



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

**FACULTAD DE CIENCIAS EXÁCTAS, FÍSICAS Y
NATURALES**

PRÁCTICA SUPERVISADA

Ingeniería Ambiental

***Recopilación de Datos para el Estudio de los Procesos
Hídricos en las Sierras Chicas y su Integración con la
Sociedad***

Autora: Malvina Gigli

Tutora: Mgter. Ing. Civil Estela Reyna

Supervisor Externo: Dr. Ing. Civil Marcelo García

Fecha: 14 de Diciembre de 2018

*Te crees señor de todo territorio,
la tierra solo quieres poseer,
más toda roca, planta o criatura
está viva, tiene alma, es un ser.*

*Tú crees que igual a ti es todo el mundo
y hablas como un gran conocedor,
más sigue las pisadas de un extraño
y mil sorpresas hallarás alrededor.*

*¿Escuchaste aullar los lobos a la luna azul?
¿Has visto a un lince sonreír?
O unirte a la voz de las montañas
y colores en el viento descubrir,
y colores en el viento descubrir.*

*Corramos por veredas en el bosque,
probemos de sus frutos el sabor,
descubre que riquezas te rodean
sin pensar por un instante en su valor.*

*Hermanos son el río y la lluvia,
amigos somos todos como ves,
vivimos muy felices tan unidos
en un ciclo fraternal que eterno es.*

*¿Cuán alto el árbol será?
Sí lo cortas hoy nunca se sabrá*

*Ni oirás aullar los lobos a la luna azul,
sea blanca o morena nuestra piel
todos tenemos que cantar con las montañas
y colores en el viento descubrir.*

*Si no entiendes que hay aquí,
sólo es tierra para ti,
sin colores en el viento descubrir.*

Colores en el Viento – Traducido por Jauría (2013)

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a mis padres, Analía y Luis, mis impulsores en la vida, mis pilares y mis creadores, dos seres incondicionales que además de la vida, me dieron los valores y las convicciones que me llevaron al lugar en el cual hoy me encuentro.

A mis suegros, Adriana y Alberto, que me apoyaron desde el primer momento en que entré en sus vidas y ellos en la mía, y por todo lo que hicieron en estos años, siempre voy a estar en deuda.

A mis amigos en esta experiencia, Duli, Tomás, Diego, Franco, y a todas las personas maravillosas que fui conociendo y con las que compartí clases, trabajos prácticos, militancia política, mates, y algo de tiempo libre.

A todos los docentes que me educaron en este largo camino, desde la Srta. Silvia en primer grado de la Escuela Brigadier Gral. Estanislao López, hasta los numerosos profesionales sumamente talentosos e inspiradores que conocí en la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Particularmente, a la Ing. Estela Reyna y el Ing. Alejandro Baruzzi, por todo el apoyo y el trabajo que realizaron para que la carrera se dicte, y para yo pueda recibirme; y al Ing. Marcelo García y el Ing. Antoine Patalano, que me permitieron formar parte de este proyecto tan importante.

Y por último, el mayor agradecimiento a mi compañero de viaje, mi sostén, Ezequiel... por más aventuras juntos, pero como ingenieros!

Malvina Gigli

Córdoba, 2018

RESUMEN

En este trabajo se llevaron a cabo diferentes tareas con el objetivo de contribuir al proyecto "Cazadores de Crecidas" (CdC) del Centro de Estudios y Tecnología del Agua – C.E.T.A. –, cuyo propósito es estudiar las crecidas y el comportamiento de los ríos en diferentes regiones de la provincia de Córdoba. En este caso, las tareas se realizaron en la zona de Sierras Chicas, abarcando las localidades de La Granja, Agua de Oro, Salsipuedes, Río Ceballos, Unquillo, Mediolaza, Villa Allende y Saldán.

El trabajo inició con la recopilación de datos geográficos y técnicos de los diferentes sitios de medición establecidos por el proyecto CdC en las localidades mencionadas previamente, para llevar a cabo las Monografías de Sitios, las cuales permiten a los diferentes integrantes y colaboradores del proyecto conocer la localización exacta del sitio, referencias sobre la forma de llegar a dicho punto, las características técnicas y el instrumental instalado, y contienen una planilla detallando las intervenciones y visitas realizadas al sitio.

La segunda tarea realizada fue el diseño de un cartel informativo para ser colocado en los sitios del proyecto CdC, con indicaciones sobre cómo tomar un video para colaborar con el proyecto y la ubicación de todos los sitios favoritos en las Sierras Chicas.

Por último, se realizó el procesado de videos de crecidas en el sitio de Río Ceballos, para medición con Velocimetría por imágenes de partículas a gran escala LSPIV (Large Scale Particle Image Velocimetry). Para ello se utilizaron los programas RIVeR y PIVlab, que permiten fragmentar el video en imágenes, determinar los vectores de velocidad, rectificarlos y escalarlos, y finalmente, conociendo el perfil topográfico del lugar, estimar el valor del caudal.

Esta última actividad permitió establecer una curva altura-caudal que, si bien debe ser calibrada con una mayor cantidad de datos, es una buena aproximación para determinar caudales a partir de la altura leída en la escala.

Continuar con este proyecto es sumamente importante, ya que va a permitir comprender de mejor manera el comportamiento de los ríos serranos y, además, crear un historial de datos que servirá para prevenir catástrofes como las ocurridas en años anteriores. Sin embargo, se debe buscar una solución más profunda a esta problemática, que abarque agentes económicos, sociales y ambientales.

A partir de lo realizado en este trabajo, se recomienda concientizar a las administraciones de las localidades sobre la importancia de las mediciones, generar espacios de integración social, desarrollar planes de alertas de crecidas, aumentar el número de estaciones, pensando, a largo plazo, en extender el proyecto de CdC a diferentes puntos del país, vincular la medición de caudales con, por ejemplo, mediciones meteorológicas, relevamiento de condiciones de las cuencas, relevamiento de edificaciones realizadas en la planicie de inundación de los cursos de agua; y diseñar y desarrollar una aplicación para teléfonos móviles que asista a los ciudadanos al momento de realizar la toma del video.

PALABRAS CLAVE

Sierras Chicas, Cazadores de Crecidas, LSPIV, Sistematización de información, Participación ciudadana, Medición de caudales, Generación distribuida de datos.

ÍNDICE

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1. INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II: OBJETIVOS Y MARCO GENERAL	2
2. OBJETIVOS.....	2
2.1. Objetivos Generales.....	2
2.2. Objetivos Específicos.....	2
2.3. Instituciones Involucradas	2
2.3.1. <i>Laboratorio De Hidráulica</i>	2
2.3.2. <i>Centro De Estudios Y Tecnología Del Agua</i>	3
2.3.3. <i>Ministerio De Agua, Ambiente Y Servicios Públicos</i>	3
2.3.4. <i>Dirección de Defensa Civil</i>	5
CAPÍTULO III: SIERRAS CHICAS. CONTEXTO GEOGRÁFICO Y SOCIOECONÓMICO	6
3. SIERRAS CHICAS DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA	6
3.1. Contexto Geográfico	7
3.1.1. <i>Cadena Oriental o Sierra Chica</i>	7
3.2. Hidrografía	9
3.2.1. <i>Consideraciones Generales</i>	9
3.2.2. <i>Vertiente Oriental – Cuenca de la Mar Chiquita</i>	11
3.3. Condiciones Climáticas	12
3.4. Contexto Económico y Social.....	13
3.2.3. <i>Localidad de Saldán</i>	14
3.2.4. <i>Localidad de Villa Allende</i>	16
3.2.5. <i>Localidad de Mendiolaza</i>	16
3.2.6. <i>Localidad de Unquillo</i>	16
3.2.7. <i>Localidad de Río Ceballos</i>	17
3.2.8. <i>Localidad de Salsipuedes</i>	17
3.2.9. <i>Localidad de Agua de Oro</i>	18
3.2.10. <i>Localidad de La Granja</i>	18
3.2.11. <i>Economía de la región</i>	18
3.2.12. <i>Situación socioeconómica de la población</i>	19
CAPÍTULO IV: CONCEPTOS HIDROLÓGICOS	21
4. HIDROLOGÍA: CONCEPTOS Y APLICACIÓN.....	21
4.1. Ciclo Hidrológico	21
4.2. Procesos Hidrológicos y Teorema de Transporte de Reynolds	22
4.2.1. <i>Ecuaciones de Continuidad</i>	24
4.3. Agua Atmosférica.....	26
4.3.1. <i>Precipitación</i>	26
4.3.2. <i>Lluvia</i>	28
4.3.3. <i>Evaporación y Evapotranspiración</i>	30
4.4. Agua Superficial	30
4.4.1. <i>Hidrograma de Caudal</i>	32
4.4.2. <i>Abstracciones</i>	34
4.4.3. <i>Tiempo de Tránsito</i>	36
4.5. Tránsito Agregado de Crecientes.....	37
4.6. Tránsito Distribuido de Crecientes	39
CAPÍTULO V: RECOPIACIÓN DE DATOS E INCORPORACIÓN DEL PROYECYO A LA SOCIEDAD	40
5. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS	40
5.1. Sitios Favoritos.....	40
5.1.1. <i>Estación La Granja – SCH10</i>	40
5.1.2. <i>Estación Agua de Oro – SCH20</i>	42

5.1.3. Estación Salsipuedes – SCH30	42
5.1.4. Estación Puente San José – SCH40	42
5.1.5. Estación Unquillo – SCH50.....	42
5.1.6. Estación Mendiolaza – SCH60	42
5.1.7. Estación Villa Allende – SCH70.....	42
5.1.8. Estación Saldán – SCH80	42
5.2. Monografías de Sitios Favoritos	43
5.2.1. Fundamentación	43
5.2.2. Descripción de las Monografías y su realización	43
5.3. Cartelería Informativa.....	44
5.3.1. Fundamentación	44
5.3.2. Descripción de la Cartelería.....	44
5.4. Determinación de caudales mediante la técnica LSPIV	46
5.4.1. Fundamentación	46
5.4.2. Descripción de la técnica LSPIV.....	46
5.4.3. Procedimiento realizado para el procesamiento y resultados	49
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES FINALES	59
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	59
6.1. Conclusiones.....	59
6.2. Recomendaciones para la continuación de este trabajo	59
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61
ANEXO I: MONOGRAFÍAS DE SITIOS FAVORITOS.....	63
ANEXO II: CARTELERÍA INFORMATIVA	118

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 3.1 -	Mapa Físico de la región oeste de la provincia de Córdoba	6
Fig. 3.2 -	Mapa de las localidades del Departamento Colón que forman parte del proyecto CdC	15
Fig. 4.1 -	Flujo y Almacenamiento de agua en el balance global del Ciclo Hidrológico	22
Fig. 4.2 -	Volumen de control del fluido para la determinación del teorema de transporte de Reynolds	24
Fig. 4.3 -	Función continua en el tiempo y métodos de representación en un dominio de tiempo discreto	26
Fig. 4.4 -	Formación de gotas por nucleación de vapor sobre aerosoles en la atmósfera	27
Fig. 4.5 -	Fuerzas actuantes sobre una gota de lluvia que cae	28
Fig. 4.6 -	Cálculo de la lluvia promedio sobre un área por el método de la media aritmética	30
Fig. 4.7 -	Cálculo de la lluvia promedio sobre un área por el método de las isohietas	28
Fig. 4.8 -	Flujo superficial en una pendiente producido por un exceso de lluvia	31
Fig. 4.9 -	Incremento de caudal a medida que la fuente variable se extiende	32
Fig. 4.10 -	Componentes de un hidrograma de caudal durante una tormenta	33
Fig. 4.11 -	Técnicas de separación de flujo base	33
Fig. 4.12 -	Variables en el método de abstracciones de precipitación del SCS	35
Fig. 4.13 -	Solución de las ecuaciones de escorrentía del SCS	35
Fig. 4.14 -	Efecto de la urbanización en la escorrentía de tormentas	36
Fig. 4.15 -	Áreas de contribución al flujo de salida de diferentes isócronas	37
Fig. 4.16 -	Relaciones entre caudal y almacenamiento	38
Fig. 4.17 -	Interpretación conceptual del tiempo de crecientes	39
Fig. 5.1 -	Mapa con la localización de los sitios favoritos en Sierras Chicas	41
Fig. 5.2 -	Diseño frontal de la Cartelería Informativa para la Estación SCH40	45
Fig. 5.3 -	Diseño reverso de la Cartelería Informativa para la Estación SCH40	46
Fig. 5.4 -	Técnicas de medición por imágenes utilizando diferentes análisis de procesamiento	47
Fig. 5.5 -	Secuencia de medición con LSPIV	48
Fig. 5.6 -	Relación entre la cámara y el sistema coordinado del terreno	49
Fig. 5.7 -	Conceptualización del algoritmo LSPIV	49
Fig. 5.8 -	Arroyo Río Ceballos con su caudal normal (foto tomada el 4 de octubre de 2018)	50
Fig. 5.9 -	Arroyo Río Ceballos el día 2 de marzo de 2018 a las 13:20 hs.	51
Fig. 5.10 -	Cálculo de caudal en programa RIVeR, Arroyo Río Ceballos, 2/03/2018, 13:20 hs.	51
Fig. 5.11 -	Campo de velocidades, Arroyo Río Ceballos, 2/03/2018, 13:20 hs.	52
Fig. 5.12 -	Arroyo Río Ceballos el día 2 de marzo de 2018 a las 13:25 hs.	52
Fig. 5.13 -	Cálculo de caudal en programa RIVeR, Arroyo Río Ceballos, 2/03/2018, 13:25 hs.	53
Fig. 5.14 -	Campo de Velocidades, Arroyo Río Ceballos, 2/03/2018, 13:25 hs.	53
Fig. 5.15 -	Arroyo Río Ceballos el día 2 de marzo de 2018 a las 13:30 hs.	54
Fig. 5.16 -	Cálculo de caudal en programa RIVeR, Arroyo Río Ceballos, 2/03/2018, 13:30 hs.	54
Fig. 5.17 -	Campo de velocidades, Arroyo Río Ceballos, 2/03/2018, 13:30 hs.	55
Fig. 5.18 -	Caudal en función del tiempo, Arroyo Río Ceballos, evento del 2/03/2018	55
Fig. 5.19 -	Arroyo Río Ceballos el día 2 de marzo de 2018	56
Fig. 5.20 -	Cálculo de caudal en programa RIVeR, Arroyo Río Ceballos, 2/03/2018	57
Fig. 5.21 -	Campo de velocidades, Arroyo Río Ceballos, 3/03/2018	57
Fig. 5.22 -	Curva H-Q del Arroyo Río Ceballos en la Estación SCH40	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 -	Datos Censales de Población Total del Departamento Colón	14
Tabla 3.2 -	Índice de desarrollo humano en diferentes departamentos de la Provincia de Córdoba	20
Tabla 5.1 -	Precipitación en la cuenca del Arroyo Río Ceballos, 2/03/2018	56

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

El comportamiento de un río durante una crecida puede resultar impredecible. Desde una lluvia local, hasta una lluvia en toda una región pueden ocasionar una elevación en el nivel del cauce de gran magnitud y con gran velocidad. En regiones como las Sierras Chicas de la provincia de Córdoba, los ríos se caracterizan por ser de cauces pequeños y de bajos tirantes normales, con pendientes elevadas. Sin embargo, debido a que sus cuencas son cercanas al cauce y de superficies que promedian los 80 km², una lluvia local en la parte alta de las mismas produce un gran aumento del caudal del río. Un río serrano durante una crecida, contiene una cantidad de energía tal, que es capaz de arrastrar un vehículo de gran tamaño. Las consecuencias de no estudiar dichas crecidas se vieron en el año 2015 en las Sierras Chicas, con gran cantidad de pérdidas materiales y damnificados.

Es de suma importancia entender el comportamiento de esta clase de afluentes, conocer sus cuencas y la influencia de las láminas de precipitaciones, para que no se generen nuevas pérdidas, llevando a las poblaciones crecientes a regiones que no se encuentren en el cauce histórico de los ríos y, de esta manera, dejar de ver las crecidas como tragedias y poder observarlas como la expresión del comportamiento normal de la naturaleza. En este contexto surge el proyecto Cazadores de Crecidas (CdC), con el objetivo de estudiar diferentes regiones hídricas de la provincia de Córdoba, entre ellas las Sierras Chicas.

Este documento es el Informe Técnico final de la asignatura Práctica Supervisada, la cual tiene como propósito introducir al alumno en una situación de la profesión para que aplique los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera Ingeniería Ambiental. En este caso, la situación dentro de la cual se realizó el trabajo es el estudio de las crecidas de los cauces en las Sierras Chicas de la provincia de Córdoba, dentro del marco del proyecto CdC.

A lo largo de este informe se detallarán las tareas realizadas. Pero, también, se hablará de la importancia de involucrar a la sociedad en esta problemática, para que sea un agente activo en la recolección de datos de crecidas para, posteriormente, realizar el procesamiento. De esta manera, así como se habla de generación distribuida de energía o separación distribuida o en origen de los residuos sólidos urbanos, podremos hablar de generación distribuida de datos.

CAPÍTULO II: OBJETIVOS Y MARCO GENERAL

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivos Generales

El objetivo general de este trabajo es colaborar con el trabajo que se realiza en el proyecto CdC, estudiando las crecidas en las Sierras Chicas, y analizar la forma de involucrar a la sociedad en dicho proyecto.

2.2. Objetivos Específicos

Se han establecido los siguientes objetivos específicos:

- Involucrar a la alumna, como futura profesional, en la tarea habitual de un Ingeniero Ambiental, realizando actividades que involucran la documentación, el procesamiento y cálculo, y la interacción con la sociedad.
- Recopilar datos utilizando diferentes herramientas informáticas y realizando visitas a campo, que permitan ejecutar las Monografías de los Sitios de Medición de CdC.
- Realizar el procesamiento de videos mediante LSPIV, para determinar los caudales generados durante diferentes crecidas ocurridas en el año 2017 y 2018, para utilizar posteriormente esta información para el análisis y estudio del río.
- Establecer, mediante cartelería, una comunicación con los vecinos de las Sierras Chicas, y con la sociedad en general, para comenzar a involucrarlos en la problemática.

2.3. Instituciones Involucradas

2.3.1. *Laboratorio De Hidráulica*¹

El Laboratorio de Hidráulica (LH) es una de las seis cátedras que integran el Departamento de Hidráulica de la FCEFN – UNC, y es uno de los centros de investigación hidráulica más tradicionales y activos del país. Su personal está integrado por profesionales e investigadores, técnicos, becarios de grado y de postgrado, personal administrativo y de mantenimiento.

Desde su fundación, en la década de los 40, presta servicios académicos y de investigación científico-tecnológica financiada por proyectos provinciales, nacionales e internacionales. En tal sentido, la política del LH se ha orientado a la investigación aplicada brindando soluciones a problemas complejos de ingeniería en colaboración con entidades públicas y privadas. Su principal función es la formación de personal altamente especializado mediante el ejercicio concreto de la investigación y la participación activa en actividades docentes de las carreras de grado y postgrado categorizadas de la FCEFN – UNC (Maestría en Recursos Hídricos y Doctorado en Ciencias de la Ingeniería).

Los servicios técnicos y de consultoría especializada en hidráulica se han realizado para numerosas Direcciones Provinciales del País, y los principales organismos Nacionales. Para estos clientes se han realizado numerosos modelos físicos reducidos a fondo fijo y móvil de obras y estructuras hidráulicas, incluyendo presas, azudes, sifones, vertederos, alcantarillas, disipadores de energía, como así también modelos fluviales bidimensionales y tridimensionales. Adicionalmente se realizan tareas de reparación y calibración de instrumental hidrométrico. El Laboratorio cuenta con el equipamiento propio de ensayos físicos en canal

¹ http://www.inv.lab_hidraulica.efn.uncor.edu/

vidriado de pendiente variable apto para ríos de montaña de 14 m x 0,5m x 0,6 m, bombas mayores (2 sumergibles de 100 l/s c/u) y menores, instrumental hidrométrico de campo y laboratorio, como limnómetros ópticos, limnógrafos digitales, vertederos de aforo, molinetes y mini molinetes, velocímetro Doppler 3D, tubos Pitot, instrumental de mediciones limnológicas y sedimentológicas, etc. , diversos modelos reducidos a fondo fijo y móvil en una nave cubierta de más de 400 m². El personal disponible en el LH de la FCEFYN – UNC incluye profesionales del campo de la Ingeniería en áreas técnicas que incluyen mecánica de fluidos, hidrología, limnología, obras hidráulicas, hidráulica fluvial, hidráulica marítima, hidráulica computacional, hidráulica ambiental, análisis digital de imágenes, todas con sus correspondientes modelos computacionales y software específico de pre y pos proceso, análisis de datos. (Petroli, 2016)

2.3.2. Centro De Estudios Y Tecnología Del Agua

El Centro de Estudios y Tecnología del Agua (C.E.T.A.) es un centro de investigación perteneciente al Laboratorio de Hidráulica. Esta institución realiza estudios avanzados en Recursos Hídricos, incluyendo estudios experimentales y modelaciones numéricas.

Uno de los proyectos del C.E.T.A. es Cazadores de Crecidas, que busca involucrar a la comunidad en la recolección de datos sobre las crecidas que suceden en diferentes puntos de nuestra provincia.

2.3.3. Ministerio De Agua, Ambiente Y Servicios Públicos²

El Ministerio de Agua, Ambiente y Servicios Públicos es uno de los organismos que asisten al Poder Ejecutivo de la provincia de Córdoba. Compete al Ministerio de Agua, Ambiente y Servicios Públicos, en general, asistir al Poder Ejecutivo en todo lo inherente a la producción, transformación, transporte, distribución y comercialización de energía y demás recursos renovables, como así también en lo que hace al control y protección del ambiente y del recurso hídrico provincial, con miras a lograr el desarrollo sustentable, la fiscalización del Transporte y la Regulación de los Servicios en general.

Dentro de sus funciones se puede especificar:

- La determinación de los objetivos y la formulación de las políticas en el área de su competencia.
- La ejecución de los planes, programas y proyectos del área de su competencia, elaborados conforme a las directivas que imparta el Poder Ejecutivo.
- La fiscalización de las actividades en materia de producción, comercialización, transporte y distribución de energía en el territorio provincial, dentro del ámbito de su competencia.
- La organización, registro, control y fiscalización de los prestadores de servicios vinculados a materias energéticas.
- La promoción de la producción y del uso de energías alternativas limpias, como medio de suplantar el consumo de recursos no renovables.
- La planificación estratégica y promoción de la explotación racional de recursos de energía renovables.
- La elaboración de planes y propuestas y la ejecución de políticas sobre recursos hídricos que contemplen su preservación, gestión y aprovechamiento; programas de agua potable, saneamiento y riego.

² <https://minaaysp.cba.gov.ar/>

- La ejecución de acciones para el uso y concreción de redes de gas natural.
- Las políticas de incentivo y regulación relacionadas a la investigación, exploración, explotación, desarrollo, autorización y administración de recursos de hidrocarburos, gas y todo otro combustible alternativo en el ámbito de la provincia, particularmente los relacionados a los biocombustibles; interviniendo en todo lo concerniente a puestos de generación, producción y redes de gas y/u otros combustibles.
- Proponer la realización de obra pública para la producción, transporte y distribución de energía, especialmente mediante el aprovechamiento de recursos renovables.
- La promoción y establecimiento de los umbrales de aprovechamiento de los recursos naturales, la conservación y protección del ambiente. La fijación de los estándares correspondientes.
- La ejecución de la política ambiental provincial establecida en la Ley Provincial 10.208 y la reglamentación e implementación de los instrumentos de política y gestión incorporados.
- La participación en la elaboración de políticas que permitan y faciliten la recuperación y conservación de la diversidad biológica y el cuidado del ambiente (suelo, agua, flora y fauna).
- El desarrollo del Sistema Provincial de áreas Protegidas, con miras a conservar, en el contexto del ordenamiento territorial, muestras representativas y significativas de los ecosistemas del territorio provincial y de los principales núcleos poblacionales de flora y fauna.
- El desarrollo del Ordenamiento Ambiental del Territorio de la Provincia.
- La elaboración y actualización del diagnóstico ambiental y de los recursos naturales provinciales y establecer los indicadores de calidad ambiental.
- La participación en la generación y coordinación de los instrumentos de gestión ambiental para promover la educación ambiental fomentando la participación ciudadana. Profundizar en forma coordinada con el ministerio de educación en el desarrollo de la educación ambiental formal, no formal e informal. Promover la participación ciudadana para la convivencia ambiental en los términos de la Ley Provincial 10.208.
- La administración y difusión de la información en materia ambiental, coordinando sus actividades, con los organismos de la Administración Pública Provincial, los municipios y/o comunas, los organismos nacionales e internacionales que posean información ambiental y las organizaciones no gubernamentales (ONGs).
- La prevención, control y mitigación de emergencias ambientales, contingencias y accidentes, que pudieran provocar daño ambiental.
- La aplicación, interpretación y cumplimiento de las normas en materia ambiental pudiendo aplicar las sanciones que prescribe la normativa vigente, mediante resoluciones que revestirán el carácter de título ejecutivo y cuya procuración extrajudicial y/o judicial encomendará en la forma que estime corresponder de acuerdo a la legislación vigente.
- La fiscalización de los servicios públicos descentralizados y el control de los que se presten por intermedio de terceros; como así también la organización del registro de empresas prestadoras de los mismos.
- La supervisión, fomento y desarrollo de la política de transporte en todas sus formas.
- El ejercicio del poder de policía en todo el territorio provincial conforme a las atribuciones, derechos y facultades otorgadas por la legislación vigente y ser Autoridad de Aplicación de todas las normas específicas referidas a su competencia.
- El funcionamiento del Instituto de Planificación Área Metropolitana.

En particular, este organismo, colabora logística y financieramente con el proyecto CdC, trabajando en conjunto para alcanzar en el menor tiempo posible los objetivos propuestos para el proyecto.

2.3.4. Dirección de Defensa Civil³

La Dirección de Defensa Civil depende de la Secretaría de Emergencia Provincial del Ministerio de Seguridad del Gobierno de la Provincia. Las funciones de Defensa Civil son:

- Establecer las políticas generales de Defensa Civil en el ámbito de la Provincia.
- Establecer convenios con a Nación y demás Provincias.
- Solicitar al Poder Ejecutivo Provincial la declaración en Estado de Emergencia de una parte o todo el territorio de la Provincia.
- Fijar los objetivos, orientación y amplitud de programas de difusión de Defensa Civil en todas las etapas de la enseñanza pública y privada.
- Fijar Zonas de Riesgo según la naturaleza del peligro potencial y la probable dispersión geográfica del mismo, confeccionando el Mapa de Riesgo.
- Promover en cada Zona de Riesgo, la creación de servicios de Defensa Civil con capacidad de respuesta ante el peligro potencial previsto, fomentando la organización de Comités Zonales de Defensa Civil.
- Establecer planes de contingencia y programas de Defensa Civil.
- Centralizar y dirigir las tareas de distribución de los medios de ayuda a los damnificados.
- Promover la creación y actividad de asociaciones cuyo objeto social se relacione total o parcialmente con la Defensa Civil.
- Orientar a la ciudadanía en general sobre aspectos de la Defensa Civil; capacitando y difundiendo a través de los medios de los medios de comunicación masiva, las medidas necesarias para asegurar la autoprotección y la conciencia de solidaridad en momentos de catástrofes.
- Administrar y disponer de los recursos asignados por la presente Ley.
- Adoptar toda otra medida que resulte necesaria para asegurar la protección de la población y de los bienes públicos y privados.

La Dirección de Defensa Civil colabora con el proyecto logísticamente, brindando recursos para mejorar el alcance del proyecto. Además, las dependencias locales de Defensa Civil ayudan en el mantenimiento de los sitios favoritos y realizan filmaciones en los momentos de crecidas.

³ <http://www.cba.gov.ar/que-es-la-defensa-civil/>

CAPÍTULO III: SIERRAS CHICAS. CONTEXTO GEOGRÁFICO Y SOCIOECONÓMICO

3. SIERRAS CHICAS DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA

En el desarrollo de este capítulo se va a proceder a describir a las Sierras Chicas de Córdoba, abordando el contexto geográfico y socioeconómico de la región. Esto permitirá enmarcar el trabajo realizado, y se podrá lograr un análisis más profundo de la problemática aquí considerada.

Las Sierras Chicas de Córdoba son un cordón montañoso que se encuentra al noroeste de la ciudad de Córdoba y conforma el límite este del Valle de Punilla. Se extienden unos 250 km, con su extremo sur en el Paraje de Tegua, al sudeste del pueblo de Elena ($32^{\circ}39'12''S$ $64^{\circ}16'8''O$), y su extremo norte en algunas lomadas bajas ubicadas al noroeste de la ciudad de Deán Funes ($30^{\circ}19'12''S$ $64^{\circ}28'53''O$).

Al este de este cordón serrano se encuentran varias localidades turísticas y ciudades satélites de la urbe cordobesa, tales como La Calera, Saldán, Villa Allende, Mendiolaza, Unquillo, Río Ceballos, Salsipuedes, El Manzano, Agua de Oro, La Granja, Ascochinga.⁴ En la Fig. 3.1 se muestra un mapa físico de una parte de la provincia de Córdoba, con la ubicación de las Sierras Chicas.

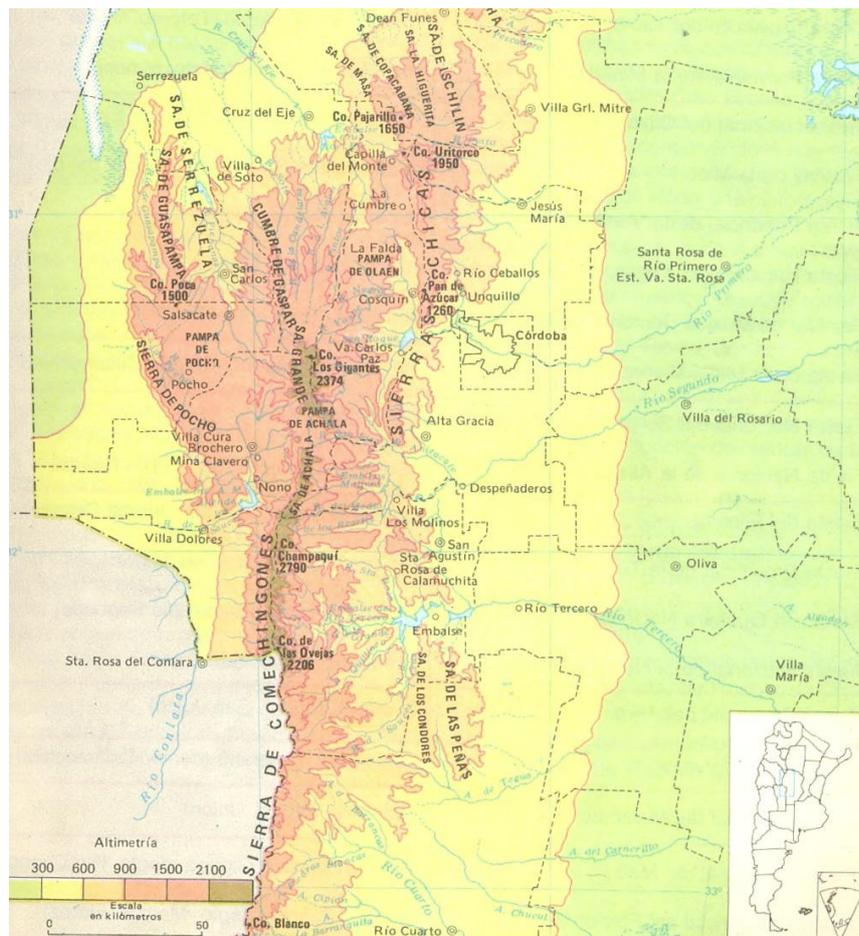


Fig. 3.1 – Mapa Físico de la región oeste de la provincia de Córdoba. Fuente: <https://www.mapade.org/cordoba.html>

⁴ https://es.wikipedia.org/wiki/Sierras_Chica

3.1. Contexto Geográfico

Las Sierras de Córdoba están formadas por tres cadenas paralelas entre sí, que corren de Norte a Sur a lo largo y hacia la parte occidental del territorio de la provincia, ocupando aproximadamente la sexta parte de su territorio, alrededor de 30.000 km² (Río y Achával, 1904). Debido a esta gran extensión, se presentan variaciones en la composición geológica, la configuración topográfica y el aspecto de las sierras. Aún así, la región mantiene ciertas características comunes.

Si se analiza el perfil transversal de las sierras de Córdoba, estas presentan en su ladera oriental una línea tendida que une la llanura, con suaves ondulaciones y luego pendientes más empinadas, a veces prolongándose en una vasta altiplanicie; y en su ladera occidental, un faldeo de gran pendiente, próxima a la vertical, que termina sin transición en la llanura.

Analizando longitudinalmente las sierras de Córdoba, en su extremo sur, se deprimen gradualmente hasta integrarse en la llanura, excepto por la cadena central, la cual se prolonga por cerros aislados que desaparecen en la región pampeana; en el extremo norte, las cadenas se dividen y subdividen en cadenas secundarias, las cuales terminan en lomadas y pequeñas ondulaciones.

Las tres cadenas, de este a oeste, son (Río y Achával, 1904):

- Cadena Oriental o Sierra Chica, cuyas ramificaciones alcanzan, en el norte, hasta Ambargasta y Sumampa, y se pierde, en el sur, cerca de la población Tegua, en el departamento Río Cuarto, después de recorrer 400 km entre los 29° y 32° 40' de latitud.
- Cadena Central o Sierra Grande, que se extiende en una longitud de 327 km entre los 30° 45' y 33° 40' de latitud. La línea principal de sus cumbres desde la localidad de Cruz del Eje, en el norte, hasta las inmediaciones de Chaján, en el sur, donde se integra a la región pampeana.
- La Cadena Occidental o Sierras de Guasapampa y de Pocho, llega hasta el lugar llamado "Punta de la Sierra", en su extremo norte, donde termina el pequeño cordón llamado Serrezuela, y la línea principal de sus cumbres, ligeramente inclinada al Sudeste, desaparece cerca del río de Los Sauces, al norte de la localidad de Villa Dolores, siendo su longitud total de 140 km, comprendidos entre los 30° 40' y los 32° de latitud.

3.1.1. Cadena Oriental o Sierra Chica

Dentro de la Cadena Oriental, se designa particularmente con el nombre de Sierras Chicas al cordón montañoso que comienza en el Cerro Pajarillo, al norte de la localidad de Charbonier, y finaliza al llegar al embalse del río Tercero, en la localidad de Villa del Dique. Al norte del Cerro Pajarillo, la cadena oriental se divide en varias ramificaciones, que desaparecen al encontrarse con el río Saladillo, en la provincia de Santiago del Estero. Al Sur del río Tercero, la cadena se extiende por la Sierra de los Cóndores y la de las Peñas, que se pierde cerca del paraje de Tegua.

Las prolongaciones septentrionales de la Sierra Chica, llamadas comúnmente Sierras del Norte, forman en su mayor parte una altiplanicie, cuya elevación media entre las poblaciones de Inti Huasi y San Francisco del Chañar, varía de 700 a 900 m, estando limitada hacia ambos lados por sierras más altas. Esta porción de la cadena oriental se deprime gradualmente hacia el Norte y desaparece, como se mencionó anteriormente, cerca del Saladillo. Todas esas

pequeñas sierras ocupan en el territorio de Córdoba una superficie de 130 km de largo, con dirección general del NNE al SSO, y 50 a 60 de ancho. El aspecto general de esta parte de la región montañosa es muy variado y pintoresco; presenta, sobre un suelo apenas accidentado, una hermosa vegetación de palmares, y en su centro mismo tienen origen los principales ríos y arroyos de la región. Las sierras son sumamente fértiles, viéndose sus faldas constantemente cubiertas de verdura.

Hacia el oeste, separada por un estrecho valle del cordón occidental, se encuentra la pequeña Sierra de Quilino, cerca de la villa de este nombre, y con alturas medias de 550 a 600 metros. La sierrita de Ischilín puede considerarse como la extremidad norte de dicho cordón occidental, del cual está separado por la Cuesta de Yerba Buena. Al oeste de esta sierra se levantan los pequeños cordones de Copacabana y de Maza, que corren del NO al SE, llegando a confundir sus macizos frente al Cerro Pajarillo, desde cuyo punto, como se ha dicho, la cadena oriental del sistema orográfico de Córdoba toma el nombre de Sierra Chica, sobre la cual se encuentran sus mayores elevaciones.

En su parte central, el cordón oriental corre bien unido y compacto, por una línea continua de cumbres que se extiende, como ya se mencionó, de norte a sur, desde el Cerro Pajarillo hasta el Embalse del río Tercero, y la separa de la sierra de los Cóndores, una extensión de 155 km. Desde el Pajarillo hacia el sur, sus principales elevaciones son: el Uritorco (1949 m); cerro de Minas (1700 m) y el Pan de Azúcar (1257 m). Las formas bien perfiladas de este último le distinguen de todos los inmediatos y a ellas debe su nombre.

En seguida la línea de cumbres continúa sin presentar cerros aislados y con una altura media de 1200 m, hasta la quebrada de San Roque, que da paso al río Primero, y donde termina la que podríamos llamar primera porción de la Sierra Chica. La segunda estaría comprendida entre la quebrada de San Roque y la de Santa Ana, donde la cadena se interrumpe nuevamente para dar paso al río de Anisacate. Esta porción describe aproximadamente, hacia el oeste, un arco de círculo cuya cuerda, entre los ríos Primero y de Anisacate, mide unos 50 km (Río y Achával, 1904).

Las Sierras Chicas están formadas por una tercera porción, desde la quebrada de Santa Ana hasta la de las Cañas, frente a Potrero de Garay, donde se interrumpe otra vez para dejar paso a los demás ríos que concurren a formar el Segundo, y una cuarta porción comprendida entre Potrero de Garay y el río Tercero; en ambas porciones, la línea de cumbres es bastante uniforme, sobresaliendo del nivel general los cerros del Árbol, de Soconcho, de las Chuñas y del Oro. A partir de este último, dicha línea se deprime hacia el sur, donde es conocida con el nombre de Sierrita.

Al sur del río Tercero, el cordón oriental se eleva hasta una altura de 700 metros, y se lo denomina Sierra de los Cóndores. Tiene cerca de 55 km de extensión, en sentido Norte-Sur, hasta sus últimas elevaciones en 32°40' de latitud. El remate austral de esta pequeña cadena lleva el nombre de Sierra de las Peñas; su altura disminuye a medida que avanza hacia el sur y desaparece cerca de Tegua, en forma de colinas y lomadas.

El ancho de las sierras que forman la cadena oriental es poco considerable; varía entre 15 y 30 km. La mayor dimensión corresponde a la parte comprendida entre la quebrada de San Roque y el cerro Pajarillo, y va creciendo a medida que se acerca a este último punto.

Como en todos los demás, el perfil transversal muestra la vertiente oriental con pendientes débiles que la hacen descender suavemente hasta la llanura, y la occidental abrupta y áspera, salvando sus mayores alturas en distancias horizontales menores a 8 kilómetros (Río y Achával, 1904).

3.2. Hidrografía

3.2.1. Consideraciones Generales

La provincia de Córdoba se encuentra en el centro del territorio del país. Sin embargo, posee un sistema hidrográfico exclusivamente propio, es decir, que todas las numerosas corrientes de agua de que lo componen nacen y desaparecen dentro de sus límites, a excepción del río Tercero. Este sistema está determinado naturalmente por la orientación de las sierras de Córdoba, el relieve del suelo de la llanura y la posición relativa de entre estas.

En la región montañosa se condensa el agua evaporada acarreada por los vientos desde el océano Atlántico, así como el vapor atmosférico existente debido a la evaporación de la región pampeana. Esto da lugar a la formación de innumerables vertientes, las cuales, uniendo su variable caudal, originan la pequeña corriente; este hilo de agua desciende por las líneas de máxima pendiente, casi verticales en las alturas, hasta el valle secundario (la quebrada), donde, con muchas otras corrientes, forma el arroyo de curso torrencioso, el cual, a su vez, desciende por el fondo de aquella hasta el valle principal, en cuyo nivel inferior se encuentra el río, formado de esta manera por numerosos afluentes.

