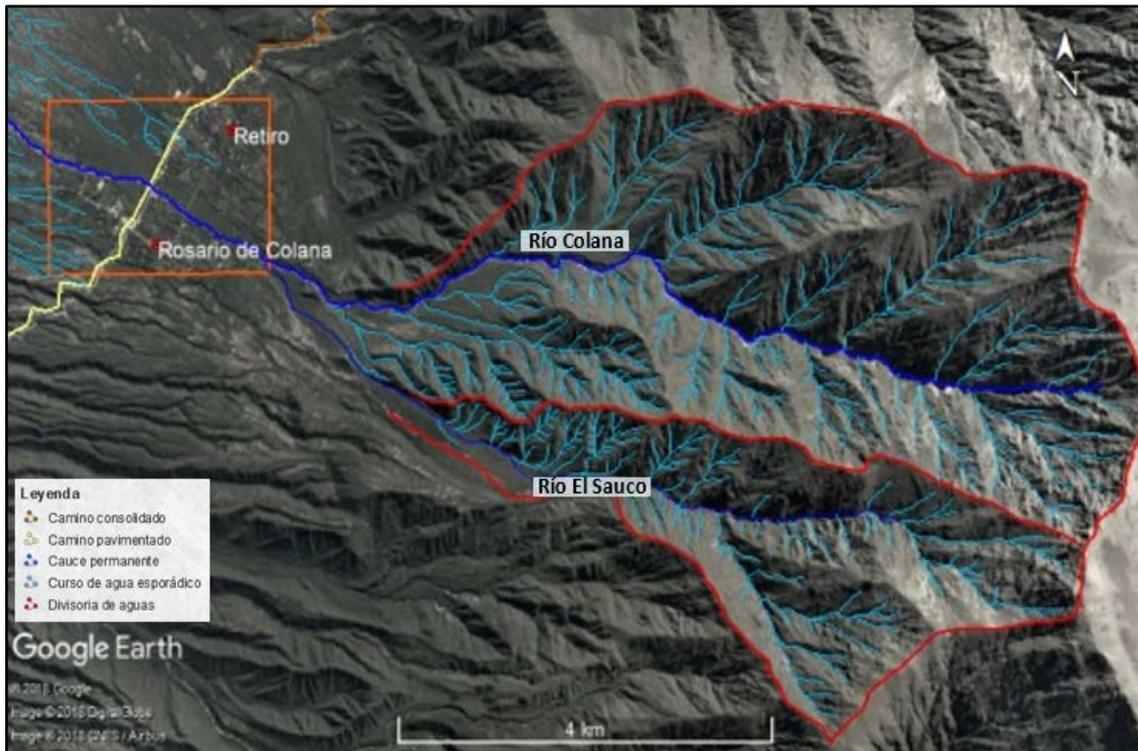


Figura N° 30: Cuenca del río Colana. Cuadro naranja: delimitación de zonas con evidencias de geoamenazas hídricas.

Al analizar el río Colana, se detectaron dos tramos a los que se denominó “Ex matadero municipal” y “Badén sobre RP 25” (Fig. 31).



Figura N° 31: Sector de Colana. Tramos 1 y 2 de las zonas con evidencias de geoamenazas hídricas sobre el río Colana. Fuente: Google Earth.

V.2.1.1- Tramo N°1: Ex matadero municipal.

El tramo N°1 fue definido en el río Colana, dicho tramo se encuentra al suroeste del área de estudio, en la transición de la fase media a distal de este río, donde presenta una notable pérdida de pendiente debido a que se aleja del tronco montañoso y de los sectores más empinados del terreno, por lo que el diseño de su cauce adquiere un carácter entrelazado a dicotómico, es decir generando cauces secundarios divergentes sobre ambas márgenes del lecho principal, dejando islas intercaladas a modo de trenzas.

En el Anexo N° 4 se encuentra la cartografía correspondiente al primer tramo del Sector Colana.

En la fotografía aérea del año 1968 (escala 1:25.000) se puede apreciar un diseño del cauce que varía de rectilíneo a levemente sinuoso y ancho, en donde la capacidad de transporte del río prevalece sobre la erosión del mismo (Fig. 32).



Figura N° 32: Tramo N°1 del río Colana – segmento de fotografía aérea del 1968.
Círculo rojo: Ex Matadero Municipal. Fuente: Dirección de Provincial de Catastro.

En la imagen del 2004, se puede apreciar el estado de la dinámica del río Colana (cauce y lecho de inundación) en la margen izquierda del sector cercano al Ex Matadero Municipal. Para un mejor análisis se han identificado sobre la margen izquierda tres zonas denominadas a, b y c. La zona “a” muestra inestabilidad por socavación lateral, evidenciada por cobertura vegetal discontinua. En tanto las zonas b y c, ocupadas por parcelas de cultivos, se mantienen estables (Fig. 33).

El cauce del río es angosto y sinuoso, ya que la vegetación ha ocupado gran parte del mismo, generando islas y barras laterales adyacentes a las zonas demarcadas, en contraposición al año 1968, que muestra un cauce ancho con escasa vegetación.

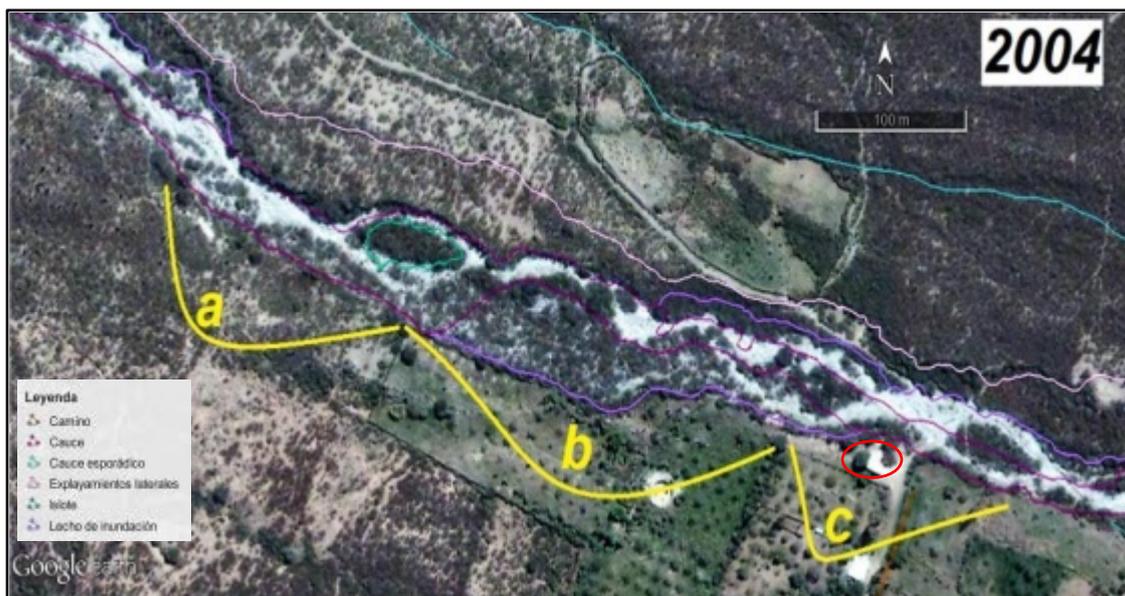


Figura N° 33: Dinámica del río correspondiente al año 2004. Círculo rojo: Ex Matadero Municipal. a: corresponde a zonas inestables. b y c: zonas estables.

La imagen con fecha de 2011, evidencia que gran parte de la cubierta vegetativa de las barras del lecho mayor del río han desaparecido, tornándose más ancho a consecuencia de las crecientes que lo han ocupado. En la zona “a” han sido socavados lateralmente los terrenos ribereños, mostrando un margen cóncavo hacia el cauce producto del desprendimiento del talud, mientras que en las zonas b y c no se encuentran indicadores de socavación lateral, pero se puede observar la ausencia de la vegetación dentro del lecho del río (Fig. 34).

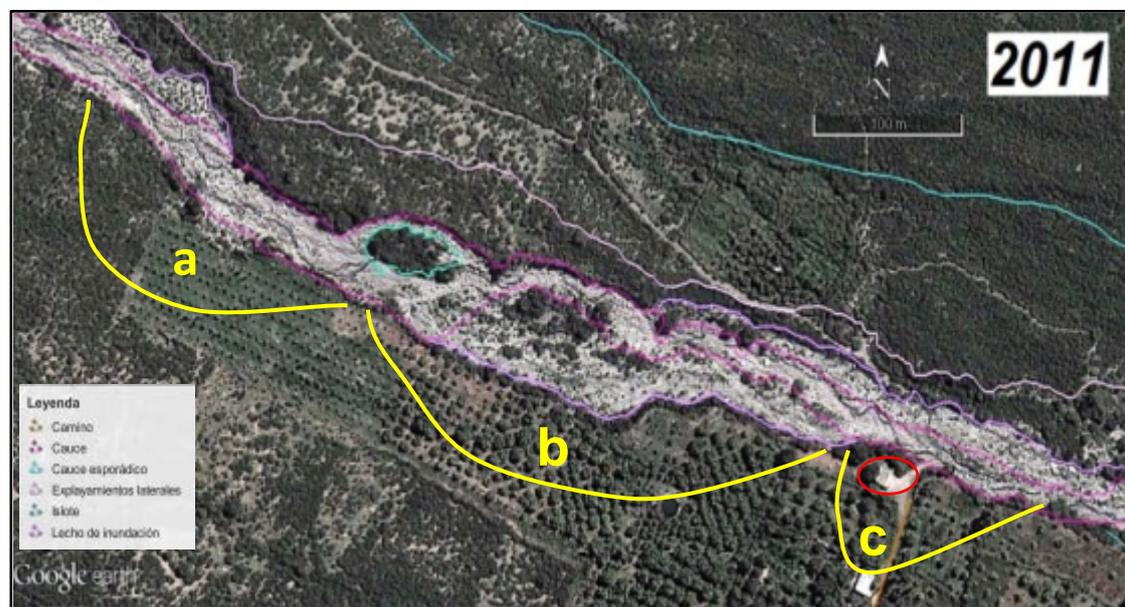


Figura N° 34: Dinámica del río correspondiente al año 2011. Círculo rojo: Ex Matadero Municipal.

En la siguiente Figura 35, con fecha 2016, última imagen disponible en el Google Earth, se observa que la zona (a) se mantiene inestable, por ser susceptible de socavación lateral. La zona (b) se ha recuperado notablemente y la zona (c), lugar donde se encuentra la construcción, continúa la socavación lateral sobre la margen izquierda, pero sin presentar cambios significativos.

Todos los sectores adyacentes a las zonas a, b y c se han recuperado, evidenciándose en la cobertura vegetal que presenta. Tendiendo a adaptar la configuración del año 2004.

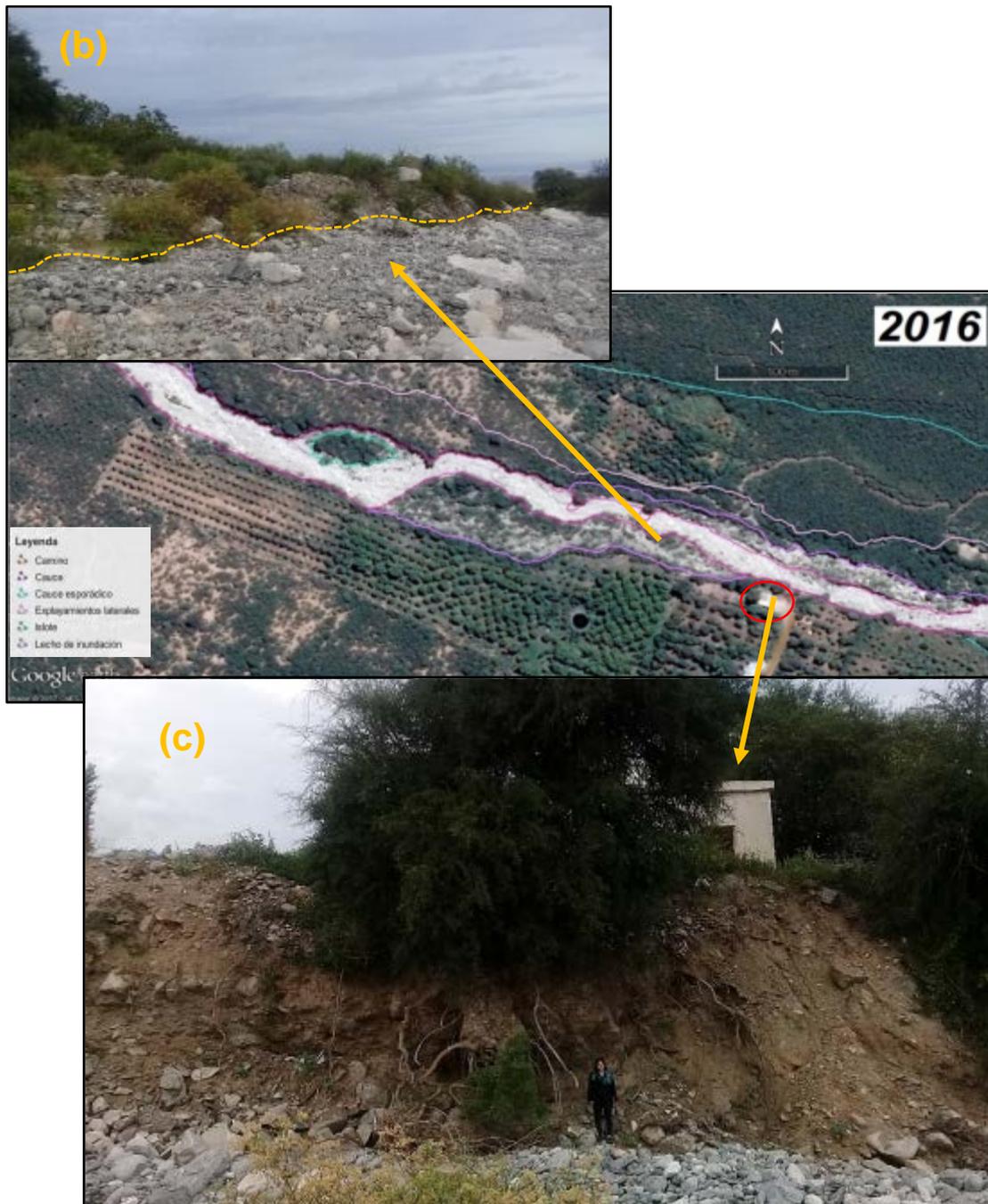


Figura N° 35: Dinámica del río correspondiente al año 2016. Círculo rojo: Ex Matadero Municipal. En (c) se puede apreciar el estado actual de la margen izquierda del cauce, evidenciando la erosión lateral.

El análisis de las fotografías aéreas del año 1968 y de imágenes satelitales desde el 2004 hasta la actualidad, muestran la dinámica del río, con episodios de socavación y depositaciones periódicas. El Ex Matadero Municipal y los sectores fruto hortícola, yacen sobre el límite del talud del lecho de inundación de la margen izquierda del río, sector susceptible de socavación lateral por crecientes importantes del mismo.

V.2.1.2- Tramo N°2: Badén sobre RP 25

El Tramo N°2, definido en el río Colana, se encuentra al suroeste del área de estudio. Ubicado sobre ruta provincial N°25, en el límite entre las localidades de Retiro y Rosario de Colana. En esta zona, el río presenta una notable pérdida de pendiente debido a que se aleja del tronco montañoso, de manera que su cauce dibuja una traza levemente sinuosa a entrelazada generando islas.

En el Anexo N° 5 se encuentra la cartografía correspondiente al segundo tramo del Sector Colana.

En la fotografía aérea del año 1968 (escala 1:25.000) se puede apreciar la parcela donde actualmente se encuentra el barrio Virgen del Valle, ubicado sobre el margen izquierdo del cauce, correspondiente a la localidad de Rosario de Colana y hacia el lado de la localidad de Retiro se observa muy poca urbanización sobre el eje de la ruta que atraviesa el río en sentido norte-sur (Fig. 36).

