



FCA
Facultad de Ciencias
Agropecuarias



FACULTAD
DE CIENCIAS
ECONÓMICAS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales

Facultad de Ciencias Económicas

Escuela para Graduados FCA UNC

TRABAJO FINAL INTEGRADOR

Para optar al Grado Académico de

Especialista en Gestión de Cuencas Hidrográficas

Propuesta de un plan de manejo para el recurso hídrico de la cuenca del Río Anisacate

Matías Esequiel Gomez

Directora: Dra., Ing. Civil Érica Betiana Díaz

Córdoba, 2022



FCA
Facultad de Ciencias
Agropecuarias



FACULTAD
DE CIENCIAS
ECONÓMICAS

Propuesta de un plan de manejo para el recurso hídrico de la cuenca del Río Anisacate

Matías Esequiel Gomez

Directora: Dra., Ing. Civil Érica Betiana Díaz

Aprobada en estilo y contenido por la Comisión Académica de la EGCH

Tribunal Examinador de TFI

Ing. Civil (Mag.) Mariana Pagot

- Ing. Civil (Esp.) Alfredo Quelas

- Ing. Agr. (Esp.) Gustavo Negro

Presentación formal académica: Córdoba, 01 de Agosto de 2022

La Especialización en Gestión de Cuenas Hidrográficas es una instancia de capacitación integral para atender la problemática que urge en las cuencas hidrográficas, principalmente en los ambientes modificados e intervenidos por el hombre. Este programa de posgrado y formación conjunta surgió del trabajo integrado entre las Facultades de Ciencias Agropecuarias, Ciencias Exactas Físicas y Naturales y de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Córdoba, y cuenta con el apoyo del Gobierno de la Provincia de Córdoba a través del Ministerio de Agricultura y Ganadería, Ministerio de Servicios Públicos y Ministerio de Obras Públicas, a través del Convenio Marco de Cooperación Académica (RD N° 447/2021) y sus respectivos Convenios Específicos (RD N° 475/2021, 465/2021 y 474/2021).

La Especialización en Gestión de Cuenas Hidrográficas fue acreditada por CONEAU con Res. 517/19 y Res. Ministerio de Educación de la Nación (ME) 938/2020



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a mi familia que brinda su apoyo constante en mi crecimiento profesional y humano. A mi querida directora de Trabajo Final Integrador y compañera de trabajo, Dra. Ing. Civil Érica Díaz que siempre estuvo predispuesta a dialogar y brindar su conocimiento en virtud de los requerimientos de esta Especialización. Al gran grupo humano que se formó en la instancia de cursado de las materias, donde todos tuvimos la misma mirada en pos de cuidar nuestros recursos naturales.

RESUMEN

La Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH), es un proceso que promueve el desarrollo y el manejo coordinado del agua, la tierra y los recursos a fin de maximizar el bienestar económico y social resultante, de una forma equitativa y sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas esenciales. En las últimas décadas, las sierras de la provincia de Córdoba han experimentado importantes cambios en el uso del suelo, como la pérdida de bosques nativos, deforestación, uso de suelo no controlado, desarrollo de ciudades, etc. lo que traería aparejado una importante disminución del rendimiento hídrico (en términos de oferta y demanda), profundizando la crisis hídrica que experimenta la provincia durante períodos de sequía y en estación seca. En el marco de estas circunstancias, se ha propuesto estudiar la cuenca del río Anisacate, ya que es una de las pocas cuencas no reguladas por reservorios dentro de la provincia de Córdoba y ha tenido un aumento poblacional creciente en las últimas décadas. En este trabajo se realizó un exhaustivo diagnóstico para caracterizar la cuenca y evidenciar sus problemáticas, entre ellas las hídricas. Esto llevó a cuantificar la oferta y demanda hídrica. Finalmente se plantean alternativas para preservar el uso y satisfacer la demanda en vistas a definir un plan de gestión de los recursos hídricos del río Anisacate.

Palabras clave: Cuenca, Recursos hídricos, Oferta y Demanda, Gestión.