De esta manera, la mayor parte de los ríos de la provincia recorren considerables extensiones por valles tendidos entre las cadenas de las sierras, acrecidos constantemente por corrientes tributarias procedentes de ambas laderas, hasta alcanzar el corte profundo y sinuosos por donde atraviesan la montaña. Una vez que alcanzan a la llanura, la recorren en direcciones paralelas, y van a desaguar en las grandes depresiones de aquella o se pierden en extensos bañados y cañadas pantanosas, absorbidos por los terrenos permeables del trayecto, sin encontrar nuevos afluentes que los mantengan.

El cauce en las quebradas se caracteriza por ser encajonado, erizado de peñascos, y presenta una serie continua de saltos, cascadas y remansos, inclinado casi hasta la vertical. En los valles principales, se ensancha sensiblemente, haciéndose más suave y más llano, aunque todavía se observen en ellos los cajones de piedra, que aprisionan la corriente en grietas de pocos metros de ancho, y los saltos, que dan lugar a bellas cascadas y profundos remansos. Al atravesar la sierra vuelve al accidentado aspecto primitivo, que desaparece definitivamente apenas alcanza a la llanura (Río y Achával, 1904).

En la llanura, el cauce sufre un cambio abrupto de pendiente y corre, hasta desaparecer, por una declinación débil y casi uniforme. De esta manera, se desarrolla en numerosas curvas, determinadas por las ligeras ondulaciones del terreno, sobre un suelo compuesto de arenas y, en las cercanías de las sierras, de peñascos y rodados que decrecen en tamaño a medida que avanza el curso. A medida que la pendiente disminuye, el cauce se ensancha y la velocidad decrece; esto genera un aumento en la sedimentación, y la corriente desaparece bajo el lecho arenoso. Luego, resurge en forma de pantanos y pequeñas lagunas y se pierde definitivamente en los terrenos adyacentes. En dichos terrenos se esparcen las aguas de las grandes avenidas, lo que les da un aspecto característico de bañados.

El origen de los ríos es exclusivamente pluvial, ya que no existen en la región nieves perpetuas, y, por consiguiente, su régimen es muy variable. Sin embargo, se puede afirmar, de manera general, que en la época de lluvias el caudal es doble que en la época de estiaje, exceptuando los momentos de grandes crecientes, en que este llega a centuplicarse.

Como queda dicho, la mayor parte de los ríos se pierden en las llanuras antes de alcanzar el receptáculo a que va dirigida su corriente.

La orientación general (N. S.) de las sierras de Córdoba determina dos vertientes para las corrientes de agua que en ellas tienen origen: la Oriental y la Occidental. Para dividir las se puede trazar una línea, formada por las más altas cumbres de la sierra de los Comechingones hasta el nacimiento del arroyo de Piedras Blancas, desde cuyo punto se prolonga hacia el norte, siguiendo la misma línea de altas cumbres hasta el cerro de los Gigantes; a partir de allí, la divisoria se inclina hacia el noreste, para pasar por las pampas de San Luis y de Olaen; luego, continúa hacia el norte por el pequeño cordón que se extiende hasta la localidad de San Marcos. A la altura de San Jerónimo, dobla repentinamente al este, para seguir por las cumbres de las Sierras Chicas hasta dar de frente con la localidad de Copacabana; desde este punto, se inclina nuevamente al NNE y continúa por las sierras de Ischilín, Yerba Buena, Tulumba y Chuña Huasi, donde abandona los cordones montañosos para seguir por el centro de la altiplanicie que se encuentra en San Francisco del Chañar, hasta interceptar el límite con la provincia de Santiago del Estero (Río y Achával, 1904).

A la corriente Oriental pertenecen los ríos más importantes de la provincia, por el caudal y el recorrido. Se encuentra encerrada dentro del territorio de Córdoba, delimitada al norte, este y sur por las fronteras provinciales, y al oeste por la línea divisoria establecida.

La corriente de agua Occidental está limitada al norte y al oeste por los límites de la provincia, al sur por el arroyo de Piedra Blanca, y al este por la línea ya descrita.

La topografía del terreno comprendido en cada una de esas vertientes, determina a su vez vertientes secundarias, cuencas o regiones hidrográficas, caracterizadas por la dirección que los accidentes naturales del suelo imprimen a las corrientes de agua y por las hoyas o depósitos en que éstas tienen su término. Así, la vertiente Oriental, que es la de interés para este trabajo ya que incluye la ladera este de las Sierras Chicas, se divide en tres regiones: la Región Septentrional o cuenca de la Mar Chiquita, la Región Oriental o cuenca del Paraná y la Región Meridional o cuenca de La Amarga.

Pertenecen a la región Septentrional los ríos y arroyos de la vertiente Oriental que tienen por depósito común la Mar Chiquita y las lagunas de Los Porongos, o que corren en esta dirección sin alcanzar el nivel inferior en que se encuentran situados dichos receptáculos; a la región Oriental pertenecen los ríos y arroyos que, por intermedio del Tercero, llevan sus aguas al Paraná; y a la región Meridional, todas las corrientes de agua que se dirigen hacia las grandes depresiones donde se encuentran situados los bañados y la laguna denominada La Amarga.

La vertiente Occidental comprende dos regiones: la Región Septentrional o cuenca de las Salinas Grandes y la Región Occidental que comprende las corrientes de agua que bajan a las llanuras del Oeste y desaparecen por infiltraciones sin alcanzar a un depósito común.

Se detallará la Cuenca de la Mar Chiquita, ya que en ella quedan incluidas todas las corrientes que son de interés para este trabajo

3.2.2. Vertiente Oriental – Cuenca de la Mar Chiquita

Al nordeste de la provincia de Córdoba, entre los 30° y 31° de latitud Sur y los 62° y 63° de longitud Oeste, existe una vasta depresión de terrenos salinos, en cuyo nivel inferior se encuentran situadas la Mar Chiquita y las lagunas saladas de Los Porongos. La extensión superficial de la primera (2.000 Km²) le ha valido la designación con que se la conoce. Es un inmenso depósito comprendido completamente en el territorio de la provincia, con un eje longitudinal de E. a O. que mide 75 Km y otro transversal de 25 Km, al que concurren las aguas pertenecientes a la cuenca del mismo nombre.

Las costas orientales alcanzan una altura de 60 m, siendo las más marcadas de todo el perímetro, y se las conoce con el nombre de Bordo de los Altos. Estos Altos tienen una distancia variable hasta el agua de uno a tres kilómetros, quedando limitada aquella por una costa baja, poco accidentada y cubierta por una vegetación raquílica, propia de las regiones salinas (Río y Achával, 1904). El Bordo de los Altos se prolonga hacia el norte, hasta cerca de la margen derecha del río Salado, y conforma el límite este de la vasta depresión cuya parte baja está ocupada por una serie de lagunas salobres, denominadas Los Porongos, Yacumisqui, etc. Estas lagunas se comunican entre sí en la estación de las lluvias, formando un inmenso depósito alimentado por los abundantes derrames del río Dulce (Saladillo).

La costa sur de la Mar Chiquita es baja en general, principalmente en los primeros 20 Km desde el este, y está compuesta en casi toda su extensión de arcilla firme pampeana. En este trayecto se encuentra la desembocadura del río Segundo. El suelo de la costa es árido, cubierto en parte de pastos salados y árboles secos, pero la vegetación se torna más abundante a medida que se avanza hacia el oeste; la costa se vuelve fértil, cubierta de pastos y bosques de algarrobo, y la barranca de arcilla que la limita alcanza en parte hasta un metro de altura; en esta zona, la profundidad del agua sólo varía entre 0,80 m y 1,90 m. En la extremidad SO de la costa, la Mar Chiquita se interna al sur formando una gran rinconada cuya profundidad en el centro alcanza hasta 2 m. Desde este punto hasta la costa norte, se presenta la mayor distancia latitudinal de la Mar Chiquita, mayor a 25 Km (Río y Achával, 1904).

Las costas oeste y norte son bajas y muy poco pronunciadas, cubiertas de fango y arena, y no presentan contornos definidos. En esta zona, el agua alcanza, a una gran distancia de las mismas, una profundidad de sólo 0,40 m.

La región de interés es la más extensa de la vertiente Oriental; está limitada al norte, este y oeste por los límites de la misma, y al sur, por ligeras ondulaciones del terreno que la estrechan, inclinándose hacia el este en dirección noreste.

De esta forma, las aguas que bajan de las sierras de San Francisco del Chañar, Sierras Chicas, laderas del valle de Punilla, Pampa de San Luis, cerro de los Gigantes, cumbre de Achala y altiplanicies y cumbres de la sierra de los Comechingones, concurren a formar los ríos y arroyos que pertenecen a esta cuenca. A continuación se enumeran las corrientes, de muy variable importancia, que son objeto de interés para este trabajo.

El río Carnero está formado por los ríos de San Vicente y de La Granja. El primero nace en Alpatauca y corre con dirección ENE, pasando por Candonga, Chilcas y San Vicente. El segundo, viene del Franco con rumbo ESE y recibe en su margen izquierda el arroyo de la Dormida, que nace un poco más al norte. Ambos ríos se juntan en la llanura para formar el río Carnero, cuya corriente ordinaria termina, a poca distancia, levantada por tomas que riegan la

Colonia Caroya y la Estancia La Guardia. En época de crecientes va a se derrama en bañados al este de dicha Colonia.

El río San Cristobal nace al norte del cerro La Banderita, y en su primer tramo corre en dirección ESE; al llegar a la Estancia Candonga, dobla y corre en dirección ENE, pasando por San Vicente y Agua de Oro. Cuando alcanza la posición de la localidad de Jesus María, al sur de la misma, cambia nuevamente de dirección, volviendo a correr en dirección ESE. Finalmente, luego de recorrer algunos Km, la corriente termina, levantada por tomas de riego y absorbida por el estrato de suelo, a falta de una corriente de aporte.

El río Salsipuedes nace entre el Potrero de Nis y Alpatauca, y está formado con las vertientes de Quebrada Honda, Potrero de Nis, Estancita, etc. Corre al SE, pasa por Salsipuedes, Puesto del Carro, Santo Domingo, donde toma rumbo SSE para ir a perderse en los alrededores de la estancia El Carmen.

El río Ceballos o arroyo de Saldán está formado por los arroyos de Colanchanga y del Hornillo, que se juntan en el Peñón Colorado; corre primeramente al este y en la población de Río Ceballos dobla al Sur para desembocar en el río Primero con el nombre de arroyo de Saldán. Recibe en su margen derecha los siguientes arroyos: de Mal Paso, que se le junta cerca de la capilla de Río Ceballos, de la Quebrada, que se une cerca de la estancia de Luján, del Unquillo, que nace en Chivitín y desagua frente a San José después de haberse aumentado con el de las Ensenadas, y finalmente el de la Reducción, que viene por la cuesta del Pan de Azúcar. El arroyo Saldán, antes de desembocar en el río Primero, atraviesa las localidades de Mendiolaza, Villa Allende y la homónima Saldán.

La cuenca inferior del río Primero o Suquía corresponde a las aguas que bajan de las cumbres y falda oriental de las Sierras Chicas. Está limitada al norte con el Potrero de Loza, al sur con Yocsina, al este con Saldán y al oeste con las cumbres de la cadena oriental. Su forma es la de un trapecio, cuyos lados mayores están situados al este y oeste y cuya superficie alcanza a 400 Km² (Río y Achával, 1904).

La longitud total del río Primero desde el dique de San Roque hasta la Mar Chiquita es aproximadamente de 200 Km. No es, ni ha sido nunca navegable, pero sus aguas prestan inmensos servicios a las poblaciones que atraviesa, entre ellas, la capital de la provincia; estas aguas sirven para irrigación de extensas zonas en los alrededores de dichas localidades y departamentos limítrofes. Tanto el río Primero como sus tributarios tienen un régimen torrencial, pues las pendientes son generalmente superiores al 0,3% y el caudal de las aguas experimenta grandes variaciones.

3.3. Condiciones Climáticas

La provincia de Córdoba se caracteriza por poseer un clima templado moderado, con las cuatro estaciones bien definidas. De manera general, se puede decir que el clima tiene un régimen característico pampeano. La época de estiaje se presenta durante el invierno, el cual suele tener temperaturas que superan los 0°C. Durante el verano se presenta la época de lluvias, con días calurosos y noches frescas. La zona serrana, como consecuencia de la altura, suele presentar gran amplitud térmica a lo largo del día.

Los vientos del este y del oeste son raros, de corta duración y poca intensidad. En primavera soplan con fuerza creciente principalmente del norte y el noreste a medida que un centro de

depresión ciclónica se define en el frente polar. En el verano frecuentemente se producen tormentas eléctricas e incluso granizo.

La temperatura, en promedio, es menor que en otros sitios del planeta a latitudes semejantes. Esto se debe a la altitud y, sobre todo, al hecho de que la provincia se encuentra en la diagonal eólica de los vientos pamperos, vientos fríos que soplan desde el cuadrante sudoeste, originados en la Antártida. Por otra parte, dada la mediterraneidad, las variaciones o amplitudes térmicas son mayores que en la costa atlántica, siendo además menor la precipitación anual, de alrededor de 800 mm/año. Su temperatura media anual ponderada en todo el siglo XX fue de 18 °C. En enero, mes más cálido del verano austral, la máxima media es de 31 °C y la mínima de 17 °C. En julio, mes más frío, las temperaturas medias son de 19 °C de máxima y 4 °C de mínima. Aún en invierno son frecuentes días algo cálidos, debido a la influencia del viento Zonda.⁵ Las nevadas son poco frecuentes, pero se registran cada 4 o 5 años. Un poco más frecuente es la caída de agua nieve.

3.4. Contexto Económico y Social

Todas las localidades que están incluidas en este trabajo se encuentran dentro del Departamento Colón. Este departamento se encuentra al norte de la capital provincial, y en su jurisdicción se encuentran la mayoría de las localidades que conforman el Gran Córdoba. Tiene una extensión de 2.588 km². Limita al oeste con el Departamento Punilla, al norte con el Departamento Totoral, al este con el Departamento Río Primero y al sur con el Departamento Santa María y el Departamento Capital, aunque el verdadero límite del departamento en el sur es el río Suquía.

El departamento se encuentra dividido en dos regiones bien diferenciadas:

- La parte occidental, que ocupa menos de 15 % del territorio, pertenece al paisaje de las Sierras de Córdoba, más precisamente al cordón de la Sierra Chica. En esta región se encuentran varias localidades, casi todas conurbadas con la ciudad de Córdoba, de perfil turístico y suburbano, siendo las más grandes La Calera, Villa Allende, Río Ceballos, Unquillo y Salsipuedes. La parte noroeste posee una densidad poblacional mucho menor e incluye las localidades de Agua de Oro, La Granja y Ascochinga.
- La parte central y oriental pertenece originalmente a la llanura ondulada del Espinal, una región de transición entre las zonas geográficas de la Pampa y del Chaco. Actualmente es usada casi en su totalidad para la agricultura y la ganadería. En esta zona se encuentra Jesús María, Colonia Caroya y otras localidades más pequeñas.⁶

En el Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas del año 2010, en el Departamento Colón se contabilizó una población de 225.151 habitantes. Con una superficie de 2.588 Km², la densidad de población resultante fue de 87 habitantes/Km². En comparación con la densidad de la provincia de Córdoba (21,58 habitantes/Km²), Colón mostró un nivel de ocupación de su territorio superior a la media provincial.

Este Departamento representa el 6,8% de la población provincial; esta proporción ha venido incrementándose desde 1947, y a un ritmo más acelerado desde 1980. De los 26

⁵ <http://www.cba.gov.ar/provincia/aspectos-generales/clima/>

⁶ https://nuestraciudad.info/portal/Departamento_Col%C3%B3n.CBA

Departamentos que componen la provincia, Colón se ubicó en el orden 3º, de acuerdo a su población, en el Censo Nacional del año 2010.⁷

La evolución demográfica del Departamento Colón en los últimos siete censos muestra que el período intercensal 1991-2001 fue el de mayor crecimiento de la población, con un 36,4%. Este incremento representa a su vez el mayor registrado en el dicho período intercensal entre los Departamentos de la provincia de Córdoba. La principal causa radica en el importante movimiento migratorio desde la ciudad de Córdoba hacia las localidades del Gran Córdoba, pertenecientes al Departamento Colón.⁸

Se puede observar que en el último período intercensal el crecimiento relativo desciende con respecto al período anterior. Esto puede deberse a un evento de este período únicamente y que el crecimiento en adelante continúe siendo exponencial o puede deberse a que se está alcanzando la capacidad de carga de la región, es decir, la población máxima que puede habitar en esta región; si éste fuera el caso, el crecimiento dejaría de ser exponencial y comenzaría a ser logístico. En la Tabla 3.1 se muestra la población total de diferentes censos desde el año 1947 y las variaciones entre los periodos intercensales.

Año	Población Total	Variación Absoluta	Variación Relativa	Tasa media anual de crecimiento	Densidad (habitante/Km ²)
1947	43412				16.8
1960	55191	11779	27.13%	1.86%	21.3
1970	70961	15770	28.57%	2.55%	27.4
1980	95422	24461	34.47%	3.01%	36.9
1991	125402	29980	31.42%	2.51%	48.5
2001	171067	45665	36.41%	3.15%	66.1
2010	225151	54084	31.62%	3.10%	87.0

Tabla 3.1 – Datos Censales de Población Total del Departamento Colón⁸

En la Fig. 3.2, se muestra un mapa con la ubicación de las localidades en las que se encuentran los sitios favoritos de CdC en la ladera de las Sierras Chicas en el Departamento Colón.

3.2.3. Localidad de Saldán

La localidad de Saldán está ubicada al noroeste de la capital provincial, en el Departamento Colón, y al norte del río Suquía. Se encuentra totalmente conurbada con la ciudad de Córdoba y con Villa Allende, y forma parte de la zona de las primeras elevaciones significativas de las Sierras Chicas.

⁷ https://www.indec.gob.ar/censos_provinciales.asp?id_tema_1=2&id_tema_2=41&id_tema_3=135&p=14&d=999&t=3&s=0&c=2010

⁸ http://web2.cba.gov.ar/actual_web/estadisticas/informes_departnuevos/colon/demografia/Poblaciontotal.htm

El arroyo Saldán surca la localidad de noroeste a sudeste y el río Suquía forma un meandro en la zona, ingresando a la localidad desde el sur (zona de Dumesnil) y doblando al este cerca de la desembocadura del arroyo.

Debido a que es una localidad que se superpone con el ejido urbano de Córdoba, parte de ella se encuentra en el departamento Capital, y su extensión y número de habitantes están disputados. La ciudad de Córdoba mantiene desde 1993 un convenio con Saldán mediante el cual habilita al municipio de prestar servicios y cobrar tasas en este territorio. El INDEC considera que esta zona disputada forma parte de Córdoba, dándole el nombre de Barrio Villa Saldán.⁹ Sin embargo, su población se estima, según el censo provincial realizado en 2008, en 10.402 habitantes (Dirección General de Estadística y Censos de la Provincia de Córdoba, 2008).



Fig. 3.2 – Mapa de las localidades del Departamento Colón que forman parte del proyecto CdC. Fuente: <http://www.sierrasdecordoba.com/>

⁹ <https://nuestraciudad.info/portal/Sald%C3%A1n.CBA>

3.2.4. Localidad de Villa Allende

Villa Allende es una ciudad ubicada directamente al noroeste de la ciudad de Córdoba. Es un suburbio residencial de la capital provincial y cuenta con un crecimiento poblacional muy rápido. Según el censo provincial del año 2008, su población ascendía 27.164 habitantes, con un crecimiento respecto al censo anterior del 25,3% (Dirección General de Estadística y Censos de la Provincia de Córdoba, 2008).

La localidad de Villa Allende se encuentra en una zona relativamente llana, con elevaciones menores. Al oeste, el terreno lentamente se eleva hacia los primeros cerros de las Sierras Chicas.

Entre Villa Allende y Córdoba existe un litigio respecto a una zona actualmente conocida como Barrio Villa Allende Parque, en la cual se superponen los ejidos municipales de las dos ciudades. A diferencia del convenio entre Córdoba y Saldán, no existe actualmente un convenio entre las dos ciudades sobre la prestación de servicios.¹⁰

3.2.5. Localidad de Mendiolaza

Mendiolaza es un municipio ubicado al norte de la ciudad de Villa Allende, en la llamada región de las Sierras Chicas, en el Departamento Colón. Es una zona residencial y una de las localidades de mayor crecimiento demográfico del Gran Córdoba, habiendo quintuplicado su número de habitantes entre 1991 y 2008. En este último año, su población era de 8.126 habitantes (Dirección General de Estadística y Censos de la Provincia de Córdoba, 2008).

La ciudad está conurbada con Villa Allende y Unquillo. Sin embargo, aún cuenta con grandes espacios verdes, por lo que tiene un ambiente cercano al de una ciudad-parque, con muchos árboles y zonas forestadas. El núcleo del pueblo se encuentra a la vera de la Ruta Intermunicipal, 4 km al norte del centro de Villa Allende. Al este del centro se encuentra el Barrio El Talar (Talar de Mendiolaza), un loteo extenso de que existe desde la década de 1990 y se está transformando en la parte más poblada de Mendiolaza. Este barrio llega hasta la Ruta Provincial E-53 (Autovía Córdoba - Río Ceballos), actualmente el límite oriental del municipio.¹¹

3.2.6. Localidad de Unquillo

La localidad de Unquillo forma parte de la región de las Sierras Chicas y está ubicada, aproximadamente, a 24 km al noroeste de Córdoba. Se encuentra conurbada con la capital provincial, con Mendiolaza y Río Ceballos. Aunque la ciudad tiene carácter suburbano, cuenta con un centro con vida urbana propia. En el año 2008, la población censada fue de 17.183 habitantes (Dirección General de Estadística y Censos de la Provincia de Córdoba, 2008).

Unquillo se encuentra al norte de la localidad de Mendiolaza. El este, la localidad tiene un relieve de colinas de poca altura, mientras que al oeste, las alturas aumentan a medida que asciende la ladera oriental de las Sierras Chicas, hasta llegar a sus cumbres.

Aparte del núcleo urbano principal, se encuentran varios barrios en sus alrededores que forman parte del municipio, la mayoría de ellos de baja densidad poblacional y con carácter de pueblo

¹⁰ https://nuestraciudad.info/portal/Villa_Allende.CBA

¹¹ <https://nuestraciudad.info/portal/Mendiolaza.CBA>

serrano. Al este del núcleo principal, sobre la Ruta Provincial E-53, se encuentra el barrio Pajas Blancas, totalmente separado del resto de la mancha urbana. Varios arroyos descienden de las laderas de la Sierra Chica, entre otros, el Arroyo Cabaña y el Arroyo Los Quebrachitos, formando el río Unquillo.

La principal vía de transporte es la Ruta Provincial E-53 que la comunica con Córdoba y Río Ceballos, en conjunto con la Ruta Intermunicipal.

Hoy Unquillo, de manera similar a las ciudades vecinas, es una ciudad suburbana residencial integrada al Gran Córdoba.¹²

3.2.7. Localidad de Río Ceballos

La localidad de Río Ceballos no sólo es una de las principales ciudades del Departamento Colón, sino que también está ubicada en la parte central de la región conocida como Sierras Chicas, en el noroeste del Gran Córdoba. Se encuentra conurbada con sus vecinas de Unquillo y Salsipuedes y por ende también con la ciudad de Córdoba. La población censada en 2008 ascendía a 19.133 habitantes (Dirección General de Estadística y Censos de la Provincia de Córdoba, 2008).

En las últimas décadas, ha sido afectada por el proceso de suburbanización resultado de la migración de habitantes de la capital provincial hacia la región de las Sierras Chicas, el cual incrementó notablemente el número de habitantes en dicha región. Sin embargo, la ciudad de Río Ceballos tiene un perfil más turístico que las localidades vecinas. En sus alrededores se encuentran varios atractivos paisajísticos, entre los cuales se destaca el Dique La Quebrada, declarado reserva hídrica.

El relieve de la zona es montañoso y los barrios que forman a esta localidad se encuentran en varios valles, llegando las últimas colinas de la Sierra Chica hasta el este de la ciudad. El arroyo Río Ceballos es el principal curso de agua y baja del Dique La Quebrada, ubicado al oeste de la ciudad cerca del barrio del mismo nombre.¹³

3.2.8. Localidad de Salsipuedes

Salsipuedes es una localidad ubicada en el sector norte de la región conocida como Sierras Chicas, en el Departamento Colón, con aproximadamente 9.003 habitantes (Dirección General de Estadística y Censos de la Provincia de Córdoba, 2008). Es una típica localidad residencial suburbana.

Este municipio se caracteriza por amplios loteos y una relativamente baja densidad poblacional. Tiene dos núcleos urbanos principales: el centro de Salsipuedes, ubicado en el sur, y el Barrio El Pueblito, al norte del centro, casi conurbado con Agua de Oro. En el sur las urbanizaciones están conurbadas con Río Ceballos.

La localidad está conectada con Córdoba, cuyo centro dista a 33 km, a través de la Ruta Provincial E-53. Además está conectada con La Falda a través del Camino del Cuadrado (Ruta Provincial E-57).

¹² <https://nuestraciudad.info/portal/Unquillo.CBA>

¹³ https://nuestraciudad.info/portal/R%C3%ADO_Ceballos.CBA

El principal curso de agua es el río Salsipuedes, el cual baja de la ladera de las Sierras Chicas, y se caracteriza por tener poco caudal, excepto en época de crecidas.¹⁴

3.2.9. Localidad de Agua de Oro

La localidad de Agua de Oro integra el departamento Colón, y se ubica en el norte de la zona de las Sierras Chicas. La localidad es extensa cuenta con baja densidad poblacional; sin embargo, se puede decir que está conurbada con todas las localidades que la rodean: al sudoeste con El Manzano, al sur con el Barrio El Pueblito (Salsipuedes), al nordeste con la localidad de La Granja y al oeste con Villa Cerro Azul.

Es una zona residencial y turística, debido a sus extensiones de bosque y conservación natural. Su núcleo principal se encuentra en la Ruta Provincial E-53, en dónde se localiza también el pequeño centro comercial del pueblo. Esta localidad cuenta con 2.061 habitantes, según el censo del año 2008 (Dirección General de Estadística y Censos de la Provincia de Córdoba, 2008).¹⁵

3.2.10. Localidad de La Granja

La Granja es una extensa localidad ubicado en el extremo norte de la zona conocida como Sierras Chicas, en el oeste del departamento Colón. Forma el último eslabón de la cadena de localidades conurbadas con la ciudad de Córdoba.

El municipio es conformado, además de La Granja propiamente dicho, por las localidades de Ascochinga, Corral Quemado, Los Molles, Villa Ani Mi y Las Vertientes de La Granja, de las cuales Ascochinga es la que presenta mayor vida propia. De esta forma, el municipio alcanza los 2.911 habitantes (Dirección General de Estadística y Censos de la Provincia de Córdoba, 2008).

El municipio se extiende sobre las laderas orientales de la Sierra Chica. Solamente el sur, la población de La Granja propiamente dicha, Villa Ani Mí y Las Vertientes, se encuentra conurbada con el resto de las localidades de las Sierras Chicas y son consideradas parte del conurbano de Córdoba. Ascochinga se encuentra 6 km al norte y tiene dos núcleos poblacionales, siendo el del norte el más antiguo.

El río La Granja es el principal de la región, aunque también se encuentran el río San Vicente y el río Asconchinga. La Ruta Provincial E – 53 es la vía de acceso a la localidad de La Granja desde la capital provincial. A través de una ruta de tierra, la Ruta Provincial E-66, la localidad está conectada, también, con la ciudad de La Cumbre en el Valle de Punilla.¹⁶

3.2.11. Economía de la región

El desarrollo económico del Departamento Colón se basa en tres actividades económicas principales. Estas son la ganadería, la agricultura y el turismo. Es importante destacar que estas actividades dependen fuertemente del comportamiento hídrico de la región.

¹⁴ <https://nuestraciudad.info/portal/Salsipuedes.CBA>

¹⁵ https://nuestraciudad.info/portal/Agua_de_Oro.CBA

¹⁶ https://nuestraciudad.info/portal/La_Granja.CBA

- Ganadería: Si bien existían en Colón 53.613 vacunos, en 2002, este departamento se transformó en el centro ganadero por excelencia de todo el norte cordobés. En cuanto a los porcinos, base para una afamada producción de productos regionales, las casi 30 mil cabezas representan el 6,36% del total provincial. También es digno de destacar el sector avícola.
- Agricultura: En cuanto al sector agrícola, las áreas sembradas fueron desplazando a las destinadas a la cría y engorde de vacunos; la soja de Colón representa casi el 2% del total cordobés y el maíz el 2,8%, entre los principales cultivos. El sector frutihortícola es uno de los más importantes de la provincia y está ligado al gran centro consumidor que es el Gran Córdoba. Entre los principales cultivos se encuentran la vid, la batata, los ciruelos, higos, duraznos, nogales y papa.
- Turismo: El turismo es una de las actividades regionales de mayor importancia, ya que las Sierras Chicas reciben anualmente unos 290 mil turistas, lo que representa el 8,64% del total cordobés. Uno de los principales atractivos es el Festival Nacional de Doma y Folclore de Jesús María, que desde hace más de cinco décadas se lleva a cabo durante la primera quincena del mes de enero.¹⁷

3.2.12. Situación socioeconómica de la población

A partir de los datos recolectados en el censo provincial del año 2008 y de la información extraída de los censos nacionales anteriores, se puede realizar un análisis comparativo de diferentes índices, indicadores de la condición socioeconómica de la población en el Departamento Colón.

El panorama de las Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) en el territorio muestra una mejora significativa con respecto al Censo Nacional de Población 2001. Se observaron 5.162 hogares que cumplieron con al menos un tipo de condición de NBI (8,7%, valor superior al de la provincia -6,6%- pero inferior al observado en 2001 -13,1%-), lo que equivale a 26.349 personas; el hacinamiento es la NBI más frecuente, presente en el 70,3% de los casos; tipo de vivienda como NBI está presente en el 14,8% de los hogares; las condiciones sanitarias son la segunda NBI más común, encontrándose en 19,41% de las viviendas; finalmente, la asistencia escolar y la capacidad de subsistencia son las dos NBI menos usuales, presentándose en el 0,3% y 5,9% de los hogares, respectivamente.

Los resultados censales del 2008 muestran que el territorio registró un total de 35.945 personas con privaciones materiales (pobres), equivalente al 17,6% de la población en hogares particulares. Comparando los resultados con el censo 2.001, se observa una disminución en la cantidad de “personas pobres” en la región; cayó del 41,0% en 2.001 al 17,6% en 2008. El 2,9% de la población total del departamento comprendía a personas que sólo tenían privación de ingresos (nuevos pobres), un 13,5% sólo con privación de carácter habitacional (privación patrimonial) y un 1,2% con ambas privaciones (pobres estructurales).

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) diseñó el Indicador de Desarrollo Humano (IDH) que mide: longevidad, conocimientos y nivel de vida. Acosta et al (2012) calculó este indicador para los departamentos de la provincia de Córdoba y, determinó que existe una gran desigualdad en la calidad de vida entre los distritos. En la Tabla 3.2 se observa que sólo 2 departamentos del territorio considerado (departamento Colón y departamentos aledaños) se ubican dentro de los 10 primeros lugares del ranking provincial

¹⁷ [https://es.wikipedia.org/wiki/Departamento_Col%C3%B3n_\(C%C3%B3rdoba\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Departamento_Col%C3%B3n_(C%C3%B3rdoba))

según el indicador IDH. Además, si se considera la brecha de desarrollo, medida como la diferencia con el distrito mejor ubicado (Unión), cuatro de los departamentos considerados mantienen una brecha superior al 20%, entre ellos el departamento Colón.

Gran parte de la Población con NBI se encuentra viviendo en asentamientos informales o villas de emergencia. Estos lugares de residencia son definidos como una agrupación de un mínimo de 8 familias, agrupadas o contiguas que no cuenten con un acceso regular a al menos uno de los servicios básicos (agua potable, luz eléctrica, alcantarillado público). En base a relevamientos realizados por la organización no gubernamental Un techo para mi país, en la provincia de Córdoba existen un total de 238 asentamientos, con un promedio de 112 familias cada una. En el departamento Colón se encuentra el 9,7% de los asentamientos provinciales, lo que representa 23 asentamientos y 1.941 familias (con una cantidad estimada de habitantes de 9.705). Las condiciones de habitabilidad en dichos lugares distan mucho de ser las ideales. (Sanchez *et al*, 2013)

Departamento	2008					Unión=100
	Conocimientos	Longevidad	Nivel de vida	IDH	Ranking (1)	Brecha (2)
Capital	0,052	0,079	0,641	0,743	6	8,74%
Río Segundo	0,147	0,099	0,557	0,733	7	9,99%
Río Primero	0,290	0,109	0,494	0,702	10	13,69%
Tototal	0,448	0,187	0,291	0,691	13	15,06%
Calamuchita	0,262	0,088	0,677	0,658	14	19,16%
Colón	0,192	0,054	0,850	0,635	16	22,01%
Santa María	0,245	0,090	0,797	0,623	17	23,47%
Juárez Celman (3)	0,163	1,000	0,000	0,612	18	24,76%
Tercero Arriba	0,130	0,619	0,539	0,571	21	29,89%
Provincia de Córdoba	0,135	0,080	0,620	0,722	8	11,34%
Unión	0,131	0,080	0,342	0,814	1	0%

Aclaración: (1) Representa el ranking departamental de desarrollo según el indicador IDH
 (2) Brecha social existente con el departamento Unión
 (3) los valores corresponde al total departamental

Tabla 3.2 – Índice de desarrollo humano en diferentes departamentos de la Provincia de Córdoba (Sanchez et al, 2013)

CAPÍTULO IV: CONCEPTOS HIDROLÓGICOS

4. HIDROLOGÍA: CONCEPTOS Y APLICACIÓN

La hidrología es una rama de las ciencias de la Tierra. Está relacionada con la distribución y circulación del agua en el planeta, sus propiedades físico-químicas, y su interacción con el ambiente y con los seres vivos, especialmente con los seres humanos. Según Ven Te Chow (1994), puede definirse como el estudio del ciclo hidrológico, es decir, la circulación ininterrumpida del agua entre la litósfera y la atmósfera.

Debido a esta interacción entre el agua y las actividades antrópicas, se producen cambios en la distribución, la circulación o las características de las aguas en el planeta, lo cual puede tener efectos a largo plazo. Los seres humanos riegan tierras aradas y fertilizadas, desforestan bosques, extraen aguas subterráneas, construyen presas, vuelcan desechos en cuerpos de agua, entre muchas otras actividades que afectan principalmente la calidad del agua en el ambiente. Esto es una de las causas de los problemas hidrológicos, los cuales, a su vez, afectan directamente la vida y las actividades de gran cantidad de personas (Ven Te Chow, 1994).

Estos complejos problemas hidrológicos se combinan con un factor de riesgo que siempre está presente: en cualquier momento puede ocurrir un evento más extremo que cualquier otro históricamente conocido. En este punto, tanto los profesionales que estudian el comportamiento hidrológico como el Estado que tienen la responsabilidad de recolectar la mayor cantidad de información posible y proveer el mejor análisis que su conocimiento les permita.

En el desarrollo de este capítulo se realizará un repaso de algunos conceptos de la hidrología que sirven de herramienta para el trabajo llevado a cabo.

4.1. Ciclo Hidrológico

El ciclo hidrológico es el punto central de la hidrología. Es posible explicar el ciclo a través de la secuencia de procesos que se producen. El agua se evapora desde los océanos y desde la superficie terrestre y se integra a la atmósfera; el vapor de agua se transporta y se eleva en la atmósfera hasta que se condensa y precipita sobre la superficie terrestre o los océanos; el agua precipitada puede ser interceptada por la vegetación, convertirse en flujo superficial sobre el suelo, infiltrarse en él, correr a través del suelo como flujo superficial y descargar en los ríos como escorrentía superficial. La mayor parte del agua interceptada y de escorrentía superficial regresa a la atmósfera mediante la evaporación. El agua infiltrada puede llegar a grandes profundidades y recargar el agua subterránea, de donde emerge en manantiales o se desliza hacia ríos para formar la escorrentía superficial, y finalmente fluye hacia el mar o se evapora en la atmósfera a medida que el ciclo hidrológico continúa (Ven Te Chow, 1994).

El planeta Tierra contiene, aproximadamente 1.358 millones de Km^3 de agua¹⁸. Sin embargo, cerca del 97% del agua se encuentra en los océanos. El 3% restante se reparte en partes casi iguales entre los hielos polares y manantiales subterráneos, quedando sólo una pequeña fracción en los sistemas de agua superficial y atmosférica (alrededor del 3% del agua dulce).

¹⁸ <https://water.usgs.gov/gotita/earthhowmuch.html>

A pesar de que el contenido de agua en los sistemas superficiales y atmosféricos es relativamente pequeño, inmensas cantidades de agua pasan anualmente a través de ellos. Partiendo de un volumen anual en precipitación terrestre de 100, la evaporación desde la superficie terrestre consume el 61% de esta precipitación, y el restante 39% conforma la escorrentía hacia los océanos, principalmente como agua superficial. La evaporación desde los océanos constituye cerca del 90% de la humedad atmosférica. El análisis del flujo y almacenamiento de agua en el balance global de agua da una visión de la dinámica del ciclo hidrológico (Ven Te Chow, 1994). La Fig. 4.1 muestra una representación de este balance.

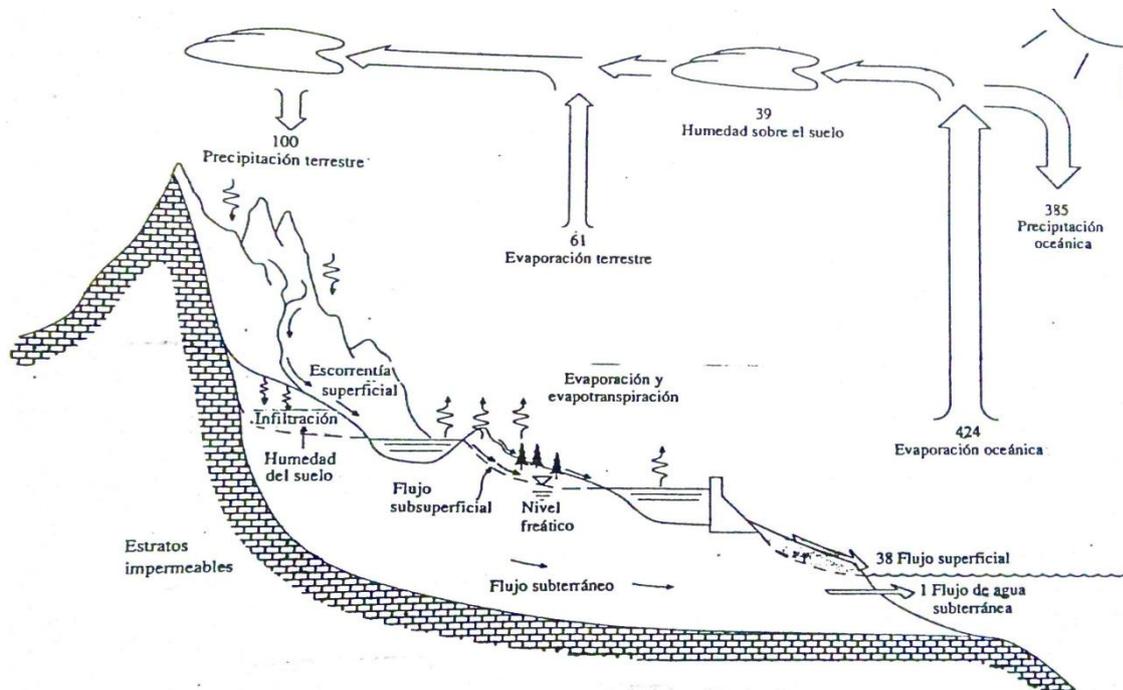


Fig. 4.1 – Flujo y Almacenamiento de agua en el balance global del Ciclo Hidrológico (Ven Te Chow, 1994).