Con respecto al diseño del cauce se observa que su traza varía de rectilínea a levemente sinuosa, donde la socavación lateral prevalece sobre la margen izquierda.



Figura N° 36: Dinámica del río Colana correspondiente al año 1968.
Con rojo se demarcan las parcelas donde se ubicarían las viviendas.

En la imagen satelital del año 2004, primera imagen disponible en el Google Earth, se puede observar que el cauce del río Colana es muy estrecho y entrelazado, generando diversos islotes a lo largo del mismo. Lo cual se condice con las escasas precipitaciones registradas en ese año, que no superaron los 150 mm según la estación pluviométrica de Mutquín, la estación más cercana a la zona en cuestión.

El talud del actual barrio Virgen Valle, sobre la margen izquierda del río Colana, se ha recuperado con respecto a la fotografía aérea de 1968 (Fig.37).

En octubre del 2004, se llevó a cabo el asfaltado de la ruta provincial N°25, tramo Rosario de Colana - Retiro. Asimismo, se construyó un badén macizo sobre el cauce del río Colana, con el objeto de facilitar el cruce vehicular, ya que ante una mínima crecida del río, dicho cruce se encontraba imposibilitado.



Figura N° 37: Dinámica del río Colana del año 2004. Se demarcan con rojo las viviendas ubicadas sobre el eje de la ruta y el barrio Virgen del Valle. Punto amarillo: ubicación del cartel de ingreso al pueblo.

Con base en registros fotográficos del periodo estival correspondiente al año 2008, se pudo apreciar una importante crecida del río, que afectó fincas y ganado bovino, ubicadas en la cuenca alta del río Colana. En dicho episodio, se activó la margen derecha del río, avanzando sobre el límite de la localidad de Retiro, llevando a su paso el cartel de ingreso al pueblo (Imagen 24).

Es importante destacar que semanas previas al evento, se produjo un incendio de gran magnitud en la cuenca alta del río Colana, dañando considerablemente la flora y fauna del lugar, y la pérdida de decenas de hectáreas cultivadas.



Imagen N° 24: Registro fotográfico del evento acaecido en enero del 2008.

La imagen de 2012, disponible en el Google Earth, evidencia una creciente que ocupa todo el lecho de inundación, donde el margen derecho e izquierdo del río se vieron fuertemente afectados por socavación lateral (Fig. 38).

En cuanto a la traza del cauce, se puede apreciar un ensanchamiento importante del río, adquiriendo un diseño rectilíneo a levemente sinuoso.

En este evento, se produjeron severos daños en fincas de nogales, ubicadas en la cuenca alta, en los márgenes del río y el arrastre de animales bovinos. Además, se vio afectado el cartel de ingreso al pueblo de Retiro, el cual había sido desplazado unos tres metros hacia dentro, debido a la creciente del 2008 (Imagen 25).



Figura N° 38: Dinámica del río Colana correspondiente al año 2012. Se demarcan con rojo las viviendas ubicadas sobre el eje de la ruta y el barrio Virgen del Valle. Punto amarillo: ubicación del cartel.



Imagen N° 25: Registro fotográfico del evento acaecido en el periodo estival del año 2012. a) nueva ubicación del cartel de ingreso, luego de la creciente del 2008. b) máquinas trabajando para restablecer el cruce. c) vista desde la localidad de Retiro hacia el barrio, donde se aprecia el estado del badén.

Con respecto a la imagen del 2016, última imagen disponible en el Google Earth, se aprecia un cauce rectilíneo a levemente sinuoso, donde el socavado lateral es mínimo, restableciéndose los taludes de ambas márgenes del río (Fig. 39).

Hacia el noroeste de la imagen, se observa como el río retoma su curso sobre el margen derecho, dejando inactivo el margen izquierdo, el cual se va cubriendo progresivamente por vegetación.



Figura N° 39: Dinámica del río Colana correspondiente al año 2016. Se demarcan con rojo las viviendas ubicadas sobre el eje de la ruta y el barrio Virgen del Valle. Punto amarillo: ubicación del cartel.

Se expone a continuación un registro fotográfico en donde se evidencia el estado del río Colana correspondiente al año 2018 (Imágenes 26 y 27).



Imagen N° 26: Registro fotográfico evidenciando los límites del evento acaecido en 2012. a) límite norte (línea de puntos amarilla), se aprecia el nuevo cartel de ingreso al pueblo, desplazado unos 3 m de la anterior ubicación (círculo rojo). b) límite sur (línea de puntos amarilla), dispuesto a menos de 1 m del ingreso al barrio Virgen del Valle.



Imagen N° 27: a) vista aguas arriba del río Colana, se puede apreciar un incremento en el nivel de base, debido a un escaso mantenimiento del cauce. b) vista aguas abajo del río, en donde se profundiza la caída del río tras su paso por el badén. En las imágenes c) y d) se aprecia el estado del talud sobre el cual se emplaza el barrio, afectado por socavación lateral.

Con base en el análisis de las fotografías aéreas del año 1968 y de imágenes satelitales desde el 2004 hasta la actualidad, muestran que el barrio Virgen del Valle y las viviendas de la localidad de Retiro, yacen sobre el límite del talud del lecho de inundación de la margen izquierda y derecha del río respectivamente, sectores susceptibles de socavación lateral por crecientes importantes del mismo.

V.2.2- Sector Pomán

El río Pomán nace de la unión de los ríos El Durazno o Estancia Vieja y el río El Simbolar o Los Pozos, a 300 m aguas arriba al sur del Balneario Municipal del pueblo homónimo.

El río Los Corrales, producto de la confluencia de los arroyos Duraznillo y Tala Marcado, constituye un afluente permanente del río Simbolar.

El río Pomán atraviesa la localidad mencionada con dirección sureste-noroeste, para luego girar al final del pueblo con rumbo este-oeste, cruza la localidad del El Pajonal y circula hacia el borde oriental del Salar de Pipanaco, que representa su nivel de base (Fig. 40).

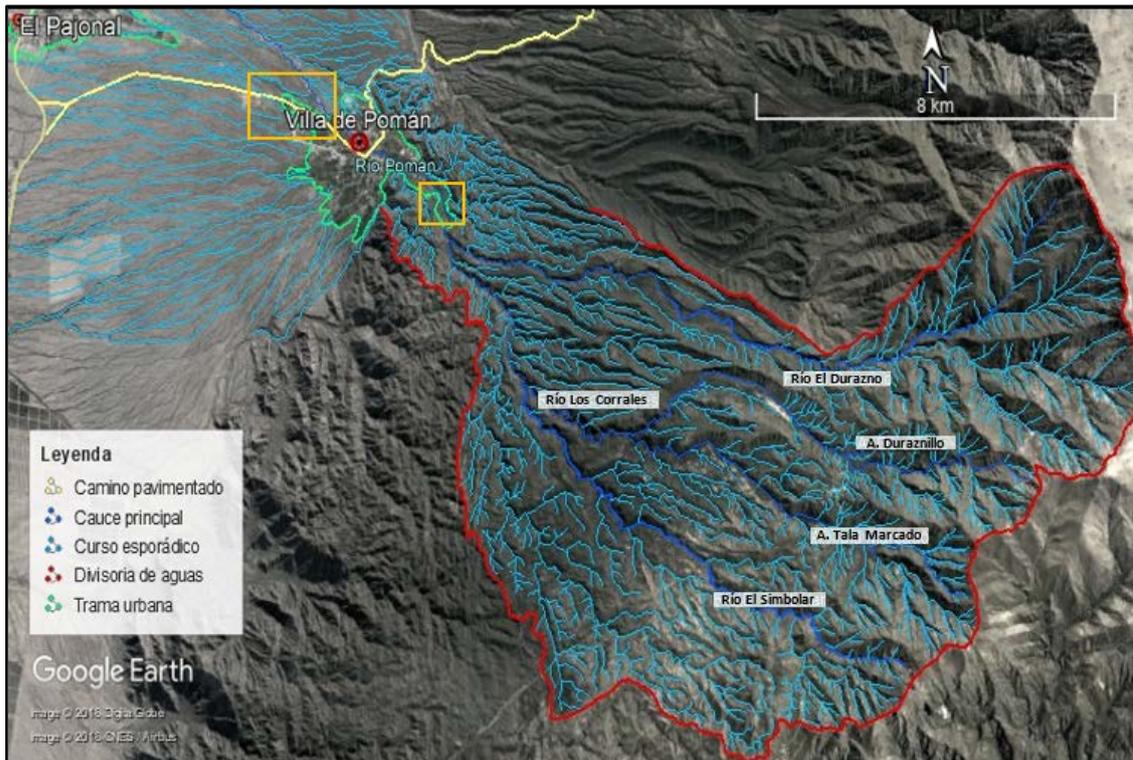


Figura N° 40: Cuenca del río Pomán. Cuadro naranja: delimitación de zonas con evidencias de geoamenazas hídricas.

Al analizar el río Pomán, se detectaron dos tramos, el primero ubicado en cercanías al “Parque Los Leones”, en el ingreso a la Villa de Pomán y, el segundo tramo ubicado aguas abajo del “Balneario Municipal” (Fig. 41).

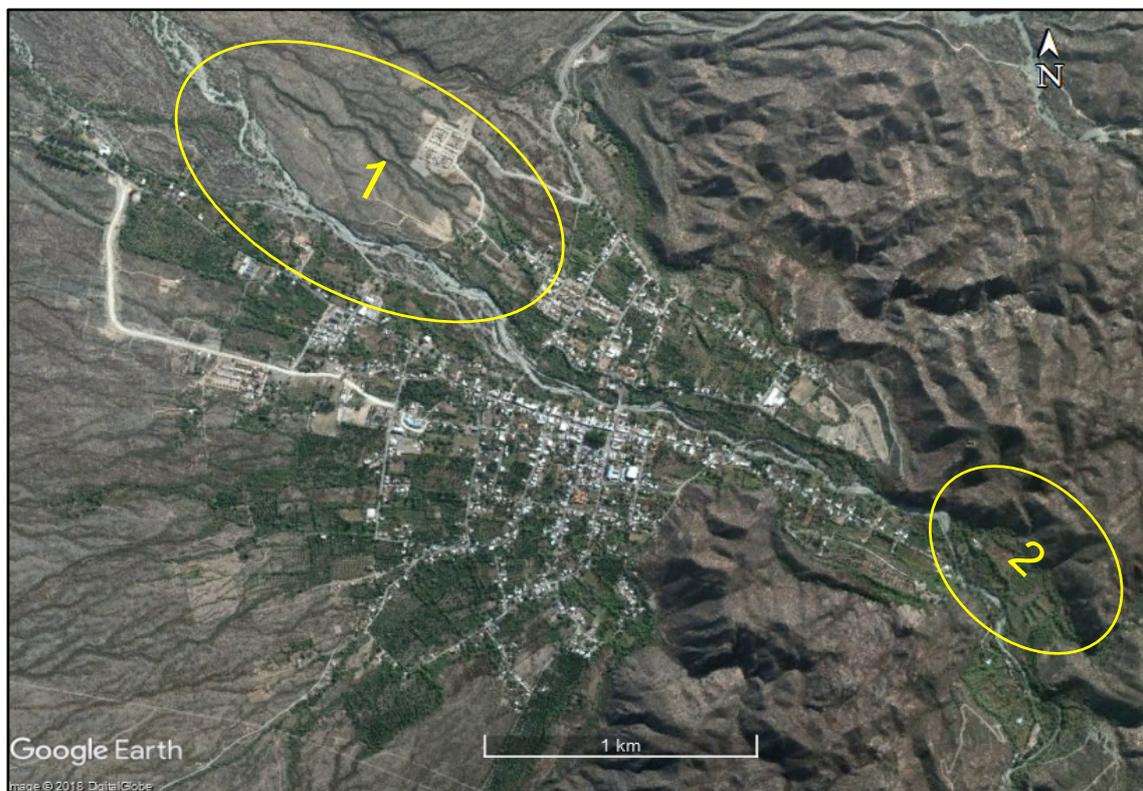


Figura N° 41: Sector de Pomán. Tramo 1 y 2 de las zonas con evidencias de geoamenazas hídricas sobre el río Pomán.

V.2.2.1- Tramo N°1: Parque Los Leones

El primer tramo fue definido en el río Pomán, en la transición de la zona media a distal de este río, donde presenta una notable pérdida de pendiente debido a que se aleja del tronco montañoso y de los sectores más empinados del terreno.

En la fotografía aérea del año 1968 de la zona de trabajo, disponible a escala 1:25.000, se observa que el cauce del río Pomán adquiere un carácter entrelazado a dicotómico, es decir generando cauces secundarios divergentes sobre ambos márgenes del lecho principal (Fig. 42). Es posible distinguir claramente dos brazos principales: uno de mayor envergadura denominado “A”, que se dirige hacia el noroeste, manteniendo la dirección que traía el curso principal y otro denominado “B” que se encauza hacia el oeste, luego de recorrer unos 250 m, vuelve a adquirir la dirección noroeste.

Existen líneas de drenaje secundarias que generan un diseño entrelazado, tendiendo a confluir con los brazos principales.

El área construida se ubica sobre el eje de la RP 25. En la margen izquierda del río se observan parcelas de cultivos, que se ubican en una estrecha franja elongada entre el cauce y la ruta mencionada.

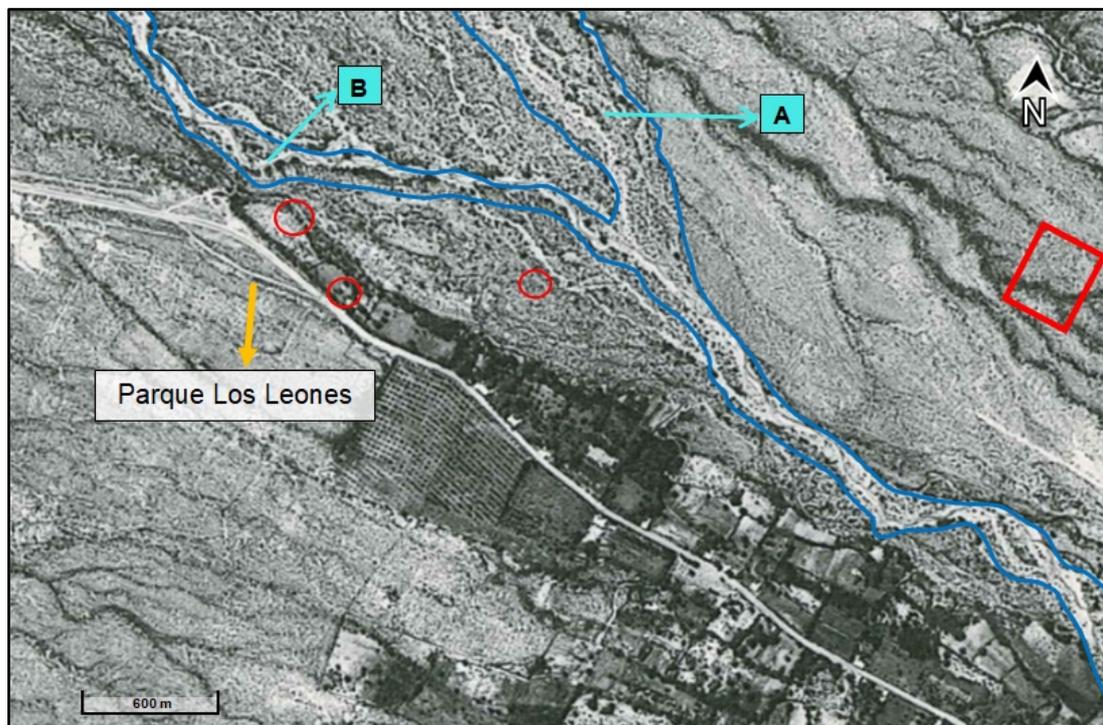


Figura N° 42: Fragmento de fotografía aérea del año 1968, se aprecia la dinámica del río Pomán. Con rojo se demarcan las parcelas donde se ubicarían las construcciones susceptibles a geoamenazas hídricas.