TABLA DE CONTENIDOS:

TABLA DE CONTENIDOS:	5
ÍNDICE DE FIGURAS:	6
1. INTRODUCCIÓN	8
Objetivo general	9
Objetivos Específicos	9
2. ÁREA DE ESTUDIO	10
3. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA	11
3.1. Vías de Comunicación	11
3.2. Morfometría	12
3.3. Clima	17
3.4. Recursos hídricos:	17
3.5. Geomorfología:	19
3.6. Vegetación:	22
3.7. Áreas protegidas:	23
3.8. Riesgos naturales:	24
3.9. Dimensión económico-productiva:	28
3.10. Dimensión territorial:	30
3.11. Dimensión sociocultural:	33
3.12. Dimensión legal-normativo-institucional:	34
4. DIAGNÓSTICO	37
4.1. Generalidades de la cuenca	37
4.2. Desarrollo de la problemática de oferta hídrica en la cuenca:	40
4.3. Oferta hídrica	41
4.4. Demanda hídrica	51
4.5. Balance hidrológico	52
4.5.1. Análisis actual	52
4.5.2. Análisis futuro	55
4.5.3. Análisis de resultados	59
5. PRÁCTICAS DE GESTIÓN DEL RECURSO	60
5.1. Gestión Dura	60
5.2. Gestión Blanda	62
6. CONCLUSIÓN	65
BIBLIOGRAFÍA	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación Geográfica de la cuenca.....	11
Figura 2. Red vial y cuenca del río Anisacate	12
Figura 3. Delimitación de la cuenca del río Anisacate	13
Figura 4. Red de drenaje de la cuenca	15
Figura 5. Modelo Digital del Terreno de la Cuenca	16
Figura 6. Modelo en 3D del relieve de la cuenca	16
Figura 7. Grupo de suelo – Fuente: INTA (2006)	20
Figura 8. Mapa de Índice de Productividad de la cuenca – Fuente: INTA (2006).....	20
Figura 9. Zonificación de la vegetación. Fuente: INTA (2006).....	23
Figura 10. Área metropolitana de Córdoba – Fuente: Cátedra de Planeamiento y Urbanismo - FCEFyN.....	31
Figura 11. Sistema Urbano	32
Figura 12. Mapa de parcelas de las diferentes pedanías de la cuenca (Fuente: mapascordoba.gob.ar – Geoportal IDE de la Provincia de Córdoba).....	33
Figura 13. Estaciones Hidrometeorológicas disponibles en la cuenca. Fuente: Administración Provincial de Recursos Hídricos	42
Figura 14. Análisis de la serie histórica de la estación Santa Ana I.....	45
Figura 15. Análisis de la serie diaria histórica de la “Estación Santa Ana”	47
Figura 16. Gráfico de las medias de las Series 1 y 2	48
Figura 17. Curva teórica Altura-Caudal.....	49
Figura 18. Análisis de la Serie “Estación COSAG”	50
Figura 19. Caudales medios mensuales de las tres series analizadas.....	51
Figura 20: Curvas de oferta y demanda hídrica actual.....	54
Figura 21. Curvas de Oferta y Demanda futura de Caudal.	59
Figura 22. Diferencia de dotación con y sin micromedidores. (Cátedra Ingeniería Sanitaria, FCEFyN, UNC)	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros morfométricos de la cuenca del río Anisacate.....	14
Tabla 2. Valores de IP. Fuente: (ORA, 2022).....	21
Tabla 3. índice de productividad de la cuenca - Fuente: INTA (2006).....	22
Tabla 4. Incendios en la cuenca del río Anisacate durante el año 2020. Fuente: (APRHi, Informe Incendios, 2020)	27
Tabla 5. Área Urbana y Rural de la cuenca de estudio	31
Tabla 6. Población de los asentamientos de la cuenca.....	34
Tabla 7. Estaciones Hidrometeorológicas disponibles en la cuenca. Fuente: Administración Provincial de Recursos Hídricos	43
Tabla 8. Análisis de la serie histórica de la estación Santa Ana I.....	44
Tabla 9. Análisis de la serie diaria histórica de la estación Santa Ana II	46
Tabla 10. Análisis de la serie "Estación COSAG"	49
Tabla 11. Caudal de Demanda	52
Tabla 12: Balance hidrológico de la cuenca del Río Anisacate	54
Tabla 13. Cantidad de habitantes, crecimiento intercensal, índice de crecimiento	56
Tabla 14. Resultados del cálculo de habitantes en la cuenca	57
Tabla 15. Demanda estimada para 20 años	58
Tabla 16. Balance hidrológico futuro de la cuenca del Río Anisacate	58
Tabla 17. Diferencia entre caudal disponible y déficit.....	61

Propuesta de un plan de manejo para el recurso hídrico de la cuenca del Río Anisacate

1. INTRODUCCIÓN

La Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH), es un proceso que promueve el desarrollo y el manejo coordinado del agua, la tierra y los recursos a fin de maximizar el bienestar económico y social resultante, de una forma equitativa y sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas esenciales (WGP, 2000). La gestión integrada permite también conocer lo que produce la cuenca como unidad, y los servicios que brinda.