El ciclo hidrológico es un fenómeno de gran complejidad, compuesto de numerosos ciclos interrelacionados de escala continental, regional y local. Si bien el concepto de ciclo hidrológico es simple, es sumamente importante estudiar los procesos hidrológicos en las diferentes escalas para comprender el ciclo hidrológico global.

Según Ven Te Chow (1994), "La hidrología de una región está determinada por sus patrones de clima, tales como la topografía, la geología y la vegetación. También, a medida que la civilización, progresa, las actividades humanas invaden gradualmente el medio ambiente natural del agua, alterando el equilibrio dinámico del ciclo hidrológico e iniciando nuevos procesos y eventos." Por ejemplo, debido a la quema de combustibles fósiles, está aumentando en la atmósfera la cantidad de dióxido de carbono y monóxido de carbono, entre otros gases. Esto intensifica el efecto invernadero, lo que lleva al incremento de la temperatura de la Tierra y tiene efectos de largo alcance sobre la hidrología global.

4.2. Procesos Hidrológicos y Teorema de Transporte de Reynolds

Los procesos hidrológicos modifican la distribución temporal y espacial del agua. Dentro del sistema hidrológico, el movimiento del agua se ve afectado por las propiedades físicas del sistema y por la interacción del agua con otros medios, como ser el aire y el calor. Para poder comprender las variaciones que podrían presentarse, surge la modelación como una

herramienta de gran ayuda. Un mecanismo consistente necesario para el desarrollo de modelos hidrológicos es el teorema de transporte de Reynolds, llamado también la ecuación general de volumen de control (Ven Te Chow, 1994).

El teorema de transporte de Reynolds toma leyes físicas que normalmente se aplican a masas discretas de una sustancia y las aplica a un fluido que circula continuamente a través de un volumen de control. Relaciona la tasa de cambio con respecto al tiempo de la propiedad extensiva en el fluido con las causas externas que producen este cambio.

Cuando se aplica la segunda ley de Newton o cualquier otra ley física a un cuerpo sólido, el interés está en el movimiento del cuerpo, y el análisis sigue este cuerpo hacia donde éste se mueva. Esta es la teoría lagrangiana de movimiento. En cambio, cuando se trabaja con fluidos, no se sigue el movimiento de partículas individuales, sino que el interés está en el volumen de control, un marco fijo en el espacio a través del cual es fluido pasa. Esta es la visión euleriana del movimiento.

El teorema separa la acción de influencias externas en el fluido, que se expresan por dB/dt , en dos componentes: la tasa de cambio con respecto al tiempo de la propiedad extensiva almacenada dentro del volumen de control y el flujo neto de la propiedad extensiva a través de la superficie de control. El teorema de transporte de Reynolds se usa comúnmente en mecánica de fluidos. A pesar de que este teorema no ha sido ampliamente utilizado en hidrología, proporciona un medio consistente para aplicar leyes físicas a sistemas hidrológicos (Ven Te Chow, 1994).

Para determinar la ecuación que rige el teorema, considérese el volumen de control que se muestra en la Fig. 4.2, cuya frontera se determina por la superficie de control señalada con línea discontinua.

Matemáticamente, el teorema de transporte de Reynolds se expresa como sigue:

$$\frac{dB}{dt} = \frac{d}{dt} \iiint_{v.c} \beta \rho dV + \iint_{s.c.} \beta \rho \mathbf{V} \cdot d\mathbf{A} \quad (1)$$

donde, B es la propiedad extensiva que se esté considerando, β es la propiedad intensiva que se corresponde con B, ρ es la densidad del fluido, dV es el volumen en estudio, \mathbf{V} es la velocidad del fluido expresada en manera vectorial, y $d\mathbf{A}$ es el diferencial de área atravesada por el fluido, también expresada en manera vectorial.

El teorema de transporte de Reynolds establece que la variación en el tiempo de una propiedad extensiva de un fluido es igual a la variación en el tiempo de la propiedad extensiva almacenada en el volumen de control, más el flujo neto de la propiedad extensiva a través de la superficie de control. Cuando se utiliza el teorema, los flujos de entrada se consideran negativos y los de salida positivos (Ven Te Chow, 1994).

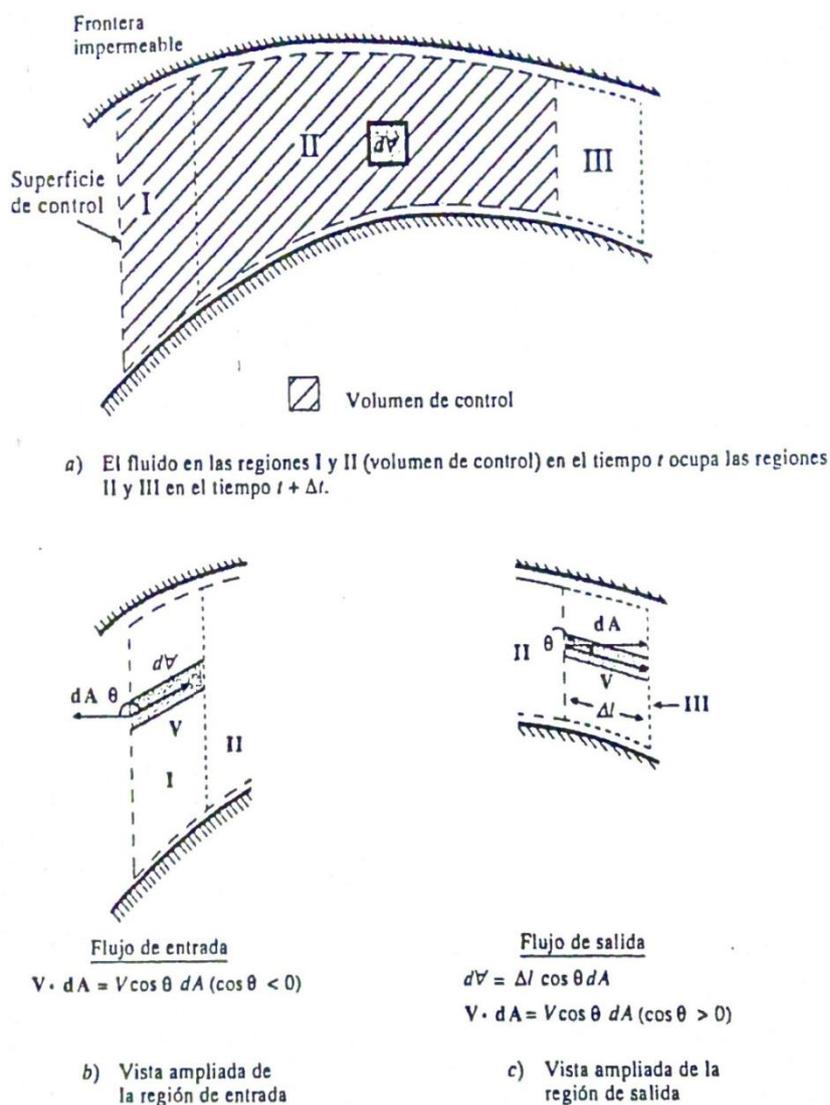


Fig. 4.2 – Volumen de control del fluido para la determinación del teorema de transporte de Reynolds (Ven Te Chow, 1994).

4.2.1. Ecuaciones de Continuidad

La conservación de masa es el principio físico más útil en el análisis hidrológico y se requiere en casi todos los problemas aplicados. Las ecuaciones de continuidad que expresan este principio pueden determinarse para un volumen de fluido, para una sección transversal y para un punto dentro del flujo.

La ecuación de continuidad integral se aplica a un volumen de fluido. Si la masa es la propiedad extensiva considerada en el teorema de transporte de Reynolds, entonces $B = m$ y $\beta = dB/dm = 1$. Por la ley de conservación de la masa, $dB/dt = dm/dt = 0$ porque la masa no se crea ni se destruye. Al sustituir estos valores en el teorema de transporte de Reynolds, Ec. 1, considerando que el flujo tiene densidad constante, se obtiene

$$\frac{d}{dt} \iiint_{v.c.} dV + \iint_{s.c.} \mathbf{V} \cdot d\mathbf{A} = 0 \quad (2)$$

La integral $\iiint dV$ es el volumen de fluido almacenado en el volumen de control denominado S , luego el primer término de la Ec. 2 es la tasa de tiempo de cambio del almacenamiento dS/dt .

El segundo término, el flujo neto, puede dividirse en flujo de entrada $I(t)$ y flujo de salida $Q(t)$. Finalmente, la ecuación de continuidad integral, Ec. 2, puede reescribirse como:

$$\frac{dS}{dt} = I(t) - Q(t) \quad (3)$$

que es la ecuación de continuidad integral para el flujo no permanente de densidad constante (Ven Te Chow, 1994).

Debido a que la mayor parte de la información hidrológica solamente está disponible en intervalos de tiempo discretos, es necesario reformular la ecuación de continuidad, Ec. 3, teniendo en cuenta un tiempo discreto. Suponiendo que el horizonte de tiempo se divide en intervalos de longitud Δt , indexados por j . La Ec. 3 puede reescribirse como $dS = I(t) dt - Q(t) dt$ e integrarse en el intervalo j -ésimo de tiempo para dar

$$S_j - S_{j-1} = I_j - Q_j \quad j = 1, 2, \dots \quad (4)$$

donde I_j y Q_j son los volúmenes de flujo de entrada y flujo de salida en el intervalo de tiempo j -ésimo. Si el cambio incremental en el almacenamiento se denomina ΔS_j , entonces puede escribirse que

$$S_j = S_{j-1} + \Delta S_j \quad (5)$$

Si el almacenamiento inicial en el tiempo 0 es S_0 , entonces $S_1 = S_0 + I_1 - Q_1$, $S_2 = S_1 + I_2 - Q_2$, y así sucesivamente. Sustituyendo los valores de almacenamiento, se obtiene

$$S_j = S_0 + \sum_{i=1}^j (I_i - Q_i) \quad (6)$$

que es la ecuación de continuidad en tiempo discreto (Ven Te Chow, 1994).

Las funciones $I(t)$ y $Q(t)$ se definen en un dominio de tiempo continuo; es decir, en cada instante del dominio de tiempo se define un valor de la función, y estos valores pueden cambiar de un instante a otro. La Fig. 4.3 muestra dos métodos mediante los cuales una función de tiempo continuo puede representarse en un dominio de tiempo discreto.

El primer método aplica una función de información por muestreo, en la cual el valor de una función $Q(t)$ en el j -ésimo intervalo de tiempo, Q_j , está dado simplemente por el valor instantáneo de $Q(t)$ en el tiempo $j\Delta t$. El segundo método aplica una función de información por pulso, en la cual el valor de la función discreta de tiempo Q_j está dado por el área bajo la función continua de tiempo.

En hidrología, el caudal y la precipitación son las variables de principal interés. Estas se miden como información por muestreo e información por pulso respectivamente. La ecuación de continuidad debe aplicarse cuidadosamente cuando se usa este tipo de información de tiempo discreto (Ven Te Chow, 1994).

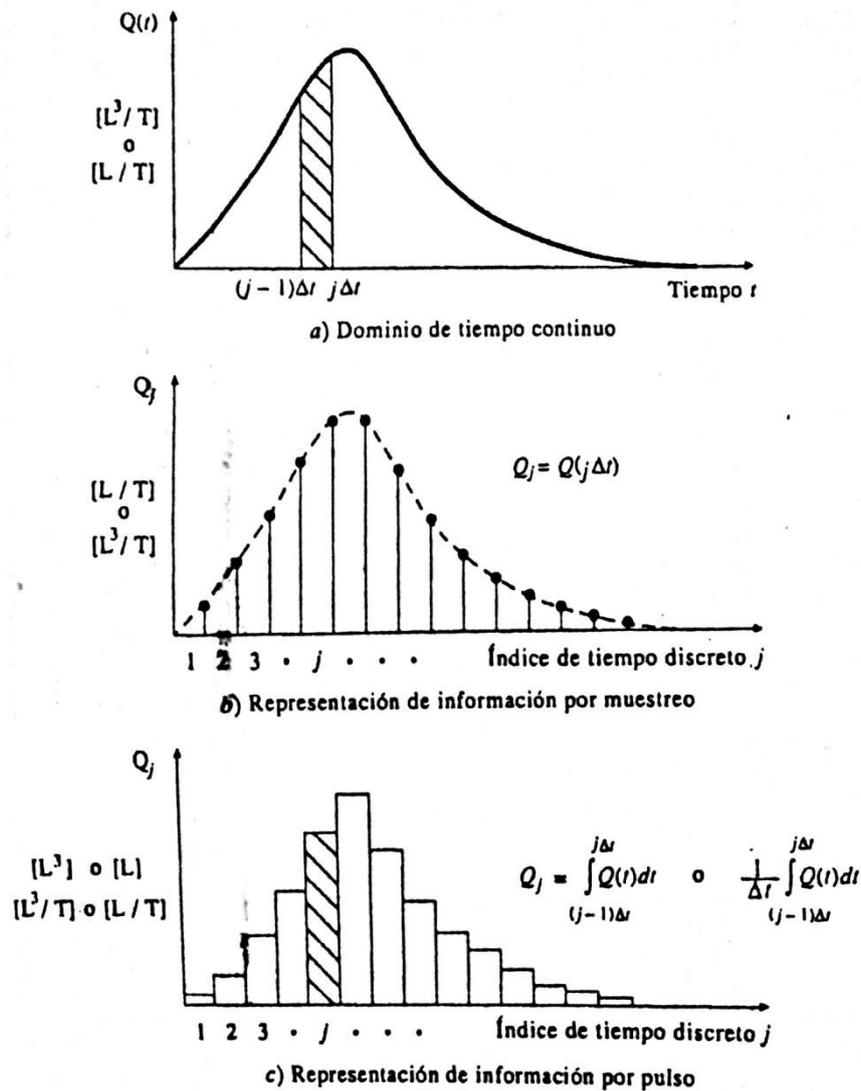


Fig. 4.3 – Función continua en el tiempo y métodos de representación en un dominio de tiempo discreto (Ven Te Chow, 1994).

4.3. Agua Atmosférica

Dentro de la atmósfera, ocurren continuamente diversos procesos meteorológicos. Para la hidrología, la precipitación y la evaporación son los dos más importantes, ya que en ellos la atmósfera interactúa con el agua superficial. Como se pudo observar en la Fig. 3, la mayor parte del agua de precipitación sobre la superficie terrestre proviene de la evaporación generada en los océanos, la cual es transportada por la circulación atmosférica. Las dos fuerzas básicas que producen la circulación atmosférica son la fuerza generada por la rotación de la Tierra y la que se produce por la transferencia de calor entre el ecuador y los polos.

El agua atmosférica existe principalmente como vapor, pero breve y localmente puede convertirse en líquido en la lluvia, o en las pequeñas gotas de agua de las nubes, o puede convertirse en sólido en la nieve, en el granizo y en los cristales de hielo en las nubes. La cantidad de vapor de agua en la atmósfera es menor que una parte en 100.000 de toda el agua de la Tierra, pero cumple una función vital en el ciclo hidrológico (Ven Te Chow, 1994).

4.3.1. Precipitación

Se llama precipitación al conjunto de procesos mediante los cuales el agua cae a la superficie terrestre. Esto incluye la lluvia, la nieve, el granizo y la nevisca. La formación de precipitación requiere la elevación de una masa de agua en la atmósfera, de tal manera que se enfríe y parte de su humedad se condense. Se pueden considerar tres mecanismos principales para la elevación de masas de aire. El primero es la elevación frontal, mediante el cual el aire caliente se eleva sobre aire frío por un pasaje frontal. El segundo mecanismo es la elevación orográfica; durante este mecanismo, una masa de aire se eleva para pasar por encima de una cadena montañosa. Finalmente, el tercer mecanismo considerado es la elevación convectiva, donde el aire se eleva por convección. Las celdas convectivas se originan por el calor latente de vaporización liberado a medida que el vapor del agua sube y se condensa.

En la Fig. 4.4 se grafica cómo se forma la precipitación dentro de las nubes. A medida que el aire sube y se enfría, el agua se condensa y, si la temperatura se encuentra por debajo del punto de congelamiento, se forman cristales de hielo. El proceso de condensación requiere de un núcleo de condensación, alrededor del cual las moléculas del agua se pueden unir o nuclear. Algunas partículas de polvo que flotan en el aire pueden actuar como núcleos; estas partículas contienen iones, proveniente por ejemplo de la evaporación de espuma marina, que atrae a las moléculas polares de agua. Las pequeñas gotas de agua crecen mediante la condensación e impacto con las más cercanas a medida que se mueven por la turbulencia del aire. Cuando las gotas son lo suficientemente grandes para que la fuerza de la gravedad sobrepase la fuerza de fricción, empiezan a caer, incrementando su tamaño cuando golpean otras gotas en su descenso. Sin embargo, a medida que la gota desciende, el agua se evapora de su superficie y su tamaño disminuye, de tal manera que puede reducirse nuevamente al tamaño de micras y desplazarse hacia arriba en la nube debido a la turbulencia (Ven Te Chow, 1994).

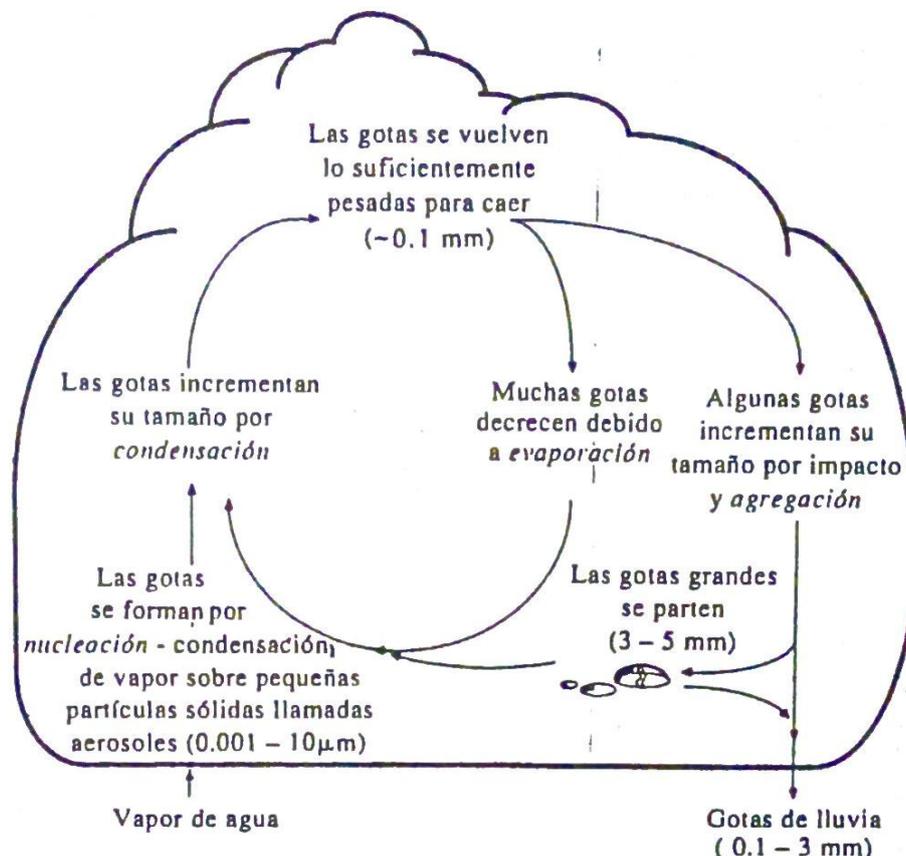


Fig. 4.4 – Formación de gotas por nucleación de vapor sobre aerosoles en la atmósfera (Ven Te Chow, 1994).

El ciclo de condensación, caída, evaporación y elevación se repite en promedio unas diez veces antes de que la gota alcance un tamaño crítico de alrededor de 0,1 mm, que es suficientemente grande para que caiga a través de la base de la nube (Ven Te Chow, 1994).

Existen tres fuerzas que actúan en una en una gota de lluvia que cae: una fuerza gravitacional F_g debida a su peso, una fuerza de empuje F_b debida al desplazamiento de aire por la gota y una fuerza de arrastre F_d causada por la fricción entre la gota y el aire circundante. Si la gota es una esfera de diámetro D , su volumen es $(\pi/6) D^3$, ρ_w y ρ_a son las densidades del agua y del aire, respectivamente. La fuerza de arrastre por fricción está dada por C_d es un coeficiente de arrastre adimensional, $A = (\pi/4) D^2$ es el área de la sección transversal de la gota y V_t es la velocidad terminal para la cual las tres fuerzas se balancean. En esta condición, $F_d = F_g - F_b$, o

$$C_d \rho_a \frac{\pi}{4} D^2 \frac{V_t^2}{2} = \rho_w g \frac{\pi}{6} D^3 - \rho_a g \frac{\pi}{6} D^3 \quad (7)$$

de donde, resolviendo para V_t :

$$V_t = \left[\frac{4 g D}{3 C_d} \left(\frac{\rho_w}{\rho_a} - 1 \right) \right]^{1/2} \quad (8)$$

En la Fig. 4.5 se muestran las fuerzas que actúan en la gota de lluvia que cae.

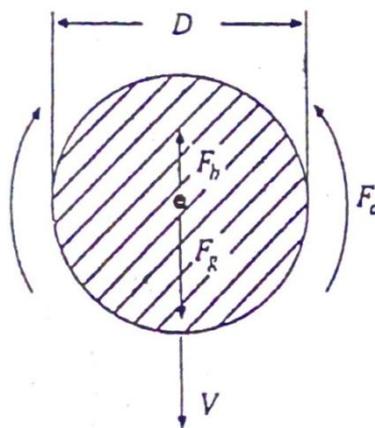


Fig. 4.5 – Fuerzas actuantes sobre una gota de lluvia que cae (Ven Te Chow, 1994).

Teniendo en cuenta el patrón general de la circulación atmosférica y la presencia de factores locales, la precipitación es un proceso que varía en el espacio y en el tiempo. A partir de esta variabilidad, se conoce como el valor normal de una variable climática al promedio de la misma a lo largo de algunos años de observación (Ven Te Chow, 1994).

4.3.2. Lluvia

Debido a que las lluvias son uno de los procesos que forman parte de la precipitación, presentan una gran variación en el espacio y en el tiempo. Estas pueden representarse por mapas de isohietas, donde una isohieta es una línea en la cual la lluvia constante. Los mapas de isohietas se construyen interpolando información de lluvia que se registra en sitios con pluviógrafos. Un registro de pluviógrafo está compuesto por un conjunto de profundidades de lluvia que se registra para incrementos de tiempo sucesivos.

Si se grafican las profundidades de lluvias registradas o la intensidad en función del tiempo se obtiene un hietograma de lluvia. Sumando los incrementos de lluvia a través del tiempo, se produce el hietograma de lluvia acumulada, o curva de masa de lluvia.

Un dato importante que debe determinarse a partir de los registros históricos de lluvias es la profundidad promedio de lluvias sobre un área, por ejemplo en una cuenca. Uno de los métodos más simples para determinar este dato es el de la media aritmética, según el cual se promedian las profundidades de flujo que se registran en un número dado de pluviómetros. Esto puede observarse en la Fig. 4.6. Se puede considerar como un método satisfactorio si los pluviómetros se distribuyen uniformemente sobre el área y sus mediciones individuales no varían de manera considerable de la media (Ven Te Chow, 1994).

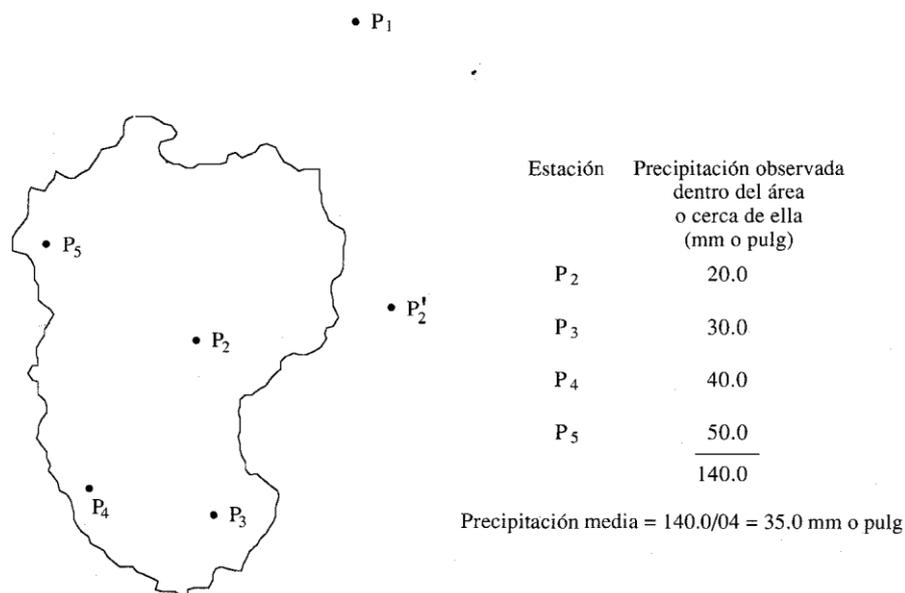
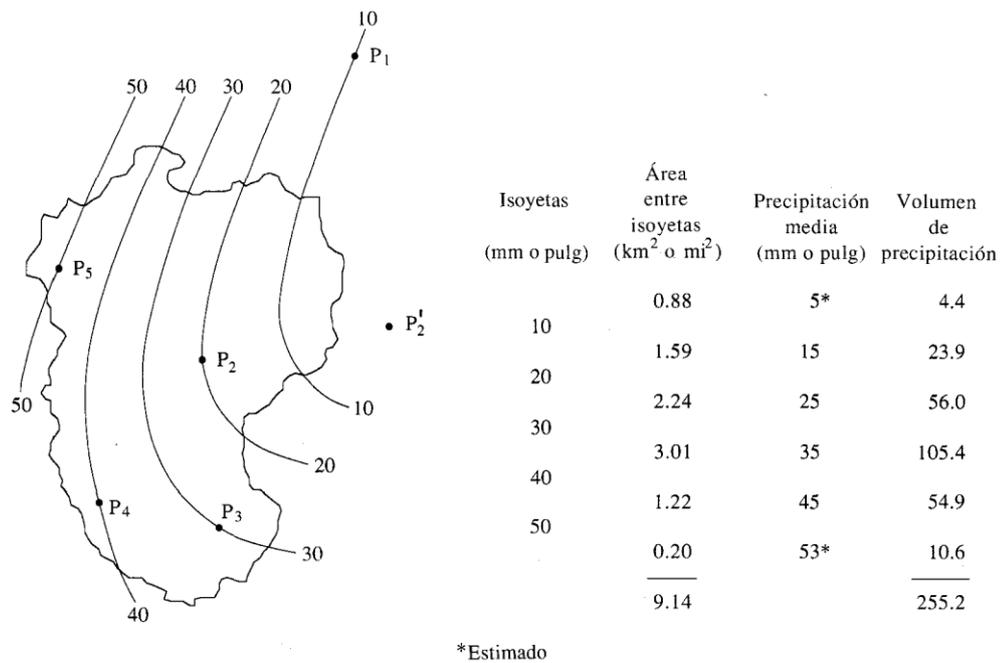


Fig. 4.6- Cálculo de la lluvia promedio sobre un área por el método de la media aritmética (Ven Te Chow, 1994).

Si se tiene en cuenta que algunos de los pluviómetros son más representativos del área en cuestión que otros, pueden asignárseles pesos relativos para el cálculo del promedio del área. El método de las isohietas consiste en la construcción de dichas líneas, utilizando profundidades que se observan en los pluviómetros e interpolando entre pluviómetros adyacentes. En la Fig. 4.7 puede verse la aplicación de este método.

Una vez que el mapa de isohietas se construye, se mide el área A_j entre cada par de isohietas en la cuenca y se multiplica por el promedio P_j de las profundidades de lluvia de las dos isohietas adyacentes para calcular la precipitación promedio sobre el área. El método de las isohietas es flexible, y el conocimiento de los patrones de la tormenta puede influir en la gráfica de las mismas, pero es necesaria una red de medidores más o menos densa para construir correctamente el mapa de isohietas de una tormenta compleja (Ven Te Chow, 1994).



Precipitación media = $255.2/9.14 = 27.9$ mm o pulg

Fig. 4.7 – Cálculo de la lluvia promedio sobre un área por el método de las isohietas (Ven Te Chow, 1994).

4.3.3. Evaporación y Evapotranspiración

Para que se produzca el proceso de evaporación desde una superficie abierta, deben darse dos factores principales: un suministro de energía que provea el calor latente necesario para la vaporización, y la capacidad de transportar el vapor que se genera fuera de la superficie de evaporación. En el proceso de evaporación que integra el ciclo hidrológico, la principal fuente de energía calórica es la radiación solar, mientras que la habilidad de transporte está dada por una combinación de la velocidad del viento sobre la superficie y la humedad específica atmosférica encima de ella o, en otras palabras, la capacidad de la atmósfera de absorber el vapor generado.

La transpiración, dada a través de las hojas de la vegetación, es un proceso mediante el cual es agua se extrae por sus raíces, es transportada hacia arriba a lo largo de sus tallos y se difunde a la atmósfera a través de las estomas de sus hojas.

Los procesos de evaporación desde la superficie terrestre y de transpiración de la vegetación se conocen con el nombre de evapotranspiración. La evapotranspiración es influida por los dos factores descritos anteriormente para la evaporación desde una superficie abierta de agua, y también por un tercer factor, el suministro de humedad hacia la superficie de evaporación. A medida que el suelo se seca, la tasa de evapotranspiración cae por debajo del nivel que generalmente mantiene en un suelo bien humedecido (Ven Te Chow, 1994).

La evapotranspiración potencial es aquella que puede ocurrir desde una superficie bien cubierta por vegetación cuando el suministro de humedad es ilimitado. La evapotranspiración real cae por debajo de su nivel potencial.

4.4. Agua Superficial

El agua superficial es la que se almacena o fluye, justamente, sobre la superficie de la Tierra. El sistema de agua superficial interactúa continuamente con los sistemas de agua atmosférica y subsuperficial.

Para describir cómo varían los diferentes procesos de agua superficial dentro de una tormenta a través del tiempo, se supone que una precipitación, de intensidad constante, empieza y continúa indefinidamente en la cuenca. La precipitación contribuye a varios procesos de almacenamiento y flujo.

Inicialmente, gran parte de la precipitación contribuye al almacenamiento superficial; a medida que el agua se infiltra en el suelo, también hay almacenamiento de humedad del suelo. Existen dos tipos de almacenamiento: retención y detención; la retención es un almacenamiento que se sostiene por un largo periodo y después se agota por la evaporación, y la detención es un almacenamiento de corto plazo que se agota por el flujo hacia afuera del lugar de almacenamiento.

Después de cierto tiempo, los almacenamientos de detención comienzan a llenarse y se genera flujo hacia fuera de ellos. Estos flujos pueden darse a través del suelo no saturado, cerca de la superficie terrestre; como flujo de agua subterránea, a través de los acuíferos saturados más profundos; y como escorrentía superficial, sobre de la superficie terrestre. El flujo en canales es la forma principal de flujo de agua superficial y todos los otros procesos de flujo superficial contribuyen a él. La precipitación que se convierte en caudal puede llegar al canal mediante la escorrentía superficial, el flujo subsuperficial o ambos (Ven Te Chow, 1994).

Según Ven Te Chow (1994), Horton describió la escorrentía superficial como aquella parte de la lluvia que no es absorbida por el suelo mediante infiltración. Si el suelo tiene una capacidad de infiltración f , entonces cuando la intensidad de la lluvia i es menor que f , la lluvia es absorbida completamente y no existe escorrentía superficial. De forma contraria, si i es mayor que f , la escorrentía superficial ocurrirá a una tasa de $(i - f)$. A esta diferencia $(i - f)$ se le dio el nombre de "exceso de lluvia". La escorrentía superficial toma la forma de un flujo en láminas; a medida que el flujo se acumula, moviéndose a lo largo de la pendiente, su profundidad aumenta hasta que descarga en un canal. Esto es lo que puede observarse en la Fig. 4.8. Con el flujo superficial existe un almacenamiento en las depresiones de la superficie y un almacenamiento por detención superficial proporcional a la profundidad del mismo flujo superficial. El suelo almacena el agua infiltrada y luego la libera lentamente como flujo subsuperficial para entrar en la corriente como flujo base durante los periodos secos.

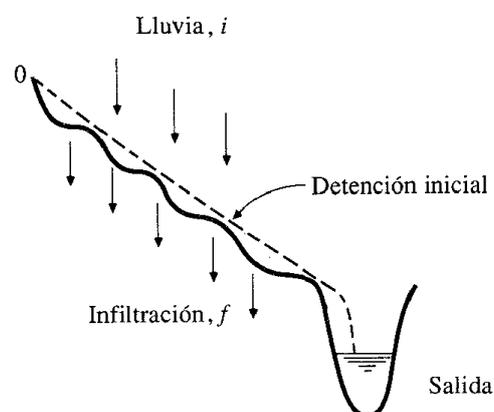


Fig. 4.8 – Flujo superficial en una pendiente producido por un exceso de lluvia (Ven Te Chow, 1994).

El flujo superficial hortoniano es aplicable a superficies impermeables en áreas urbanas y a superficies naturales con capas delgadas de suelo y con baja capacidad de infiltración como ocurre en tierras semiáridas y áridas. Raramente ocurre en superficies con vegetación, en regiones húmedas. Bajo estas condiciones, la capacidad de infiltración del suelo excede las intensidades de lluvia observadas para todos los casos con excepción de las lluvias extremas. En tal caso el flujo subsuperficial se convierte en el mecanismo primordial del transporte de agua lluvia hacia las corrientes.

El flujo superficial de saturación se produce cuando el flujo subsuperficial satura el suelo cerca a la parte inferior de la pendiente y entonces se presenta flujo superficial a medida que la lluvia cae en un suelo saturado. Este tipo de flujo difiere del flujo superficial hortoniano en que en este último el suelo se satura desde arriba mediante infiltración, mientras que en el primero el suelo se satura desde abajo por el flujo subsuperficial (Ven Te Chow, 1994).

Debido a que no todo el flujo superficial de saturación de una cuenca contribuye a incrementar la corriente durante una tormenta, se suele utilizar la expresión áreas de fuentes variables, o áreas parciales, para denominar el área en la cuenca que realmente contribuye con flujo a una corriente en cualquier momento. Como se muestra en la Fig. 4.9, el área de fuente variable se expande durante una tormenta y se contrae después.

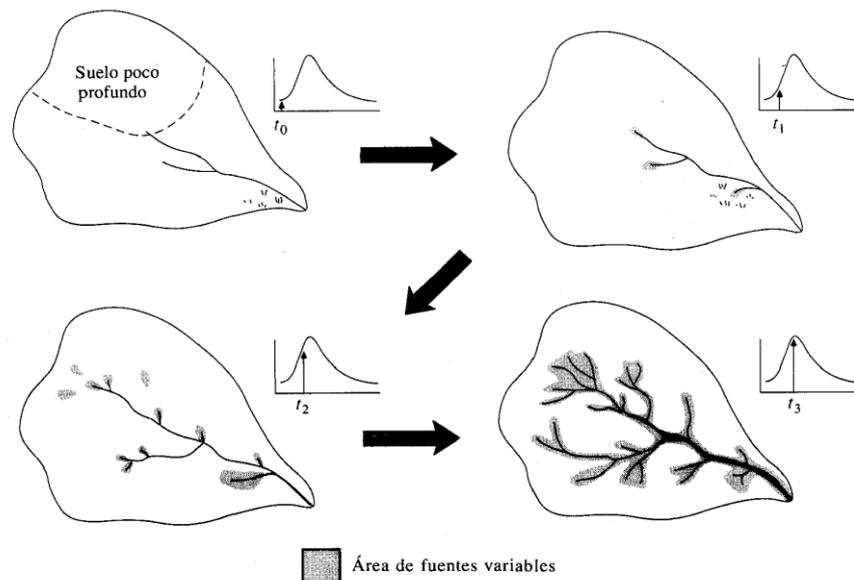


Fig. 4.9 – Incremento de caudal a medida que la fuente variable se extiende (Ven Te Chow, 1994).

4.4.1. Hidrograma de Caudal

Un hidrograma de caudal es una representación gráfica de la tasa de flujo en función del tiempo en un lugar dado de la corriente. En efecto, es una expresión integral de las características fisiográficas y climáticas que rigen las relaciones entre la lluvia y la escorrentía de una cuenca de drenaje particular. Dos tipos de hidrogramas son particularmente importantes: el hidrograma anual y el hidrograma de tormenta. El hidrograma anual es una gráfica de caudal vs tiempo en un año que muestra el balance de largo plazo de la precipitación, la evaporación y el caudal en una cuenca.

Cuando se estudia a los hidrogramas anuales, es posible determinar que los picos de crecientes se producen en forma poco frecuente, como resultado de la lluvia por sí sola o

acompañada por el derretimiento de nieve. La Fig. 4.10 muestra cuatro componentes de un hidrograma de caudal durante una tormenta. Antes de que comience la lluvia en forma intensa, el flujo base está disminuyendo gradualmente (segmento AB). La escorrentía directa empieza en B, alcanza su pico en C y termina en D. Luego sigue el segmento DE en el cual nuevamente empieza la recesión normal del flujo base (Ven Te Chow, 1994).

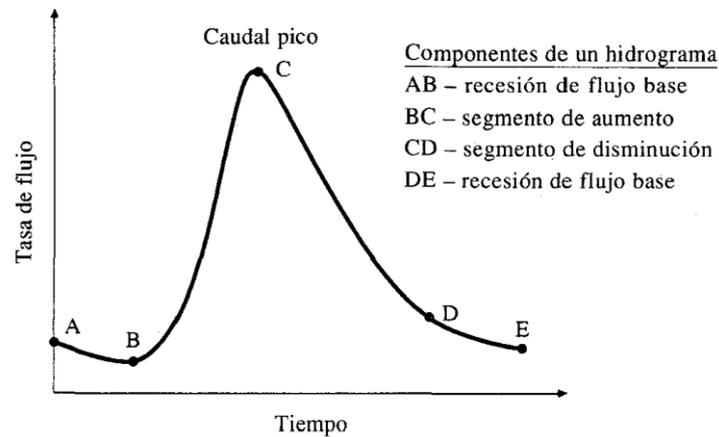


Fig. 4.10 – Componentes de un hidrograma de caudal durante una tormenta (Ven Te Chow, 1994).

Notando los periodos de tiempo en los cuales el hidrograma del caudal coincide con la curva de recesión normal de flujo base, se pueden identificar los puntos donde empieza y termina la escorrentía directa (B y D en la Fig. 12). Entre estos puntos la escorrentía directa y el flujo base pueden separarse utilizando varios métodos. Algunos de estos métodos son: a) el método de la línea recta, b) el método de flujo base fijo y c) el método de la pendiente variable. Estos métodos se ilustran en la Fig. 4.11.

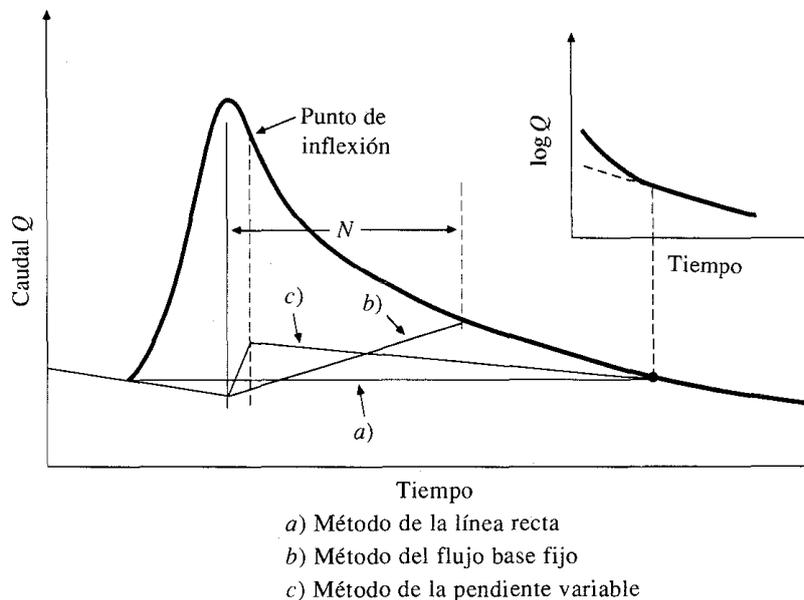


Fig. 4.11 – Técnicas de separación de flujo base (Ven Te Chow, 1994).