La primera imagen satelital de la zona de trabajo, disponible en el Google Earth, corresponde al año 2004. En dicha imagen se puede apreciar que la traza del río Pomán es muy estrecha y entrelazada, generando islotes a lo largo del cauce.

El curso del río se concentra en el brazo “A”, dejando inactivo el brazo “B”, el cual se ha desdibujado en la imagen producto de la presencia de vegetación sobre el lecho.

En la zona de confluencia de los brazos A y B, el río describe una curva, generando un islote hacia el borde este.

Al sur del brazo B se observa la presencia de una parcela deforestada y una vivienda, limitada hacia el sur por una línea de drenaje inactiva, denominada “C”, tapizada por vegetación (Fig. 43).

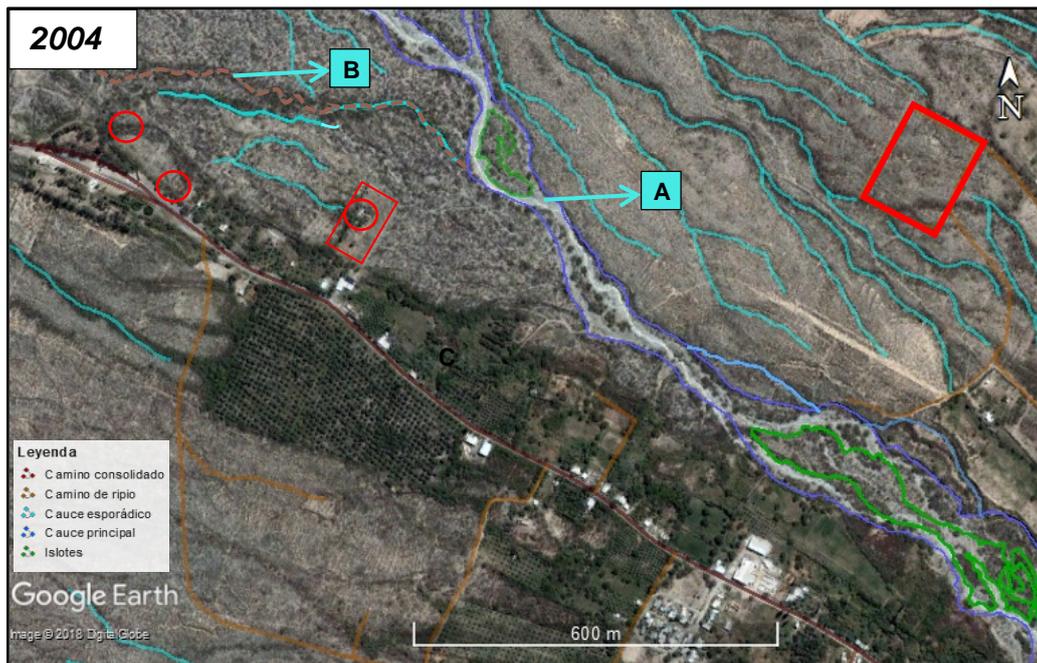


Figura N° 43: Dinámica del río Pomán en el 2004. Línea de trazos naranja: brazos “B” activo en 1968. Se delimitan con rojo las parcelas donde se ubicarían las construcciones susceptibles a geoamenazas hídricas.

En la imagen satelital con fecha 2013 se aprecia que la traza del río Pomán mantiene un carácter entrelazado a dicotómico, ya que del mismo divergen y convergen cauces secundarios generando islas.

Por otro lado, se produce la reactivación del brazo “C” del río, la cubierta vegetativa ha sido removida en gran parte, especialmente en el sector del nacimiento del mismo. Esta modificación del cauce conlleva a que quede aislada la parcela y vivienda, indicada en la figura con color amarillo, como así también otras construcciones ubicadas hacia el oeste delimitadas con color rojo en la figura 44.

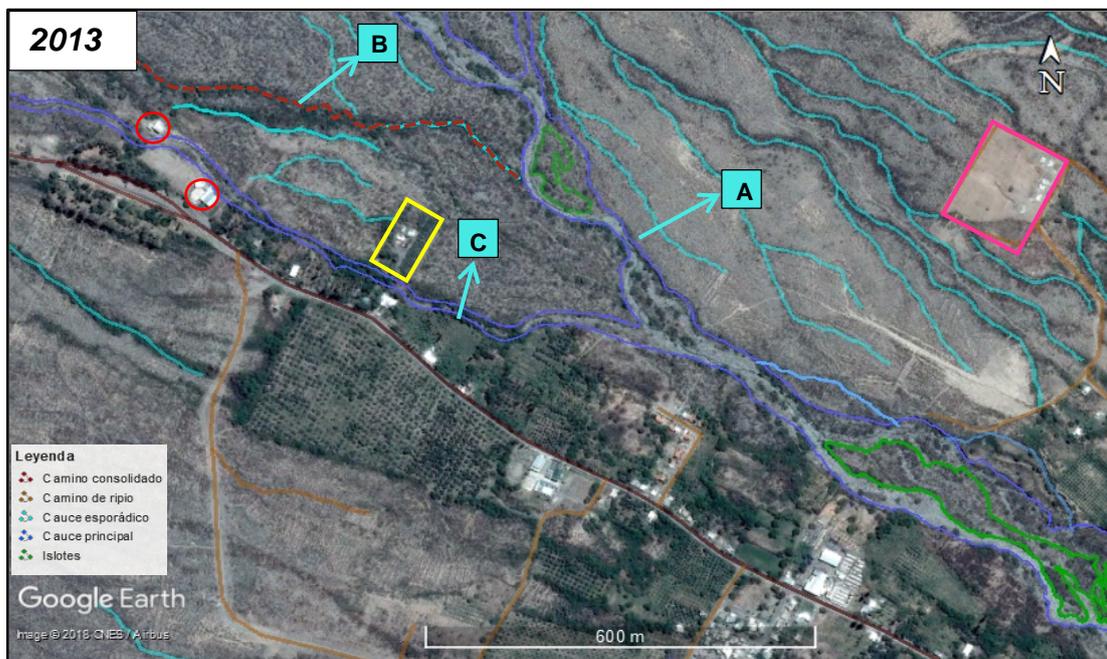


Figura N° 44: Dinámica del río Pomán en el año 2013. Línea de trazos naranja: brazo “B” activo en 1968. Se delimita con un recuadro fucsia la parcela en donde se inició la construcción del “Barrio 50 Viviendas”.

Con respecto a la imagen del 2016, se aprecia la reactivación del brazo “B” (activo en 1968), el cual modifica su punto de nacimiento 200 m aguas arriba del presentado en la imagen anterior, reactivando una línea de drenaje secundaria. Asimismo, se produce el ensanchamiento del brazo “C”, dejando en condiciones de vulnerabilidad y posible aislamiento las construcciones (vivienda y local bailable), ubicadas en el sector oeste de la imagen, delimitadas con rojo en la figura 45. Ambos brazos confluyen a 150 m al noroeste de la mencionada vivienda.

A su vez, la construcción demarcada con color amarillo queda rodeada por los brazos reactivados del río “B” y “C”.

Con un rectángulo fucsia se delimita la construcción del “Barrio 50 Viviendas” sobre arroyos de profundidad considerable, lo cual se desarrollará más adelante.

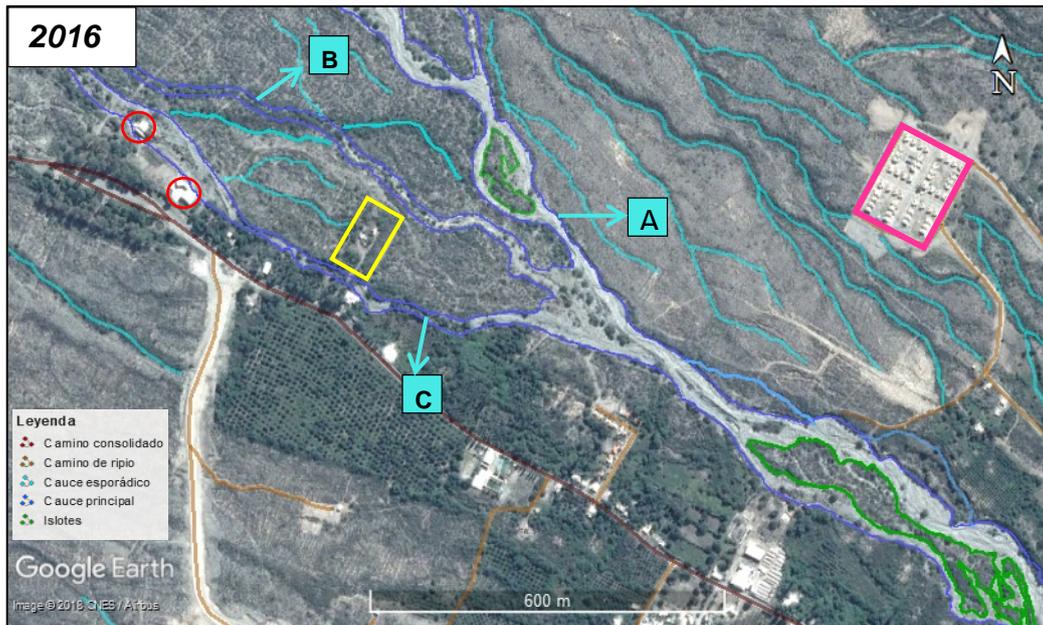


Figura N° 45: Dinámica del río Pomán en el año 2016, en donde se evidencia la reactivación del brazo “B” y “C” del río.

Las imágenes 28 y 29 se combinan fotografías obtenidas en campo con imágenes detalladas del Google Earth 2016 de la vivienda indicada con color amarillo y de la línea de drenaje “C” que la rodean.

En la imagen 28 se observa lo siguiente:

I) Vista hacia el noroeste de la construcción: muestra el cauce de la línea de drenaje “C”, con un ancho aproximado de 3 m y 1 m de profundidad, constituido por material de granulometría predominantemente gruesa y en cuyo fondo se aprecia el canal de estiaje.

II) Fragmento de imagen satelital del Google Earth 2016, donde se distinguen los límites del brazo “C” del río, en inmediaciones al Parque Los Leones.

III) Vista hacia el suroeste de la construcción: se aprecia el límite del brazo “C” (línea de puntos amarilla), reactivado en 2013.

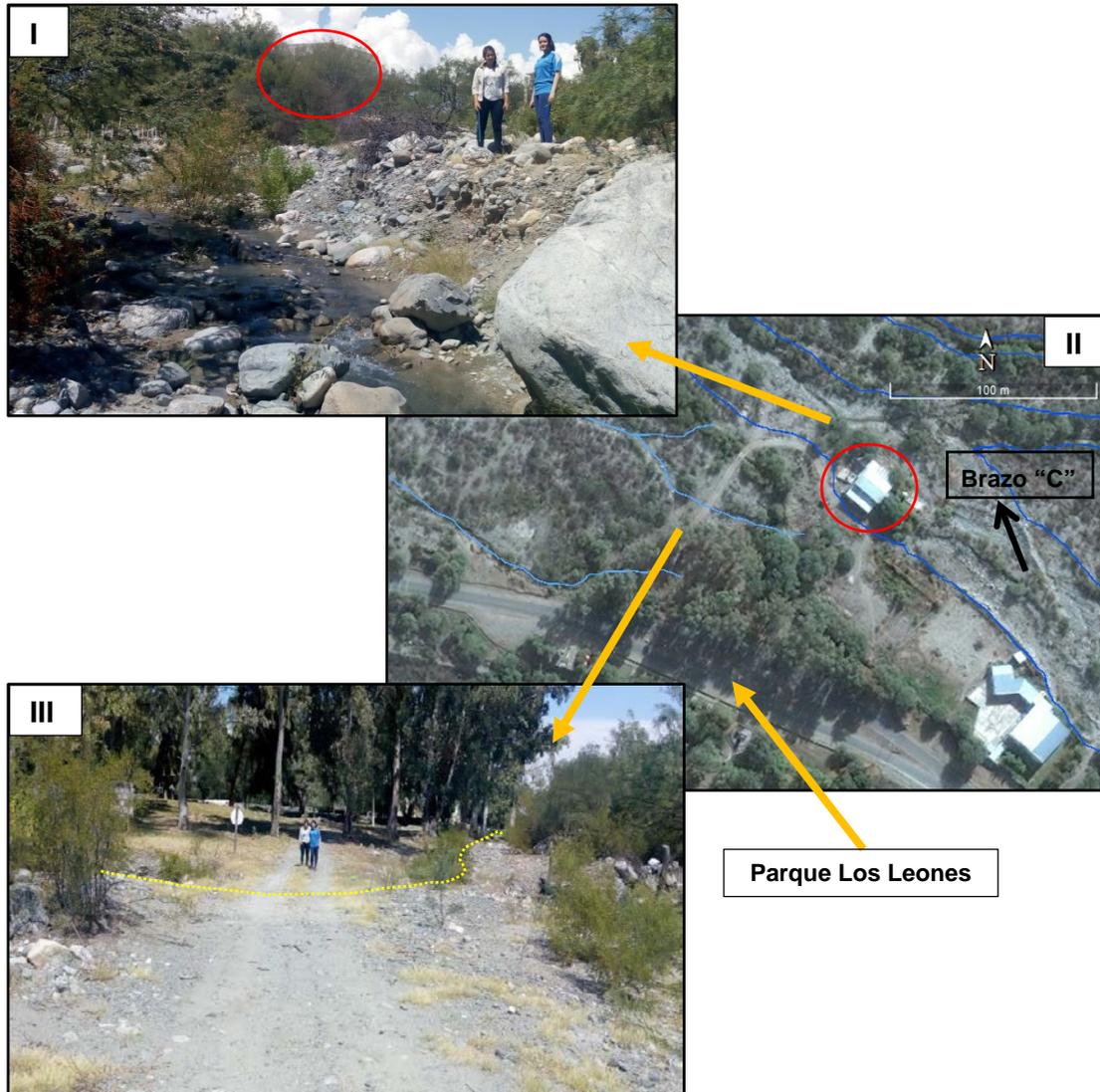


Imagen N° 28: Se observa el estado actual del brazo “C” del río Pomán, en inmediaciones al Parque Los Leones, en el ingreso a la localidad de la Villa de Pomán. Círculo rojo: vivienda.

Con respecto a la imagen 29 se puede apreciar lo siguiente:

- I) Imagen satelital 2016: brazo “C” del río, donde se aprecia la presencia de la vivienda dentro del cauce.
- II) Vista hacia el sureste: ingreso a la vivienda, a metro del canal de estiaje del brazo “C” del río Pomán.
- III) Vista hacia el sureste, desde el lado derecho de la construcción. Se observa el arroyo que rodea la vivienda, a metros del Parque Los Leones.
- IV) Vista hacia el sureste, desde el lado izquierdo de la construcción. Se aprecia el cercado que limita la casa.



Imagen N° 29: Estado actual de la vivienda ubicada en el interior del brazo “C” del río Pomán, delimitada con un círculo rojo.

En el Anexo N° 6 se encuentra la cartografía correspondiente al primer tramo del Sector Pomán.

V.2.2.2- Tramo N°2: Camino al Balneario Municipal

El tramo N°2 fue definido a 300 m aguas abajo de la unión de los ríos El Durazno y El Simbolar, a partir de los cuales nace el río Pomán. Dicha zona se encuentra al sur del área de trabajo, en inmediaciones al “Balneario Municipal”, en la parte baja del tronco montañoso, antes del inicio del piedemonte.

En el Anexo N° 7 se encuentra la cartografía correspondiente al segundo tramo del Sector Pomán.

En la fotografía aérea del año 1968 (escala 1:25.000) se aprecia que el cauce del río Pomán es amplio y adquiere un carácter sinuoso a meandroso, generando depositaciones sobre ambas márgenes del río (Fig. 46). Es posible distinguir que en un trayecto del río, delimitado con círculo rojo, la traza del cauce adquiere una curvatura hacia el oeste la cual es muy pronunciada y cuyo límite es el tronco montañoso. Mientras que el trayecto delimitado con círculo amarillo, la curvatura es menos acentuada e inclina hacia el suroeste. Ambos tramos depositan material sobre la margen derecha del cauce en forma de islas que son demarcadas con color verde.