La problemática de las cuencas serranas de Córdoba, es el déficit hidrológico. Muchas de ellas poseen reservorios de agua, que son aprovechados para distintos beneficios: riego, energía, abastecimiento, recreación, regulación, etc.

En las últimas décadas, las sierras han experimentado importantes cambios en el uso del suelo, como la pérdida de bosques nativos, deforestación, uso de suelo no controlado, desarrollo de ciudades, etc. lo que traería aparejado una importante disminución del rendimiento hídrico, profundizando la crisis hídrica que experimenta la provincia durante períodos de sequía y en estación seca (Samia, 2014).

Se ha propuesto estudiar la cuenca del río Anisacate, ya que es una de las pocas cuencas no reguladas por reservorios dentro de la provincia de Córdoba y ha tenido un aumento poblacional creciente en las últimas décadas. Por un lado, el

déficit hídrico y por otro, las intensas lluvias en las épocas estivales que causan inundaciones repentinas. Esta situación se incrementa cada año debido al cambio o variabilidad climática, cambios en el uso de suelo, etc.

Con el fin de optimizar el manejo de los recursos naturales y entre ellos el agua, se propone caracterizar la cuenca de estudio, identificar las condiciones que afectan a la oferta hídrica y el manejo del uso de suelo en las zonas aledañas a fin de brindar pautas que contribuyan a una mejor gestión de los recursos naturales en la cuenca.

Objetivo general

El objetivo general de este trabajo es la identificación y caracterización de los recursos naturales y antrópicos que intervienen en el manejo de los recursos hídricos para definir una propuesta de gestión sustentable de los mismos en el mediano y largo plazo en la cuenca del río Anisacate.

Objetivos Específicos

- Identificar los distintos usos de suelos que se dan en la cuenca y las obras de infraestructura que existan y funcionen en la cuenca.
- Identificar las actividades sociales y el crecimiento poblacional que se desarrolla en la cuenca.
- Estudiar la disponibilidad de agua para los distintos usos que haya en la cuenca para ciertos escenarios en mediano y largo plazo.
- Realizar un balance hídrico en base a la oferta y demanda del recurso.

- Proponer alternativas para el manejo sustentable del recurso hídrico para cubrir los déficits a través de la implementación de medidas estructurales y no estructurales.

2. ÁREA DE ESTUDIO

La cuenca del río Anisacate, cubre una extensión de 1015 km² en la zona Centro-Oeste de la Provincia de Córdoba en el cordón oriental de las Sierras Chicas, en la zona denominada “Valle de Paravachasca”. Forma parte de los departamentos Santa María, Punilla y San Alberto (Fig. 1).

Nace en los comienzos de los ríos San José y De la Suela al Oeste de la provincia de Córdoba en las Sierras Grandes. El primero conformado por los ríos Condorito y Sur, mientras que, el río De la Suela recibe los aportes del Arroyo Los Carneros, Arroyo el Sauce, Arroyo de la Estancia, Arroyo del Colgado, entre otros. La unión de estos, cuyas coordenadas geográficas son: (31°41'20.48"S; 64°33'2.06"O), forman el río Anisacate, que pertenece a la gran cuenca del Mar de Ansenusa (Laguna Mar Chiquita), por lo que se define como cuenca endorreica. El cierre de la cuenca se da en la conjunción del río Anisacate con el río de los Molinos (31°47'25.17"S; 64°19'38.40"O) que forman el río Segundo (Xanáes).