El método de la línea recta consiste en dibujar una línea horizontal desde el punto en el cual empieza la escorrentía directa superficial hasta la intersección con el segmento de recesión. Este método es aplicable a las corrientes efímeras.

En el método de flujo base fijo se supone que la escorrentía superficial termina en un tiempo fijo N después del pico del hidrograma. El flujo base antes de que empiece la escorrentía

superficial, se proyecta hacia adelante hasta el momento del pico. Luego se utiliza una línea recta para conectar esta proyección en el momento del pico con el punto en el segmento de recesión en el tiempo N después del pico.

En el método de la pendiente variable la curva de flujo base antes de que se inicie la escorrentía superficial se extrapola hacia adelante hasta alcanzar el tiempo de pico de caudal, y la curva de flujo base después de que ha cesado la escorrentía superficial se extrapola hacia atrás hasta el momento del punto de inflexión en el segmento de recesión. Luego se utiliza una línea recta para conectar los extremos de las líneas extrapoladas previamente (Ven Te Chow, 1994).

4.4.2. Abstracciones

Las abstracciones son las pérdidas o diferencia entre la precipitación ocurrida y la precipitación neta que se transforma en caudal. Se incluyen dentro de las abstracciones la intercepción de precipitación por la vegetación del terreno, el almacenamiento en depresiones en la superficie del suelo a medida que el agua se acumula en las mismas, e infiltración de agua en el suelo. Las abstracciones por intercepción y almacenamiento en depresiones se estiman con base en la naturaleza de la vegetación y de la superficie del terreno o se suponen despreciables en una tormenta grande.

En la mayor parte de los problemas hidrológicos, el hidrograma de caudal no se encuentra disponible y las abstracciones se determinan a través del cálculo de la infiltración y teniendo en cuenta separadamente las otras formas de abstracción.

El problema que se considera es: dado un hietograma de precipitación y los parámetros para una ecuación de infiltración, se debe determinar el tiempo de encharcamiento, la infiltración después de que ocurre el encharcamiento y el hietograma de exceso de precipitación (Ven Te Chow, 1994).

Para calcular las abstracciones de la precipitación de una tormenta, se puede utilizar el método desarrollado por el Soil Conservation Service –Servicio de Conservación de Suelo, SCS–. Para la tormenta como un todo, la profundidad de exceso de precipitación o escorrentía directa P_e es siempre menor o igual a la profundidad de precipitación P ; de manera análoga, una vez iniciada la escorrentía, la profundidad adicional del agua retenida en la cuenca F_a es menor o igual a alguna retención potencial máxima S . Existe una cierta abstracción inicial, antes del encharcamiento, para la cual no ocurrirá escorrentía; de esta manera, la escorrentía potencial es $P - I_a$. La hipótesis del método del SCS consiste en que las relaciones de las dos cantidades reales y las dos cantidades potenciales son iguales; resolviendo para P_e se encuentra

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad (9)$$

la cual es la ecuación básica para el cálculo de la profundidad de exceso de precipitación o escorrentía directa de una tormenta utilizando el método SCS. En la Fig. 4.12 pueden observarse gráficamente las variables en el método descripto.

Al estudiar los resultados obtenidos para muchas cuencas experimentales pequeñas, se desarrolló una relación empírica,

$$I_a = 0,2 S \quad (10)$$

Con base en esto

$$P_e = \frac{(P-0,2 S)^2}{P+0,8 S} \quad (11)$$

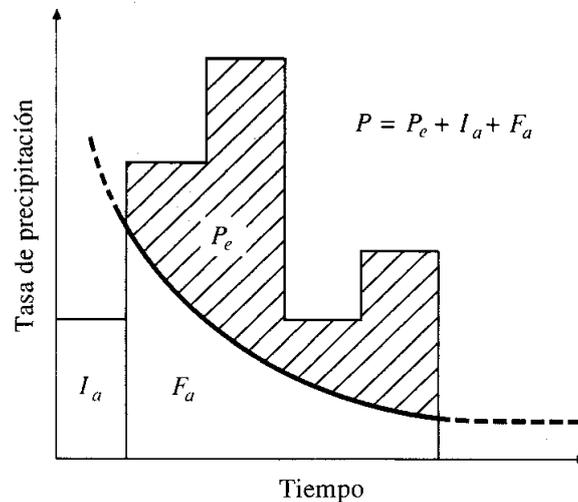


Fig. 4.12 – Variables en el método de abstracciones de precipitación del SCS (Ven Te Chow, 1994).

Al representar en gráficas la información de P y P_e para muchas cuencas, el SCS encontró curvas como las que se muestran en la Fig. 4.13. Para estandarizar estas curvas, se define un número adimensional de curva CN, tal que 0 ≤ CN ≤ 100. Para superficies impermeables y superficies de agua CN = 100; para superficies naturales CN < 100.

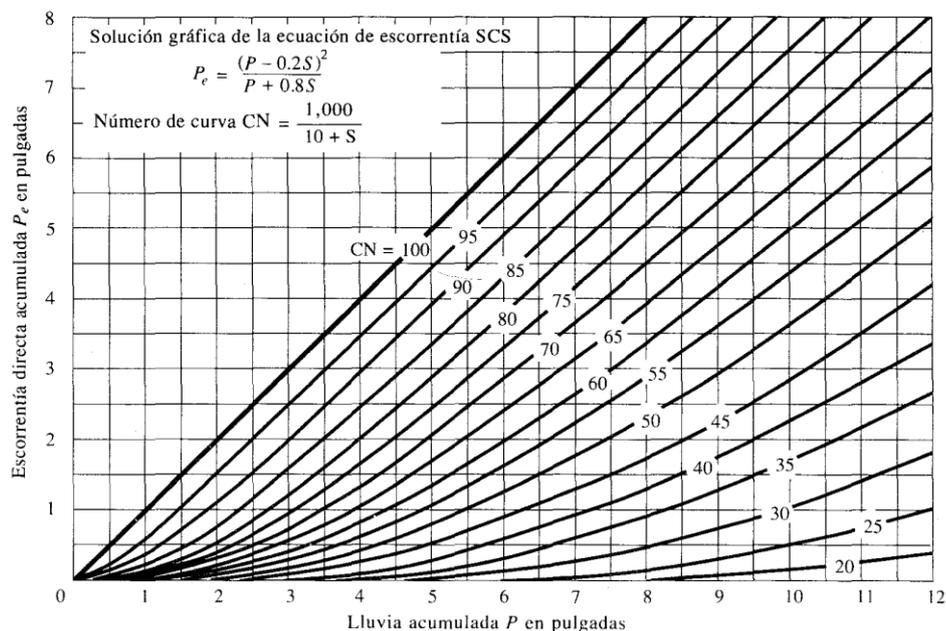


Fig. 4.13 – Solución de las ecuaciones de escorrentía del SCS (Ven Te Chow, 1994).

El número de curva y S se relacionan por

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \quad (12)$$

donde S está en pulgadas (Ven Te Chow, 1994).

Ven Te Chow (1994) afirma que durante las últimas décadas, los hidrólogos se han interesado por los efectos de la urbanización. Los efectos de la urbanización en los hidrogramas de crecientes incluyen incrementos en los volúmenes totales de escorrentía y en los caudales picos, tal como se muestra en la Fig. 4.14. En general, los mayores cambios en los caudales en las cuencas urbanas se deben principalmente a que el volumen de agua disponible para la escorrentía aumenta, como consecuencia del incremento de las zonas impermeables que reducen la cantidad de infiltración; y a que existe un cambio en la eficiencia hidráulica asociados con canales artificiales, cunetas y sistemas de recolección de drenaje de tormentas, los cuales aumentan la velocidad del flujo y la magnitud de los picos de creciente.

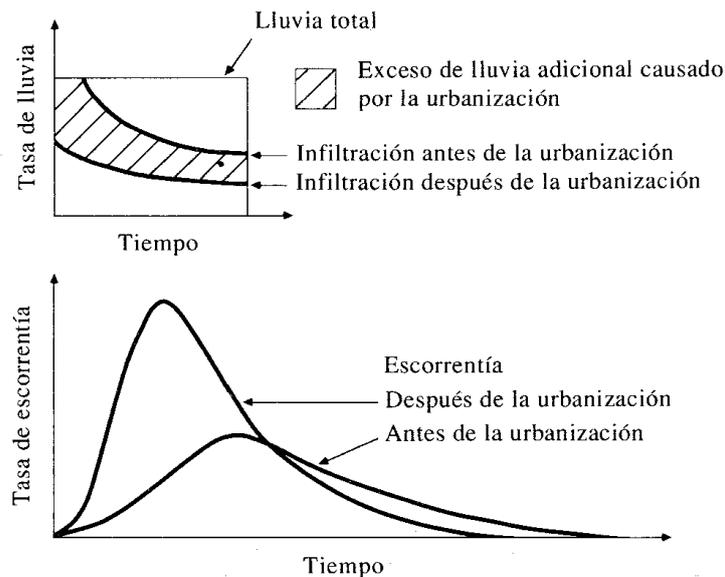


Fig. 4.14 – Efecto de la urbanización en la escorrentía de tormentas (Ven Te Chow, 1994).

4.4.3. Tiempo de Tránsito

El tiempo de tránsito del flujo desde un punto de la cuenca hasta otro puede deducirse a partir de la distancia entre dichos puntos y la velocidad de flujo. Debido al tiempo de tránsito hasta la salida de la cuenca, solamente parte de ésta puede contribuir al flujo de agua superficial en un momento dado t después del inicio de la precipitación. El crecimiento del área que contribuye puede visualizarse en la Fig. 4.15.

Si una lluvia de intensidad constante comienza y continúa indefinidamente, entonces el área rodeada por la línea discontinua designada t_1 contribuirá al flujo superficial a la salida de la cuenca después del tiempo t_1 ; de forma análoga, el área rodeada por la línea designada t_2 contribuirá al flujo superficial después del tiempo t_2 . Las fronteras de estas áreas contribuyentes son líneas de iguales tiempos de tránsito y se denominan isocronas. El tiempo para el cual toda la cuenca empieza a contribuir es el tiempo de concentración T_c ; este es el tiempo de flujo desde el punto más alejado hasta la salida de la cuenca (Ven Te Chow, 1994).

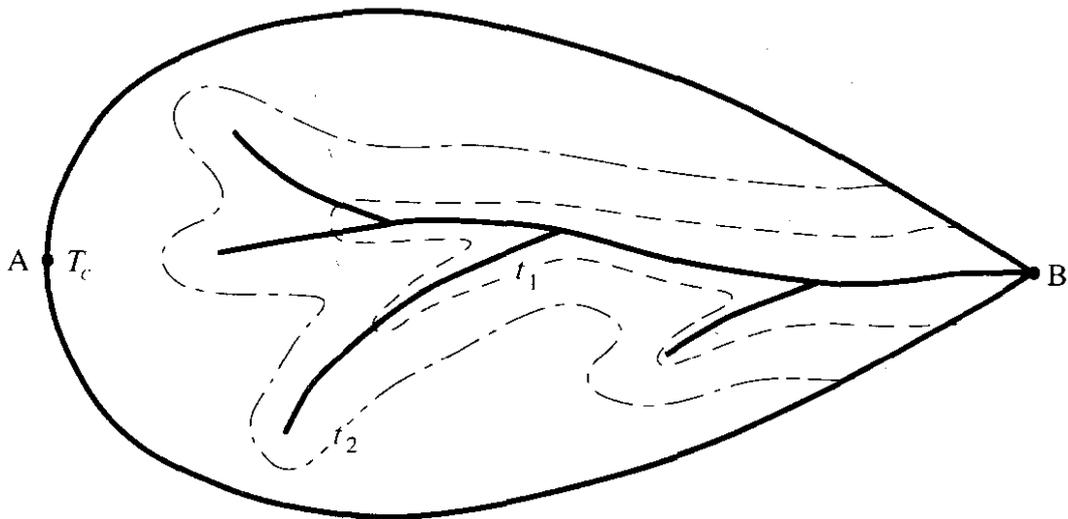


Fig. 4.15 – Áreas de contribución al flujo de salida de diferentes isócronas (Ven Te Chow, 1994).

4.5. Tránsito Agregado de Crecientes

El tránsito de caudales es un procedimiento que permite determinar el tiempo y la magnitud del caudal en un punto de un curso de agua utilizando hidrogramas conocidos o supuestos en uno o más puntos aguas arriba. Si el flujo es una creciente, el procedimiento se conoce específicamente como tránsito de crecientes o propagación de avenidas. Se pueden mencionar dos modelos para establecer el tránsito de caudales. El modelo de sistema agregado calcula el flujo como una función del tiempo únicamente en un lugar particular. En cambio, el modelo de sistema distribuido determina el flujo como una función del espacio y el tiempo. El tránsito por métodos de sistemas agregados se conoce algunas veces como tránsito hidrológico, y el tránsito por métodos distribuidos se conoce como tránsito hidráulico (Ven Te Chow, 1994).

Para un sistema hidrológico, la entrada $I(t)$, la salida $Q(t)$ y el almacenamiento $S(t)$ se relacionan por la ecuación de continuidad:

$$\frac{dS}{dt} = I(t) - Q(t) \quad (13)$$

Si el hidrograma de entrada, $I(t)$, es conocido, la Ec. 13 no puede resolverse directamente para obtener el hidrograma de salida, $Q(t)$, porque tanto Q como S son incógnitas. Se necesita una segunda relación, o función de almacenamiento, para relacionar S , I y Q ; el acoplamiento de la función de almacenamiento y la ecuación de continuidad proporciona una combinación de las dos ecuaciones y las dos incógnitas que puede resolverse. En general la función de almacenamiento puede escribirse como una función arbitraria de I , Q , y sus derivadas temporales. Para resolver esta combinación, se aplica un método de solución por diferencias finitas a las dos ecuaciones.

La relación entre el caudal de salida y el almacenamiento en un sistema hidrológico tiene una influencia importante en el tránsito de caudales. Esta relación puede ser invariable o variable, tal como se muestra en la Fig. 4.16.

Una función de almacenamiento invariable se aplica a un embalse con una superficie de agua horizontal. Tales embalses tienen una piscina que es ancha y profunda comparada con su longitud en la dirección de flujo y la velocidad del flujo en ellos es muy baja. La relación de almacenamiento invariable requiere la existencia de un caudal fijo de salida del embalse para

una elevación de la superficie de agua dada. Si el caudal y la elevación de la superficie de agua en la presa cambian, el efecto se propaga hacia aguas arriba en el embalse, y se crea una superficie de agua temporalmente pendiente hasta que se establece una nueva elevación de equilibrio de la superficie de agua. A su vez, cuando un embalse tiene una superficie de agua horizontal, su almacenamiento es función de la elevación de la superficie de agua. Combinando estas dos funciones, el almacenamiento en el embalse y el caudal de salida pueden relacionarse para producir una función de almacenamiento invariable y de valor único. Para este caso, el pico de salida ocurre cuando el hidrograma de salida interseca el hidrograma de entrada.

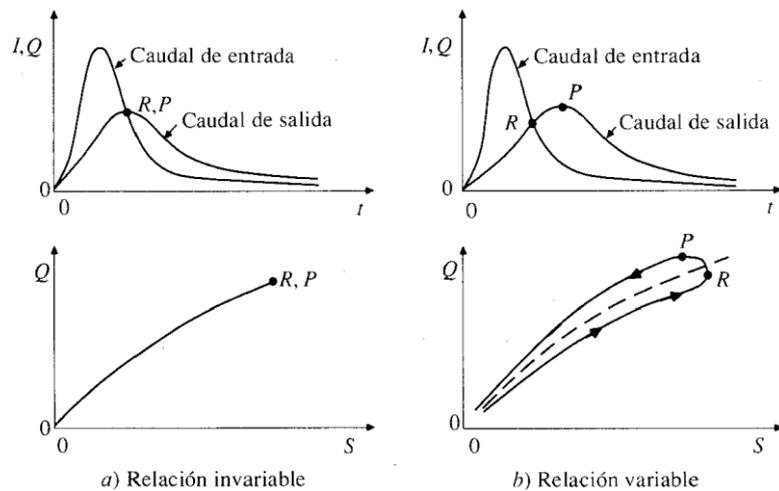


Fig. 4.16 – Relaciones entre caudal y almacenamiento (Ven Te Chow, 1994).

Una relación variable almacenamiento-caudal de salida se aplica a embalses largos y angostos y a canales abiertos o corrientes, donde el perfil de la superficie de agua puede ser significativamente curvo debido a efectos de remanso. La cantidad de almacenamiento debida a la curva de remanso depende de la tasa del cambio temporal del flujo a través del sistema. La relación resultante entre el caudal y el almacenamiento del sistema exhibe una curva usualmente en la forma de un ciclo (loop), que depende de las características de almacenamiento del sistema. Debido al efecto de retardo causado por la curva de remanso, el pico de caudal de salida ocurre usualmente después del momento en el cual se intersecan los hidrogramas de entrada y de salida (Ven Te Chow, 1994).

Lo descrito anteriormente indica que el almacenamiento redistribuye el hidrograma, generando un movimiento del centroide del hidrograma de entrada hasta el centroide del hidrograma de salida, en un tiempo de redistribución. Esto puede verse combinado con el viaje que realiza la onda de la crecida en una distancia considerable, con el cual también su centroide se mueve en un periodo mayor que el tiempo de redistribución. Este tiempo adicional puede considerarse como el tiempo de traslación. En la Fig. 4.17 puede observarse la combinación de estos dos procesos: la redistribución modifica la forma del hidrograma, mientras que la traslación cambia su posición.

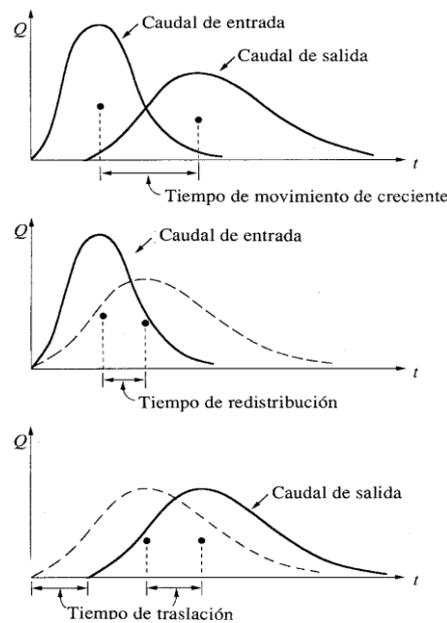


Fig. 4.17 – Interpretación conceptual del tiempo de crecientes (Ven Te Chow, 1994).

4.6. Tránsito Distribuido de Crecientes

El flujo de agua a través del suelo y de los canales en una cuenca es un proceso distribuido porque el caudal, la velocidad y la profundidad varían en el espacio a través de la misma. Es posible obtener estimaciones de los caudales o niveles de agua en puntos importantes de estos sistemas de canales utilizando un modelo de tránsito distribuido de crecientes. Este tipo de modelos está basado en ecuaciones diferenciales parciales (las ecuaciones de Saint-Venant para flujo unidimensional) que permiten el cálculo de caudal y del nivel de agua como funciones del espacio y del tiempo, en lugar del tiempo únicamente como en los modelos agregados.

El cálculo del nivel de agua de una creciente es necesario porque determina la extensión de la planicie de inundación y establece la altura requerida para las estructuras. El cálculo de los caudales de crecientes también es importante, primero porque el nivel del agua depende de él, y segundo, porque el diseño de cualquier estructura de almacenamiento de la creciente requiere de una estimación del hidrograma de flujo de entrada. La ventaja de un modelo de tránsito distribuido de crecientes, sobre el modelo de tránsito agregado, es que calcula el caudal y el nivel de agua simultáneamente y no por separado, de tal manera que el modelo aproxima mejor la naturaleza de flujo no permanente no uniforme propio de la propagación de la creciente en el canal.

Los modelos de tránsito distribuido de crecientes pueden utilizarse para describir la transformación de lluvia en escorrentía sobre una cuenca y, de esta manera, determinar el hidrograma de flujo a la salida de ésta. Luego, este hidrograma puede tomarse como la información de entrada en el extremo de la corriente aguas arriba de un río o un sistema de tuberías y transitarlo hacia el extremo de la corriente aguas abajo (Ven Te Chow, 1994).

CAPÍTULO V: RECOPIACIÓN DE DATOS E INCORPORACIÓN DEL PROYECTO A LA SOCIEDAD

5. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

En este capítulo se procederá a fundamentar y describir las actividades desarrolladas dentro del proyecto Cazadores de Crecidas. Estas tareas se realizaron con tres objetivos diferentes. La primera tarea realizada fue la escritura de las Monografías de Sitios. Dichas monografías se realizaron con el objetivo de sistematizar la información mínima sobre las secciones de control, permitiendo transmitir este conocimiento a los nuevos profesionales que se incorporen al proyecto CdC.

La segunda tarea realizada fue el diseño de cartelería informativa para colocar en las secciones de control; el objetivo de esta tarea es concientizar a la sociedad e incentivar su participación en el proyecto.

La tercera tarea fue el procesamiento de videos tomados durante una crecida en una de las secciones de control, con el objetivo de conocer el caudal producido durante el evento, utilizando la técnica LSPIV.

5.1. Sitios Favoritos

Los Sitios Favoritos son secciones de un cauce que, debido a su localización, su accesibilidad y sus características geomorfológicas, fueron seleccionados para realizar mediciones de caudales. En estos sitios se establecen cuatro puntos de control, un punto de filmación que permita ver los cuatro puntos anteriores y se coloca un instrumento de medición del tirante (una escala en todos los casos hasta el momento de realización de este trabajo).

Estos sitios han sido debidamente relevados, determinando su perfil topobatemétrico, la cobertura del fondo y de las laderas y las distancias entre todos los puntos de control establecidos.

El proyecto CdC tiene numerosos Sitios Favoritos en la provincia de Córdoba y se están sumando aún más. Son objeto de estudio de este trabajo los sitios que se encuentran en la ladera oriental de las Sierras Chicas de la provincia: Estación Saldán, Estación Villa Allende, Estación Mendiolaza, Estación Unquillo, Estación Puente San José (Río Ceballos), Estación Salsipuedes, Estación Agua de Oro y Estación La Granja. En la Fig. 5.1 puede verse el mapa, creado con la herramienta MyMaps de Google, donde se localizan los sitios favoritos establecidos hasta la fecha de la realización de este trabajo en las Sierras Chicas.

5.1.1. Estación La Granja – SCH10

Esta estación se localiza en La Granja, al norte del departamento Colón, provincia de Córdoba. La sección de medición se encuentra sobre el río La Granja, aguas arriba del cruce de la ruta provincial E53. Esta es una de las últimas secciones de medición dispuestas y por ello aún falta relevar información.

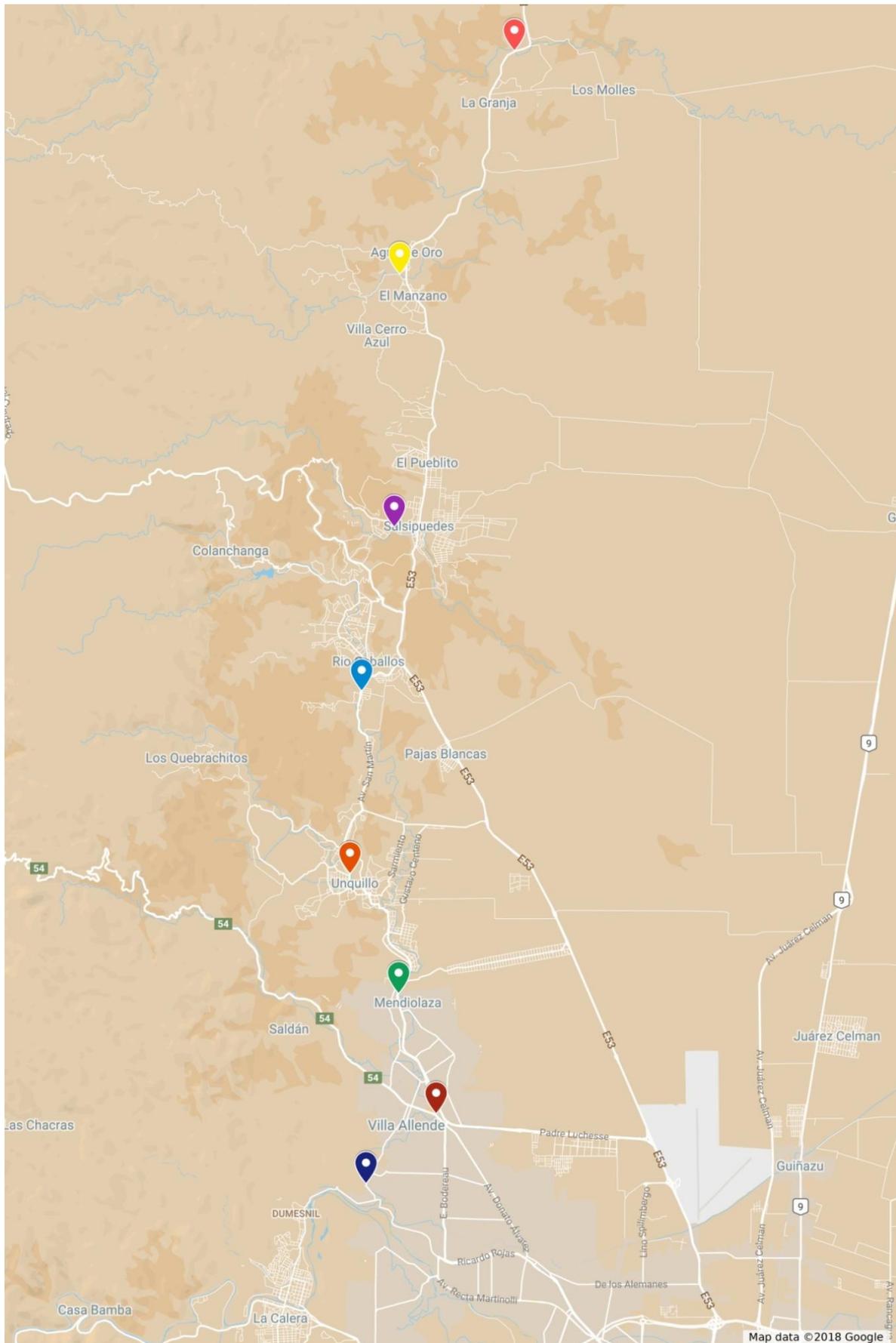


Fig. 5.1 – Mapa con la localización de los sitios favoritos en Sierras Chicas

5.1.2. Estación Agua de Oro – SCH20

Esta estación se ubica en la localidad de Agua de Oro, departamento Colón, provincia de Córdoba. La sección de medición fue establecida sobre el río San Cristobal, unos 200 m aguas arriba del puente de la ruta provincial E53. Este punto ha presentado dificultades debido a la geomorfología del lugar; la sección presenta un ancho considerablemente grande, lo cual condiciona la selección de los puntos de control, y el fondo está cubierto de grandes rocas que dificultan la determinación del perfil topobarimétrico.

5.1.3. Estación Salsipuedes – SCH30

La estación SCH30 se encuentra en la localidad de Salipuedes, en el Centro-Oeste del departamento Colón, provincia de Córdoba. En esta estación, la sección de medición se dispuso sobre el río Salsipuedes, aguas abajo de un puente de la Av. Costanera, a unos 1000 m al Oeste de la ruta provincial E53. Esta sección no ha presentado dificultades, pero deben relevarse nuevamente las distancias entre los puntos de control ya que uno de ellos ha sido removido.

5.1.4. Estación Puente San José – SCH40

Esta estación se localiza en el municipio Río Ceballos, departamento Colón, provincia de Córdoba. Es el punto mejor conocido dentro del proyecto, con varias mediciones realizadas en los últimos años. La sección de medición está ubicada aguas arriba del Puente San José, sobre el arroyo Río Ceballos.

5.1.5. Estación Unquillo – SCH50

Ubicada en la localidad de Unquillo, departamento Colón, provincia de Córdoba, esta sección de medición está dispuesta sobre el arroyo Cabaña, aguas abajo del puente de la ruta Intermunicipal, Av. San Martín, que cruza dicho arroyo. Esta sección fue seriamente modificada por mantenimientos realizados por el municipio, por lo cual debe realizarse nuevamente el perfil topobatimétrico.

5.1.6. Estación Mendiolaza – SCH60

Esta estación se encuentra en la localidad de Mendiolaza, departamento Colón, provincia de Córdoba. La sección de medición se ubica sobre el arroyo Saldán, aguas arriba del puente de la calle España (en la intersección con la ruta Intermunicipal). Este punto se encuentra bien mantenido y con algunas mediciones realizadas.

5.1.7. Estación Villa Allende – SCH70

La estación Villa Allende lleva el nombre de la localidad donde se ubica, en departamento Colón, provincia de Córdoba. La sección de medición está dispuesta aguas arriba del puente de la Av. Goycochea, sobre el arroyo Saldán. Este punto tiene la particularidad de que la filmación se realiza desde un domo de seguridad que pertenece al municipio.

5.1.8. Estación Saldán – SCH80

La estación SCH80 se encuentra en la localidad de Saldán, departamento Colón, provincia de Córdoba. Su sección de control se ubica sobre el arroyo Saldán, aguas arriba del puente de la Av. Latinoamérica. Es una estación en la cual no se han presentado problemas durante el relevamiento.

5.2. Monografías de Sitios Favoritos

5.2.1. Fundamentación

Debido a la aleatoriedad que presentan los eventos meteorológicos y las consecuentes propagaciones de avenidas, combinado esto con la alteración constante de las cuencas, es de vital importancia para el desarrollo de proyectos a largo plazo sistematizar la información de las secciones de control, para que de esta manera todas las personas que participen del proyecto puedan tener un conocimiento mínimo de las mismas, permitiendo extender la información en el tiempo y facilitando la realización de estadísticas y análisis.

Las monografías son la base de la sistematización de la información de las secciones de control, y es por ello que cumplen un rol fundamental en el desarrollo del proyecto CdC.

5.2.2. Descripción de las Monografías y su realización

Para llevar a cabo las monografías se partió de una monografía modelo de una estación ubicada en la localidad de Río Potrero en la provincia de Tucumán. Esta estación forma parte de la Red Hidrometeorológica Nacional y cuenta con una gran cantidad de instrumental instalado, como ser pluviómetro, anemómetro, termómetro, molinete hidrométrico, entre otros.¹⁹

El primer paso para realizar las monografías fue establecer un sistema de codificación. Para ello se utilizaron las siglas que corresponde a la región, en este caso SCH que representa Sierras Chicas, y una numeración de decenas que comienza desde el Norte y aumenta hacia el Sur o la región aguas abajo. Se optó por utilizar la numeración de esta forma para tener la flexibilidad de agregar nuevas secciones de medición intermedias entre las ya establecidas.

Una vez establecida la codificación de las estaciones, se determinó la superficie de la cuenca que abastece al punto de medición y la distancia desde dicho punto a la desembocadura, utilizando para ello diversos programas (Google Earth, Global Mapper y AutoCad); luego, se procedió a detallar la ubicación de las estaciones de medición y describir la forma de llegar en vehículo desde el Laboratorio de Hidráulica y desde las estaciones inmediatamente anterior y posterior.

En el siguiente fragmento del documento, se describe la sección de medición: la constitución del lecho y las márgenes, ancho de la sección con aguas bajas, medias y altas (este es un valor aproximado debido a que los cauces están inmersos en la trama urbana), las coordenadas de los puntos de control, el punto de filmación y el cero de la escala, la ubicación de la escala con respecto al cauce y otras características de la misma.

Finalmente, se muestra el perfil topobatemétrico de la estación y fotografías de los puntos de control, del punto desde donde se debe realizar la filmación y de la escala; también se detalla

¹⁹ Para más información se puede ingresar al sitio web <http://bdhi.hidricosargentina.gob.ar/MuestraDatos.aspx?Estacion=10409>

el instrumental instalado (si lo hubiera) y se tabulan las visitas realizadas a la estación (fecha, detalles de la visita y responsable) y los videos tomados en la sección (fecha, tipo de evento, persona que realizó la filmación).

Durante la realización de este trabajo se abarcó gran parte del contenido de las monografías, y se recopiló toda la información necesaria para ello, comenzando así la sistematización de la información. Se adjuntan, en el Anexo I, las monografías realizadas.

5.3. Cartelería Informativa

5.3.1. Fundamentación

El objetivo de la realización de esta cartelería no es, únicamente, informar a la sociedad sobre los riesgos de las avenidas, sino también, motivar a la ciudadanía en la participación del proyecto.

Existen tres formas posibles para recopilar información de caudales y crecidas: en forma directa, realizadas por profesionales especializados; en forma indirecta, recopilada por personas del lugar preparadas para realizar la tarea; y, también en forma indirecta, a través de vecinos que no fueron capacitados pero conocen la técnica. Esta última forma de recopilación se conoce como "Generación de Información Distribuida".

Así como la generación distribuida de energías alternativas se presenta como una solución a los problemas de generación y distribución de energía eléctrica, o la separación de residuos distribuida (o en origen) es una solución económica y ambiental en el tratamiento de los residuos, la generación de información distribuida surge como una solución a la carencia de información sobre el comportamiento de los recursos hídricos de la provincia.

Para alcanzar un mayor conocimiento de lo que ocurre en los diferentes cauces en toda la extensión provincial, es importante estar en el lugar donde ocurren los eventos. Es en este punto donde cobra valor la difusión del proyecto y la participación ciudadana, logrando la generación de información distribuida, que permita ampliar la cantidad de datos de cauces conocidos y comenzar a monitorear nuevos cauces.

Como consecuencia de la participación ciudadana, también nace el compromiso social; las poblaciones no sólo van a entender mejor el comportamiento de sus cursos de agua, sino también que, al interiorizarse en el proyecto, van a saber cómo conservar la cuenca permeable, favoreciendo la infiltración de las precipitaciones y evitando, así, las grandes avenidas que tan graves consecuencias han ocasionado.

5.3.2. Descripción de la Cartelería

El propósito de la cartelería diseñada es explicar a los ciudadanos, mediante simples pasos, como realizar un video que permita al proyecto CdC conocer el valor del evento capturado.

Recurriendo al programa Adobe Illustrator, se diseñó el cartel frontal y reverso. En la parte frontal del mismo se explica mediante cinco pasos, y con la ayuda de fotografías tomadas en la estación respectiva, como realizar la filmación para determinar la velocidad superficial del cauce, como tomar la fotografía de la escala para conocer el tirante respectivo y a donde debe

enviarse la información; también detalla la información de la estación (código y nombre) y se realiza una advertencia de seguridad frente a las grandes crecidas.

En el reverso del cartel, se colocó un mapa de la región, marcando las ocho estaciones establecidas en las Sierras Chicas, junto con un código QR que, al escanearlo, permite acceder al mapa desde el celular. También se colocó la página web del proyecto CdC para mayor información. En las Figs. 5.2 y 5.3 se muestran el cartel frontal y reverso, respectivamente, para la estación SCH40 – Puente San José.



ESTE ES UN SITIO FAVORITO DE CAZADORES DE CRECIDAS

Estación: SCH40 - “Puente San José - Río Ceballos”

¿Cómo colaborar en caso de crecidas?

1.- Colóquese en el punto indicado para realizar el video.



2.- Ubique los cuatro puntos fijos de control.



3.- Tome un video del río (aproximadamente 30 segundos), con la cámara inmovil, controlando que en todo momento se vean los puntos de control.



4.- Fotografíe la escala que se encuentra a la derecha del punto de filmación.



5.- Envíenos ambos archivos, indicando la fecha y hora aproximada a: cazadoresdecrecidas@unc.edu.ar



ALERTA DE SEGURIDAD!!!
Los ríos pueden ser peligrosos. En crecida, las velocidades son muy altas y el nivel del río puede subir rápidamente. No tome riesgos innecesarios y aléjese del cauce para estar a salvo.
Observar o filmar una crecida no justifica poner su vida en peligro



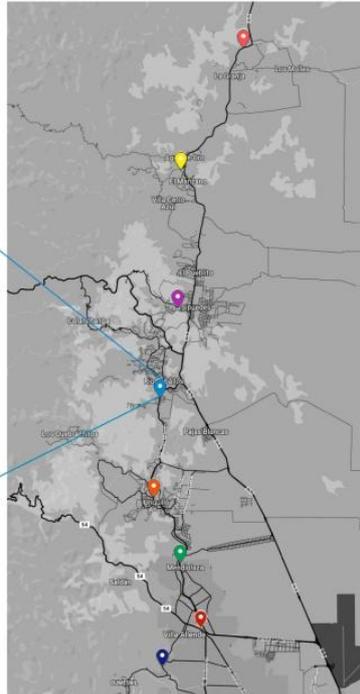
Fig. 5.2 – Diseño frontal de la Cartelería Informativa para la Estación SCH40



SITIOS FAVORITOS DE CAZADORES DE CRECIDAS SIERRAS CHICAS

**USTED ESTÁ
AQUÍ**

**Estación SCH40
Puente San José
Río Ceballos**



**También puede
visualizar los
Sitios Favoritos
desde su celular!!**



<https://xurl.es/w2adz>

**¿Querés saber más sobre
Cazadores de Crecidas?**



<http://www.cazadoresdecrecidas.unc.edu.ar/>

Fig. 5.3 – Diseño reverso de la Cartelería Informativa para la Estación SCH40

En el Anexo II se adjuntan imágenes de todos los carteles diseñados, para que puedan ser observados con mayor detalle.

5.4. Determinación de caudales mediante la técnica LSPIV

5.4.1. Fundamentación

Para poder predecir o estimar el comportamiento del recurso hídrico de una región o cuenca, es necesario tener datos suficientes que permitan realizar análisis estadísticos. La técnica LSPIV permite obtener estos datos a bajo costo, con instrumentos de medición simples.

La utilización de esta técnica, además, permite que la recopilación de la información la pueda realizar cualquier persona; de esta forma, la cantidad de datos es más extensa y los modelos estadísticos pueden ser más exactos.

5.4.2. Descripción de la técnica LSPIV

Las técnicas de medición por imágenes permiten obtener el campo de velocidades de flujos con alta resolución temporal y espacial mediante un análisis del flujo en el sector trabajado. La metodología consiste en obtener un video, de entre 10 a 15 segundos de duración como mínimo, del flujo en estudio, con una adecuada iluminación y con la presencia (o no) de trazadores. Luego, el video es descompuesto en imágenes y, en base a dos imágenes capturadas en un intervalo de tiempo conocido, se obtendrá el campo de velocidades del flujo.

Según el tipo de análisis realizado sobre las imágenes, se tendrán distintas formas de procesamiento. El análisis Euleriano toma cada imagen, la divide en ventanas y compara el desplazamiento promedio de los trazadores dentro de cada ventana entre pares de imágenes.

De este procedimiento se obtiene un vector velocidad de cada ventana para cada par de imágenes. Finalmente, se promedian los vectores de velocidades de todos los distintos pares de imágenes obteniéndose un campo promedio de velocidades. El análisis Lagrangiano, en cambio, detecta el centroide de cada partícula y se obtiene un vector desplazamiento para cada una de ellas en cada imagen. Con dichos vectores se trazan las trayectorias a lo largo del flujo, e, interpolando las posiciones de cada partícula en cada instante, se obtiene el campo de velocidades del flujo (Crivello, 2018). En la Fig. 5.4 puede verse el esquema de funcionamiento de estos análisis.