En cuanto a la zona señalada con color naranja, la curvatura se produce hacia el noreste, generando sedimentación sobre la margen izquierda.

Por otro lado, se puede distinguir en la figura 46 la presencia de parcelas de cultivos en ambas márgenes del río.



Figura N° 46: Fragmento de fotografía aérea del año 1968 donde se aprecia la dinámica del río Pomán.

En la imagen del 2004, primera imagen satelital disponible en el Google Earth, se puede apreciar que la traza del río se ha modificado notoriamente. Pudiéndose destacar que en el trayecto delimitado con color rojo, la curvatura del cauce es menos acentuada, en comparación con la fotografía aérea de 1968, estrechándose sobre la margen este y generando un paleocauce sobre la margen oeste. Dicho paleocauce actualmente se encuentra ocupado por un camino consolidado, denominado “Jerónimo Luis de Cabrera”, el cual es muy transitado ya que por medio de él se ingresa al Camping y Balneario Municipal.

En el trayecto señalado con color amarillo, la comba del río se acentúa y concentra su curso sobre la margen izquierda, generándose un paleocauce hacia el lado derecho, el cual es cubierto por abundante vegetación.

La zona delimitada con color naranja, muestra que si bien el cauce conserva su traza, se produce un estrechamiento del mismo, formándose una barra lateral estable sobre la margen izquierda.

Por último, se destaca que el cauce del río es angosto y sinuoso, ya que la vegetación ha ocupado gran parte del mismo, generando islas y barras laterales a lo largo del lecho, en contraposición al año 1968 que muestra un cauce ancho con escasa vegetación. Además, se aprecia la presencia de una construcción en inmediaciones al paleocauce generado en el trayecto señalado con rojo (Fig. 47).

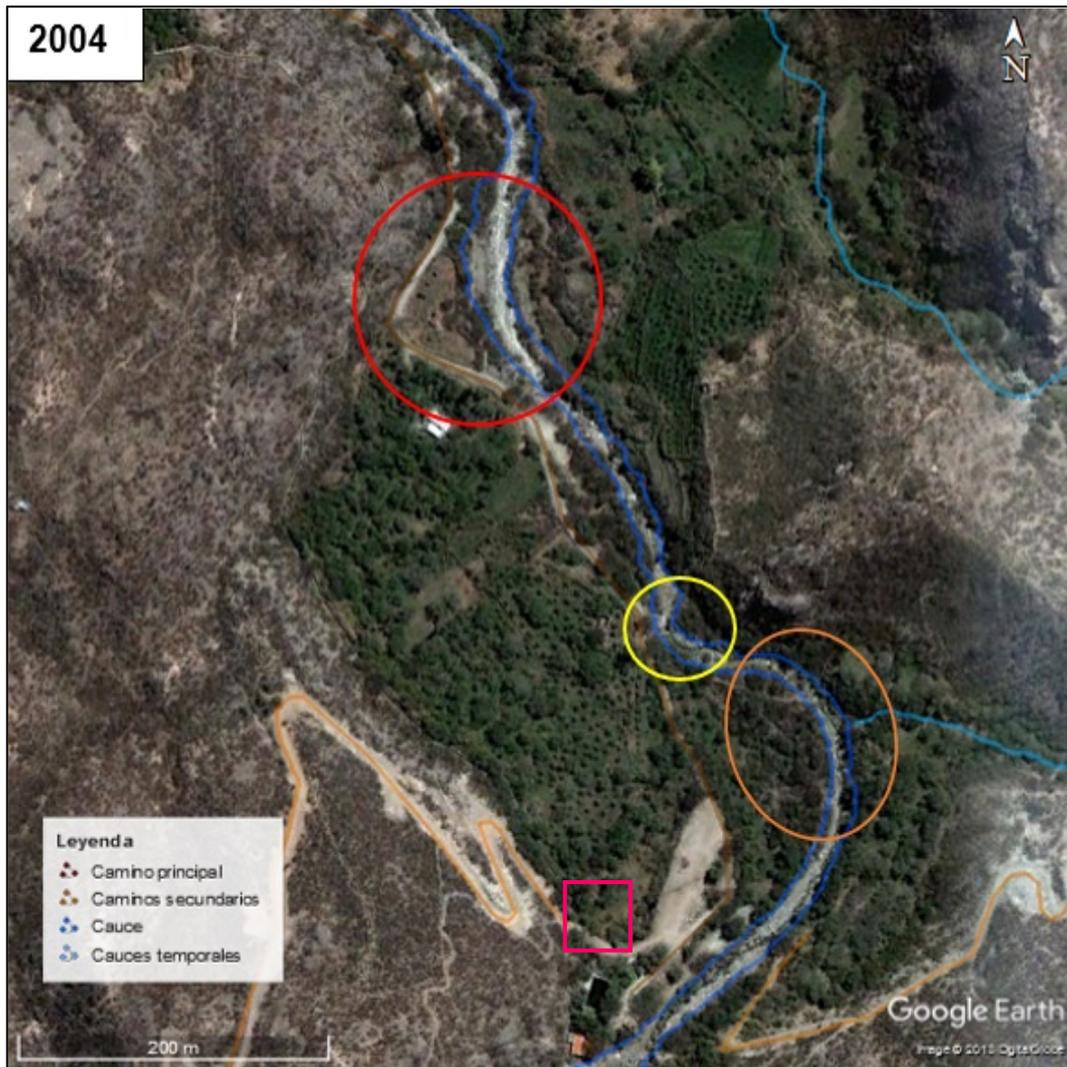


Figura N° 47: Dinámica del río Pomán correspondiente al año 2004. Se demarca con un cuadrado de color fucsia la ubicación del Balneario y Camping Municipal.

Con respecto a la imagen del 2017, última imagen satelital del área de trabajo disponible en el Google Earth, se observa que si bien los tres trayectos antes mencionados conservan el mismo diseño de su traza, presentan eventos de socavación lateral sobre la margen izquierda del cauce, como es el caso del primer y segundo trayecto, delimitados con rojo y amarillo respectivamente. Mientras que el tercer trayecto, limitado con color naranja, se mantiene estable evidenciado por la potente cubierta vegetal que lo rodea (Fig.48).

En la siguiente figura se diferencian tres sitios en los que se observa socavación lateral; dos de ellos identificados en el primer trayecto, señalado con color rojo, denominados “A” y “B”. En tanto que en el segundo trayecto, demarcado con amarillo, se localiza un sólo sitio denominado “C”.

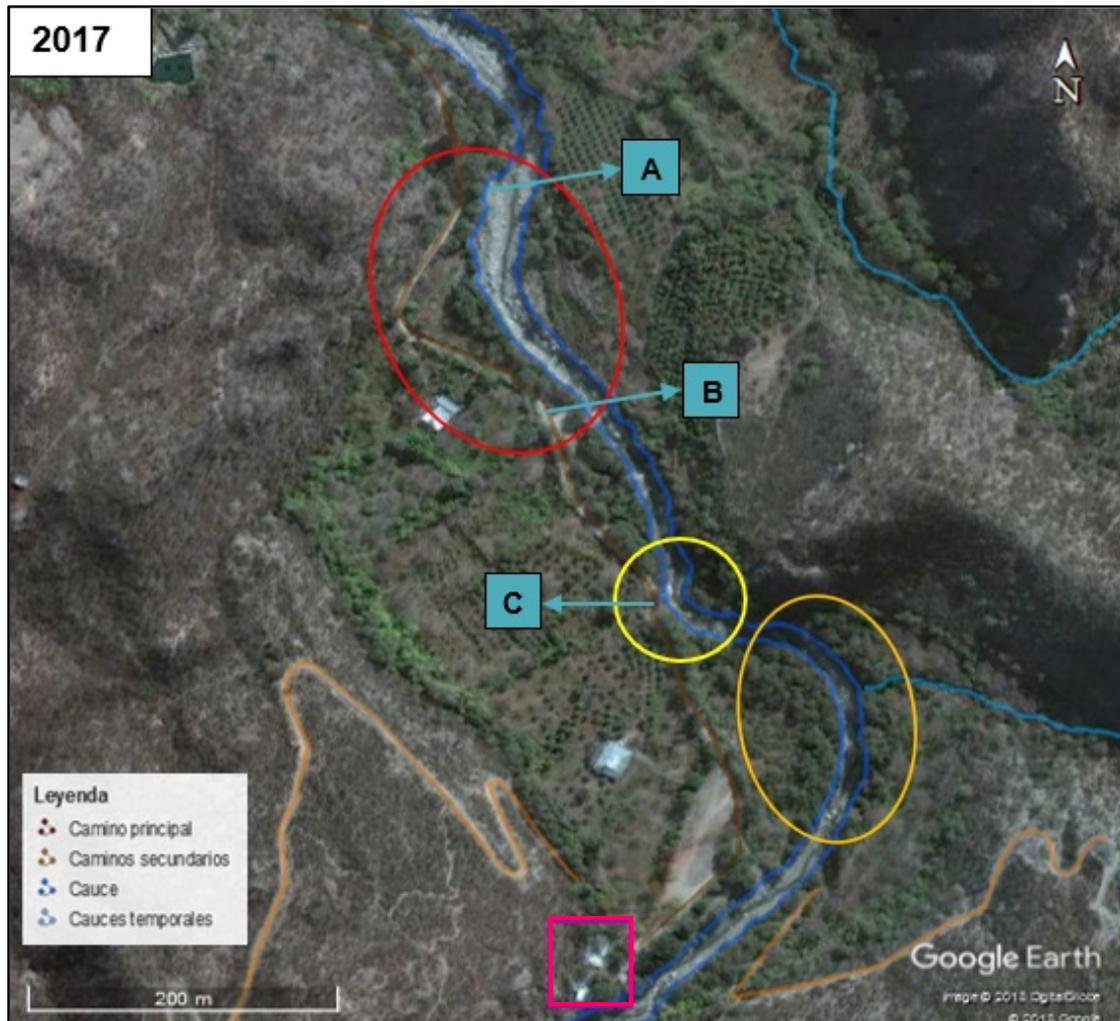


Figura N° 48: Dinámica del río Pomán correspondiente al año 2017. Se demarca con un cuadrado de color fucsia la ubicación del Balneario y Camping Municipal.

El sitio “A” se ubica sobre la margen izquierda, en la curva del primer trayecto del río, indicado con rojo en figuras anteriores, en donde se observa una intensa socavación lateral, quedando el nivel de base del lecho a casi la misma altura del camino, lo cual se evidencia en las imágenes 30 y 31.

Según relatos de pobladores, en esta zona se produjo un desborde importante del río, debido a la creciente acaecida en el periodo estival del 2016, desplazándose por el camino y dañándolo considerablemente.

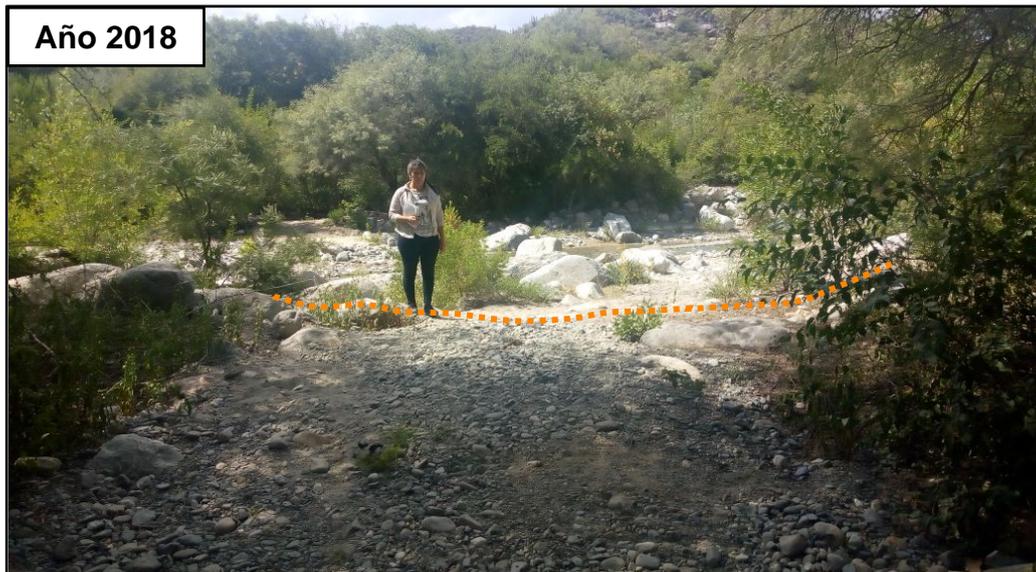


Imagen N° 30: Vista hacia el este, en donde se aprecia el lecho del río a escasos metros del camino. Se demarca con línea de puntos naranja el límite del río.

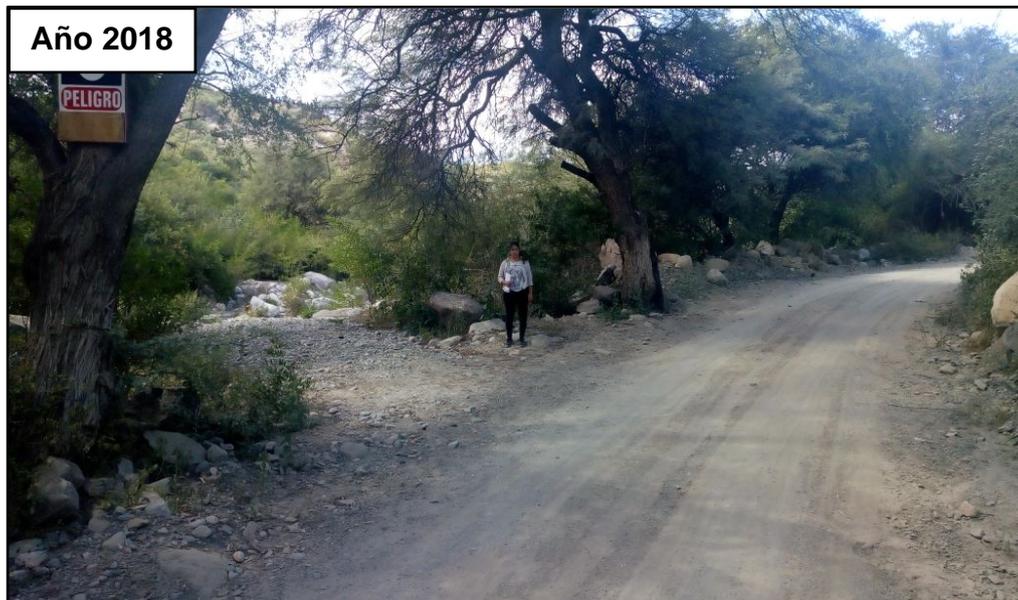


Imagen N° 31: Vista hacia el sur, subiendo al Balneario Municipal, en donde se aprecia el lecho del río a prácticamente el mismo nivel del camino.

El sitio “B” se ubica sobre la margen izquierda del río, en el mismo trayecto del sitio anterior, en el punto final de la curva dibujada por el camino, la cual fue ocupada por el lecho del río en el año 1968.

En esta zona, el nivel de base del río tenía el mismo nivel del camino, razón por la cual se produjo un desborde importante del río, en la creciente del 2016, evidenciado en la imagen 32 a. Producto de este acontecimiento es que en la actualidad se rellenó de manera artificial con material aluvial para elevar la altura del camino, que se puede apreciar en la imagen 32 b.