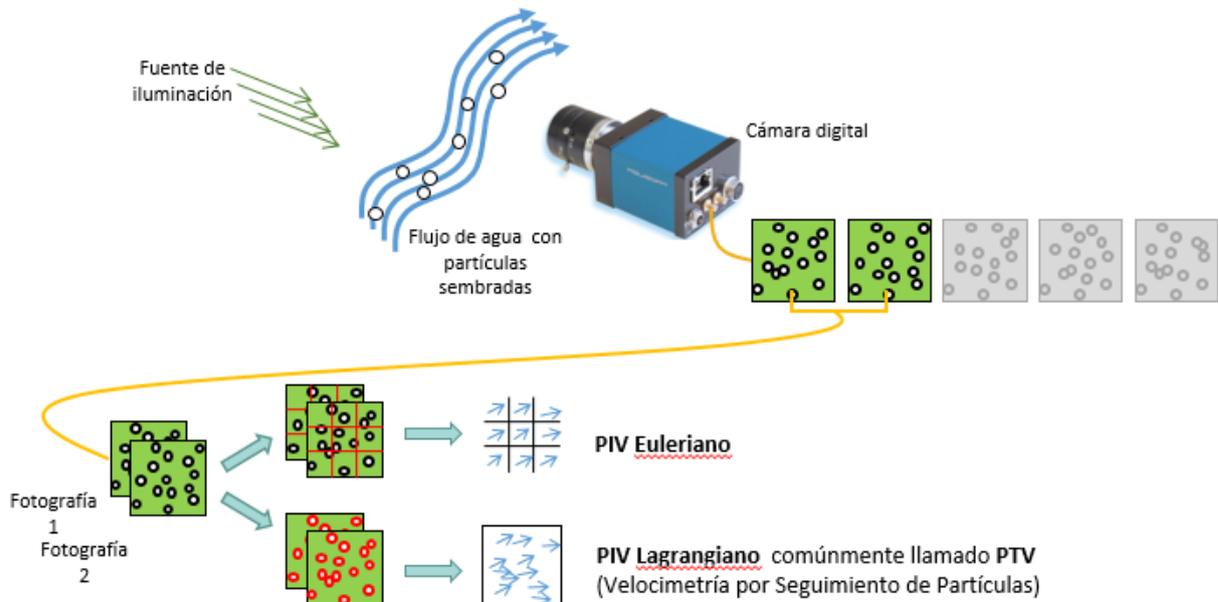


Fig. 5.4 – Técnicas de medición por imágenes utilizando diferentes análisis de procesamiento (Crivello, 2018)

La técnica de Velocimetría de Imagen de Partícula (PIV, Particle Image Velocimetry) es una técnica que permite determinar campos de velocidades de un flujo utilizando un procesamiento de imágenes. Los sistemas convencionales de PIV están constituidos por cuatro componentes principales: iluminación, siembra de trazadores, grabación de imágenes y procesamiento de imágenes.

La técnica PIV se basa en la ecuación

$$Velocidad = \frac{Distancia}{Tiempo} \quad (14)$$

El principio general de esta técnica es iluminar partículas con un haz de luz, para visualizar líneas trazadas en el campo de flujo de interés, y adquirir dos imágenes sucesivas del mismo con una separación de tiempo conocida (Δt). El campo de la separación determina el movimiento de las partículas entre las dos imágenes y dividiendo entre el tiempo se obtiene el campo de la velocidad (Gutierrez, 2011).

La técnica LSPIV (Large Scale Particle Image Velocimetry – Velocimetría de Imagen de Partícula a Gran Escala) está basada en los mismos principios expuestos anteriormente para la técnica PIV; es posible decir que son la misma técnica. La diferencia entre ambas surge en la aplicación. La técnica PIV es utilizada a pequeña escala, donde es posible iluminar las partículas dentro del flujo, permitiendo así la obtención de velocidades tanto superficialmente

como en profundidad; por ejemplo, se aplica en modelos físicos. Por el contrario, la técnica LSPIV es una variante que se plantean con la iluminación natural o artificial del flujo desde una fuente externa (normalmente, el sol) y se aplica, como lo dice su nombre, en grandes escalas, como ser modelos físicos de grandes dimensiones, cursos de agua, canales, etcétera.

Otra diferencia entre las dos técnicas surge al analizar los componentes implicados: mientras que la técnica PIV requiere de siembra de trazadores, en la técnica LSPIV no siempre son necesarios; en general, se usan los patrones visibles en la superficie del agua para el análisis (Crivello, 2018).

Dado que LSPIV cubre grandes áreas obtenidas a través de imágenes oblicuas del flujo en superficie, es necesario un paso adicional a la técnica PIV: ortorectificación de la imagen. La secuencia de mediciones de LSPIV se ilustra en la Fig. 5.5. Primero puede observarse la imagen del área que va a ser analizada (los patrones blancos indican los trazadores naturales o artificiales usados para la visualización de la superficie libre); luego, la imagen oblicua distorsionada y, finalmente, la imagen rectificada con los vectores de velocidad superpuestos sobre la imagen.

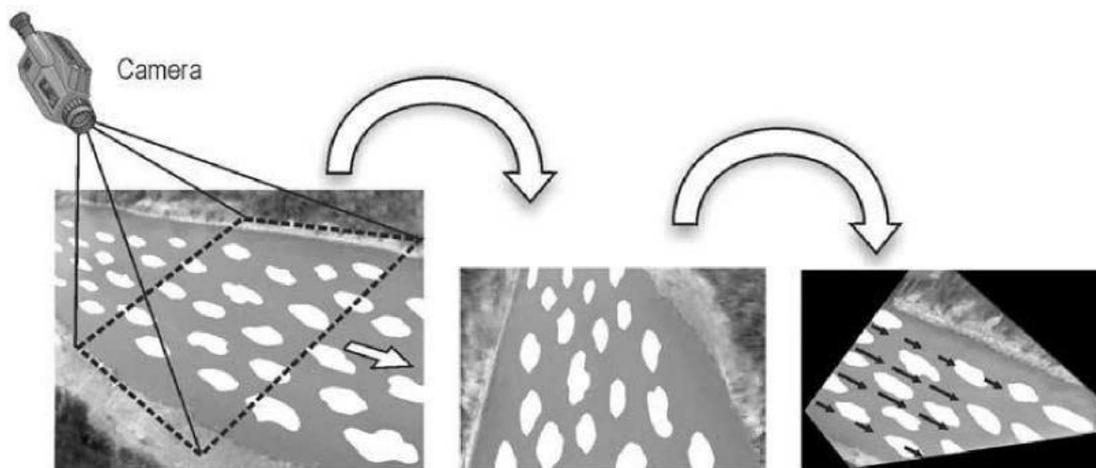


Fig. 5.5 – Secuencia de medición con LSPIV (Gutierrez, 2011)

Las imágenes de las superficies de los cursos de agua usualmente son tomadas desde un puente o una de las márgenes del curso. Esto implica la captura de imágenes con un ángulo oblicuo en relación al plano de la superficie del curso. Con el fin de obtener datos precisos del flujo en movimiento a partir de las imágenes tomadas, éstas deben ser rectificadas por un esquema de transformación de la imagen apropiado. Generalmente, se aplica una relación fotogramétrica convencional para producir ortoimágenes usando coordenadas conocidas de puntos de control sobre el terreno en el sistema de coordenadas real (X, Y, Z) y en el sistema de coordenadas de la imagen (u, v). La selección de estos puntos de control depende habitualmente de las condiciones en el campo, por ejemplo, la presencia de árboles, postes de tendido eléctrico, las esquinas en las construcciones, un techo, una roca fija, etc. (Gutierrez, 2011). Lo descrito anteriormente puede observarse a continuación en la Fig. 5.6.

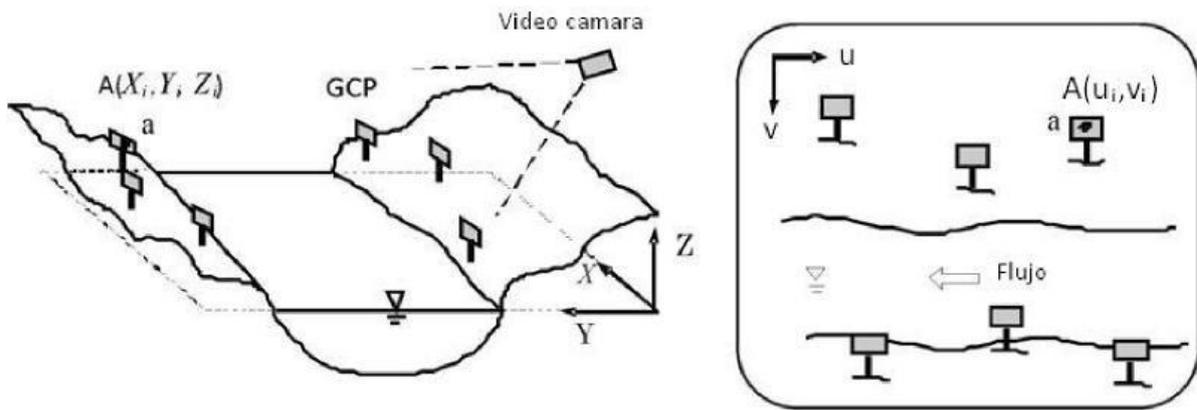


Fig. 5.6 – Relación entre la cámara y el sistema coordenado del terreno (Gutierrez, 2011).

La esencia del método empleado en LSPIV, al igual que en PIV, consiste en aplicar un patrón de coincidencia o similitud en la distribución de intensidad de una serie de imágenes, como puede verse en la Fig. 5.7. El índice de similitud de los patrones encerrados en una pequeña área llamada “Área de Interrogación”, ajustada en la primera imagen, se calcula para una ventana del mismo tamaño a lo largo de toda el área de la imagen de interés, llamada Área de búsqueda, seleccionada en la segunda imagen. Entonces, se asume, entre las ventanas con el índice de similitud más alto, el desplazamiento más probable del flujo entre dos imágenes consecutivas. Una vez obtenida la distancia entre los centros de las pequeñas ventanas, la velocidad puede ser calculada dividiendo entre el tiempo de captura de las dos imágenes consecutivas (Δt). El proceso de búsqueda es aplicado sucesivamente entre todas las áreas de interrogación en la imagen (Gutierrez, 2011).

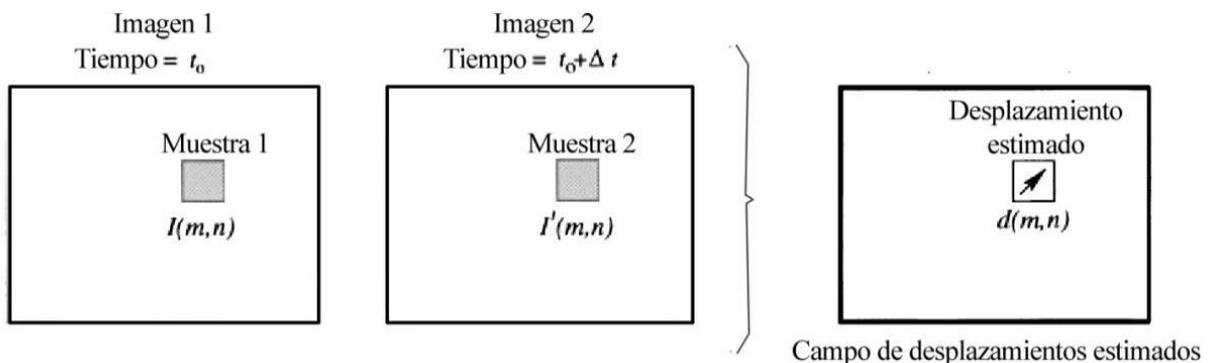


Fig. 5.7 – Conceptualización del algoritmo LSPIV (Crivello, 2018).

5.4.3. Procedimiento realizado para el procesamiento y resultados

Para llevar a cabo el procesamiento de las imágenes se utilizan dos programas de computadora. El primero es Rectification of Image Velocity Results (Rectificación de los Resultados de Velocidad en Imagen, RIVeR). Esta es una herramienta desarrollada en Matlab, por el Ing. Antoine Patalano (miembro del proyecto CdC), y tiene como objetivo procesar la caracterización de la superficie del agua a gran escala como campos de velocidad o trayectorias individuales de trazadores flotantes²⁰. El segundo programa utilizado es PIVlab. Esta es una herramienta (tool) de Matlab que no solo permite calcular la distribución de la

²⁰ Para más información, se puede visitar el sitio web <http://riverdischarge.blogspot.com/>

velocidad dentro de los pares de imágenes de partículas, sino que también se utiliza para derivar, mostrar y exportar múltiples parámetros del patrón de flujo²¹.

El procedimiento utilizado para aplicar la técnica LSPIV consistió en diversos pasos, a saber:

1. Se grabó el video del evento a estudiar.
2. Se descompuso el video en imágenes. Para ello se utilizó el programa RIVeR y se estableció el intervalo del video a analizar y el Δt entre fotografías.
3. Utilizando el programa PIVlab, se analizó el conjunto de imágenes, se determinó la zona de exclusión de las mismas, los filtros, entre otras condiciones, para obtener finalmente el campo de velocidades.
4. Recurriendo nuevamente al programa RIVeR, se rectificó el campo de velocidades y se convirtieron los datos obtenidos previamente en unidades de px/s a m/s. Para lograr esto, se ingresaron en el software las distancias entre los puntos de control establecidos en la sección.
5. Finalmente, se ingresó en el software RIVeR el perfil topobatimétrico de la sección para que, combinándolo con el campo de velocidades determinado previamente, el programa estime el caudal que fluye en ese momento.

En el alcance de este trabajo se analizaron cuatro videos tomados en la Estación SCH40 – Puente San José, por personal capacitado de Defensa Civil Río Ceballos. Los tres primeros corresponden a un evento producido el 2 de marzo de 2018, relevados con 5 minutos de diferencia entre sí, permitiendo así observar el avance de la crecida estudiada. El cuarto video fue tomado el 3 de marzo de 2018.

El primer video procesado del día 2 de marzo de 2018, fue tomado a las 13:20 hs. En el video se puede observar que el cauce tiene un caudal superior al normal, pero aún no es de gran magnitud. En las Figs. 5.8 y 5.9 se muestran una fotografía tomada del arroyo con su caudal normal (aproximadamente $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$)²², en época de estiaje, y una imagen extraída de dicho video.



Fig. 5.8 – Arroyo Río Ceballos con su caudal normal (foto tomada el 4 de octubre de 2018)

²¹ Para más información, se puede visitar el sitio web <https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/27659-pivlab-particle-image-velocimetry-piv-tool>

²² Este valor fue brindado por miembros del proyecto CdC.



Fig. 5.9 – Arroyo Río Ceballos el día 2 de marzo de 2018 a las 13:20 hs.

Luego de procesado el vídeo, utilizando los programas ya mencionados, se obtuvo el caudal estimado de $0,603 \text{ m}^3/\text{s}$, con una velocidad media superficial de $0,12 \text{ m/s}$, para un tirante medido en campo, desde el punto más bajo del cauce, de $0,40 \text{ m}$ y un ancho estimado de $10,61 \text{ m}$. A continuación, en las Figs. 5.10 y 5.11, se muestran capturas extraídas del programa RIVeR, en las cuales puede observarse el campo de velocidades y los valores mencionados previamente.

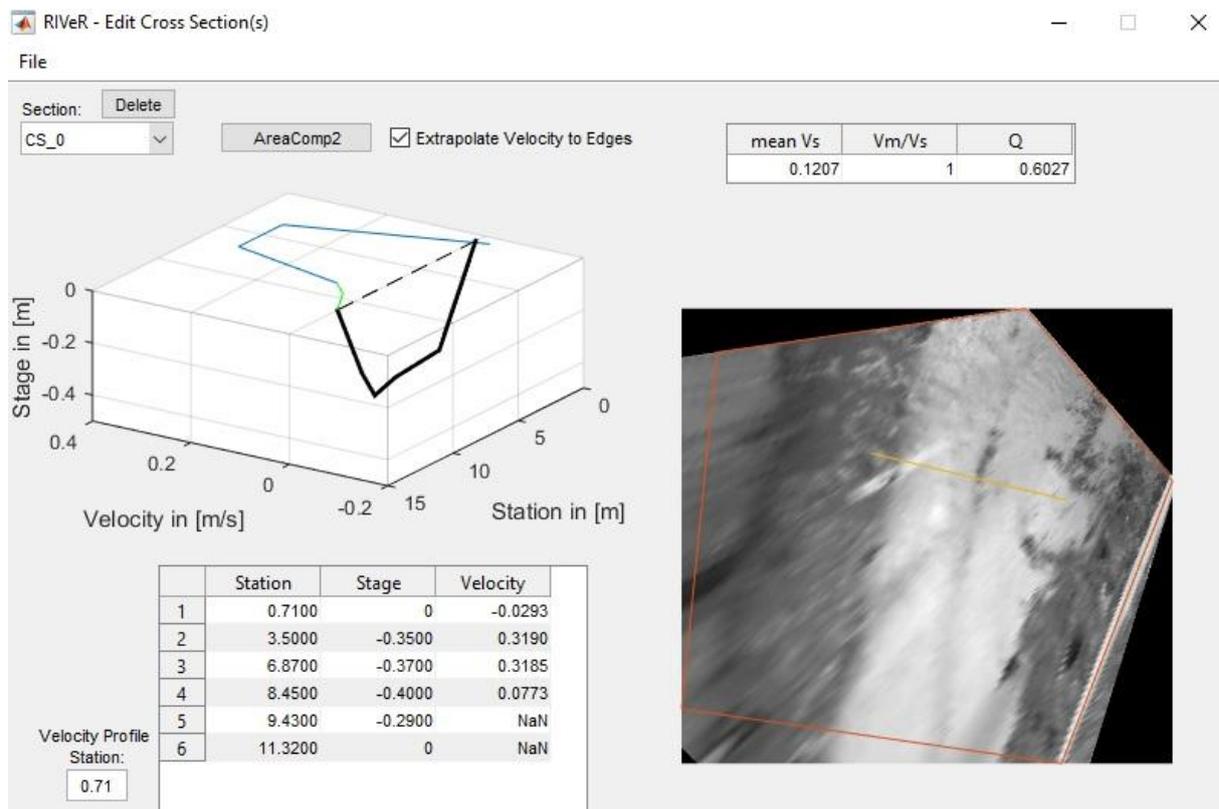


Fig. 5.10 – Cálculo de caudal en programa RIVeR, Arroyo Río Ceballos, 2/03/2018, 13:20 hs.

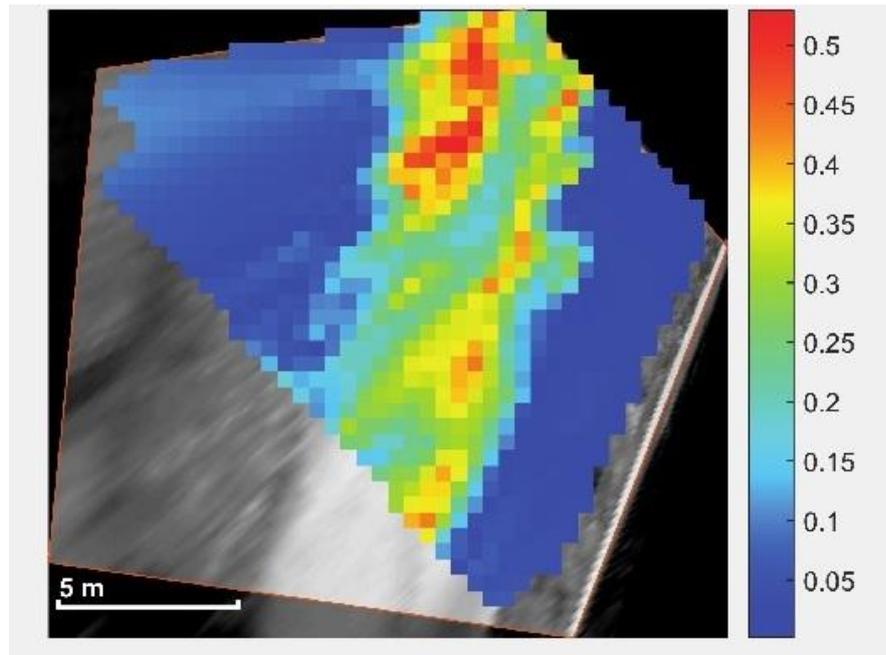


Fig. 5.11 – Campo de velocidades, Arroyo Río Ceballos, 2/03/2018, 13:20 hs.

El segundo video analizado fue tomado el día 2 de marzo a las 13:25 hs. Con respecto al video anterior, puede notarse un gran incremento en el caudal. En la Fig. 5.12 puede verse una imagen extraída del video en estudio.



Fig. 5.12 – Arroyo Río Ceballos el día 2 de marzo de 2018 a las 13:25 hs.

Al realizar el procesamiento de este video, se obtuvo un caudal de $5,071 \text{ m}^3/\text{s}$ y una velocidad media superficial de $0,95 \text{ m/s}$, para un tirante máximo de $0,52 \text{ m}$ y un ancho estimado de $12,10 \text{ m}$. En las Figs. 5.13 y 5.14 se observa el resultado extraído del programa RIVeR y el campo de velocidades.

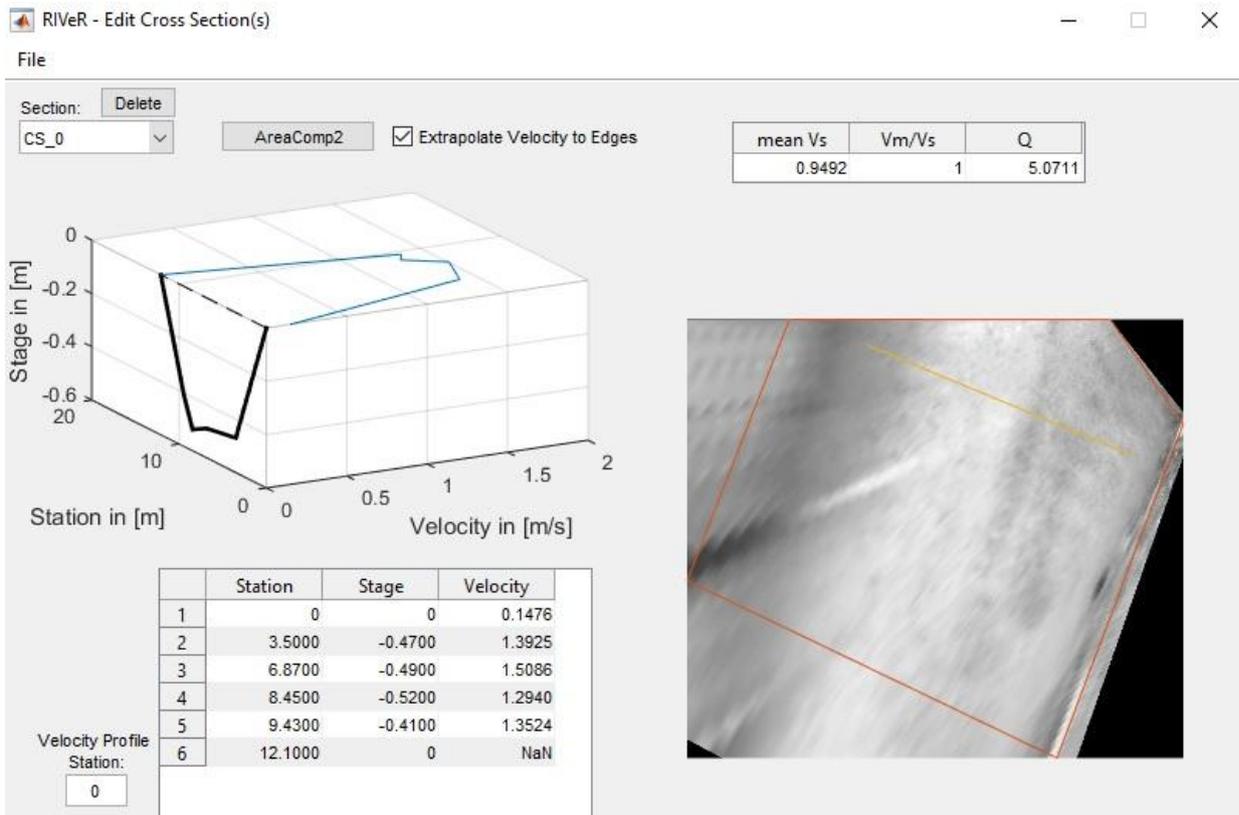


Fig. 5.13 – Cálculo de caudal en programa RIVeR, Arroyo Río Ceballos, 2/03/2018, 13:25 hs.

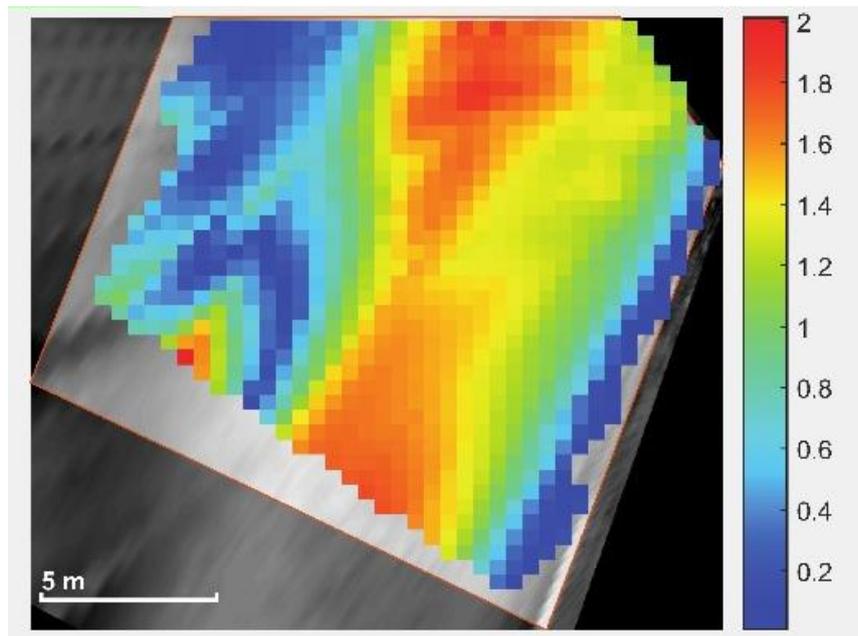


Fig. 5.14 – Campo de Velocidades, Arroyo Río Ceballos, 2/03/2018, 13:25 hs.

El tercer video analizado, se capturó el día 2 de marzo de 2018 a las 13:30 hs. En la Fig. 5.15 se muestra una imagen extraída de dicho video, a partir de la cual se puede deducir, en comparación con la Fig. 5.12, que el caudal siguió incrementándose.



Fig. 5.15 – Arroyo Río Ceballos el día 2 de marzo de 2018 a las 13:30 hs.

Mediante el procesamiento del video, se estimó un caudal de 8,249 m³/s y una velocidad superficial media de 1,01 m/s, para un tirante máximo de 0,66 m y un ancho, que alcanza toda la sección limitada antrópicamente, de 13,2 m. Las siguientes imágenes, Figs. 5.16 y 5.17, muestran los resultados determinados por el programa RIVeR y el campo de velocidades para el cauce en el momento analizado.

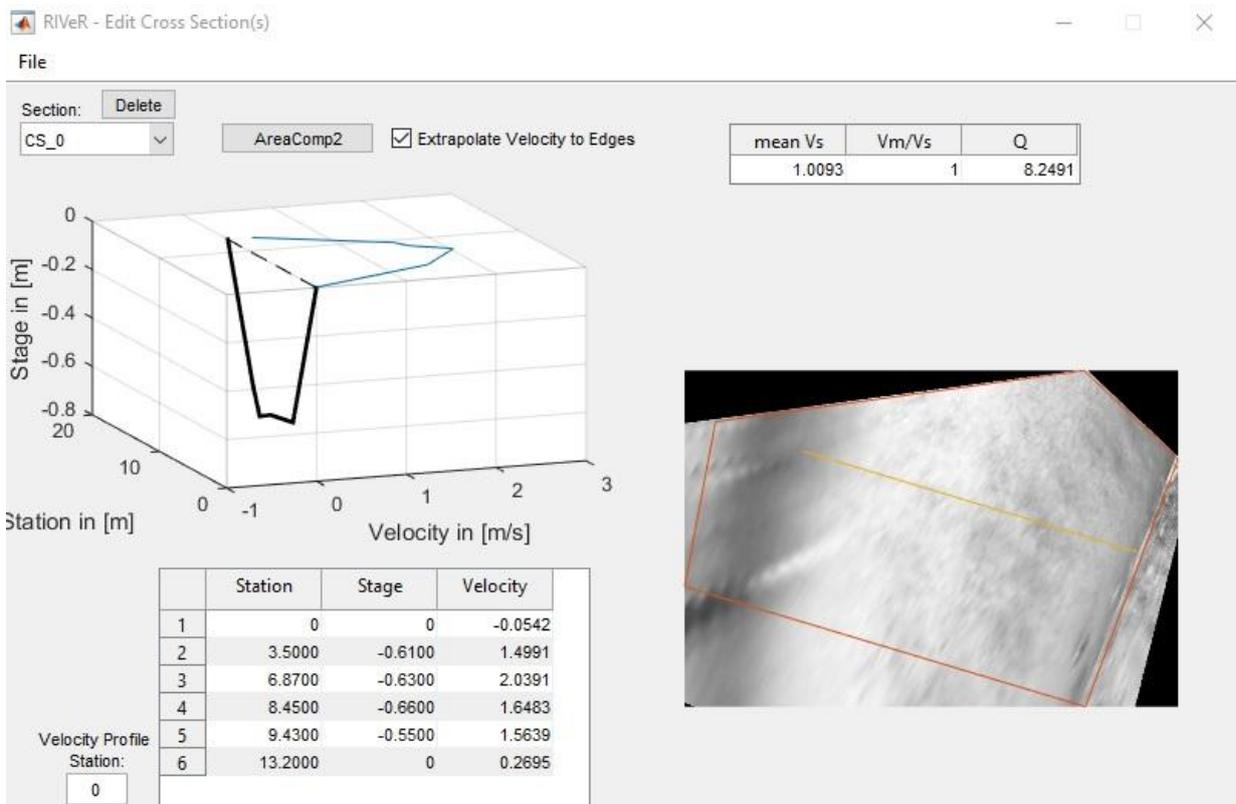


Fig. 5.16 - Cálculo de caudal en programa RIVeR, Arroyo Río Ceballos, 2/03/2018, 13:30 hs.

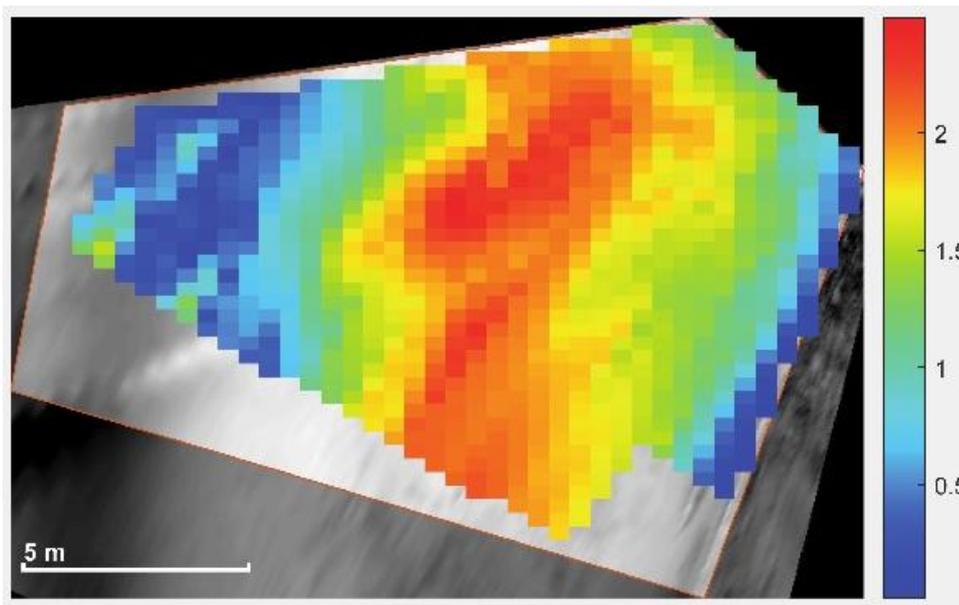


Fig. 5.17 – Campo de velocidades, Arroyo Río Ceballos, 2/03/2018, 13:30 hs.

Es posible graficar los diferentes caudales estimados en función del tiempo, para obtener un fragmento del hidrograma correspondiente a esta crecida. Esta gráfica se muestra a continuación, en la Fig. 5.18. A partir de la forma que toma la curva, se podría suponer que el caudal está alcanzando su valor máximo para el evento considerado.

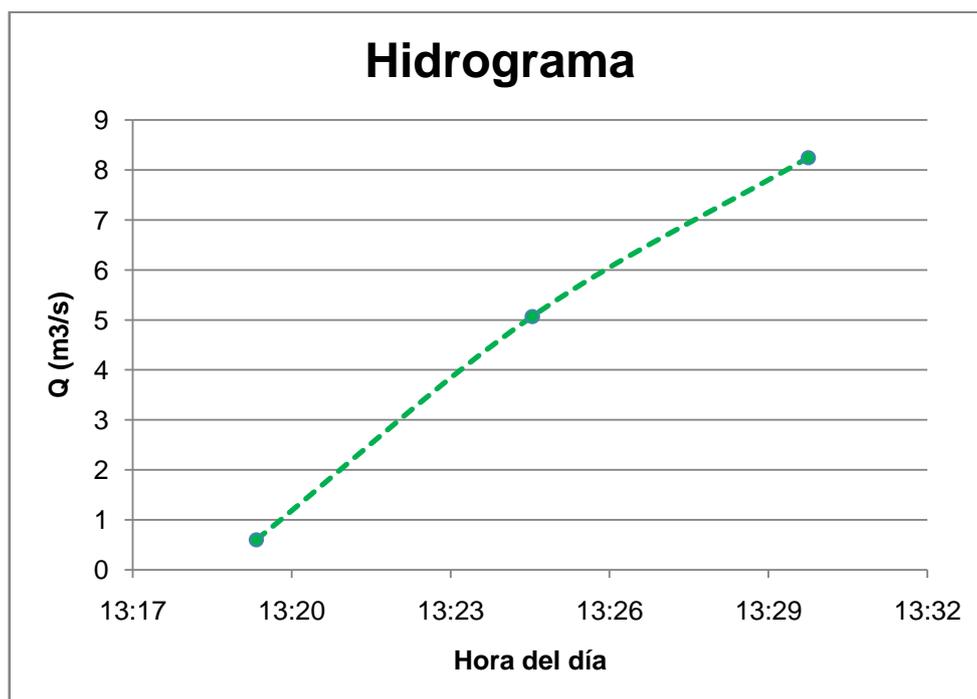


Fig. 5.18 – Caudal en función del tiempo, Arroyo Río Ceballos, evento del 2/03/2018

En diferentes puntos de la cuenca que abastece al arroyo Río Ceballos se midió la precipitación que se corresponde al evento analizado previamente. Dicha precipitación se dio en un intervalo de tiempo de 30 minutos. En la Tabla 5.1 se muestran los datos brindados por Defensa Civil Río Ceballos de precipitaciones en diferentes puntos de medición.

Estación	Precipitación [mm]
El Caracol	17,5
Los Manantiales	22
B° Santa Fe	S/D
Panta Potabilizadora LQ	16
B° Cantegril	S/D
B° Pietri	5
B° Nuevo Río Ceballos	S/D
B° Chacras de Los Loros	0,5
Colanchanga	1
Buffo	S/D
Chiviquin	S/D

Tabla 5.1 – Precipitación en la cuenca del Arroyo Río Ceballos, 2/03/2018 (Datos brindados por Defensa Civil Río Ceballos).

Es posible determinar la media aritmética de las estaciones que cuentan con datos, y se obtiene una precipitación de 10,33 mm en un lapso de 30 minutos. Si bien este valor no tiene una gran exactitud, es una buena aproximación que permite corresponder una lámina precipitada con un caudal transitado por el arroyo en consideración.

El cuarto video procesado fue tomado el día 3 de marzo de 2018. En la Fig. 5.19 se puede observar un caudal menor al transitado el día anterior (Fig. 5.15). En este caso, el evento que se produjo fue de menor magnitud, aunque no se disponen datos del mismo.



Fig. 5.19 - Arroyo Río Ceballos el día 2 de marzo de 2018

El procesamiento de las imágenes determinó un caudal de 1,246 m³/s y una velocidad superficial media de 0,13 m/s, para un tirante máximo de 0,49 m y un ancho estimado del cauce de 11,90 m. En las Figs. 5.20 y 5.21 pueden observarse los resultados determinados por el programa RIVeR y el campo de velocidades.

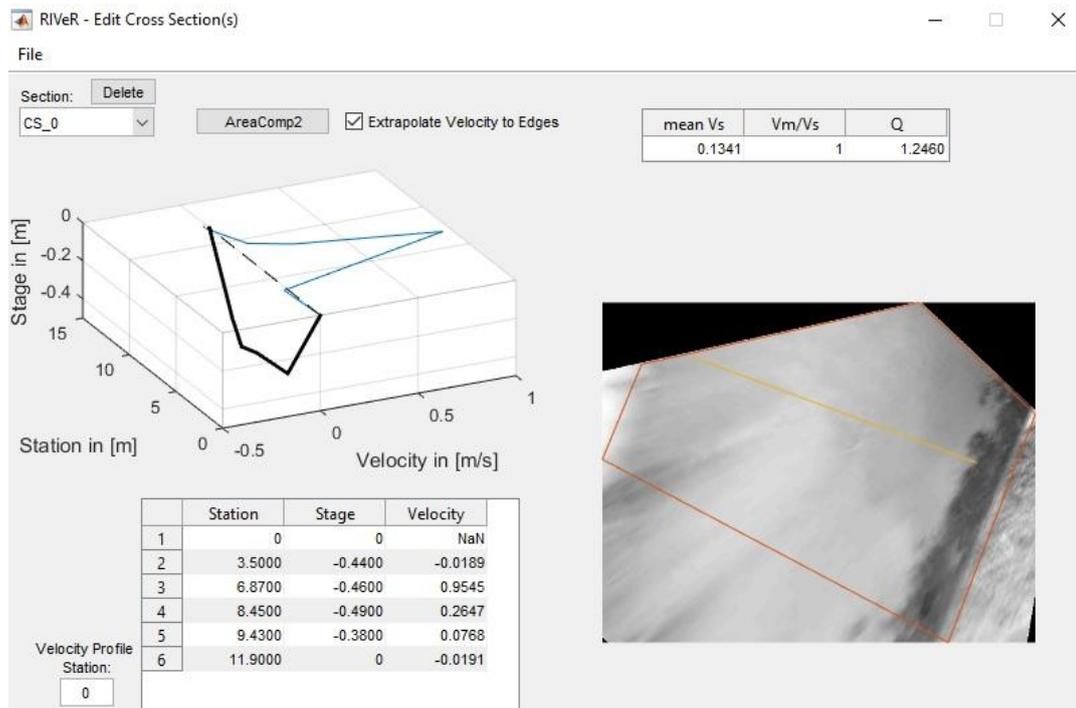


Fig. 5.20 - Cálculo de caudal en programa RIVeR, Arroyo Río Ceballos, 2/03/2018.

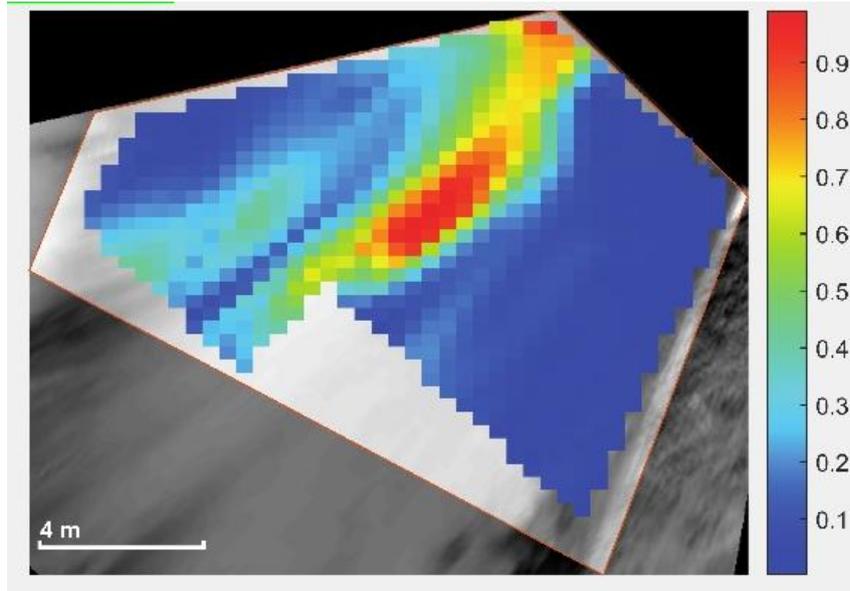


Fig. 5.21 – Campo de velocidades, Arroyo Río Ceballos, 3/03/2018

Finalmente, si graficamos los valores de caudal obtenidos versus los tirantes máximos correspondientes, es posible encontrar la curva H-Q del Arroyo Río Ceballos en la sección de medición analizada. Esta curva se muestra en la Fig. 5.22.

La línea de tendencia obtenida para los cuatro pares de valores obtenidos tiene la forma esperada, y un error relativamente bajo, como puede deducirse del valor de R^2 mostrado en la Fig. 5.22. Sin embargo, esta curva debe ser calibrada con una mayor cantidad de valores medidos para que, en el futuro, se pueda estimar el caudal a partir del tirante máximo leído de la escala que se encuentra en la sección.

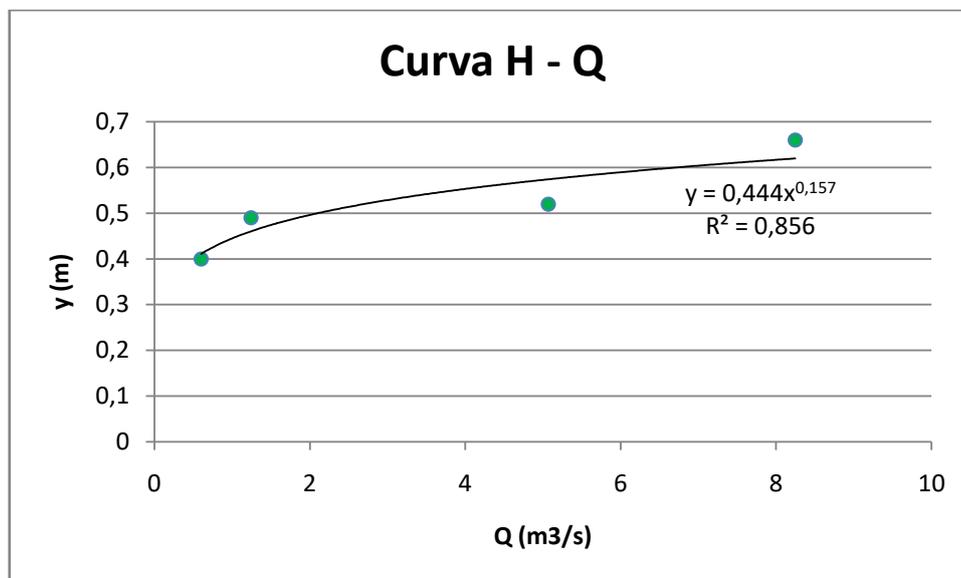


Fig. 5.22 – Curva H-Q del Arroyo Río Ceballos en la Estación SCH40

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES FINALES

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Durante la realización de este trabajo se estudió la misma problemática desde diferentes enfoques: como una problemática administrativa, en cuanto al ordenamiento y sistematización de la información y a la falta de datos, redactando las monografías y llevando a cabo el procesamiento de imágenes; y como una problemática social, diseñando la cartelería.

Se puede concluir que, como todo problema, depende de múltiples factores, y para encontrar una solución se debe trabajar sobre cada uno de ellos. En este punto, el Ingeniero Ambiental cumple un rol fundamental. Durante su formación, el estudiante de Ingeniería Ambiental se ve enriquecido por la interdisciplinariedad, y esto debe extenderse a su ejercicio profesional.

Tomando como partida la problemática de las avenidas extremas, estas generan consecuencias gravísimas, con pérdidas humanas y materiales. Estas crecidas se presentan con mayor frecuencia en la actualidad por múltiples causas: calentamiento global, deforestación, impermeabilización de las cuencas.

Por otro lado, la deforestación y la impermeabilización de las cuencas, que deben ser reguladas y controladas por el estado, se generan para lograr el desarrollo de las economías regionales y mejorar las condiciones de vida de los habitantes de la región.

Una vez producido el evento extremo, no sólo hay pérdidas estructurales, también se genera erosión en la cuenca, gran cantidad de pérdida de suelos, sedimentación aguas abajo. Todo esto lleva a parte de la población a la pobreza, debido a que no sólo pierden su vivienda, también pierden los recursos para el desarrollo económico; esto produce asentamientos informales y precarios, en zonas peligrosas, aumentando la vulnerabilidad de la sociedad frente a próximos eventos.

De esta manera, se reinicia el ciclo descripto. Esto sólo lleva a un deterioro exponencial de la cuenca de aporte, a un incremento de la vulnerabilidad social y económica de la región y a un comportamiento hídrico impredecible.

Claramente, es una gran red de factores, que no sólo afectan a la problemática que se analizó durante este trabajo, sino que también se ven influidos entre sí. Finalmente, se puede concluir que para poder solucionar estos eventos, se deben comenzar a ver como problemas del desarrollo no sostenible: desbalance entre agentes ambientales, económicos y sociales.

6.2. Recomendaciones para la continuación de este trabajo

Las tareas realizadas durante este trabajo son el puntapié inicial para, lo que puede ser, un proyecto mucho mayor. Las recomendaciones que se realizan son las siguientes:

- Concientizar a la administración de las localidades donde se encuentran las estaciones de medición para que se involucren en el mantenimiento de las mismas, el monitoreo de eventos y el fomento de la participación ciudadana.

- Generar espacios de integración de la sociedad: charlas, exposiciones, talleres; el objetivo es preparar a la población para los eventos, que conozcan el comportamiento de una cuenca y aprendan a reducir la vulnerabilidad.
- Desarrollar un plan de alertas de crecidas en las diferentes localidades, trabajando en conjunto con los municipios, defensa civil y otros entes de seguridad ciudadana.
- Aumentar el número de estaciones, no sólo en Sierras Chicas, sino también en toda la provincia; se puede pensar a largo plazo y extender el proyecto de CdC a diferentes puntos del país.
- Vincular la medición de caudales con otro tipo de mediciones: mediciones meteorológicas, que asocien lluvia con caudal; relevamiento de condiciones de las cuencas (impermeabilización, desforestación, uso de suelo), relevamiento de edificaciones realizadas en la planicie de inundación de los cursos de agua.
- Diseñar y desarrollar una aplicación para teléfonos móviles que asista a los ciudadanos al momento de realizar la toma del video. Esta aplicación puede combinarse con alertas meteorológicas, datos estadísticos de las estaciones e información complementaria que motiven a las personas a conocer sobre la problemática y como colaborar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Censo Nacional de Población 2010, INDEC, https://www.indec.gov.ar/censos_provinciales.asp?id_tema_1=2&id_tema_2=41&id_tema_3=113&p=14&d=999&t=3&s=0&c=2010, 23/11/2018
- Clima en Córdoba, Gobierno de la Provincia, <http://www.cba.gov.ar/provincia/aspectos-generales/clima/>, 22/10/2018
- Crivello, F. M. (2018), *Caracterización de flujos en modelos físicos y prototipos usando técnicas de velocimetría avanzadas (LSPIV, LSPTV y ADV)*, Informe Técnico Final de Práctica Supervisada, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba.
- Defensa Civil, <http://www.cba.gov.ar/que-es-la-defensa-civil/>, 20/10/2018
- Departamento Colón, Portal de Información Nuestra Ciudad, https://nuestraciudad.info/portal/Departamento_Col%C3%B3n.CBA, 27/10/2018
- Departamento Colón, Wikipedia, [https://es.wikipedia.org/wiki/Departamento_Col%C3%B3n_\(C%C3%B3rdoba\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Departamento_Col%C3%B3n_(C%C3%B3rdoba)), 29/10/2018
- Estación Potrero del Clavillo, Red Hidrometeorológica Nacional, <http://bdhi.hidricosargentina.gov.ar/MuestraDatos.aspx?Estacion=10409>, 24/11/2018
- Gutierrez, J.C. (2011), *Evaluación de la técnica de LSPIV para estimar la velocidad superficial del agua en obras hidráulicas*, Informe de Tesis de Maestría, Subcoordinación de Hidráulica Ambiental, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Herramienta PIVlab, <https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/27659-pivlab-particle-image-velocimetry-piv-tool>, 25/11/2018
- Laboratorio de Hidráulica, http://www.inv.lab_hidraulica.efn.uncor.edu/, 01/09/2018.
- Localidad de Agua de Oro, Portal de Información Nuestra Ciudad, https://nuestraciudad.info/portal/Agua_de_Oro.CBA, 27/10/2018
- Localidad de La Granja, Portal de Información Nuestra Ciudad, https://nuestraciudad.info/portal/La_Granja.CBA, 27/10/2018
- Localidad de Mendiolaza, Portal de Información Nuestra Ciudad, <https://nuestraciudad.info/portal/Mendiolaza.CBA>, 27/10/2018
- Localidad de Río Ceballos, Portal de Información Nuestra Ciudad, https://nuestraciudad.info/portal/R%C3%ADo_Ceballos.CBA, 27/10/2018
- Localidad de Saldán, Portal de Información Nuestra Ciudad, <https://nuestraciudad.info/portal/Sald%C3%A1n.CBA>, 27/10/2018
- Localidad de Salsipuedes, Portal de Información Nuestra Ciudad, <https://nuestraciudad.info/portal/Salsipuedes.CBA>, 27/10/2018
- Localidad de Villa Allende, Portal de Información Nuestra Ciudad, https://nuestraciudad.info/portal/Villa_Allende.CBA, 27/10/2018
- Localidad de Unquillo, Portal de Información Nuestra Ciudad, <https://nuestraciudad.info/portal/Unquillo.CBA>, 27/10/2018
- Mapa físico de sierras chicas, <https://www.mapade.org/cordoba.html>, 22/11/2018
- Mapa de Sierras Chicas, <http://www.sierrasdecordoba.com/>, 23/11/2018
- Ministerio de Agua, Ambiente y Servicios Públicos, <https://minaaysp.cba.gov.ar/>, 01/09/2018.
- Petroli, G. H. (2016), *Relevamiento de la Infraestructura de Monitoreo Meteorológico de la Provincia de Córdoba y de Datos para la Calibración Hidrológica del Radar RMA1*, Informe Técnico Final de Práctica Supervisada, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba.

- Población del departamento Colón, Gobierno de la Provincia, http://web2.cba.gov.ar/actual_web/estadisticas/informes_departnuevos/colon/demografde/Poblaciontotal.htm, 27/10/2018
- Programa RIVeR, <http://riverdischarge.blogspot.com/>, 25/11/2018
- Río, M. E., Achával, L. (1904), *Geografía de la Provincia de Córdoba*, Volumen I, Compañía Sudamericana de Billetes de Banco, Buenos Aires.
- Sanchez, C. et al (2013), *Caracterización del territorio Centro de la provincia de Córdoba*, Ediciones INTA, Córdoba
- Sierras Chicas, Wikipedia, https://es.wikipedia.org/wiki/Sierras_Chica, 03/10/2018
- U.S. Geological Survey (Estudio Geológico de Estados Unidos), <https://water.usgs.gov/gotita/earthhowmuch.html>, 24/11/2018
- Ven Te Chow et al (1994), *Hidrología Aplicada*, Editorial McGraw-Hill, Bogotá.

ANEXO I: MONOGRAFÍAS DE SITIOS FAVORITOS

- I.1. Estación SCH10 – La Granja**
- I.2. Estación SCH20 – Agua de Oro**
- I.3. Estación SCH30 – Salsipuedes**
- I.4. Estación SCH40 – Puente San José**
- I.5. Estación SCH50 – Unquillo**
- I.6. Estación SCH60 – Mendiolaza**
- I.7. Estación SCH70 – Villa Allende**
- I.8. Estación SCH80 – Saldán**

I.1. Estación SCH10 – La Granja

DATOS DE LA ESTACIÓN

Nombre de la estación: La Granja
Código: SCH10
Río/Cuenca: Río La Granja
Afluente del río: Río Carnero
¿Es Navegable?: NO
Superficie de la cuenca: 76,85 [Km²]
Distancia a la desembocadura: 16,6 [Km]

UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN

Ubicación: Ruta Provincial E53 s/n, esq. Av. Pablo Rueda
Ciudad/Pueblo/Paraje: La Granja
Departamento: Colón
Provincia: Córdoba
Latitud: 31° 00' 26,70" S
Longitud: 64° 15' 58,55" O
Cota: 684 m

UBICACION GEOGRAFICA



Forma de llegar hasta la estación

Desde el Laboratorio de Hidráulica de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la U.N.C., dirigirse al sureste por calle Dr. Juan Filloy hasta Av. Ciudad de Valparaíso; girar a la derecha y tomar Av. Ciudad Valparaíso y continuar recto hasta Av. Circunvalación Agustín Tosco; acceder a Av. Circunvalación girando a la izquierda por la rampa en dirección a Buenos Aires; continuar por Av. Circunvalación; tomar la salida 1B hacia la ruta provincial E53 en dirección a Río Ceballos/Aeropuerto; continuar por ruta provincial E53, aproximadamente 43 km; al llegar a Av. Pablo Rueda, doblar a la izquierda y llega a destino.

Total del Recorrido desde Ciudad Universitaria: 70,7 Km

Desde la Estación SCH20 – Agua de Oro: Dirigirse al sureste por Cabanillas; al llegar a ruta provincial E53 doblar a la izquierda; continuar por ruta provincial E53, aproximadamente 8,5 km; al llegar a Av. Pablo Rueda, doblar a la izquierda y llega a destino.

Total del Recorrido desde Estación SCH20 – Salsipuedes: 8,8 Km.

Parámetros medidos

Nivel del Río: No hay datos

Datos del Hidrómetro

Cota del cero del hidrómetro: No hay hidrómetro instalado

Sistema de cota: ---

Características del río en el lugar

	Aguas Altas	Aguas Medias	Aguas Bajas
Ancho del río [m]			
Cantidad de brazos	1	1	1

Constitución del lecho y márgenes

Lecho	Roca y Grava
Margen izquierda	Roca y Grava
Margen derecha	Roca y Grava

Estación Hidrométrica

Propietario: No hay estación

Denominación catastral:

Tipo de Instalación

Tipo de Placa

Placa esmaltada.

Amplitud

Descripción de las Instalaciones

La escala es una placa esmaltada, atornillada a la pila central del puente, aguas arriba del mismo. La separación entre las marcas es de 2 cm.

Datos de Nivelación

Punto Fijos próximos a los Hidrómetros

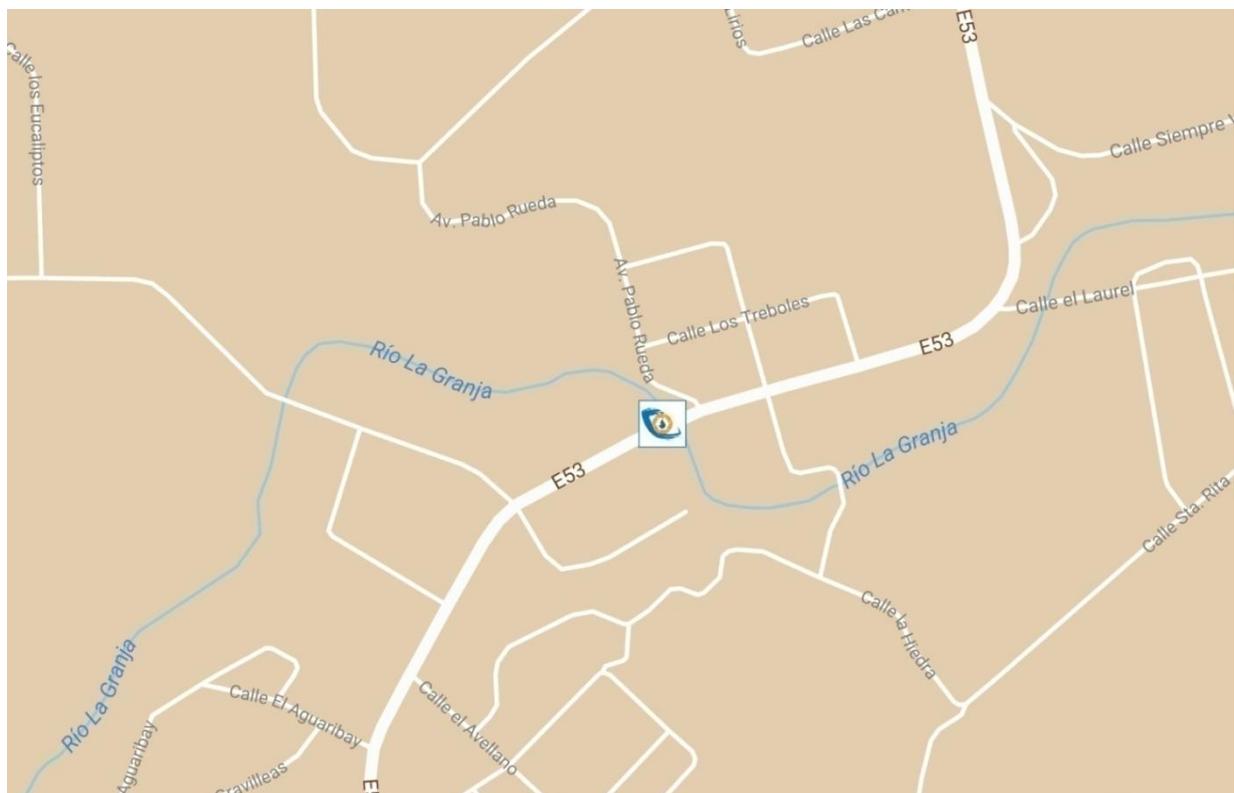
Movimiento "0" Hidrómetro

Sin movimiento

COORDENADAS GEOGRÁFICAS

Punto geográfico	Latitud	Longitud	Altitud
Puntos de filmación			
Cero de la Escala			
Punto de control 1			
Punto de control 2			
Punto de control 3			
Punto de control 4			

Planta General



Estación de Aforos

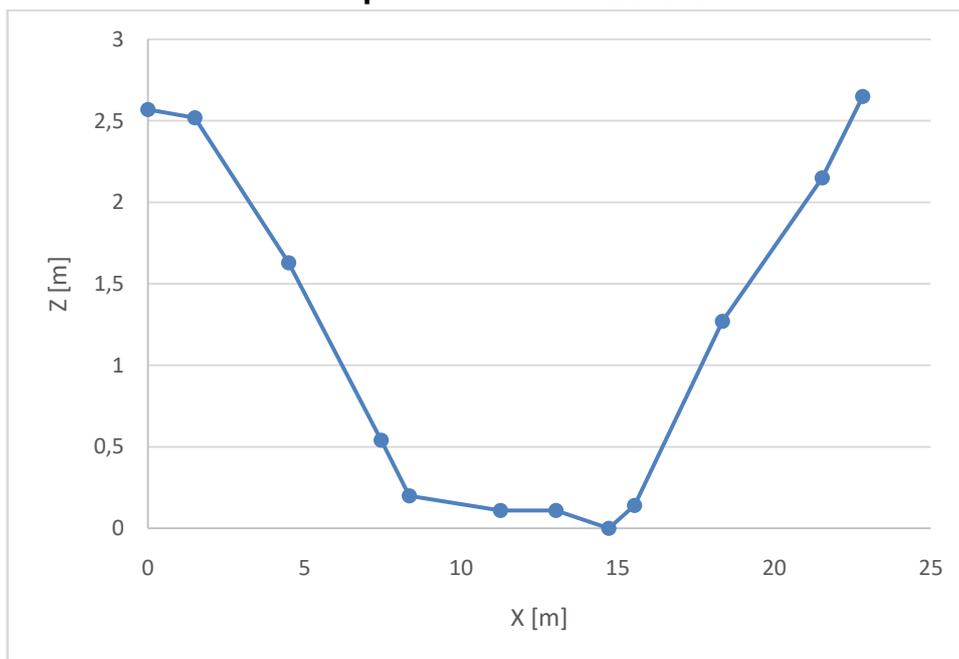
Propietario: No hay estación de aforo

Denominación catastral: No se dispone

Sistema de Medición de Caudales

Las mediciones se realizan por LSPIV

Perfil Topobatimétrico 30/01/2017



Puntos de control fijos



Lugar desde donde se toma el video



Fotografía de la escala



Instrumental Instalado

No hay instrumental instalado

Código de Equipo:

Descripción:

Marca:

Modelo:

Número de Serie:

Fecha Instalación:

Controles - Reparaciones - Daños

Fecha	Tarea/Comentario	Responsable
04/10/2018	Se repintaron los puntos de control y el punto de filmación, con modificaciones de las posiciones de los mismos. Se fotografió la sección con celular, con cámara fotográfica para la cartelería y con dron. La sección fue modificada por el paso del gasoducto. Deberá relevarse el perfil topobarimétrico nuevamente.	Antoine Patalano – Malvina Gigli

Videos recibidos

Fecha	Descripción	Responsable

Total del Recorrido desde Ciudad Universitaria: 62,4 Km

Desde la Estación SCH10 – La Granja: Tomar la ruta provincial E53 en dirección sur, aproximadamente 8,5 Km; después de cruzar el puente sobre el río San Cristobal, doblar en calle Cabanillas a la derecha y a 300 metros llega a destino.

Total del Recorrido desde Estación SCH10 – La Granja: 8,8 Km.

Desde la Estación SCH30 – Salsipuedes: Dirigirse al sureste por Av. Costanera Burgos, hacia calle Fleming; al llegar a la ruta provincial E53, girar a la izquierda en la misma. Continuar por la ruta provincial E53 aproximadamente 8,2 Km. Girar a la izquierda, 40 metros antes de cruzar el puente sobre el río San Cristobal, con dirección a Cabanillas y a 300 metros llega a destino.

Total del Recorrido desde Estación SCH30 – Salsipuedes: 9,3 Km.

Parámetros medidos

Nivel del Río: No hay datos

Datos del Hidrómetro

Cota del cero del hidrómetro: No hay hidrómetro instalado

Sistema de cota: ---

Características del río en el lugar

	Aguas Altas	Aguas Medias	Aguas Bajas
Ancho del río [m]	40	10	3,5
Cantidad de brazos	1	1	1

Constitución del lecho y márgenes

Lecho	Roca y Grava
Margen izquierda	Grava y vegetación natural
Margen derecha	Muro de hormigón

Estación Hidrométrica

Propietario: No hay estación

Denominación catastral:

Tipo de Instalación

Tipo de Placa

Escala pintada en muro de hormigón en margen izquierda

Amplitud

Descripción de las Instalaciones

La escala se encuentra pintada en margen izquierda con marcas cada 5 cm.

Datos de Nivelación

Punto Fijos próximos a los Hidrómetros

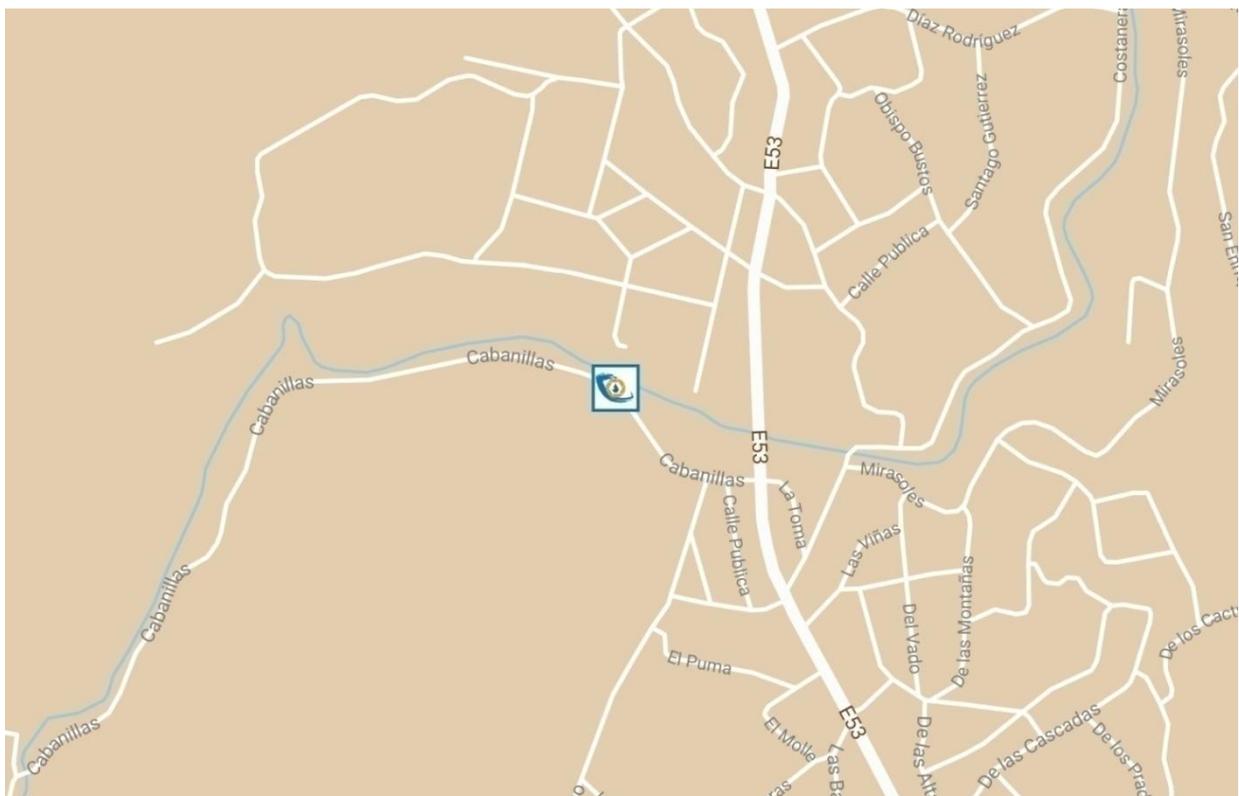
Movimiento "0" Hidrómetro

Sin movimiento

COORDENADAS GEOGRÁFICAS

Punto geográfico	Latitud	Longitud	Altitud
Puntos de filmación			
Cero de la Escala			
Punto de control 1			
Punto de control 2			
Punto de control 3			
Punto de control 4			

Planta General



Estación de Aforos

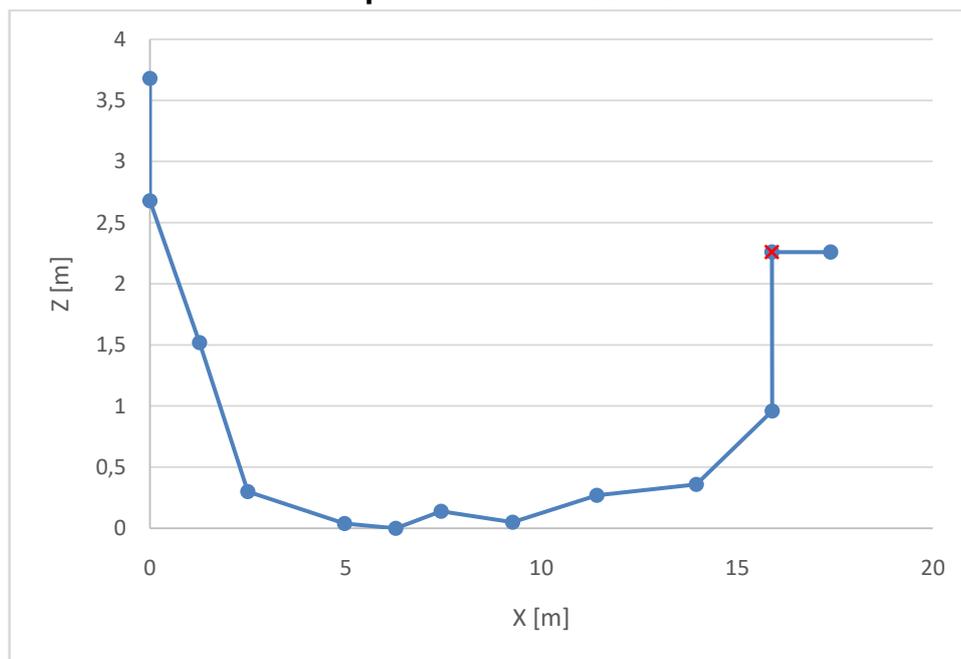
Propietario: No hay estación de aforo

Denominación catastral: No se dispone

Sistema de Medición de Caudales

Las mediciones se realizan por LSPIV

Perfil Topobatemétrico 30/01/2017



Puntos de control fijos



Lugar desde donde se toma el video

Fotografía de la escala



Instrumental Instalado

No hay instrumental instalado

Código de Equipo:

Descripción:

Marca:

Modelo:

Número de Serie:

Fecha Instalación:

Controles - Reparaciones - Daños

Fecha	Tarea/Comentario	Responsable
04/10/2018	Se repintaron los puntos de control, con modificaciones de las posiciones de los mismos. Se fotografió la sección con celular, con cámara fotográfica para la cartelería y con dron. Debido a que la sección no es óptima, se plantea la posibilidad de modificar los puntos. Deberá planificarse previo a la próxima visita.	Antoine Patalano – Malvina Gigli

Videos recibidos

Fecha	Descripción	Responsable

I.3. Estación SCH30 – Salsipuedes

DATOS DE LA ESTACIÓN

Nombre de la estación: Salsipuedes
Código: SCH30
Río/Cuenca: Río Salsipuedes
Afluente del río:
Es Navegable?: NO
Superficie de la cuenca: 39,27 [Km²]
Distancia a la desembocadura: 8,58 [Km]

UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN

Ubicación: Av. Costanera Burgos s/n
Ciudad/Pueblo/Paraje: Salsipuedes
Departamento: Colón
Provincia: Córdoba
Latitud: 31° 08' 14,88" S
Longitud: 64° 18' 15,16" O
Cota: 746.00 [msnm]

UBICACION GEOGRAFICA



Forma de llegar hasta la estación

Desde el Laboratorio de Hidráulica de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la U.N.C., dirigirse al sureste por calle Dr. Juan Filloy hasta Av. Ciudad de Valparaíso; girar a la derecha y tomar Av. Ciudad Valparaíso y continuar recto hasta Av. Circunvalación Agustín Tosco; acceder a Av. Circunvalación girando a la izquierda por la rampa en dirección a Buenos Aires; continuar por Av. Circunvalación; tomar la salida 1B hacia la ruta provincial E53 en dirección a Río Ceballos/Aeropuerto; continuar por ruta provincial E53, aproximadamente 25,8 km; al llegar a la rotonda con el cartel indicativo de Salsipuedes, tomar la cuarta salida en dirección a Juan XXIII; girar a la izquierda en Av. Costanera Burgos; el destino se encuentra a 700 metros.

Total del Recorrido desde Ciudad Universitaria: 54,7 Km.

Desde la Estación SCH20 – Agua de Oro: Dirigirse al sureste por calle Cabanillas, hacia la ruta provincial E53; girar en la ruta provincial E53 hacia la derecha. Continuar por ruta provincial E53, aproximadamente 8,2 Km. Girar a la derecha en dirección a Av. Sabbattini, y a 50 metros continuar recto hacia Av. Costanera Burgos. Continuar por Av. Costanera Burgos; el destino se encuentra a 800 metros.

Total del Recorrido desde Estación SCH20 – Agua de Oro: 9,3 Km.

Desde la Estación SCH40 – Puente San José: Dirigirse al norte por Av. San Martín; girar a la derecha en calle Falucho y cruzar el puente La Tablada; luego girar izquierda con dirección a la calle Tablada. Continuar por calle Tablada aproximadamente 270 metros; girar a la derecha en calle Remedios de Escalada. Continuar por calle Remedios de Escalada, hasta la rotonda de ingreso a la ruta provincial E53. En la rotonda, tomar la tercera salida, en dirección a la ruta provincial E53, al norte. Continuar por ruta provincial E53 por aproximadamente 3,8 Km; al llegar a la rotonda con el cartel indicativo de Salsipuedes, tomar la cuarta salida en dirección a Juan XXIII; girar a la izquierda en Av. Costanera Burgos; el destino se encuentra a 700 metros.

Total del Recorrido desde Estación SCH40 – Puente San José: 6,7 Km.

Parámetros medidos

Nivel del Río:

Datos del Hidrómetro

Cota del cero del hidrómetro:

Sistema de cota: -----

Características del río en el lugar

	Aguas Altas	Aguas Medias	Aguas Bajas
Ancho del río [m]	20	5	2
Cantidad de brazos	1	1	1

Constitución del lecho y márgenes

Lecho	Roca y Grava
Margen izquierda	Gavión
Margen derecha	Gavión

Estación Hidrométrica

Propietario: No hay estación

Denominación catastral:

Tipo de Instalación

Tipo de Placa

Escala pintada en muro de hormigón en margen izquierda.

Amplitud

Descripción de las Instalaciones

La escala se encuentra pintada en margen izquierda, bajo el puente, con marcas cada 10 cm.

Datos de Nivelación

Punto Fijos próximos a los Hidrómetros

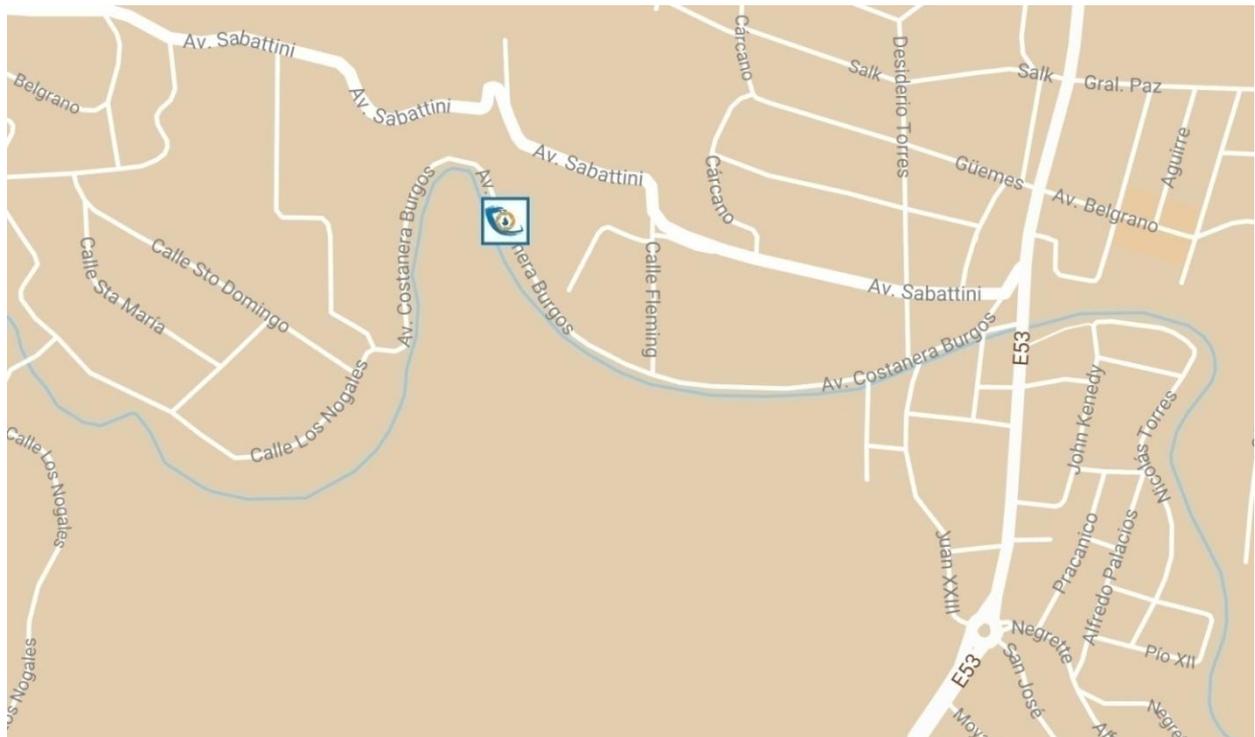
Movimiento "0" Hidrómetro

Sin movimiento

COORDENADAS GEOGRÁFICAS

Punto geográfico	Latitud	Longitud	Altitud
Puntos de filmación			
Cero de la Escala			
Punto de control 1			
Punto de control 2			
Punto de control 3			
Punto de control 4			

Planta General



Estación de Aforos

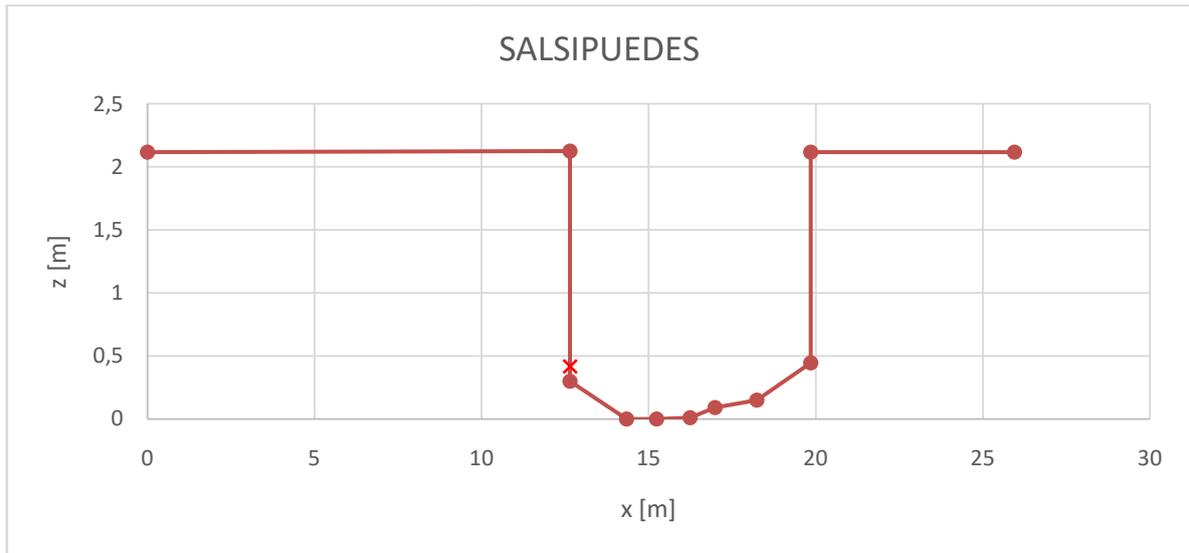
Propietario: No hay estación de aforos

Denominación catastral: No se dispone

Sistema de Medición de Caudales

Las mediciones se realizan por LSPIV

Perfil Topobatimétrico 30/01/2017



Puntos de control fijos



Lugar desde donde se toma el video



Fotografía de la escala



Instrumental Instalado

Código de Equipo:

Descripción:

Marca:

Modelo:

Número de Serie:

Fecha Instalación:

Controles - Reparaciones - Daños

Fecha	Tarea/Comentario	Responsable
04/10/2018	Se repintaron los puntos de control y el punto de filmación. Se fotografió la sección con celular, con cámara fotográfica para la cartelería y con dron. Uno de los puntos fue eliminado; se colocó una nueva estaca y deberán medirse nuevamente las distancias entre los puntos.	Antoine Patalano – Malvina Gigli

Videos recibidos

Fecha	Descripción	Responsable

I.4. Estación SCH40 – Puente San José

DATOS DE LA ESTACIÓN

Nombre de la estación: PUENTE SAN JOSÉ

Código: SCH40

Río/Cuenca: Arroyo Río Ceballos / Cuenca del Saldán

Afluente del río: Arroyo Saldán – Río Suquía

Es Navegable?: NO

Superficie de la cuenca: 54,91 [Km²]

Distancia a la desembocadura: 11,1 [Km]

UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN

Ubicación: Av. San Martín 3130

Ciudad/Pueblo/Paraje: Río Ceballos

Departamento: Colón

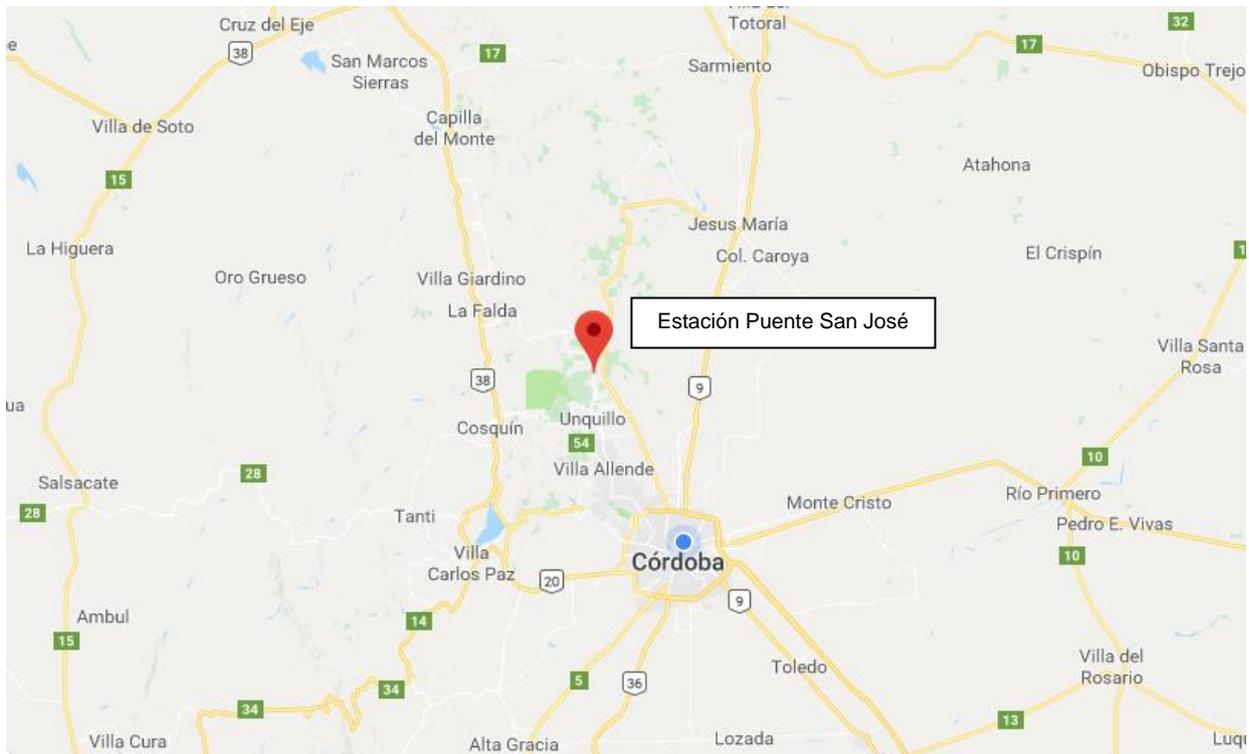
Provincia: Córdoba

Latitud: 31° 10' 55,44" S

Longitud: 64° 18' 52,40" O

Cota: 667.00 [msnm]

UBICACION GEOGRAFICA



Forma de llegar hasta la estación

Desde el Laboratorio de Hidráulica de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la U.N.C., dirigirse al sureste por calle Dr. Juan Filloy hasta Av. Ciudad de Valparaíso; girar a la derecha y tomar Av. Ciudad Valparaíso y continuar recto hasta Av. Circunvalación Agustín Tosco; acceder a Av. Circunvalación girando a la izquierda por la rampa en dirección a Buenos

Aires; continuar por Av. Circunvalación; tomar la salida 1B hacia la ruta provincial E53 en dirección a Río Ceballos/Aeropuerto; continuar por ruta provincial E53; en la rotonda con el cartel indicativo de Río Ceballos, tomar la segunda salida en dirección a calle Remedios de Escalada; girar a la izquierda con dirección a Tablada; girar a la derecha al llegar a la calle Combate de Malvinas y cruzar el puente La Tablada; girar a la derecha con dirección a Av. San Martín; el destino está a 300 m, en el tramo inmediatamente aguas arriba del puente San José.