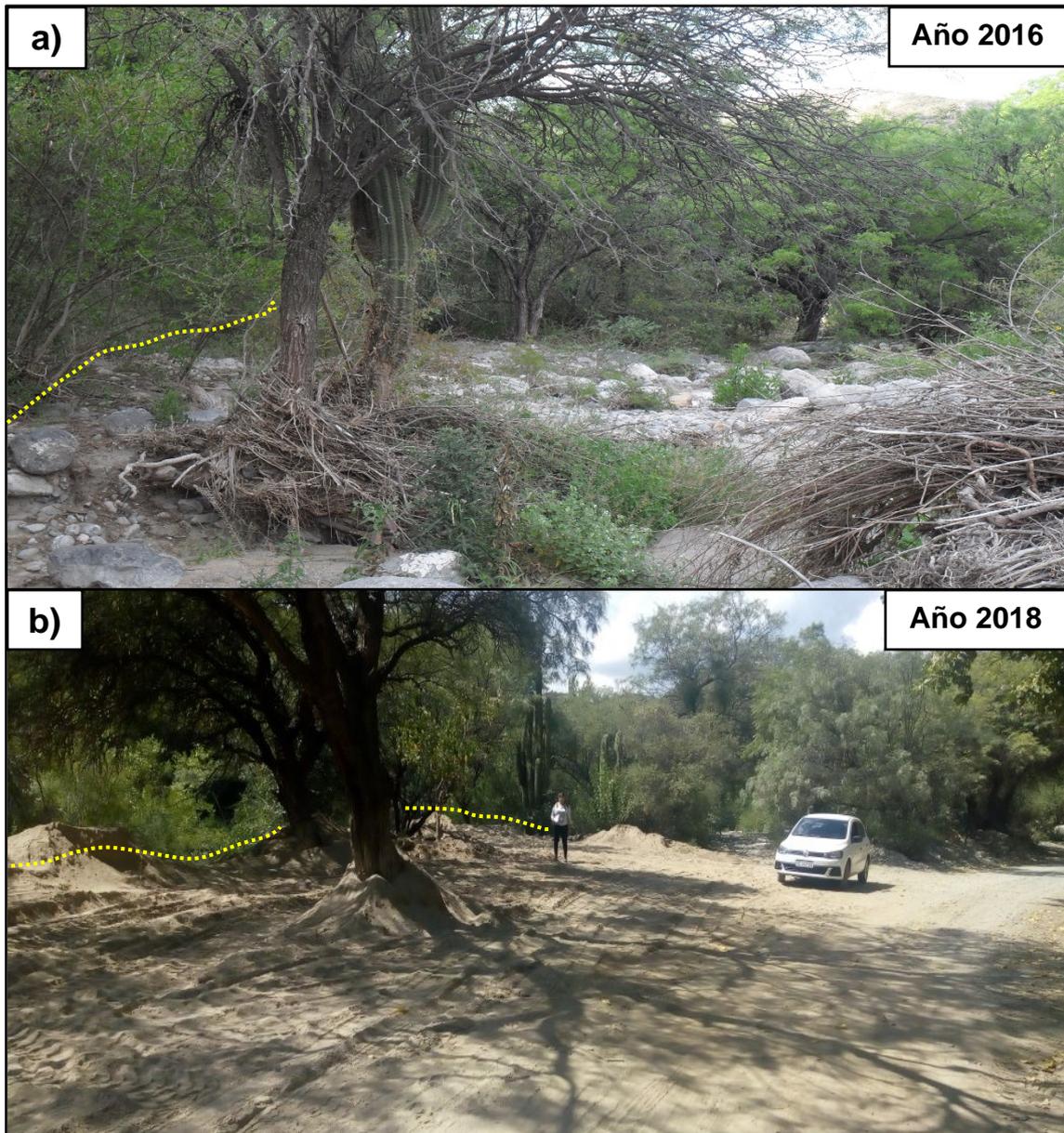


Imagen N° 32: a) Vista hacia el noroeste, sobre el lecho del río, donde se aprecia las huellas de la crecida ocurrida en el año 2016. Detrás de la línea de puntos amarilla se encuentra el camino. b) Vista hacia el suroeste, sobre el camino, subiendo al Balneario Municipal, en donde se aprecia el relleno de material para elevar el nivel del mismo. Se señala con línea de puntos amarilla el límite del río.

Por último, se observa que en el sitio “C”, ubicado en el segundo tramo del río delimitado con color amarillo en figuras previas, una fuerte socavación lateral en la margen izquierda del cauce. Por lo cual se llevó a cabo la construcción de una defensa sobre dicha margen. Esto se puede apreciar en la imagen 33 a y b.

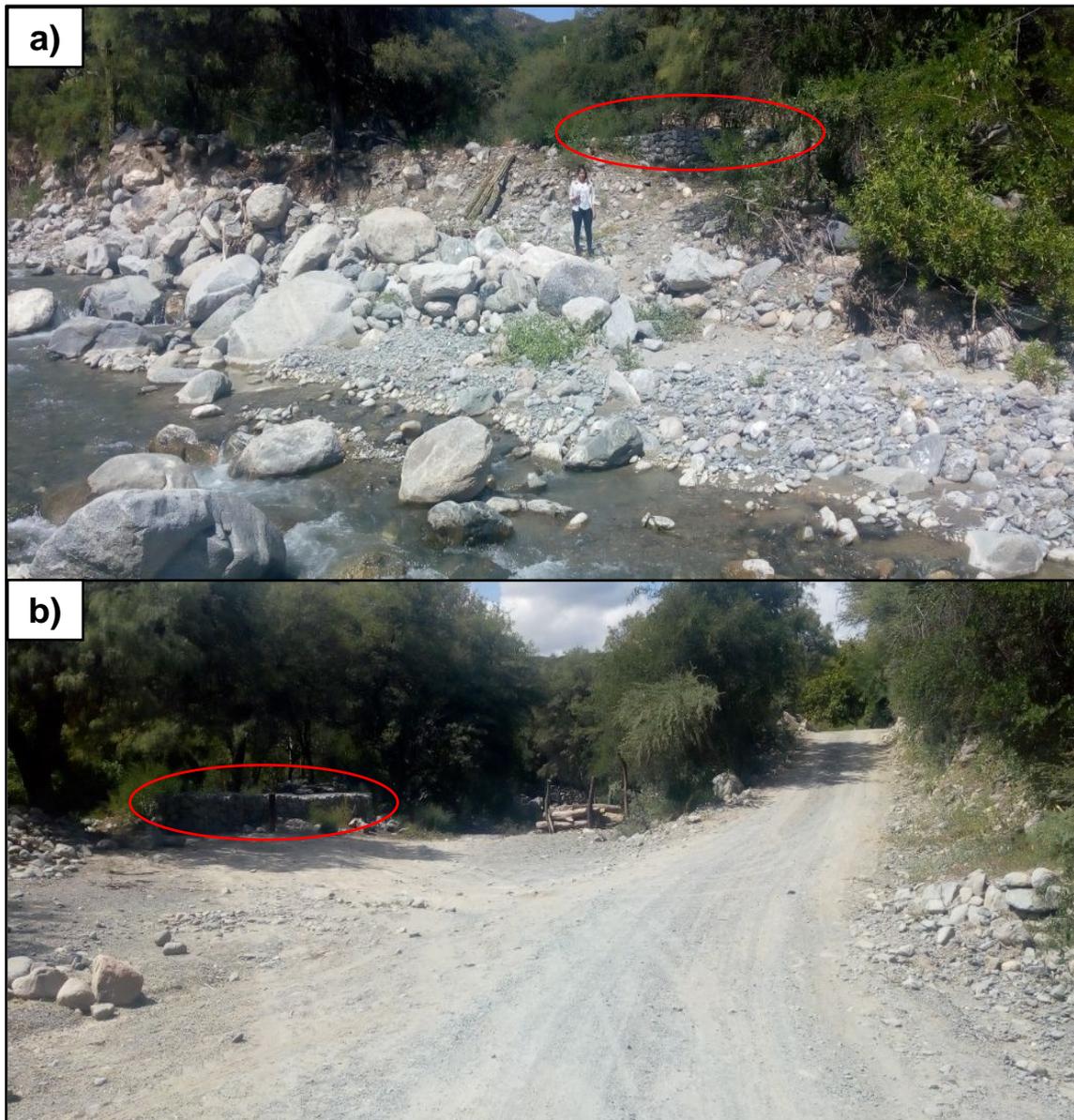


Imagen N° 33: Fotografías obtenidas en marzo del 2018. a) Vista hacia el suroeste, sobre el lecho del río, donde se demarca con color rojo la defensa realizada. b) Vista hacia el sureste, sobre el camino, subiendo al Balneario Municipal. Se aprecia con rojo la defensa antes mencionada.

V.2.2.3- Barrio 50 Viviendas – Geoamenazas hídricas del tipo pluvial

En esta sección se hace referencia a la creación del “Barrio 50 Viviendas”, delimitado por un rectángulo de color fucsia en figuras previas. Dicho barrio, creado en el 2013 e inaugurado en el 2016, se emplaza en la zona media-distal del cono aluvial de Pomán, en el suroeste de la zona de trabajo.

En base a los estudios de gabinete y observaciones de campo, se pudo determinar que el barrio ha cortado el drenaje pluvial concentrado en pequeños arroyos (Fig. 49) y a los fines de evitar problemas de inundabilidad, es necesario reorientar el mismo y conducirlo como un “ducto de desagüe pluvial” del asentamiento urbano para evitar problemas de anegamiento en las viviendas.



Figura N° 49: Vista del Barrio 50 Viviendas, en donde se aprecian los arroyos que convergen hacia dicha obra. Imagen satelital del Google Earth, año 2016.

Cálculo del diámetro de ductos de desagües en “Barrio 50 Viviendas”

A los fines de aportar una solución alternativa consistente en reorientar los flujos a través de la canalización del mismo y que atraviese el barrio (Fig. 50), se presenta los cálculos del caudal del flujo para una recurrencia de 100 años (Forest Road Engineering Guidebook - 2002) a partir de la información del sitio.



Figura N° 50: Imagen satelital del año 2016. Vista del barrio con posible canalización de flujos que convergen hacia él.

El procedimiento aplicado fue extraído del Manual de Ingeniería de Carretera, Figura 6 y Tabla 6 del Forest Road Engineering Guidebook (2002) y supone que el alto ancho del agua representa el área de flujo transversal de inundación anual media para el arroyo, determinado por la marca de crecida; y que el área de flujo transversal para un caudal recurrente de cien años (Q100) es tres veces más (Fig. 51).

También se asume que la descarga no es sensible a las influencias de la pendiente de la tubería, o el ducto a construir, la aspereza u otros factores, las cuales no son representativas de todas las situaciones, pero, los valores de la descarga de diseño, son aceptables para las dimensiones de ductos de corto recorrido y alcantarillas menores de 2000 mm de diámetro que permiten el flujo de 6 m³/s en carreteras de ambientes subtropicales. Estos procedimientos técnicos fueron aplicados en el 2002 en la pista del gasoducto Norandino, en el tramo Humahuaca – Oran, provincia de Jujuy (comunicación verbal de Eremchuk J. E.), y que pueden ser extrapolados a situaciones urbanas como la que se describe. Plaza (2017), comparó este método con los hidráulicos en donde se mostró la utilidad del procedimiento.

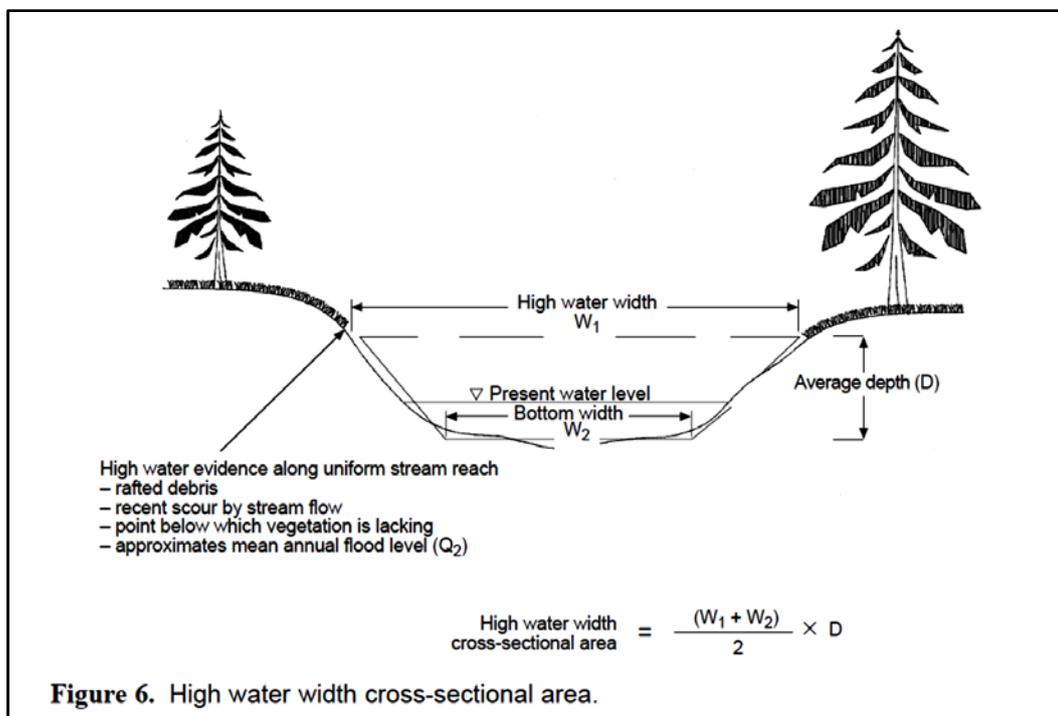


Figure 6. High water width cross-sectional area.

Table 6. Round pipe culvert area (A_c) versus pipe diameter.

A _c (m ²)	Pipe Diameter (mm)
0.13	400
0.20	500
0.28	600
0.50	800
0.64	900
0.79	1000
1.13	1200
1.54	1400
2.01	1600
2.54	1800

Figura N° 51: Metodología aplicada. Fuente: Forest Road Engineering Guidebook (2002).

Los datos determinados en el campo son los siguientes (Fig. 52):

W1 = ancho del flujo superior, determinado por la marca de crecida

W2 = ancho del fondo del lecho del arroyo

D = la altura entre W1 y W2

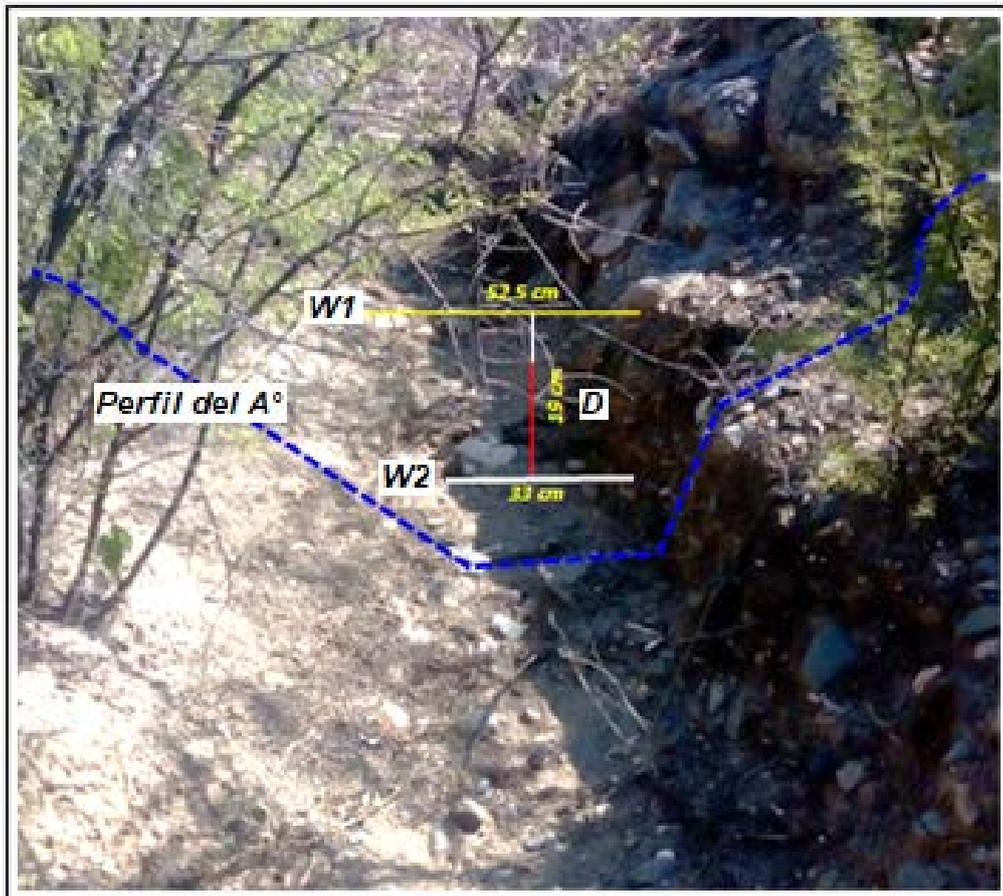


Figura N° 52: Medición de las secciones del arroyo, en base a las metodologías aplicadas.