Total del Recorrido desde Ciudad Universitaria: 51,4 Km.

Desde la Estación SCH30 – Salsipuedes, dirigirse al sureste por Av. Costanera Burgos (en dirección a la ruta provincial E53); girar a la derecha con dirección a calle Juan XXIII; continuar por la calle Juan XXIII. Al llegar a la rotonda de ingreso a la ruta provincial E53, ingresar a la misma y tomar luego la primera salida, con dirección a la ciudad de Córdoba; continuar por la ruta provincial E53. Al llegar a la segunda rotonda, tomar la primer salida en dirección a la calle Remedios de Escalada; continuar por calle Remedios de Escalada durante aproximadamente 1,1 Km. Al llegar a la calle Tablada, doblar a la izquierda en dirección de la misma; girar a la derecha con dirección a Av. San Martín; el destino está a 300 m, en el tramo inmediatamente aguas arriba del puente San José.

Total del Recorrido desde Estación SCH30 – Salsipuedes: 6,6 Km.

Desde la Estación SCH50 – Unquillo, dirigirse por Av. San Martín, en dirección norte, hasta llegar a la calle San José en la localidad de Río Ceballos.

Total del Recorrido desde Estación SCH50 – Unquillo: 6,0 Km.

Parámetros medidos

Nivel del Río:

Datos del Hidrómetro

Cota del cero del hidrómetro:

Sistema de cota:

Características del río en el lugar

	Aguas Altas	Aguas Medias	Aguas Bajas
Ancho del río [m]	35	13,6	2
Cantidad de brazos	1	1	1

Constitución del lecho y márgenes

Lecho	Roca y Grava
Margen izquierda	Muro de hormigón
Margen derecha	Muro de hormigón

Estación Hidrométrica

Propietario: Municipalidad de Río Ceballos

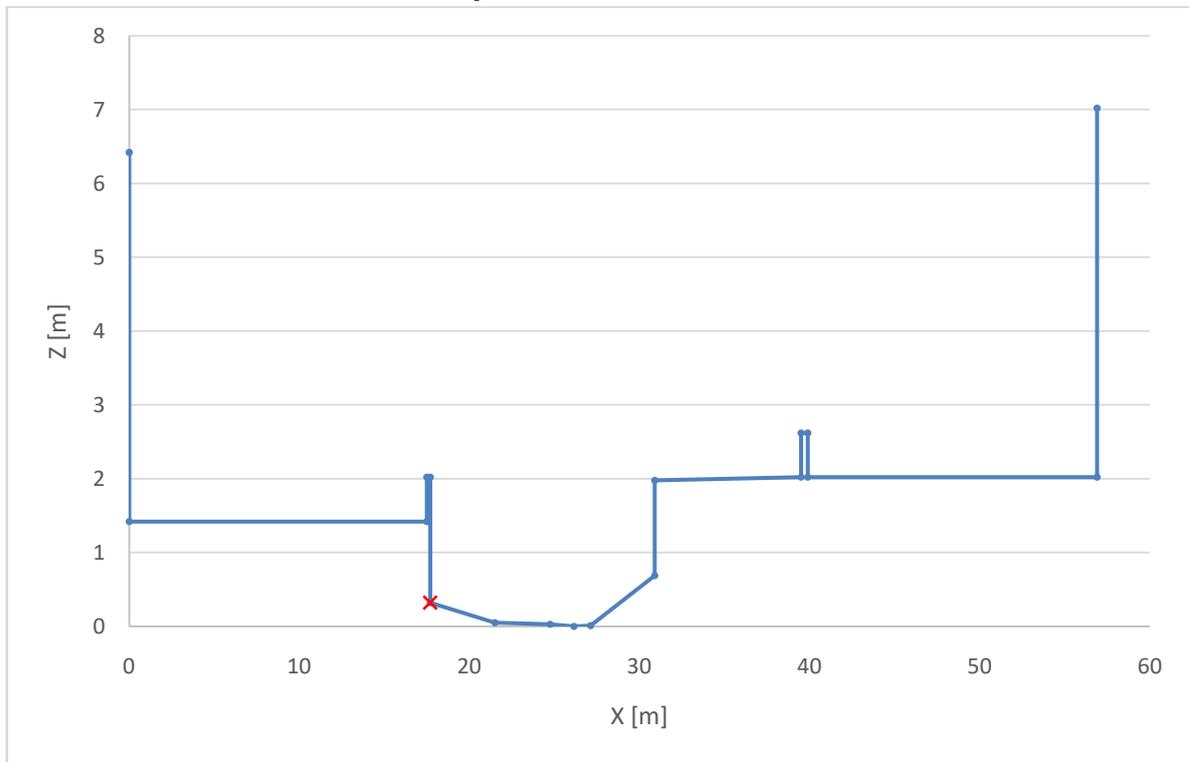
Denominación catastral:

No se dispone

Sistema de Medición de Caudales

Las mediciones se realizan por LSPIV

Perfil Topobatimétrico 30/01/2017



Puntos de control fijos



Lugar desde donde se toma el video



Fotografía de la escala



Instrumental Instalado

Código de Equipo:

Descripción:

Marca:

Modelo:

Número de Serie:

Fecha Instalación:

Controles - Reparaciones - Daños

Fecha	Tarea/Comentario	Responsable
04/10/2018	Se repintaron los puntos de control y el punto de filmación. Se fotografió la sección con celular, con cámara fotográfica para la cartelera y con dron.	Antoine Patalano – Malvina Gigli

Videos recibidos

Fecha	Descripción	Responsable
10/02/2017	Pequeña crecida	Fabián Freccia
02/03/2018	Varios videos de crecida debido a lluvia local	Fabián Freccia
03/03/2018	Crecida debido a lluvia local	Fabián Freccia

Tosco; acceder a Av. Circunvalación girando a la izquierda por la rampa en dirección a Buenos Aires; continuar por Av. Circunvalación; tomar la salida 1B hacia la ruta provincial E53 en dirección a Río Ceballos/Aeropuerto; continuar por ruta provincial E53; en la rotonda con el cartel indicativo de Mendiolaza, tomar la segunda salida en dirección a calle Las Secoyas; girar a la izquierda y se convierte en Av. Martín Tissera; girar a la derecha en la Ruta Intermunicipal, Av. San Martín; continuar aproximadamente 4,4 km., hasta llegar al puente entre las calles 25 de Mayo y Sargento Cabral.

Total del Recorrido desde Ciudad Universitaria: 49,4 Km.

Desde la Estación SCH40 – Río Ceballos: dirigirse por Av. San Martín, en dirección sur, hasta llegar a la calle Sargento Cabral en la localidad de Unquillo, antes de cruzar el puente sobre el arroyo Cabral.

Total del Recorrido desde Estación SCH40 – Río Ceballos: 6,0 Km.

Desde la Estación SCH60 – Mendiolaza: Dirigirse al oeste por calle España, hacia la calle de acceso a Polideportivo Municipal; tomar la Ruta Intermunicipal / Av. San Martín, en dirección al norte. Continuar por Av. San Martín, aproximadamente 4,8 Km. Se llega al destino al cruzar el puente sobre el arroyo Cabral, antes del cruce con la calle Sargento Cabral en la localidad de Unquillo.

Total del Recorrido desde Estación SCH60 – Mendiolaza: 4,9 Km.

Parámetros medidos

Nivel del Río:

Datos del Hidrómetro

Cota del cero del hidrómetro:

Sistema de cota: -----

Características del río en el lugar

	Aguas Altas	Aguas Medias	Aguas Bajas
Ancho del río [m]			
Cantidad de brazos	1	1	1

Constitución del lecho y márgenes

Lecho	Roca y Grava
Margen izquierda	Muro de hormigón
Margen derecha	Muro de hormigón

Estación Hidrométrica

Propietario: No hay estación

Denominación catastral:

Tipo de Instalación

Tipo de Placa

Escala pintada en columna central del puente.

Amplitud

Descripción de las Instalaciones

La escala está pintada sobre la columna central del puente, aguas arriba del mismo, con marcas cada 10 cm.

Datos de Nivelación

Punto Fijos próximos a los Hidrómetros

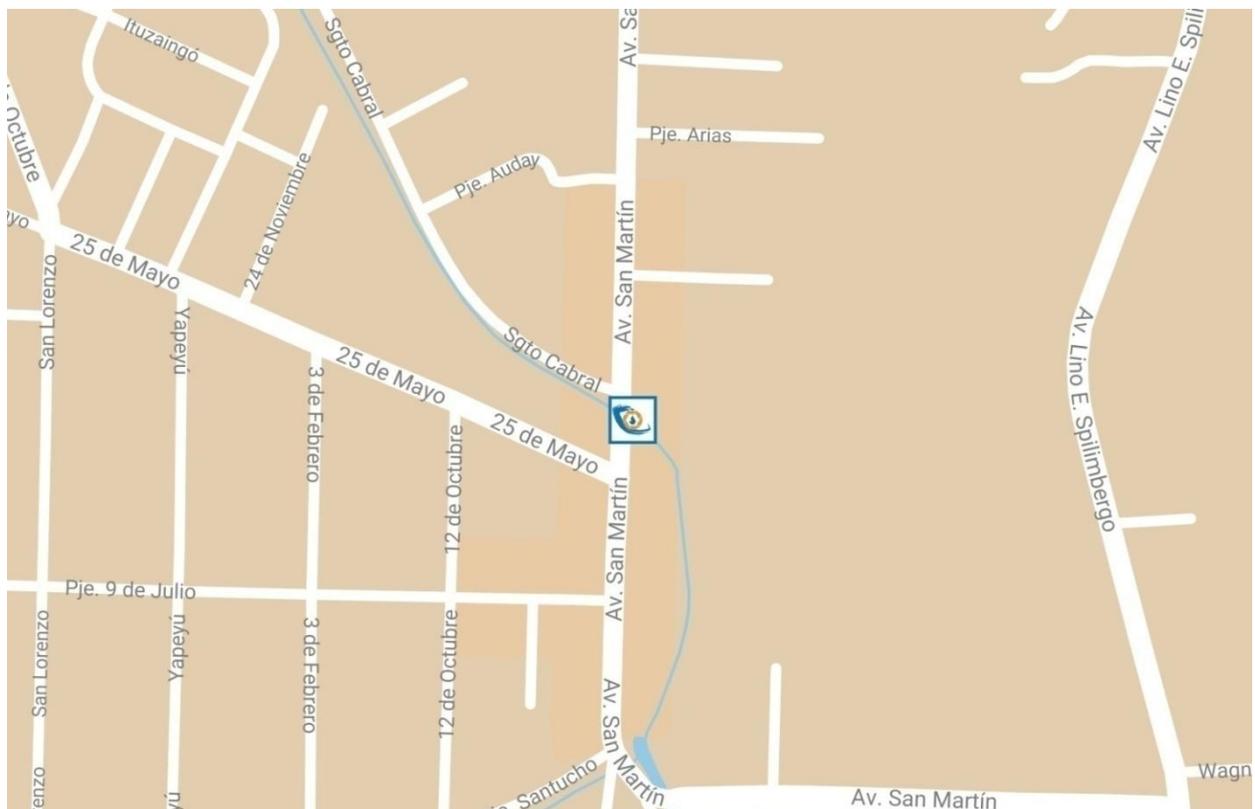
Movimiento "0" Hidrómetro

Sin movimiento

COORDENADAS GEOGRÁFICAS

Punto geográfico	Latitud	Longitud	Altitud
Puntos de filmación			
Cero de la Escala			
Punto de control 1			
Punto de control 2			
Punto de control 3			
Punto de control 4			

Planta General



Estación de Aforos

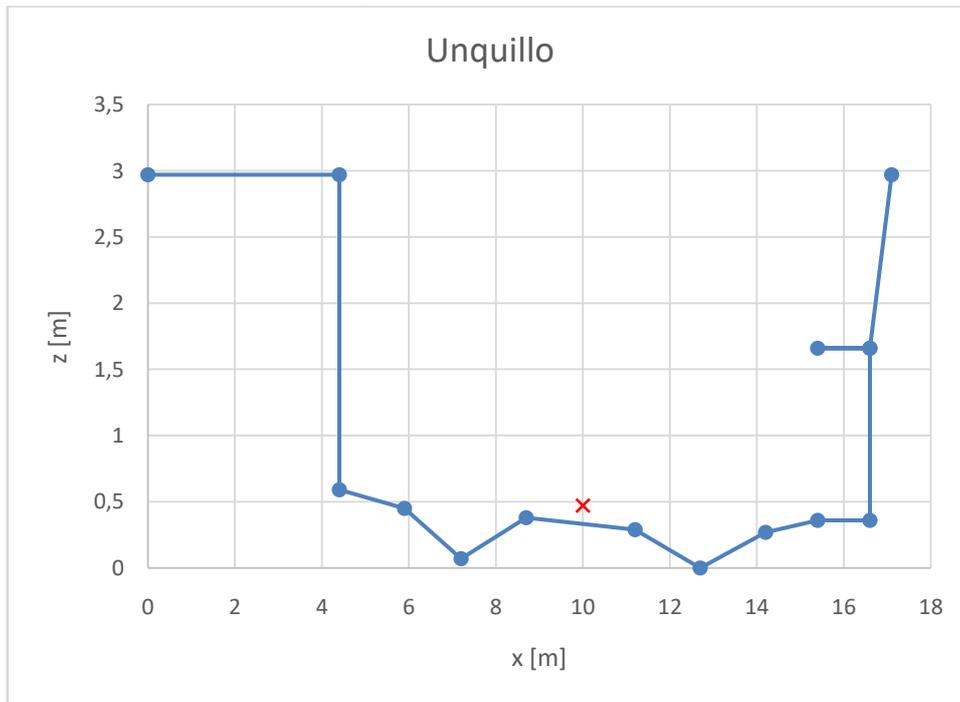
Propietario: No hay estación de aforos

Denominación catastral: No se dispone

Sistema de Medición de Caudales

Las mediciones se realizan por LSPIV

Perfil Topobatemétrico 30/01/2017



Puntos de control fijos



Lugar desde donde se toma el video



Fotografía de la escala



Instrumental Instalado

Código de Equipo:

Descripción:

Marca:

Modelo:

Número de Serie:

Fecha Instalación:

Controles - Reparaciones - Daños

Fecha	Tarea/Comentario	Responsable
04/10/2018	Se repintaron los puntos de control y el punto de filmación. Se fotografió la sección con celular, con cámara fotográfica para la cartelera y con dron. La sección fue alterada por la Municipalidad. Deberá relevarse nuevamente el perfil topobarimétrico.	Antoine Patalano – Malvina Gigli

Videos recibidos

Fecha	Descripción	Responsable

I.6. Estación SCH60 – Mendiolaza

DATOS DE LA ESTACIÓN

Nombre de la estación: Mendiolaza
Código: SCH60
Río/Cuenca: Arroyo Saldan / Cuenca del Saldán
Afluente del río: Río Suquía
Es Navegable?: NO
Superficie de la cuenca: 114,88 [Km²]
Distancia a la desembocadura: 11,72 [Km]

UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN

Ubicación: España s/n esq. Ruta Intermunicipal
Ciudad/Pueblo/Paraje: Mendiolaza
Departamento: Colón
Provincia: Córdoba
Latitud: 31° 15' 52,44" S
Longitud: 64° 18' 10,26" O
Cota: 541.00 [msnm]

UBICACION GEOGRAFICA



Forma de llegar hasta la estación

Desde el Laboratorio de Hidráulica de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la U.N.C., dirigirse al sureste por calle Dr. Juan Filloy hasta Av. Ciudad de Valparaíso; girar a la derecha y tomar Av. Ciudad Valparaíso y continuar recto hasta Av. Circunvalación Agustín Tosco; acceder a Av. Circunvalación girando a la izquierda por la rampa en dirección a Buenos Aires; continuar por Av. Circunvalación; tomar la salida 1B hacia la ruta provincial E53 en dirección a Río Ceballos/Aeropuerto; continuar por ruta provincial E53; al llegar al puente después de cruzar la estación de peaje, girar a la izquierda para tomar la calle Padre Luchesse; continuar por Padre Luchesse; en vai allende centro, tomar la tercera salida hacia Padre Luchesse/Río de Janeiro; continuar por Río de Janeiro; al cambiar de nombre la calle a

Patricios, continuar por Patricios/Ruta Intermunicipal; continuar por Ruta Intermunicipal; girar a la derecha con dirección a A Polideportivo Municipal; girar a la derecha con dirección a España y llega a destino.

Total del Recorrido desde Ciudad Universitaria: 43,9 km.

Desde la Estación SCH50 – Unquillo: Dirigirse al sur por Av. San Martín; continuar por Av. San Martín / Ruta Intermunicipal aproximadamente por 4,8 Km. Tomar la salida a la izquierda a Polideportivo Municipal. Girar a la izquierda con dirección a calle España, y llega a destino sobre el puente que cruza el arroyo Saldán.

Total del Recorrido desde Estación SCH50 – Unquillo: 4,9 Km.

Desde la Estación SCH70 – Villa Allende: Dirigirse hacia el nordeste por calle Hipólito Yrigoyen, y continuar por la misma aproximadamente 650 metros; al llegar a la rotonda, continuar derecho, tomando la calle Río de Janeiro en dirección nordeste. Continuar por Río de Janeiro / Patricios / Ruta Intermunicipal, aproximadamente 3,3 Km. Girar a la derecha en dirección A Polideportivo Municipal; girar a la derecha con dirección a calle España, y llega a destino sobre el puente que cruza el arroyo Saldán.

Total del Recorrido desde Estación SCH70 – Villa Allende: 4,1 Km.

Parámetros medidos

Nivel del Rio:

Datos del Hidrómetro

Cota del cero del hidrómetro:

Sistema de cota: -----

Características del río en el lugar

	Aguas Altas	Aguas Medias	Aguas Bajas
Ancho del río [m]	30	6	2
Cantidad de brazos	1	1	1

Constitución del lecho y márgenes

Lecho	Roca y Grava
Margen izquierda	Grava y vegetación natural
Margen derecha	Roca y grava

Estación Hidrométrica

Propietario: No hay estación

Denominación catastral: No se dispone

Tipo de Instalación

Tipo de Placa

Escalas colocadas a distintos niveles sobre el terreno.

Amplitud

Descripción de las Instalaciones

Las escalas son dos y están colocadas a distintos niveles sobre el terreno, fijadas con una base de hormigón, con marcas cada 2 cm.

Datos de Nivelación

Punto Fijos próximos a los Hidrómetros

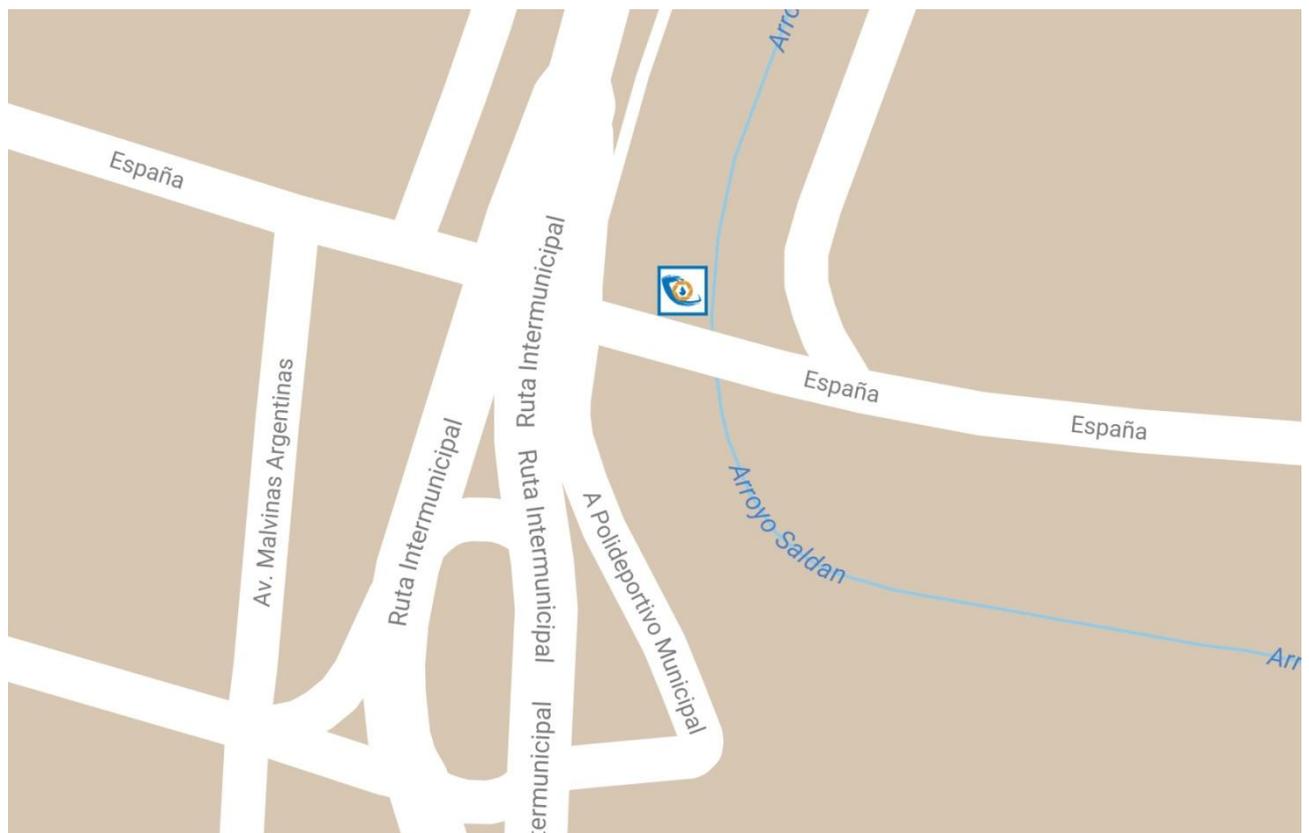
Movimiento "0" Hidrómetro

Sin movimiento

COORDENADAS GEOGRÁFICAS

Punto geográfico	Latitud	Longitud	Altitud
Puntos de filmación			
Cero de la Escala			
Punto de control 1			
Punto de control 2			
Punto de control 3			
Punto de control 4			

Planta General



Estación de Aforos

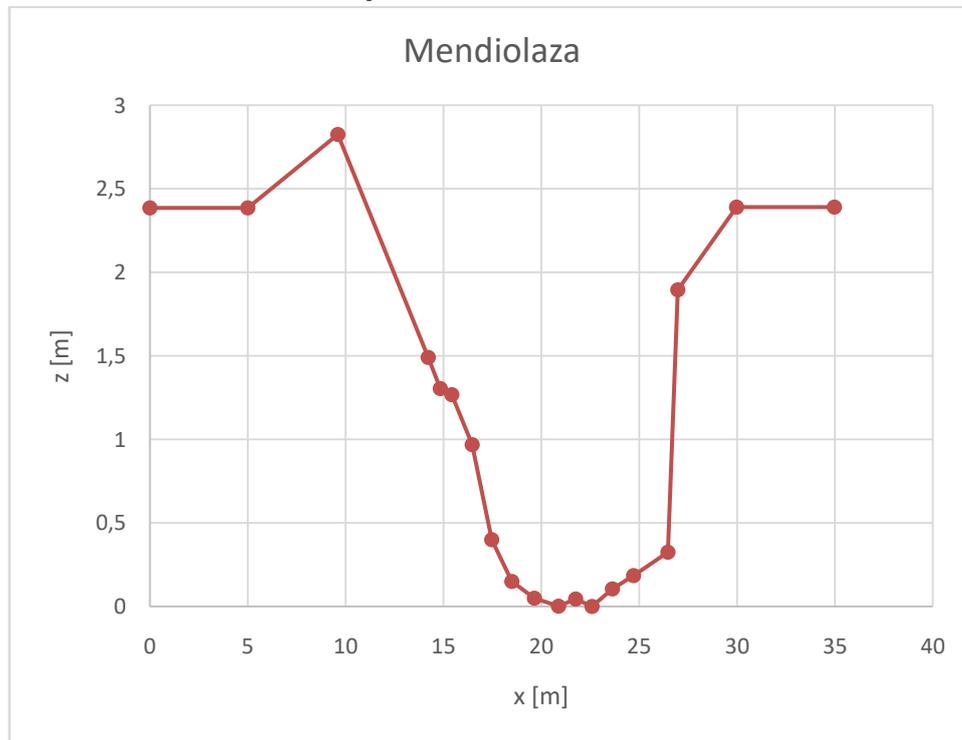
Propietario: No hay estación de aforos

Denominación catastral: No se dispone

Sistema de Medición de Caudales

Las mediciones se realizan por LSPIV

Perfil Topobatemétrico 30/01/2017



Puntos de control fijos



Lugar desde donde se toma el video



Fotografía de la escala



Instrumental Instalado

Código de Equipo:

Descripción:

Marca:

Modelo:

Número de Serie:

Fecha Instalación:

Controles - Reparaciones - Daños

Fecha	Tarea/Comentario	Responsable
04/10/2018	Se repintaron los puntos de control y el punto de filmación. Se fotografió la sección con celular, con cámara fotográfica para la cartelería y con dron.	Antoine Patalano – Malvina Gigli

Videos recibidos

Fecha	Descripción	Responsable

I.7. Estación SCH70 – Villa Allende

DATOS DE LA ESTACIÓN

Nombre de la estación: Villa Allende
Código: SCH70
Río/Cuenca: Arroyo Saldan / Cuenca del Saldán
Afluente del río: Río Suquía
Es Navegable?: NO
Superficie de la cuenca: 121,07 [Km²]
Distancia a la desembocadura: 5,45 [Km]

UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN

Ubicación: Av. Goycoechea 801
Ciudad/Pueblo/Paraje: Villa Allende
Departamento: Colón
Provincia: Córdoba
Latitud: 31° 17' 49,98" S
Longitud: 64° 17' 27,58" O
Cota: 499.00 [msnm]

UBICACION GEOGRAFICA



Forma de llegar hasta la estación

Desde el Laboratorio de Hidráulica de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la U.N.C., dirigirse al sureste por calle Dr. Juan Filloy hasta Av. Ciudad de Valparaíso; girar a la derecha y tomar Av. Ciudad Valparaíso y continuar recto hasta Av. Circunvalación Agustín Tosco; acceder a Av. Circunvalación girando a la izquierda por la rampa en dirección a Buenos Aires; continuar por Av. Circunvalación; tomar la salida 1B hacia la ruta provincial E53 en dirección a Río Ceballos/Aeropuerto; continuar por ruta provincial E53; al llegar al puente después de cruzar la estación de peaje, girar a la izquierda para tomar la calle Padre Luchesse; continuar por Padre Luchesse; en vai allende centro, tomar la tercera salida hacia Padre Luchesse/Río de Janeiro; continuar por Río de Janeiro; en la rotonda Trofeo XXI tomar la

cuarta salida; girar a la izquierda con dirección a Alsina; girar a la izquierda con dirección a R. Rojas; girar a la derecha con dirección a Av. Goycoechea y llega a destino.

Total del Recorrido desde Ciudad Universitaria: 40,1 km.

Desde la Estación SCH60 – Mendiolaza: Dirigirse hacia el oeste por calle España; doblar a la derecha en A Polideportivo Municipal; girar pronunciadamente a la izquierda con dirección a Ruta Intermunicipal. Continuar por Ruta Intermunicipal / Patricios, aproximadamente 2,2 Km. Girar a la derecha en dirección a Progreso y a la izquierda para tomar la calle Santiago Derqui. Continuar por Santiago Derqui / Av. Roque Sáenz Peña, aproximadamente 1,2 Km. Al llegar a la rotonda, tomar la segunda salida en dirección a Hipólito Yrigoyen; el destino se encuentra a 700 metros, continuando por la misma calle, al llegar a la Av. Goycoechea.

Total del Recorrido desde Estación SCH60 – Mendiolaza: 4,2 Km.

Desde la Estación SCH80 – Saldán: Dirigirse al nordeste por Av. Latinoamérica; continuar por Av. Latinoamérica / Av. San Martín, aproximadamente 2,3 Km. Av. San Martín dobla a la derecha y se convierte en Suipacha; luego doblar a la izquierda en Ricardo Balbín. Al llegar a la Av. Goycoechea, doblar a la derecha; el destino se encuentra a 800 metros, continuando por la misma calle, al cruzar Hipólito Yrigoyen.

Total del Recorrido desde Estación SCH80 – Saldán: 3,8 Km.

Parámetros medidos

Nivel del Rio:

Datos del Hidrómetro

Cota del cero del hidrómetro:

Sistema de cota:

Características del río en el lugar

	Aguas Altas	Aguas Medias	Aguas Bajas
Ancho del río [m]	35	12	2
Cantidad de brazos	1	1	1

Constitución del lecho y márgenes

Lecho	Roca y Grava
Margen izquierda	Muro de rocas y hormigón
Margen derecha	Muro de rocas y hormigón

Estación Hidrométrica

Propietario: No hay estación

Denominación catastral: No se dispone

Tipo de Instalación

Tipo de Placa

Escala pintada sobre muro de roca y hormigón en margen derecha

Amplitud

Descripción de las Instalaciones

La escala se encuentra pintada sobre el muro de roca y hormigón de la margen derecha del río, aguas arriba del puente, con marcas separadas cada 20 cm.

Datos de Nivelación

Punto Fijos próximos a los Hidrómetros

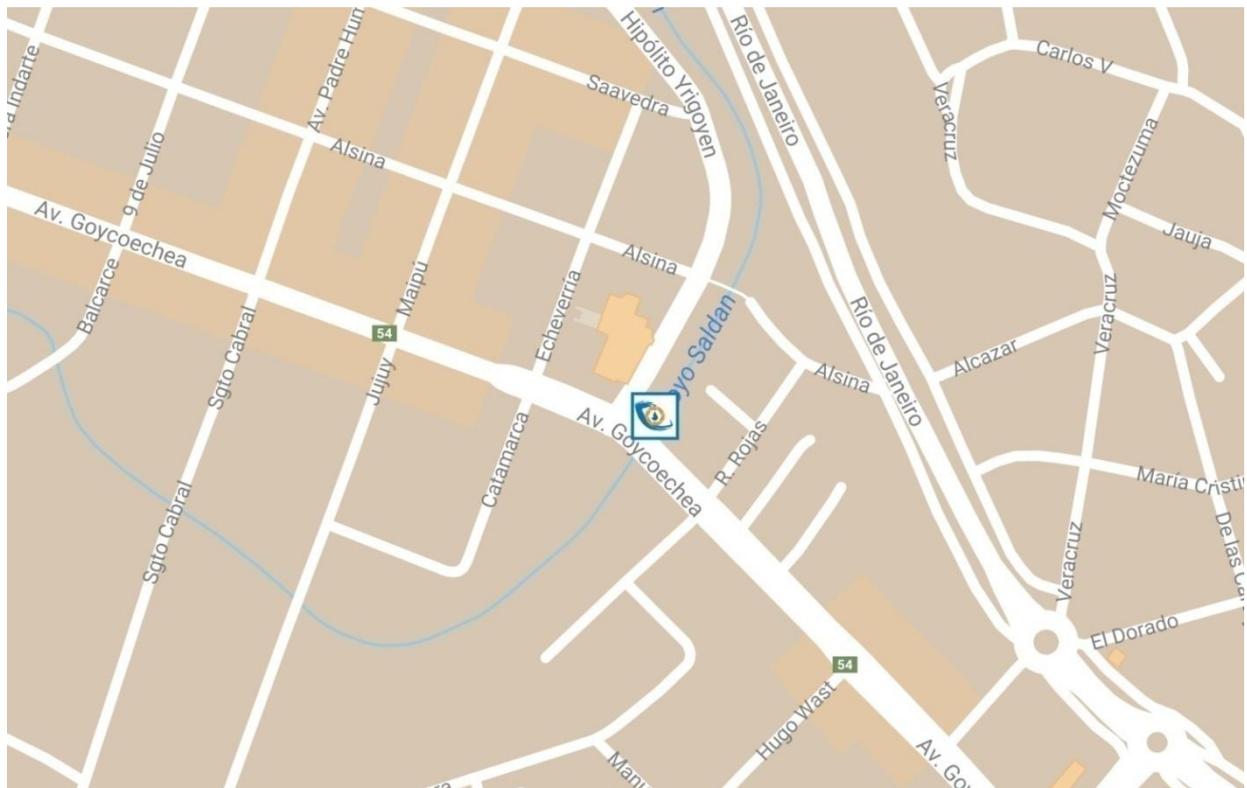
Movimiento "0" Hidrómetro

Sin movimiento

COORDENADAS GEOGRÁFICAS

Punto geográfico	Latitud	Longitud	Altitud
Puntos de filmación			
Cero de la Escala			
Punto de control 1			
Punto de control 2			
Punto de control 3			
Punto de control 4			

Planta General



Estación de Aforos

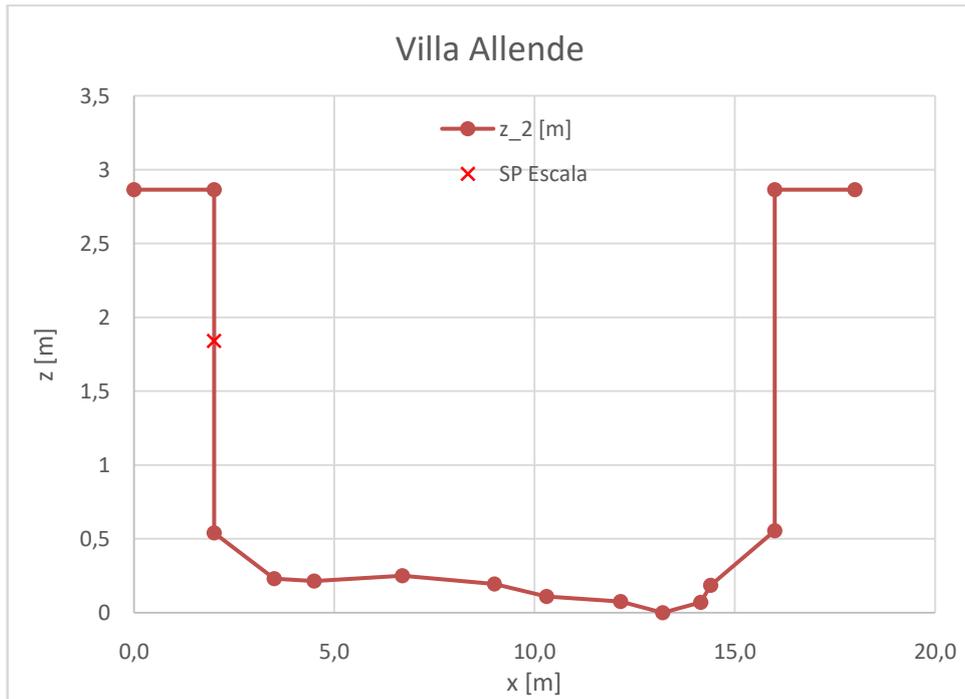
Propietario: No hay estación de aforos

Denominación catastral: No se dispone

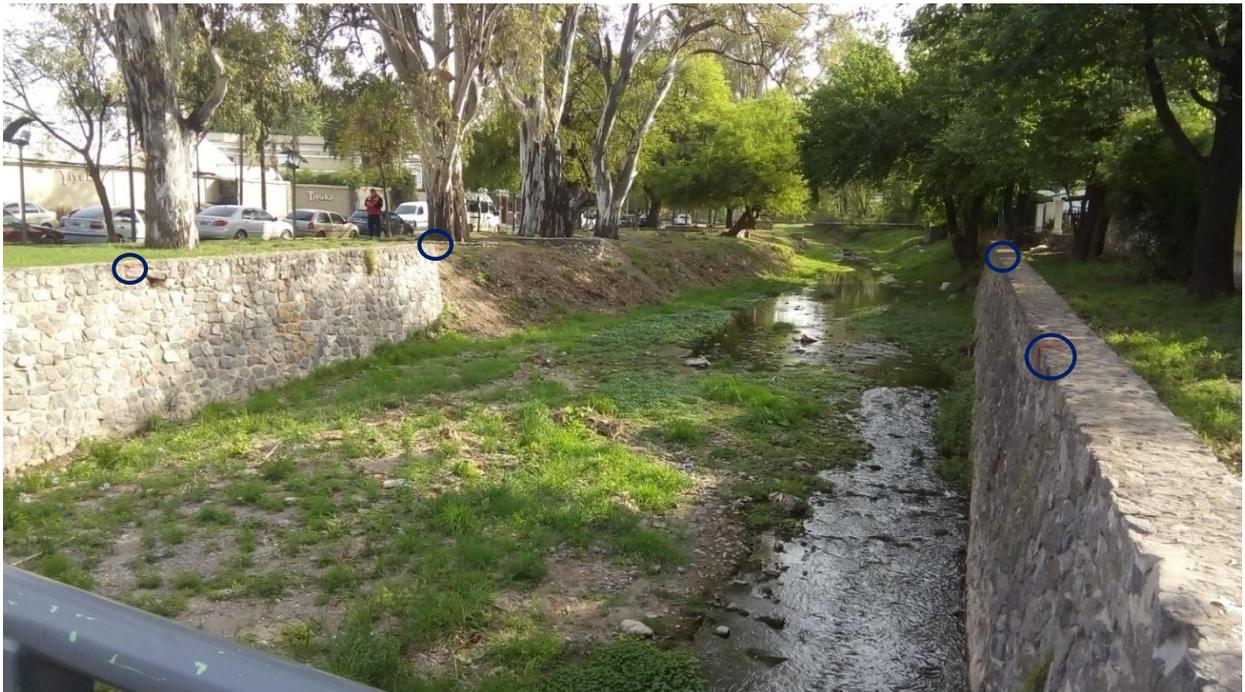
Sistema de Medición de Caudales

Las mediciones se realizan por LSPIV

Perfil Topobatimétrico 30/01/2017



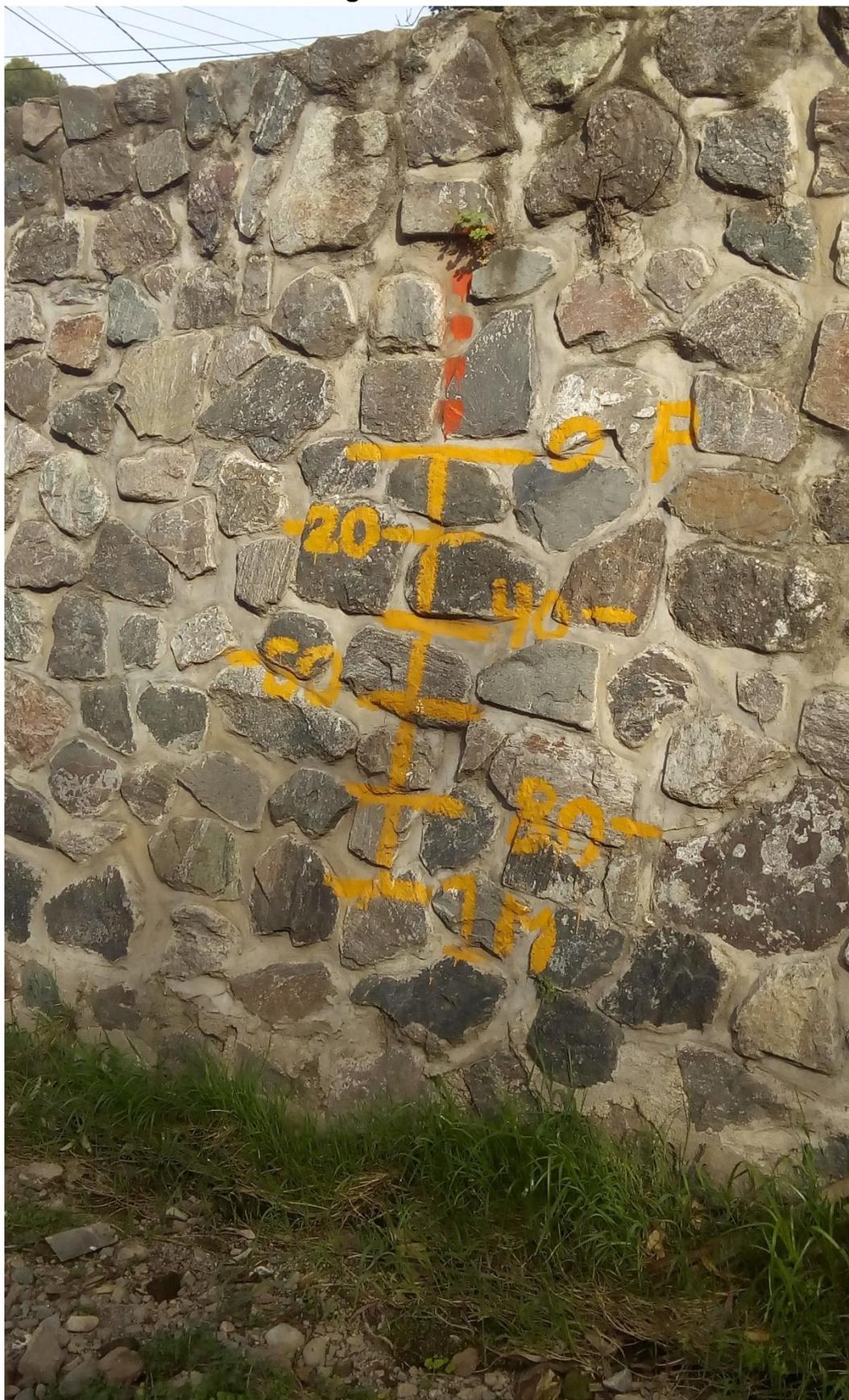
Puntos de control fijos



Lugar desde donde se toma el video



Fotografía de la escala



Instrumental Instalado

Código de Equipo:

Descripción: Cámara de seguridad, instalada sobre Av. Goycoechea. La cámara es propiedad de la Municipalidad.

Marca:

Modelo:

Número de Serie:

Fecha Instalación:



Controles - Reparaciones - Daños

Fecha	Tarea/Comentario	Responsable
04/10/2018	Se repintaron los puntos de control y el punto de filmación. Se fotografió la sección con celular, con cámara fotográfica para la cartelería y con dron.	Antoine Patalano – Malvina Gigli

Videos recibidos

Fecha	Descripción	Responsable

Colón, tomar el carril de la derecha y mantenerse en la izquierda; en la rotonda, tomar la tercera salida por la rampa Av. Ejército Argentino; continuar por Av. Ejército Argentino; luego de cruzar el peaje, en la rotonda, girar a la derecha con dirección de Av. Los Álamos; continuar por Av. Los Álamos; en la rotonda, tomar la primera salida con dirección a Molino de Torres; en la tercera rotonda, tomar la primera salida en dirección a Av. José María Eguía Zanón; usar los dos carriles izquierdos para girar a la izquierda hacia Manuel de Falla; girar a la derecha en Ricardo Rojas; girar dos veces a la izquierda para continuar por Ricardo Rojas en sentido contrario; girar a la derecha e izquierda para continuar por Ricardo Rojas; continuar por Ricardo Rojas/Saldan Inchin; girar a la derecha con dirección a Av. Latinoamérica; girar a la derecha con dirección a Av. Velez Sarsfield; girar a la izquierda con dirección a 9 de Julio; girar a la izquierda con dirección a Av. Latinoamérica y llega a destino

Total del Recorrido desde Ciudad Universitaria: 32,2 Km.

Desde la Estación SCH70 – Villa Allende: Dirigirse al sureste por Av. Goycoechea; girar a la derecha en calle Hugo Wast; girar a la derecha en la primera intersección con dirección a Manuel Pizarro y luego girar a la izquierda hacia Pablo Cabrera; continuar por Pablo Cabrera / Almirante Brown, aproximadamente 1,1 Km. Cuando la calle cambia de nombre a Almirante Brown, girar a la izquierda en la siguiente intersección, en dirección a calle Caseros y luego girar a la derecha hacia Av. San Martín. Continuar por Av. San Martín / Av. Latinoamérica, aproximadamente 2,3 Km. El destino se encuentra al llegar al puente que cruza el arroyo Saldán, sobre Av. Latinoamérica.

Total del Recorrido desde Estación SCH70 – Villa Allende: 3,9 Km.

Parámetros medidos

Nivel del Río:

Datos del Hidrómetro

Cota del cero del hidrómetro: No hay hidrómetro instalado.

Sistema de cota: -----

Características del río en el lugar

	Aguas Altas	Aguas Medias	Aguas Bajas
Ancho del río [m]	35	7	2.5
Cantidad de brazos	1	1	1

Constitución del lecho y márgenes

Lecho	Roca y Grava
Margen izquierda	Roca y Grava
Margen derecha	Roca y Grava

Estación Hidrométrica

Propietario: No hay estación

Denominación catastral: No se dispone

Tipo de Instalación

Tipo de Placa

Escala pintada sobre muro de hormigón en margen derecha

Amplitud

Descripción de las Instalaciones

La escala se encuentra pintada sobre la margen derecha, en el muro de hormigón bajo el puente, con marcas cada 10 cm.

Datos de Nivelación

Punto Fijos próximos a los Hidrómetros

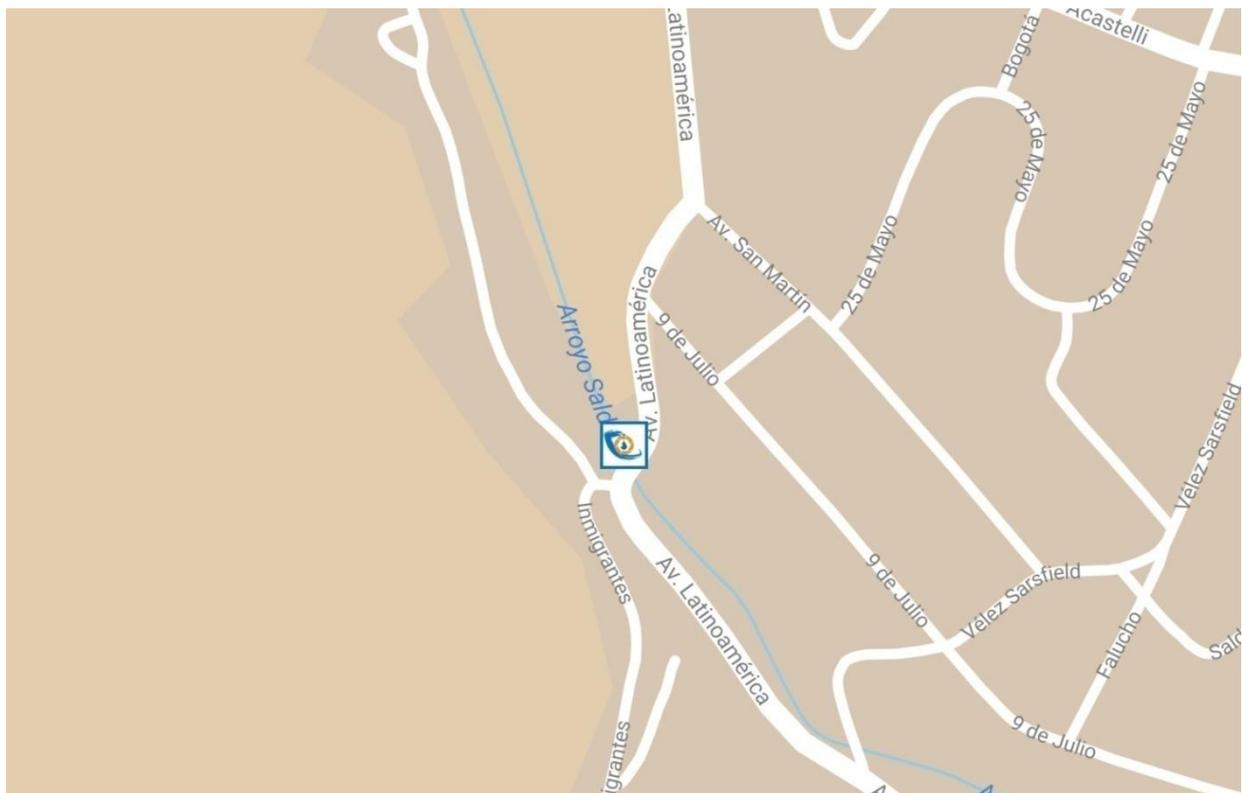
Movimiento "0" Hidrómetro

Sin movimiento

COORDENADAS GEOGRÁFICAS

Punto geográfico	Latitud	Longitud	Altitud
Puntos de filmación			
Cero de la Escala			
Punto de control 1			
Punto de control 2			
Punto de control 3			
Punto de control 4			

Planta General



Estación de Aforos

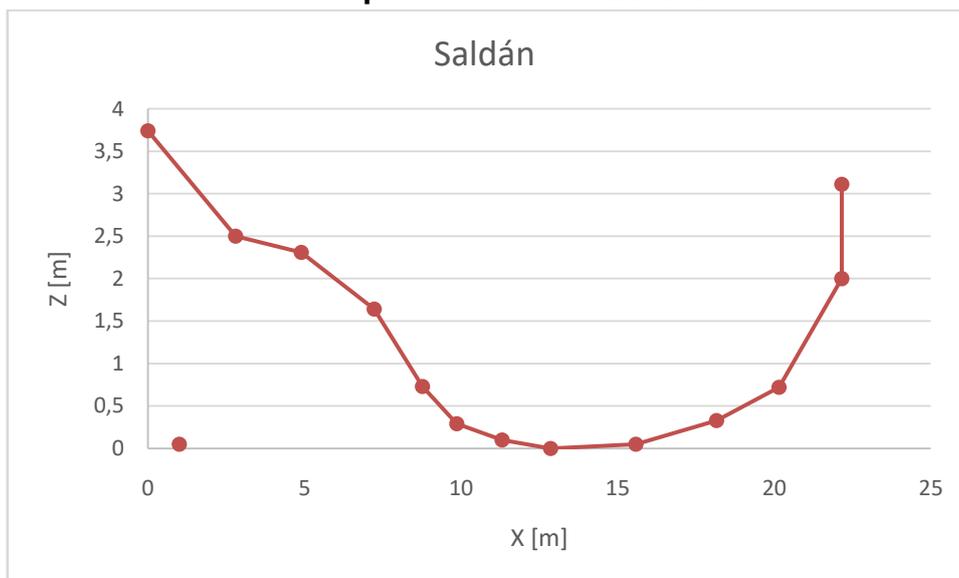
Propietario: No hay sección de aforos

Denominación catastral: No se dispone

Sistema de Medición de Caudales

Las mediciones se realizan por LSPIV

Perfil Topobatimétrico 30/01/2017



Puntos de control fijos



Lugar desde donde se toma el video



Fotografía de la escala



Instrumental Instalado

Código de Equipo:

Descripción:

Marca:

Modelo:

Número de Serie:

Fecha Instalación:

Controles - Reparaciones - Daños

Fecha	Tarea/Comentario	Responsable
04/10/2018	Se repintaron los puntos de control y el punto de filmación. Se fotografió la sección con celular, con cámara fotográfica para la cartelería y con dron.	Antoine Patalano – Malvina Gigli

Videos recibidos

Fecha	Descripción	Responsable

ANEXO II: CARTELERÍA INFORMATIVA

- II.1. Estación SCH10 – La Granja**
- II.2. Estación SCH20 – Agua de Oro**
- II.3. Estación SCH30 – Salsipuedes**
- II.4. Estación SCH40 – Puente San José**
- II.5. Estación SCH50 – Unquillo**
- II.6. Estación SCH60 – Mendiolaza**
- II.7. Estación SCH70 – Villa Allende**
- II.8. Estación SCH80 – Saldán**

II.1. Estación SCH10 – La Granja



ESTE ES UN SITIO FAVORITO DE CAZADORES DE CRECIDAS

Estación: SCH10 - "La Granja"

¿Cómo colaborar en caso de crecidas?

1.- Colóquese en el punto indicado para realizar el video.



2.- Ubique los cuatro puntos fijos de control.



3.- Tome un video del río (aproximadamente 30 segundos), con la cámara inmóvil, controlando que en todo momento se vean los puntos de control.



4.- Envíenos ambos archivos, indicando la fecha y hora aproximada a: cazadoresdecrecidas@unc.edu.ar



ALERTA DE SEGURIDAD!!!

Los ríos pueden ser peligrosos. En crecida, las velocidades son muy altas y el nivel del río puede subir rápidamente. No tome riesgos innecesarios y aléjese del cauce para estar a salvo.

Observar o filmar una crecida no justifica poner su vida en peligro



FCEFyN



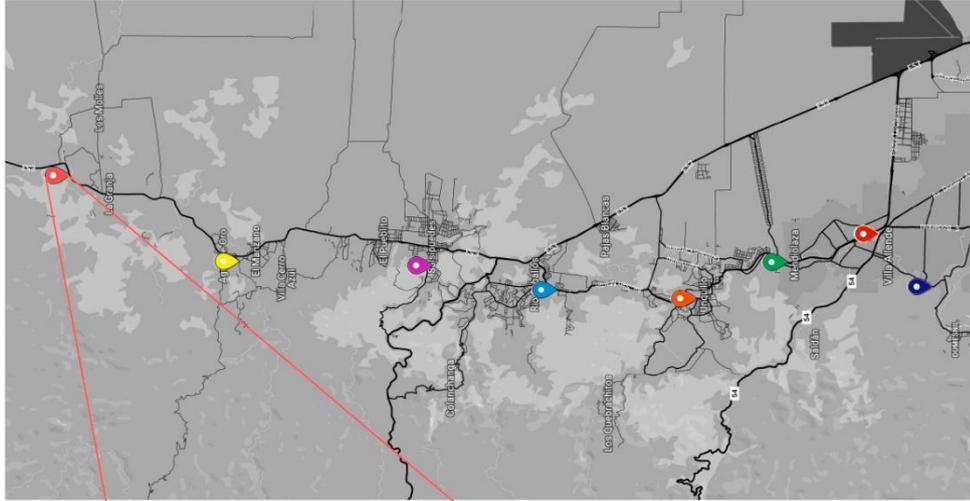
UNC



Ministerio de
**AGUA AMBIENTE
Y SERVICIOS PÚBLICOS**



SITIOS FAVORITOS DE CAZADORES DE CRECIDAS SIERRAS CHICAS



**USTED ESTÁ
AQUÍ**
**Estación SCH10
La Granja**

**También puede
visualizar los
Sitios Favoritos
desde su celular!!**



<https://xurl.es/w2adz>

**¿Querés saber más sobre
Cazadores de Crecidas?**



<http://www.cazadoresdecrecidas.unc.edu.ar/>

II.2. Estación SCH20 – Agua de Oro



ESTE ES UN SITIO FAVORITO DE CAZADORES DE CRECIDAS

Estación: SCH20 - "Agua de Oro"

¿Cómo colaborar en caso de crecidas?

1.- Colóquese en el punto indicado para realizar el video.



2.- Ubique los cuatro puntos fijos de control.



3.- Tome un video del río (aproximadamente 30 segundos), con la cámara inmóvil, controlando que en todo momento se vean los puntos de control.



4.- Fotografe la escala que se encuentra a la derecha del punto de filmación.



ALERTA DE SEGURIDAD!!!

Los ríos pueden ser peligrosos. En crecida, las velocidades son muy altas y el nivel del río puede subir rápidamente. No tome riesgos innecesarios y aléjese del cauce para estar a salvo.

Observar o filmar una crecida no justifica poner su vida en peligro



FCEFYN



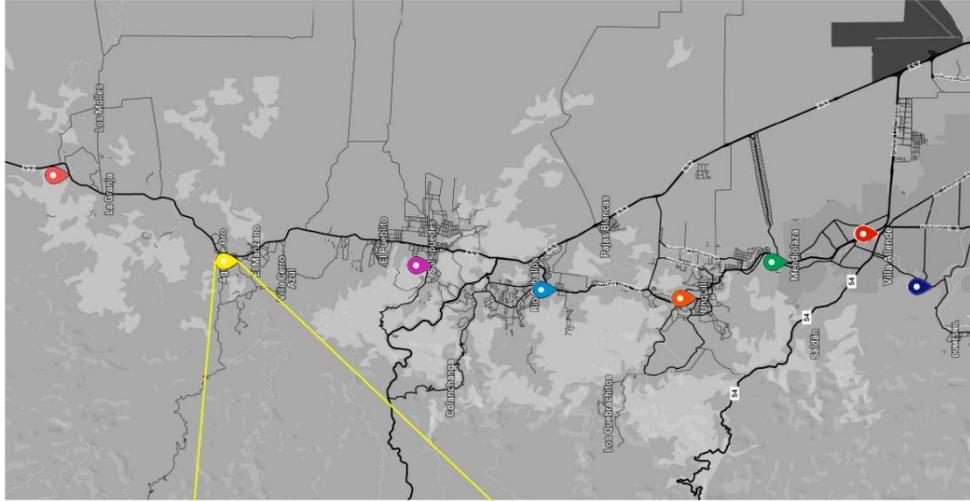
UNC



Ministerio de
**AGUA, AMBIENTE
Y SERVICIOS PÚBLICOS**



SITIOS FAVORITOS DE CAZADORES DE CRECIDAS SIERRAS CHICAS



**USTED ESTÁ
AQUÍ**
**Estación SCH20
Agua de Oro**

**También puede
visualizar los
Sitios Favoritos
desde su celular!!**



<https://xurl.es/w2adz>

**¿Quieres saber más sobre
Cazadores de Crecidas?**



<http://www.cazadoresdecrecidas.unc.edu.ar/>

II.3. Estación SCH30 – Salsipuedes



ESTE ES UN SITIO FAVORITO DE CAZADORES DE CRECIDAS

Estación: SCH30 - "Salsipuedes"

¿Cómo colaborar en caso de crecidas?

1.- Colóquese en el punto indicado para realizar el video.



2.- Ubique los cuatro puntos fijos de control.



3.- Tome un video del río (aproximadamente 30 segundos), con la cámara inmovil, controlando que en todo momento se vean los puntos de control.



4.- Fotografe la escala que se encuentra a la derecha del punto de filmación.



5.- Envíenos ambos archivos, indicando la fecha y hora aproximada a: cazadoresdecrecidas@unc.edu.ar



ALERTA DE SEGURIDAD!!!

Los ríos pueden ser peligrosos. En crecida, las velocidades son muy altas y el nivel del río puede subir rápidamente. No tome riesgos innecesarios y alejese del cauce para estar a salvo.

Observar o filmar una crecida no justifica poner su vida en peligro



FCEFYN



UNC

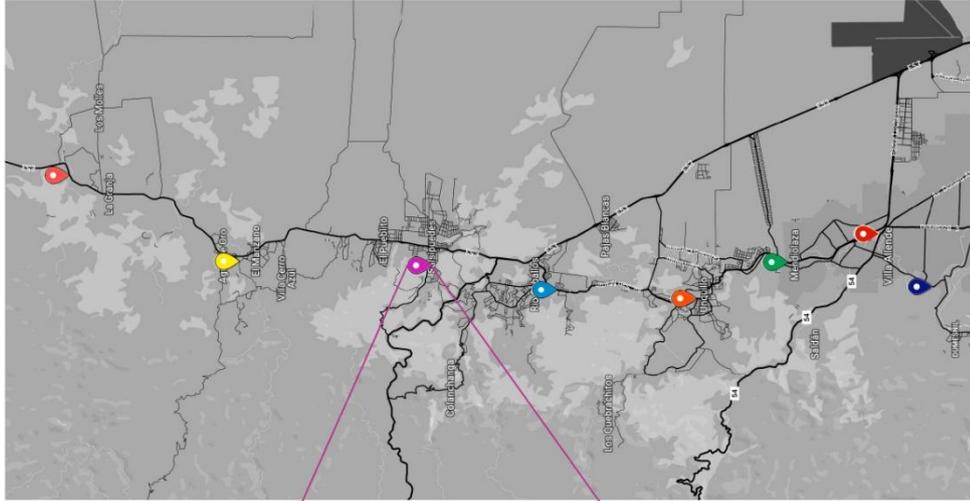


Ministerio de
**AGUA, AMBIENTE
Y SERVICIOS PÚBLICOS**



GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE
CORDOBA

SITIOS FAVORITOS DE CAZADORES DE CRECIDAS SIERRAS CHICAS



**USTED ESTÁ
AQUÍ**
**Estación SCH30
Salsipuedes**

**También puede
visualizar los
Sitios Favoritos
desde su celular!!**



<https://xurl.es/w2adz>

**¿Querés saber más sobre
Cazadores de Crecidas?**



<http://www.cazadoresdecrecidas.unc.edu.ar/>

II.4. Estación SCH40 – Puente San José



ESTE ES UN SITIO FAVORITO DE CAZADORES DE CRECIDAS

Estación: SCH40 – "Puente San José - Río Ceballos"

¿Cómo colaborar en caso de crecidas?

1.- Colóquese en el punto indicado para realizar el video.



2.- Ubique los cuatro puntos fijos de control.



3.- Tome un video del río (aproximadamente 30 segundos), con la cámara inmovil, controlando que en todo momento se vean los puntos de control.



4.- Fotografe la escala que se encuentra a la derecha del punto de filmación.



5.- Envíenos ambos archivos, indicando la fecha y hora aproximada a: cazadoresdecrecidas@unc.edu.ar



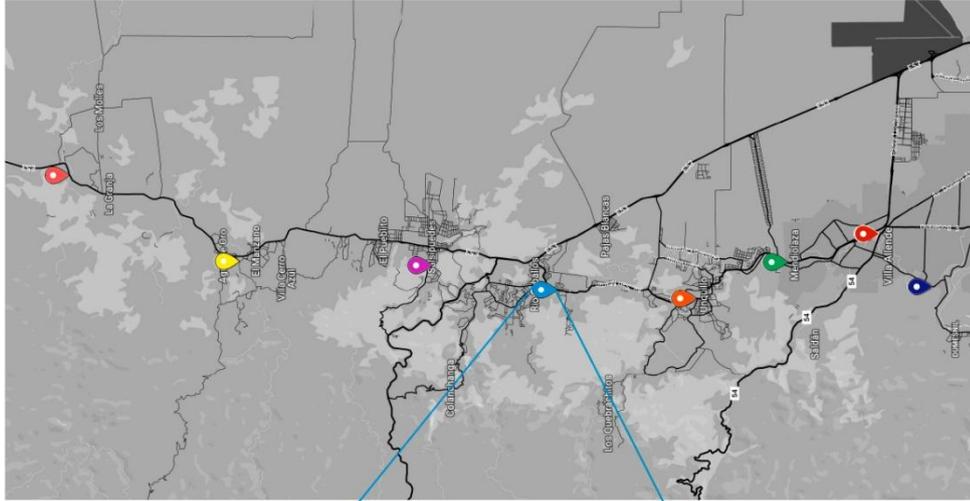
ALERTA DE SEGURIDAD!!!

Los ríos pueden ser peligrosos. En crecida, las velocidades son muy altas y el nivel del río puede subir rápidamente. No tome riesgos innecesarios y alejese del cauce para estar a salvo.

Observar o filmar una crecida no justifica poner su vida en peligro



SITIOS FAVORITOS DE CAZADORES DE CRECIDAS SIERRAS CHICAS



**USTED ESTÁ
AQUÍ**
**Estación SCH40
Puente San José
Río Ceballos**

**También puede
visualizar los
Sitios Favoritos
desde su celular!!**



<https://xurl.es/w2adz>

**¿Quieres saber más sobre
Cazadores de Crecidas?**



<http://www.cazadoresdecrecidas.unc.edu.ar/>

II.5. Estación SCH50 – Unquillo



ESTE ES UN SITIO FAVORITO DE CAZADORES DE CRECIDAS

Estación: SCH50 - "Unquillo"

¿Cómo colaborar en caso de crecidas?

1.- Colóquese en el punto indicado para realizar el video.



2.- Ubique los cuatro puntos fijos de control.



3.- Tome un video del río (aproximadamente 30 segundos), con la cámara inmovil, controlando que en todo momento se vean los puntos de control.



4.- Fotografe la escala que se encuentra a la derecha del punto de filmación.



5.- Envíenos ambos archivos, indicando la fecha y hora aproximada a: cazadoresdecrecidas@unc.edu.ar



ALERTA DE SEGURIDAD!!!

Los ríos pueden ser peligrosos. En crecida, las velocidades son muy altas y el nivel del río puede subir rápidamente. No tome riesgos innecesarios y alejese del cauce para estar a salvo.

Observar o filmar una crecida no justifica poner su vida en peligro



FCEFYN



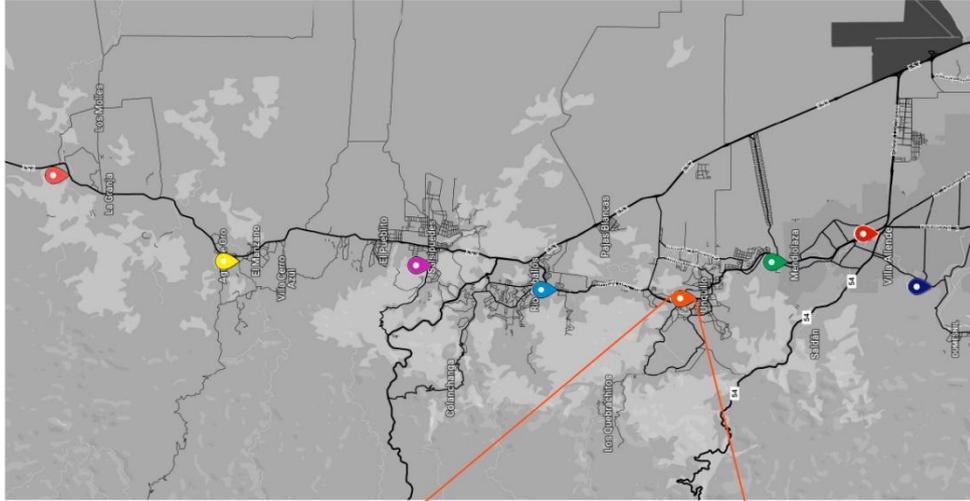
UNC



Ministerio de
**AGUA, AMBIENTE
Y SERVICIOS PÚBLICOS**



SITIOS FAVORITOS DE CAZADORES DE CRECIDAS SIERRAS CHICAS



**USTED ESTÁ
AQUÍ**
**Estación SCH50
Unquillo**

**También puede
visualizar los
Sitios Favoritos
desde su celular!!**



<https://xurl.es/w2adz>

**¿Querés saber más sobre
Cazadores de Crecidas?**



<http://www.cazadoresdecrecidas.unc.edu.ar/>

II.6. Estación SCH60 – Mendiolaza



ESTE ES UN SITIO FAVORITO DE CAZADORES DE CRECIDAS

Estación: SCH60 - "Mendiolaza" ¿Cómo colaborar en caso de crecidas?

1.- Colóquese en el punto indicado para realizar el video.



2.- Ubique los cuatro puntos fijos de control.



3.- Tome un video del río (aproximadamente 30 segundos), con la cámara inmovil, controlando que en todo momento se vean los puntos de control.



4.- Fotografe la escala que se encuentra a la derecha del punto de filmación.



5.- Envíenos ambos archivos, indicando la fecha y hora aproximada a: cazadoresdecrecidas@unc.edu.ar



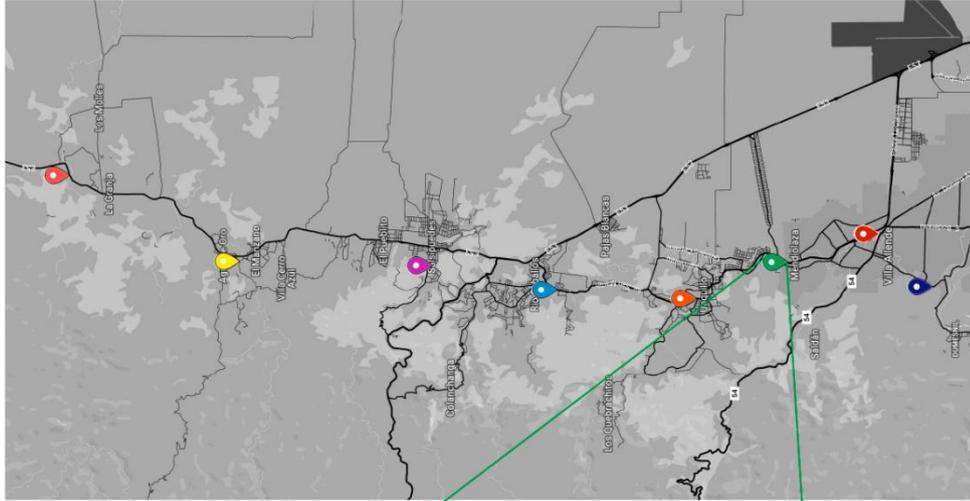
ALERTA DE SEGURIDAD!!!

Los ríos pueden ser peligrosos. En crecida, las velocidades son muy altas y el nivel del río puede subir rápidamente. No tome riesgos innecesarios y alejese del cauce para estar a salvo.

Observar o filmar una crecida no justifica poner su vida en peligro



SITIOS FAVORITOS DE CAZADORES DE CRECIDAS SIERRAS CHICAS



**USTED ESTÁ
AQUÍ**
**Estación SCH60
Mendiolaza**

**También puede
visualizar los
Sitios Favoritos
desde su celular!!**



<https://xurl.es/w2adz>

**¿Querés saber más sobre
Cazadores de Crecidas?**



<http://www.cazadoresdecrecidas.unc.edu.ar/>

II.7. Estación SCH70 – Villa Allende



ESTE ES UN SITIO FAVORITO DE CAZADORES DE CRECIDAS

Estación: SCH70 - "Villa Allende"

¿Cómo colaborar en caso de crecidas?

1.- Colóquese en el punto indicado para realizar el video.



2.- Ubique los cuatro puntos fijos de control.



3.- Tome un video del río (aproximadamente 30 segundos), con la cámara inmovil, controlando que en todo momento se vean los puntos de control.



4.- Fotografe la escala que se encuentra a la derecha del punto de filmación.



5.- Envíenos ambos archivos, indicando la fecha y hora aproximada a: cazadoresdecrecidas@unc.edu.ar



ALERTA DE SEGURIDAD!!!

Los ríos pueden ser peligrosos. En crecida, las velocidades son muy altas y el nivel del río puede subir rápidamente. No tome riesgos innecesarios y alejese del cauce para estar a salvo.

Observar o filmar una crecida no justifica poner su vida en peligro



FCEFYN



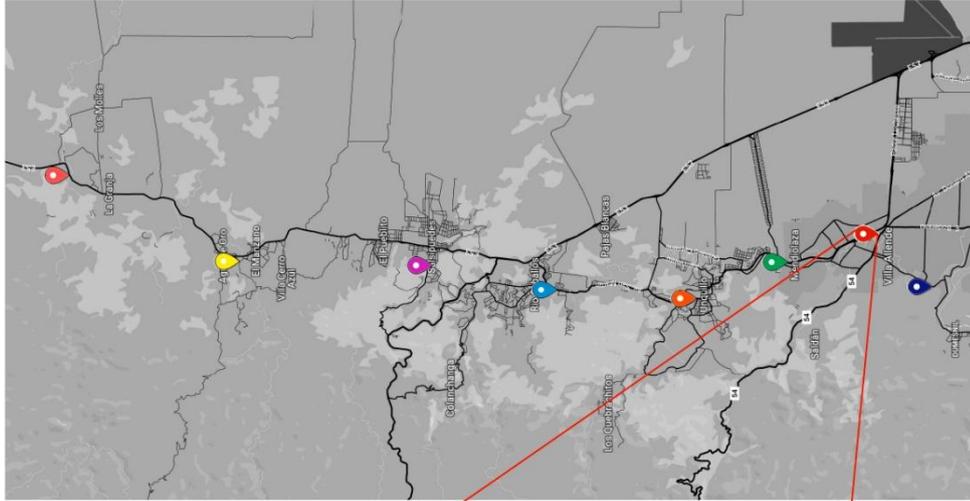
UNC



Ministerio de
**AGUA, AMBIENTE
Y SERVICIOS PÚBLICOS**



SITIOS FAVORITOS DE CAZADORES DE CRECIDAS SIERRAS CHICAS



**USTED ESTÁ
AQUÍ**
**Estación SCH70
Villa Allende**

**También puede
visualizar los
Sitios Favoritos
desde su celular!!**



<https://xurl.es/w2adz>

**¿Quieres saber más sobre
Cazadores de Crecidas?**



<http://www.cazadoresdecrecidas.unc.edu.ar/>

II.8. Estación SCH80 – Saldán



ESTE ES UN SITIO FAVORITO DE CAZADORES DE CRECIDAS

Estación: SCH80 - "Saldán"

¿Cómo colaborar en caso de crecidas?

1.- Colóquese en el punto indicado para realizar el video.



2.- Ubique los cuatro puntos fijos de control.



3.- Tome un video del río (aproximadamente 30 segundos), con la cámara móvil, controlando que en todo momento se vean los puntos de control.



4.- Fotografe la escala que se encuentra a la derecha del punto de filmación.



5.- Envíenos ambos archivos, indicando la fecha y hora aproximada a: cazadoresdecrecidas@unc.edu.ar



ALERTA DE SEGURIDAD!!!

Los ríos pueden ser peligrosos. En crecida, las velocidades son muy altas y el nivel del río puede subir rápidamente. No tome riesgos innecesarios y alejese del cauce para estar a salvo.

Observar o filmar una crecida no justifica poner su vida en peligro



FCEFYN



UNC

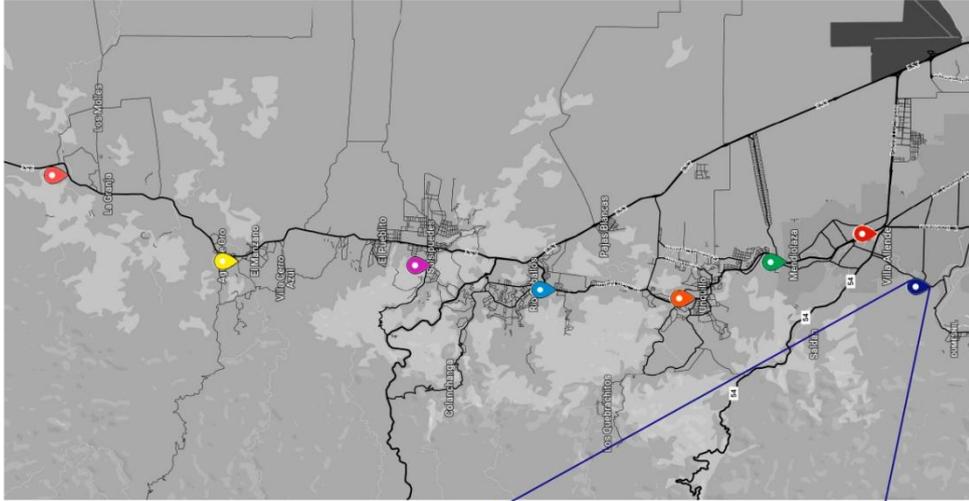


Ministerio de
**AGUA, AMBIENTE
Y SERVICIOS PÚBLICOS**



GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE
CORDOBA

SITIOS FAVORITOS DE CAZADORES DE CRECIDAS SIERRAS CHICAS



**USTED ESTÁ
AQUÍ**
**Estación SCH80
Saldán**

**También puede
visualizar los
Sitios Favoritos
desde su celular!!**



<https://xurl.es/w2adz>

**¿Querés saber más sobre
Cazadores de Crecidas?**



<http://www.cazadoresdecrecidas.unc.edu.ar/>