- Aplicando la fórmula propuesta del Manual de Ingeniería de Caminos:

$$A = (33 + 52.5/2) \times 19 = 812,25 \text{ cm}^2, \text{ este valor en m}^2 \text{ es: } 0,081225 \text{ m}^2$$

A este valor se lo compara con el rango de datos de la Tabla 6 del Forest Road Engineering Guidebook (2002) y se obtiene que el diámetro del ducto (cubierto o libre) estaría entre el rango de los 1000 a 1200 mm, para un flujo con retorno de 100 años.

V.2.3- Sector Rincón

El río Rincón nace de una vertiente de la Sierra Ambato-Manchao, de caudal permanente, donde la totalidad de su curso es captado por medio de cañerías para abastecer a la localidad homónima. Este río atraviesa el poblado de Rincón en forma temporaria, con dirección sureste-noroeste, luego se une al río Saujil y circula hacia el Salar de Pipanaco el cual constituye su nivel de base (Fig. 53).

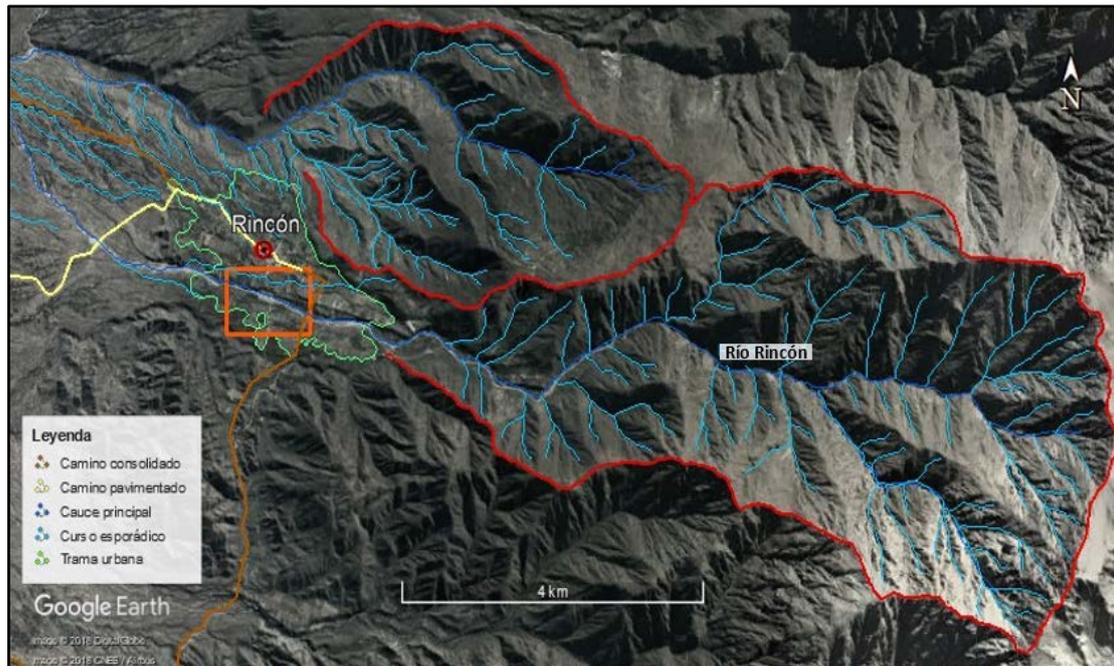


Figura N° 53: Cuenca del río Rincón. Cuadro naranja: delimitación de zonas con evidencias de geoamenazas hídricas.

Al analizar el río Rincón se detectó un tramo con evidencias de geoamenazas hídricas. Dicho tramo se ubica en el sector medio del cono aluvial, en el trayecto peri urbano del río Rincón con el cruce de calle vecinal de la localidad homónima.

En la fotografía aérea del año 1968 (escala 1:25.000) se aprecia que el cauce del río Rincón es amplio y adquiere un carácter recto a levemente sinuoso, en donde la capacidad de transporte del río prevalece sobre la erosión del mismo (Fig. 54).

Por otro lado, se puede distinguir en la siguiente figura la presencia de una parcela de cultivos sobre la margen derecha del río, emplazada en un nivel de terraza sobre la cual se ubicaría una vivienda, demarcada con color amarillo. Esta zona, según el análisis foteogeológico realizado, sería susceptible a geoamenazas hídricas.



Figura N° 54: Dinámica del río Rincón correspondiente al año 1968.

Con respecto a la imagen satelital del año 2004, primera imagen disponible en el Google Earth de la zona en estudio, se puede apreciar que el lecho de inundación se estabiliza, evidenciado por la abundante vegetación que lo tapiza (Fig. 55).

Además, se observa que el cauce del río adquiere un carácter muy estrecho y sinuoso, lo cual se condice con las escasas precipitaciones registradas en ese año, que no superaron los 50 mm, según la estación pluviométrica de Rincón, correspondiente a la Secretaría del Agua y del Ambiente.

Por otro lado, en la figura 55 ya se puede distinguir la presencia de la vivienda y la parcela de cultivos sobre la margen derecha del río, que se resalta con color amarillo, las cuales serían susceptibles a geoamenazas hídricas.

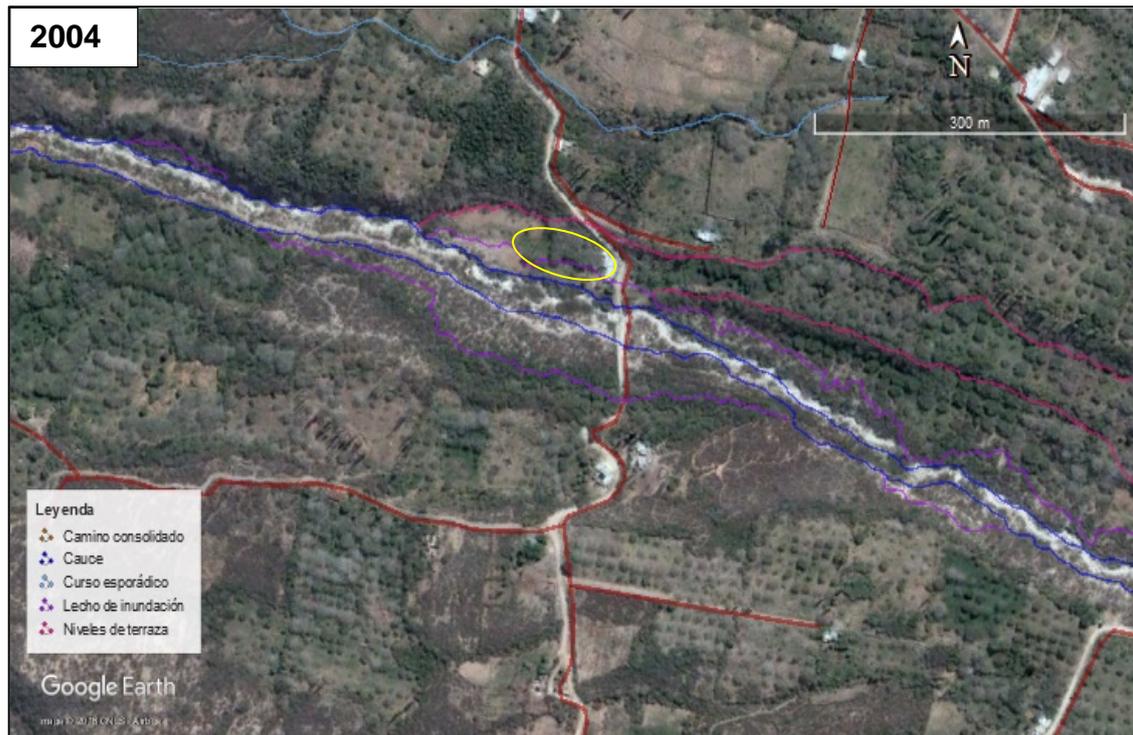


Figura N° 55: Dinámica del río Rincón correspondiente al año 2004. Se aprecia un cauce muy estrecho. La parcela demarcada con amarillo se encuentra estabilizada.

Mediante el análisis de las imágenes satelitales disponibles en el Google Earth, se pudo observar que tanto el cauce como el lecho de inundación se mantienen estables desde el 2004 hasta el 2013, sin presentar cambios significativos.

Luego, en la imagen del 2016 se destaca la reactivación del lecho de inundación, producido durante el periodo estival del 2014, año en el que se originó un alud en la vecina localidad de Siján.

En la figura 56 se aprecia que la traza del río es amplia y levemente sinuosa, en donde se evidencia un desborde importante sobre ambas márgenes del río, en comparación con la imagen del 1968. Dicho desborde deja en estado de vulnerabilidad a la parcela de cultivos y a las viviendas, demarcadas con color amarillo, ya que el río avanza sobre la terraza donde estas se sitúan, arrasando con parte del cultivo, lo cual se demarca con línea de trazos roja en la siguiente figura.

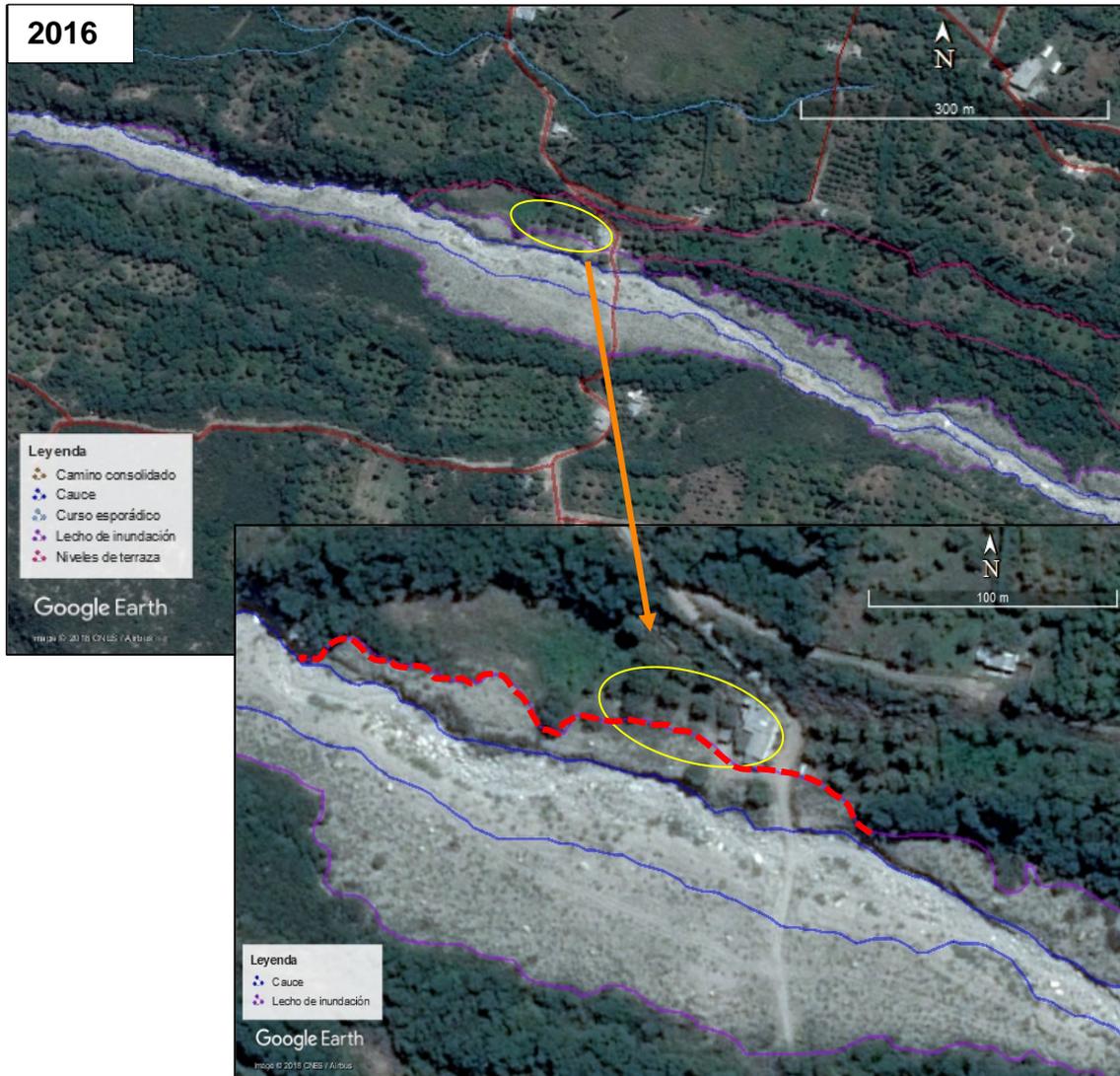


Figura N° 56: Dinámica del río Rincón correspondiente al año 2016. Lecho de inundación, demarcado con color lila, reactivado. La parcela con vivienda y cultivos se encuentra inestable.

En el Anexo N° 8 se encuentra la cartografía correspondiente al Sector Rincón, en donde se puede apreciar la dinámica del río Rincón y el correspondiente uso de suelo del área seleccionada.

CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



Vista desde el sudeste hacia la localidad de Colana

VI.1- Conclusiones

VI.1.1- Con relación al clima

- En el área de estudio se analizaron los registros de tres estaciones pluviométricas (Estación Mutquín, Michango y Rincón), debido a que estas eran las únicas que presentaban datos de series climáticas con periodos mayores a 30 años.
- La precipitación media mensual para la Estación Mutquín Correo y Telégrafo (periodos 1948/1980-1972/2010) es de 39,74 mm (SMN) y 32,77 mm (SAyA); Estación Michango (periodo 1973-2010) es de 39,18 mm (SAyA) y para la Estación Rincón Correo y Telégrafo (periodos 1972/1987-2000/2007 y 1948-1984) es de 32,03 mm (SAyA) y 30,21 mm (SMN).
- En todos los casos evidencian una época húmeda (meses de diciembre a marzo), una seca (meses de mayo a octubre) y una época intermedia (en abril y noviembre).
- En la zona de trabajo, no existen registros confiables y completos de caudales para los periodos analizados, que permitan un análisis estadístico adecuado de su comportamiento. Por lo tanto, los resultados que se presentan constituyen solo una aproximación.
- El caudal medio anual durante el periodo 2001-2016 para el río Pomán es de 0,287 m³/seg, para el río Colana es de 0,089 m³/seg y para el río Mutquín 0,172 m³/seg. En cuanto al periodo 2002-2016 el caudal medio anual para el río Siján es 0,125 m³/seg; para el río Apoyaco es de 0,038 m³/seg; río Michango con un caudal medio anual de 0,025 m³/seg y el río Rincón de 0,105 m³/seg. Los ríos Pomán y Mutquín constituyen los más caudalosos del área de estudio.
- En los periodos analizados el caudal medio anual obtenido en los distintos puntos de aforo, evidencia cierta variabilidad aunque con una leve tendencia al aumento.
- El mayor caudal medio mensual registrado en los puntos de aforo analizados, corresponde al mes de marzo, seguido por el mes de febrero y abril.

VI.1.2- Con relación a la geología del área de estudio

- En el área de estudio se definieron dos ambientes principales, el correspondiente al basamento metamórfico, comprendido por las siguientes unidades geológicas: Complejo Metamórfico La Cébila (Ordovícico Inferior a Medio); Complejo Metamórfico Ígneo El Portezuelo (Ordovícico); Formación Colana (Ordovícico); Cuerpo cuarzo hidrotermal de Mutquín-Cerro Blanco (Ordovícico) y los Granitos sintéctónicos, tardío y post-tectónicos (Ordovícico-Carbonífero inferior); y ambiente de piedemonte donde se desarrolla una potente cubierta sedimentaria, comprendida por: Formación Pomán (Pleistoceno), por su posición se la correlaciona con la Formación Concepción; Formación Pipanaco (Holoceno), que por su posición morfoestratigráfica se la correlaciona con la Formación Coneta en el valle central de Catamarca; y Formación Colpes (Holoceno), que corresponde a los depósitos actuales.
- Se han identificado metaconglomerados de la Formación Colana, al noreste del cerro Divisadero de la Cruz, en la localidad de Rosario de Colana, cruzando el río homónimo, que no han sido mencionado en trabajos precedentes.
- Se ha generado cartografía geológica-geomorfológica a escala 1:100.000, conteniendo las unidades antes mencionadas.

VI.1.3- Con relación a la geomorfología del área de estudio

- Se identificaron tres unidades geomorfológicas: “área montana”, “área pedemontana” y “cauces fluviales y formas asociadas”.
- El área montana está representada por la ladera occidental o “vertientes obsecuentes disecadas” de la Sierra de Ambato, constituidas por rocas cristalinas que forman el basamento de la sierra.

- El piedemonte del área de estudio, está directamente vinculado a unidades morfoestratigráficas que yacen a diferentes niveles de altura del relieve pedemontano. Paleoconos aluviales que conforman el “Nivel Superior”; Conos aluviales inactivos, representando el “Nivel Medio” y Conos aluviales activos, que constituyen el “Nivel Inferior”.
- Los cursos de agua que drenan el área, en función de la unidad geomorfológica que atraviesan, presentan un comportamiento diferente. En líneas generales, los cursos de agua en el área montana son rectos, potentes, con elevado poder erosivo y de rápido escurrimiento. En cuanto al área pedemontana, los cursos se vuelven más sinuosos, la erosión disminuye y aumenta la acumulación, donde el agua tiende a infiltrarse al pasar de un ambiente rocoso impermeable a uno con abundantes sedimentos sueltos.

VI.1.4- Con relación a la identificación de geoamenazas hídricas

- Mediante el análisis multitemporal, basado en la comparación de fotografías aéreas antiguas (1968), con respecto a imágenes satelitales actuales (desde 2004 al 2016), se determinaron tres (3) sectores susceptibles a inundaciones: 1) Sector Colana: Tramo N°1: Ex Matadero Municipal y Tramo N°2: Badén sobre RP 25. 2) Sector Pomán: Tramo N°1: Parque Los Leones y b) Tramo N°2: Camino al Balneario Municipal. 3) Sector Rincón.
- De dichos sectores se observa que los ríos que atraviesan estos poblados están muy próximos a las áreas urbanas y de cultivos. Se determinó que en el transcurso de los últimos 50 años, los ríos Colana, Pomán y Rincón, han sufrido importantes cambios en su dinámica (en los tramos medios de los conos aluviales inactivos), destacándose la presencia de cauces abandonados (río Pomán), sectores sometidos a erosión y socavación lateral sobre los taludes que limitan el lecho mayor o de inundación del río con las fajas de terrenos ribereños (río Colana y río Rincón), variaciones en el rumbo de los cursos y pérdidas de energía por cambios de altura o pendiente (río Pomán).
- Se ha generado cartografía de identificación de geoamenazas hídricas a escala detallada y su correspondiente uso de suelo, para los cinco (5) tramos definidos en los tres (3) sectores del área de estudio.
- Con respecto al cálculo del diámetro de ductos de desagües en el “Barrio 50 Viviendas” de la Villa de Pomán, se determinó, en función de los valores obtenidos, que el ducto de corto recorrido o alcantarillas para evacuar el flujo pluvial del arroyo y así evitar problemas de inundabilidad en el barrio, debería tener un diámetro que oscile entre los 1000 a 1200 mm. Esto valores pueden ser extrapolados a los pequeños arroyos del entorno al asentamiento del barrio.
- Por otro lado, en la zona de estudio, debe citarse otro tipo de geoamenaza hídrica por causas de avulsión del flujo en la zona apical del abanico activo donde se encuentra asentada la localidad de Siján (Cisternas et al., 2017).
- Se ha verificado que periódicamente los ríos alcanzan crecientes importantes que erosionan las riberas o inundan los sectores apicales de los conos aluviales. Los registros encontrados y el análisis de las imágenes satelitales demuestran que los siguientes cursos de aguas, reactivaron su lecho en los periodos: Mutquín (2003); Colana (2011); Saujil (1990 y 2014); Siján: (1939, 1958, 1972, 1990 y 2014); Colpes y San José de Colpes (1999); Al norte de Colpes (2010).



VI.2- Recomendaciones

A partir del análisis realizado en el presente trabajo y a fin de contribuir a un mejor ordenamiento territorial de las localidades involucradas, se recomienda:

- ✓ Que las actividades antrópicas, tanto rurales como urbanas, se instalen con un retiro entre 50 y 100 m del talud del lecho mayor o de inundación del río
- ✓ Para las zonas analizadas que se encuentran afectadas o potencialmente amenazadas por la erosión lateral de los ríos, se propone que se realicen defensas laterales u oblicuas que protejan el talud del lecho mayor del río de los procesos de erosión lateral.
- ✓ Implementar la limpieza periódica de los lechos ordinarios de los ríos, extrayendo el material aluvional (rodados y bloques) para liberar el curso de agua y ampliar la sección del cauce ante el advenimiento de la época estival.
- ✓ Los organismos de gestión y planificación del territorio deberían tener en cuenta la peligrosidad hídrica de los terrenos ubicados sobre las márgenes de los ríos, al momento de planificar y autorizar la construcción de viviendas en estos sectores.
- ✓ Realizar y sancionar una ordenanza municipal que regule el uso del suelo, teniendo en cuenta la peligrosidad hídrica de los terrenos ubicados sobre las márgenes de los ríos, al momento de planificar y autorizar la construcción de viviendas en estos sectores.

CAPÍTULO VII

REFERENCIAS



Medición de imbricación de clastos



- **Adams, C.J., et al., 2010.** The Pacific Gondwana margin in the late Neoproterozoic-early Paleozoic: Detrital zircon U-Pb ages from metasediments in northwest Argentina reveal their maximum age, provenance and tectonic setting. *Gondwana Research* (doi: 10.1016/j.gr.2010.05.02).
- **Auge, M. et al., 2006.** Hidrogeología de Argentina. *Boletín Geológico y Minero*, 117 (1): 7-23.
- **Blasco, G., et al., 1994.** "Hoja Geológica 2966-II- San Fernando del Valle de Catamarca, provincias de Catamarca, Santiago del Estero y Tucumán, Dirección Nacional del Servicio Geológico, Boletín N° 212, 50p.
- **Baumann, V. et al., 2014.** Informe preliminar sobre los aluviones ocurridos el 23 de enero 2014 en las ciudades catamarqueñas de El Rodeo y Siján. SEGEMAR - Instituto de Geología y Recursos Minerales.
- **Borrello, A., 1969.** Los geosinclinales de la Argentina. *Anuales Dirección Nacional de Geología y Minería*, 14:1-188. Buenos Aires.
- **Borrello, A., 1976.** Formación Colana. En: *Léxico estratigráfico de la República Argentina. Publicación Especial Servicio Minero Nacional. Parte 1.* Buenos Aires.
- **Caminos, R., 1979.** Sierras Pampeanas Noroccidentales-Salta, Tucumán, Catamarca, La Rioja y San Juan. *II Simposio de Geología Regional Argentina*, 1: 225-291. Córdoba, Argentina.
- **Cisternas M. et al., 2017.** Análisis de la Dinámica del Río Siján, Vinculada al Aluvión de 23/Enero/2014, Dpto Pomán, Catamarca, Argentina. *XX Congreso Geológico Argentino. Riesgo geológico y geología ambiental y urbana Sesión Técnica 15.* 18-21.
- **Coco, A.L., 1946.** Estudio geológico y petrográfico de la falda occidental de la sierra de Ambato, entre Rosario de Colana y Mischango. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. 85 pp. Tesis doctoral inédita.
- **Coco, A.L. y Lapidus, A., 1947.** Bosquejo geológico de la falda occidental de la sierra de Ambato entre Mischango y La Calera, a propósito de la existencia de un nuevo elemento petrográfico. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. *Boletín*, 9(4): 759-774.
- **Colegio de Geólogos de Catamarca., 2014.** Síntesis: Diagnostico de las causas del desastre natural de Siján, Dpto. Pomán, Provincia de Catamarca.
- **Daus, Federico A. et al., 1954.** Geografía de la República Argentina. Buenos Aires.
- **Durand, F.R., 1986.** Reseña sobre los conglomerados del basamento metamórfico del NW argentino. *Revista Instituto de Geología y Minería de Jujuy*, 6: 184-190.
- **Durand, F.R., 1990.** Los conglomerados del Ciclo Pampeano en el Noroeste Argentino. En: Aceñolaza, F.G., H. Miller y A.J. Toselli, (Eds.), *El Ciclo Pampeano en el Noroeste Argentino. Serie Correlación Geológica*, 4: 61-69. Tucumán.
- **Eremchuk J. y Papetti L., 1984.** Unidades cuartáricas de la cuenca del Salar de Pipanaco. 1eras Jornadas Geológicas de Catamarca. T1, pág. 01-06- Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas, UNCA.
- **Eremchuk J.E., 2018.** Geoamenazas por inundaciones de las geoformas fluviales urbanas y rurales de los principales ríos del centro y este de la provincia de Catamarca. *Primer Congreso de Geología Aplicada a la Ingeniería y Medio Ambiente* (En prensa).
- **Espizúa, S y Caminos, R., 1979.** Las rocas metamórficas de la Formación La Cébila, Sierra de Ambato, Provincia de Catamarca y la Rioja. *Boletín de la Academia Nacional de Córdoba, Argentina*, 53, 125-142.
- **Finney, S.C., 2007.** The parautochthonous Gondwanan origin of the Cuyania (greater Precordillera) terrane of Argentina: A re-evaluation of evidence used to support an allochthonous Laurentian origin: *Geologica Acta*, 5(2), 127-158.
- **Forest Road Engineering Guidebook, 2002.** Manual de Ingeniería de Carretera.
- **García, M.F., 2006.** Estudio Geológico-Minero del área de Mutquín-Michango, Departamento Pomán, Provincia de Catamarca. Trabajo de Seminario (inédito). Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo. Universidad Nacional de Tucumán.



- **González Bonorino, F., 1950.** Geología y Petrología de la hoja 12c, Capillitas y 13d Andalgalá, provincia de Catamarca. Dir. Gral. Ind. Min., Bol. 70, Buenos Aires.
- **González Bonorino, F., 1951.** “Descripción de la hoja geológica 13e Villa Alberdi. (Provincias de Catamarca y Tucumán). Dirección Nacional de Minería. Boletín N° 75- Buenos Aires.
- **González Bonorino, F., 1978.** Hoja Geológica 14f. San Fernando del Valle de Catamarca. Provincia de Catamarca y Tucumán. Carta Geológico - Económica de la República Argentina. Servicio Geológico Nacional.
- **González Díaz, E., 1969.** El Carbónico superior alto (Westfaliano-Estefaniano) de la Quebrada de La Cébila (NE de La Rioja). Actas IV Jornadas Geológicas Argentinas, 2: 163-186.
- **Lafleur, A.E., 1981.** Geología de las unidades sedimentarias en el este del Salar de Pipanaco. INCYTH – Ministerio de Obras y Servicios Públicos, Bs. As.
- **Lapidus, A., 1946.** Estudio geológico-petrográfico en la falda occidental de la Sierra de Ambato entre las localidades de Rosario de Colana y La Calera, provincia de Catamarca. Tesis doctoral inédita. 93 pp. Universidad Nacional de Córdoba.
- **Larovere, M. A., 2011.** High T/P evolution and metamorphic ages of the migmatitic basement of northern Sierras Pampeanas, Argentina: characterization of a mid-crustal segment of the Famatinian belt. *Journal of South American Earth Sciences*, 31: 279-297.
- **Larovere, M.A., 2012.** Los complejos metamórficos del retro-arco Famatiniano (noroeste de Argentina): caracterización geoquímica e isotópica de sus protolitos, e implicancias geotectónicas: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. 29 (3) 676-695.
- **Navarro, H. Elio, 1994.** Catamarca hacia un estudio integral de su Geografía III Editorial Diartegraf.
- **Nieto R., 2018.** Geoformas del Piedemonte del departamento Pomán – Catamarca (en prensa; VII Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología).
- **Ramos, G., 1996.** Conglomerados del basamento de Sierras Pampeanas. 13º Congreso Geológico Argentino y 3er Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas 1: 607-617. Buenos Aires.
- **Rapela, C.W. et al., 2007.** The Río de la Plata craton and the assembly of SW Gondwana. *Earth-Science Reviews* 83, 49- 82.
- **Toselli, A. J., 1983.** “Geología de la Sierra de Ancasti” Münstersche Forshungen Zur Geologie Und Paläontologie. Münster República Federal de Alemania.
- **Toselli, A. J. et al., 1999.** El basamento metamórfico en Cumbres Calchaquies, Noroccidentales, Aconquija, Ambato y Ancasti: sierras Pampeanas. Instituto Superior de Correlación Geológica –UNT-CONICET. Miguel Lillo 205. Tucumán.
- **Toselli, G. A., 2000.** Mineralogía y quimismo del flanco occidental del granito El Manchao, Sierra de Ambato, Catamarca, Argentina, Consideraciones preliminares. IX Congreso Geológico Chileno. Actas Vol 1. Sesión temática N|4. Páginas 705-709. Puerta Varas, Chile.
- **Toselli, G.A., et al., 2002.** Consideraciones petrológicas y químicas sobre el Granito El Manchao, Sierra de Ambato, Catamarca, Argentina. Actas (CD) del XV Congreso Geológico Argentino.
- **Toselli, A. J., et al., 2014.** Interpretación genética y edad meta-conglomerado Colana. Sierra de Ambato, Catamarca. Serie Correlación Geológica - 30 (2): 147 – 156. Provincia de Tucumán.
- **Trinca et al., 1993.** Los Yacimientos de Cuarzo del departamento Pomán. Consejo Federal de Inversores. Dirección de Minería de la Provincia de Catamarca.
- **UNDRO, 1979.** “Natural Disasters and Vulnerability Analysis”, Informe de la Reunión del Grupo de Expertos 9-12 de Julio, 1979, Oficina del Coordinador de las Naciones Unidas para el Socorro en casos de Desastre, Ginebra.
- **Varela, Miguel M., 2012.** Conociendo nuestros ríos: Escorrentía superficial de la Provincia de Catamarca- 1ª edición- San Fernando del Valle de Catamarca.



- **Verdecchia, S.O., et al., 2007.** The first shelly faunas from metamorphic rocks of the Sierras Pampeanas (La Cébila Formation, Sierra de Ambato, Argentina): age and paleogeographic implications: *Ameghiniana*, 44(2), 493-498.
- **Verdecchia, S.O., Baldo, 2010.** Geoquímica y procedencia de los metasedimentos ordovícicos del complejo metamórfico La Cébila, provincia de La Rioja, Argentina. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 27 (1), 97-111.

VII.1- Páginas de Internet

- Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina
<http://www.indec.gov.ar/codgeo.asp>
- Subsecretaría de Recursos Hídricos de la República Argentina:
<http://www.hidricosargentina.gov.ar>
- Secretaría del Agua y el Ambiente - Dir. Prov. de Hidrología y Evaluación de Riesgos Hídricos.
<http://www.saya.catamarca.gov.ar>
- Clima de Catamarca. Catamarca Guía.
<http://www.catamarcaquia.com.ar/Geografia/Climas.php>
- Visor GEOINTA (S.F).
<http://geointa.inta.gov.ar/suelos>
- Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Monitoreo Diario y Mensual.
<http://www.smn.gov.ar/serviciosclimaticos/?mod=vigilancia&id=13&var=catamarca#javascript>

CAPÍTULO VIII BIBLIOGRAFÍA



Vista panorámica sobre badén de RP 25 – Localidad de Colana

- **Barbeito O., et al., 2016.** Peligrosidad en conos aluviales, caso Siján, provincia de Catamarca. Libro de Actas de las XI Jornadas Nacionales de Geografía Física. ISBN 978 987-661-216-6.
- **Comité Argentino de Estratigrafía de la Asociación Geológica Argentina, 1992.** Código Argentino de Estratigrafía en sus artículos 28° y 32°.
- **Coria, Lorena G., 2010.** Potencialidades y limitantes para la planificación del desarrollo local sustentable desde la escala microregional, el caso de la micro región de Andalgalá - Pomán en la provincia de Catamarca de la República Argentina. Revista DELOS. Vol., 1 N° 067 (4): 461 – 472.
- **DERRUAU, M., 1981.** Geomorfología. 2da edición. Editorial Ariel. Barcelona. España.
- **EIRD, 2011.** Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres.
- **Eremchuk J., 1984.** Fracturas del Borde Occidental de las Sierras de Ambato-Manchao, Provincia de Catamarca. IX Congreso Geológico Argentino. Actas 362-367. Bariloche - Arg.
- **Fidalgo F., 1965.** Geología del Pleistoceno del Valle de Catamarca. Servicio Geológico Nacional, carpeta N° 663, inédito. Servicio Geológico Nacional.
- **García et al., 2011.** Late Miocene-Holocene canyon incision in the western Altiplano, northern Chile: tectonic or climatic forcing? Journal of the Geological Society, 168(4), 1047-1060. Doi: 10.1144/0016-76492010-134.
- **INA., 2010.** Relevamiento de la disponibilidad de Recursos hídricos superficiales de Cuenca Salar de Pipanaco, Cuenca Abaucán – Colorado – Salado y cuencas de faldeo oriental del Ancasti. Convenio INA – Gobierno de la Provincia de Catamarca. Acta Complementaria N°3.
- **Morláns, María C., 1995.** Regiones Naturales de Catamarca: Provincias Geológicas y Provincias Fitogeografías Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Editorial Científica Universitaria - Universidad Nacional de Catamarca. ISSN: 1852-3013.
- **Nulló, F.E., 1981.** Descripción geológica de la hoja 15f, Huillapima, prov. de Catamarca. Boletín N° 178. Servicio Geológico Nacional. Buenos Aires.
- **Ollero, et al., 2011.** Indicadores geomorfológicos para el seguimiento de la restauración fluvial. En: VV.AA. I Congreso Ibérico de Restauración Fluvial. León, I Congreso Nacional de Restaurarios, p. 346-355.
- **Ollero, et al., 2014.** Geomorfología y restauración fluvial: seguimiento del derribo de presas en Gipuzkoa. Cuadernos de Investigación Geográfica, n° 40 (1), p. 67-88.
- **Papetti, L., Eremchuk, J., 2004.** Evidencias de Neotectónica en el Borde Oriental de la Sierra de Ambato, Provincia de Catamarca. Revista Ciencia y Técnica N°11.
- **Plaza, 2017.** Evaluación preliminar de la amenaza hídrica en el complejo habitacional Valle Chico, Provincia de Catamarca. Seminario.
- **PROSAP, 2011.** Evaluación de Impacto Ambiental y Social. Proyecto: Mejoramiento de los Sistemas Productivos y de Riego en Rincón, Provincia de Catamarca. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.
- **Segura L. A., 2016.** Aluviones en cuencas hidrográficas del tramo austral / occidental de las Sierras de Ambato. Provincia de Catamarca, Argentina. Libro de Actas de la XI Jornadas de Geografía Física. ISBN: 978-987-661-216-6.
- **Sosic, Mario V. J., 1973.** Hoja Geológica 14e. Salar de Pipanaco. Provincia de Catamarca y La Rioja. Carta Geológico - Económica de la República Argentina. Servicio Nacional Minero Geológico.
- **Viers, Georges, 1973.** Geomorfología. Edit. OIKOS TAU. Barcelona España.



VIII.1- Páginas de Internet

- Instituto Geográfico Nacional República Argentina:
<http://www.ign.gob.ar>
- Atlas Catamarca (2017)
<http://www.atlas.catamarca.gov.ar>
- Catamarca (Argentina): Departamentos y Localidades-Estadísticas de Población y Mapas (2010, 27 de Octubre).
http://www.citypopulation.de/php/argentina-catamarca_s.php
- SEGEMAR (S.F).
<http://www.segemar.gob.ar>
- Administración General de Catastro. Prov. de Catamarca - República Argentina.
<http://www.catastro.catamarca.gov.ar/index.php/mapas-de-los-departamentos>

CAPÍTULO IX

ANEXOS



Vista hacia el Cerro Manchao, camino a la localidad de Mutquín

IX- Anexo N° 1: Tablas de precipitaciones

Estación Mutquín (correo y telégrafo) - Periodo de datos (1972-2010).

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
PROM.	95,5	74,6	63,6	12	8,6	5,3	4,6	5,6	5	19,2	37,8	61,4
MÍN.	16,7	24,8	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0
MÁX.	192,0	215,8	270,3	99,8	58,0	48,0	27,3	90,0	54,0	96,0	112,3	186,3

Fuente: Secretaría del Agua y Ambiente. Subsecretaría de Planificación de Recursos Hídricos.

Estación Mutquín (correo y telégrafo) - Periodo de datos (1948-1980).

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
PROM.	116,5	95,0	74,7	26,4	12,2	4,1	7,6	8,4	10,3	24,0	31,1	66,6
MÍN.	19,7	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MÁX.	200,2	224,5	176,5	54,5	70,2	30,5	27	28	30,5	96	131,8	168

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.

Estación Michango - Periodo de datos (1973-2010).

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
PROM.	114,40	97,20	71,30	30,90	8,50	4,60	5,50	7,30	9,20	21,40	29,00	70,90
MAX	276,00	184,00	276,00	119,00	35,00	40,00	28,00	54,00	45,00	89,00	101,00	162,00
MIN	15,00	19,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,00

Fuente: Secretaría del Agua y Ambiente. Subsecretaría de Planificación de Recursos Hídricos.

Estación Rincón - Periodo de datos (1972/1987– 2000/2007)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
PROM.	103,96	72,39	68,92	23,15	3,84	2,18	5,47	8,19	6,76	14,95	24,23	50,34
MÍN.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,50	3,00	14,40	0,00	0,00	0,00	0,00
MÁX.	227,70	199,40	297,50	97,00	21,40	19,10	35,70	73,50	39,80	77,80	71,00	156,30

Fuente: Secretaría del Agua y Ambiente. Subsecretaría de Planificación de Recursos Hídricos.

Estación Rincón - Periodo de datos (1948-1984)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
PROM.	90,5	70,8	75,4	13,3	1,6	2,7	2,9	3,7	9,3	12,4	32,2	47,7
MÍN.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MÁX.	200,2	224,5	176,5	54,5	70,2	30,5	27,0	28,0	30,5	96,0	131,8	168,0

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.

IX- Anexo N° 2: Tablas de aforos

Unión de ríos Simbolar y Estancia Vieja: río Pomán			
Caudal Medio Anual del aforo en m³/seg - Periodo 2001/2016			
AÑO	PROM.	MÍN.	MÁX.
2001	0,172	0,172	0,172
2002	0,551	0,171	1,325
2003	0,216	0,112	0,316
2004	0,196	0,124	0,253
2005	0,310	0,310	0,310
2006	0,144	0,130	0,162
2007	0,158	0,099	0,246
2008	0,675	0,276	1,073
2009		0,000	0,000

2010	0,153	0,106	0,210
2011	0,588	0,120	1,141
2012	0,411	0,160	1
2013	0,346	0,202	0,453
2014	0,443	0,340	0,545
2015		0,000	0,000
2016	0,228	0,228	0,228

Unión de ríos Simbolar y Estancia Vieja: río Pomán											
Caudal Medio Mensual del aforo en m ³ /seg - Periodo 2001/2016.											
MES	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
PROM.	0,531	0,595	0,556	0,311	0,169	0,210	0,298	0,209	0,162	0,156	0,175
MÍN.	0,992	1,325	1,073	0,545	0,218	0,210	0,352	0,325	0,200	0,211	0,220
MÁX.	0,121	0,106	0,246	0,160	0,130	0,210	0,202	0,118	0,139	0,099	0,130

Toma del pueblo: río Colana			
Caudal Medio Anual del aforo en m ³ /seg - Periodo 2001/2016			
AÑO	PROM.	MÍN.	MÁX.
2001		0,000	0,000
2002	0,158	0,089	0,296
2003	0,085	0,062	0,111
2004	0,068	0,055	0,080
2005	0,069	0,069	0,069
2006	0,072	0,056	0,086
2007	0,075	0,043	0,095
2008	0,185	0,088	0,282
2009	0,107	0,107	0,107
2010	0,063	0,054	0,070
2011	0,074	0,061	0,081
2012	0,084	0,080	0,089
2013	0,091	0,090	0,092
2014	0,062	0,042	0,082
2015	0,158	0,154	0,161
2016	0,078	0,078	0,078

Toma del pueblo: río Colana												
Caudal Medio Mensual del aforo en m ³ /seg - Periodo 2001/2016												
MES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
PROM.	0,080	0,119	0,119	0,138	0,093	0,074	0,065	0,105	0,084	0,072	0,064	0,085
MÍN.	0,080	0,217	0,296	0,282	0,161	0,095	0,065	0,154	0,114	0,091	0,089	0,091
MÁX.	0,08	0,07	0,059	0,081	0,062	0,056	0,065	0,042	0,054	0,061	0,043	0,079

Vieja toma: río Mutquín			
Caudal Medio Anual del aforo en m³/seg - Periodo 2001/2016			
AÑO	PROM.	MÍN.	MÁX.
2001	0,251	0,205	0,297
2002	0,303	0,146	0,617
2003	0,177	0,095	0,249
2004	0,157	0,122	0,220
2005	0,110	0,110	0,110
2006	0,111	0,090	0,130
2007	0,131	0,075	0,187
2008	0,169	0,137	0,200
2009	0,124	0,124	0,124
2010	0,109	0,070	0,150
2011	0,174	0,123	0,248
2012	0,204	0,140	0,289
2013	0,199	0,149	0,224
2014	0,158	0,154	0,161
2015		0,000	0,000
2016	0,374	0,374	0,374

Vieja toma: río Mutquín												
Caudal Medio Mensual del aforo en m³/seg - Periodo 2001/2016												
MES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
PROM.	0,164	0,285	0,295	0,218	0,150	0,131	0,117	0,202	0,143	0,112	0,127	0,130
MÍN.	0,205	0,617	0,588	0,327	0,209	0,140	0,117	0,228	0,220	0,191	0,166	0,146
MÁX.	0,122	0,150	0,085	0,149	0,110	0,124	0,117	0,154	0,095	0,070	0,075	0,114

5 km aguas arriba de cruce con ruta: río Siján			
Caudal Medio Anual del aforo en m³/seg - Periodo 2002/2016			
AÑO	PROM.	MÍN.	MÁX.
2002	0,133	0,068	0,246
2003	0,123	0,069	0,142
2004	0,083	0,072	0,094
2005	0,150	0,150	0,150
2006	0,057	0,030	0,085
2007	0,088	0,029	0,125
2008	0,102	0,034	0,170
2009	0,088	0,088	0,088
2010	0,045	0,040	0,055
2011		0,000	0,000
2012	0,145	0,145	0,145
2013		0,000	0,000
2014		0,000	0,000
2015	0,307	0,307	0,307
2016	0,184	0,184	0,184

5 km aguas arriba de cruce con ruta: río Siján											
Caudal Medio Mensual del aforo en m ³ /seg - Periodo 2002/2016.											
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0,094	0,092	0,183	0,136	0,113	0,090		0,068	0,089	0,102	0,077	0,108
0,094	0,142	0,307	0,170	0,150	0,132	0,000	0,068	0,145	0,145	0,138	0,131
0,094	0,041	0,040	0,111	0,055	0,030	0,000	0,068	0,034	0,057	0,029	0,085

1,5 km aguas arriba de Planta Potabilizadora: río Apoyaco			
Caudal Medio Anual del aforo en m ³ /seg - Periodo 2002/2013			
AÑO	PROM.	MÍN.	MÁX.
2002	0,058	0,029	0,116
2003	0,056	0,015	0,080
2004	0,021	0,021	0,021
2005	0,060	0,060	0,060
2006	0,019	0,006	0,030
2007	0,018	0,016	0,021
2008	0,029	0,027	0,031
2009			
2010	0,028	0,020	0,032
2011	0,043	0,025	0,075
2012	0,045	0,041	0,047
2013	0,038	0,025	0,051

1,5 km aguas arriba de Planta Potabilizadora: río Apoyaco												
Caudal Medio Mensual del aforo en m ³ /seg - Periodo 2002/2013												
MES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
PROM.	0,021	0,039	0,068	0,046	0,054	0,034	0,028	0,036	0,035	0,037	0,028	0,032
MÍN.	0,021	0,020	0,030	0,021	0,029	0,006	0,028	0,025	0,025	0,022	0,015	0,021
MÁX.	0,021	0,056	0,116	0,075	0,073	0,080	0,028	0,047	0,047	0,069	0,054	0,043

300 m al noreste por finca de flia. Losso: río Michango			
Caudal Medio Anual del aforo en m ³ /seg - Periodo 2002/2014			
AÑO	PROM.	MÍN.	MÁX.
2002	0,032	0,010	0,065
2003	0,015	0,006	0,022
2004	0,005	0,005	0,005
2005	0,007	0,007	0,007
2006	0,014	0,012	0,015
2007	0,016	0,006	0,033
2008	0,021	0,020	0,022

2009		0,000	0,000
2010	0,021	0,018	0,025
2011	0,037	0,018	0,060
2012	0,055	0,055	0,055
2013	0,048	0,048	0,048
2014	0,031	0,030	0,032

300 m al noreste por finca de flia. Losso: río Michango												
Caudal Medio Mensual del aforo en m³/seg - Periodo 2002/2014												
MES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
PROM.	0,005	0,039	0,037	0,025	0,020	0,015	0,018	0,040	0,021	0,015	0,015	0,015
MÍN.	0,005	0,055	0,065	0,060	0,030	0,020	0,018	0,048	0,033	0,022	0,029	0,015
MÁX.	0,005	0,022	0,019	0,013	0,007	0,010	0,018	0,032	0,010	0,006	0,006	0,015

200 m aguas arriba del desarenador: río Rincón			
Caudal Medio Anual del aforo en m³/seg - Periodo 2002/2016			
AÑO	PROM.	MÍN.	MÁX.
2002	0,178	0,024	0,384
2003	0,103	0,058	0,137
2004	0,067	0,052	0,082
2005		0,000	0,000
2006	0,036	0,019	0,064
2007	0,059	0,052	0,065
2008	0,132	0,063	0,200
2009	0,023	0,023	0,023
2010	0,064	0,034	0,091
2011	0,068	0,062	0,078
2012	0,275	0,120	0,510
2013	0,112	0,046	0,210
2014	0,074	0,060	0,088
2015		0,000	0,000
2016	0,169	0,169	0,169

200 m aguas arriba del desarenador: río Rincón												
Caudal Medio Mensual del aforo en m³/seg - Periodo 2002/2016.												
MES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
PROM.	0,052	0,269	0,154	0,163	0,074	0,072	0,085	0,053	0,072	0,062	0,072	0,083
MÍN.	0,052	0,063	0,034	0,065	0,060	0,025	0,085	0,024	0,023	0,019	0,052	0,064
MÁX.	0,052	0,510	0,314	0,306	0,103	0,107	0,085	0,088	0,120	0,112	0,095	0,102