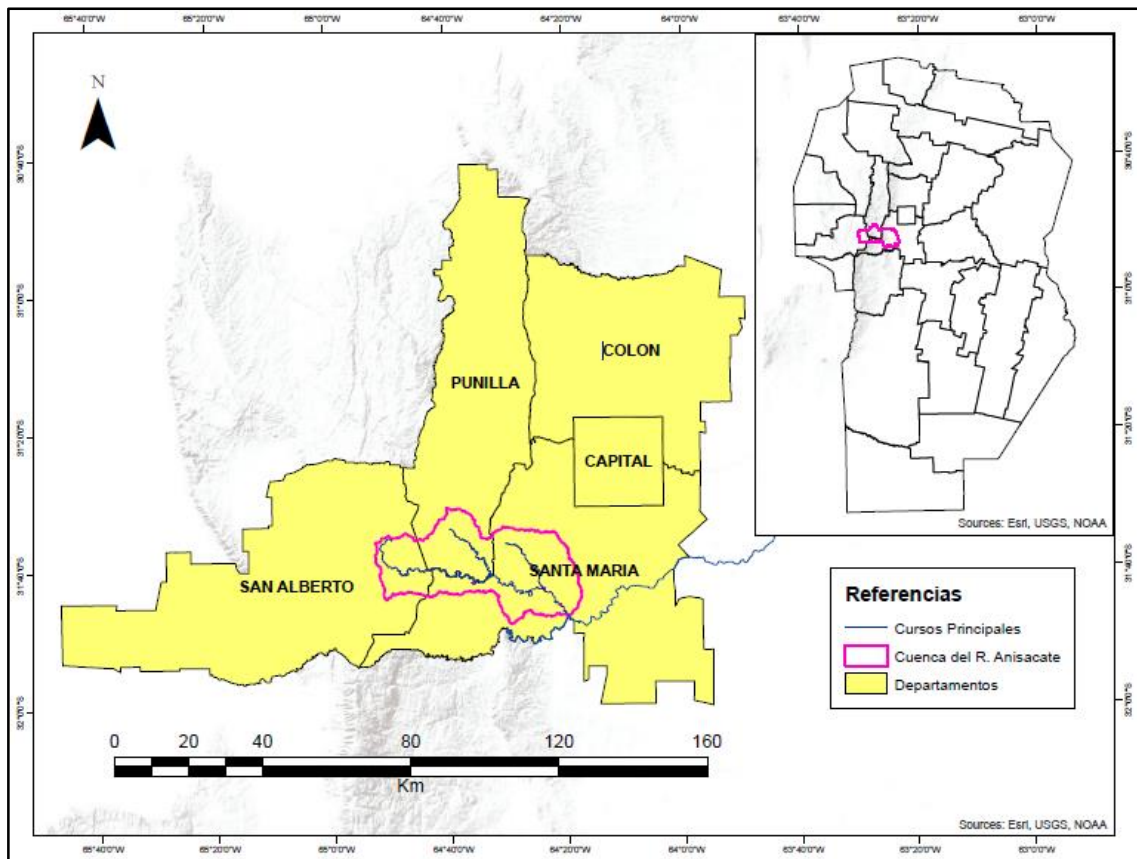


Figura 1. Ubicación Geográfica de la cuenca

3. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA

3.1. Vías de Comunicación

La provincia de Córdoba posee un sistema vial que constituye un componente infraestructural de conexión que comunica la ciudad capital con el resto del país y viceversa. Los sistemas de conexión representan una vía rápida de comercio que beneficia a muchas localidades en las cercanías de la capital. La cuenca no escapa de dichas conexiones y se contribuye de ellas.

El sistema vial, constituido por la Red Nacional, Primaria, Secundaria y Terciaria, brindan un ingreso fluido a las localidades y asentamientos poblacionales de la cuenca.

La más importante, es la Autovía de la R.N. N° 36 que conecta la ciudad de Córdoba con la ciudad de Río Cuarto, y se ubica al este de la cuenca.

En cuanto a redes primarias, se localizan la R.P. N° 5, paralela a la R.N. N° 36, conectando la ciudad de Córdoba con Alta Gracia, Valle de Anisacate, Villa Ciudad de América, entre otros y siguiendo con sentido sur bordeando el lago del Dique Los Molinos, definiendo la vía más importante de comunicación. La R.P. N° 34 conocida por ser la “Ruta de Altas Cumbres” que conecta los Dptos. Punilla Con San Alberto así también. La R.P. N° 14 conecta los mismo Dptos., representa una vía turística y por lo tanto de importancia económica (Fig. 2).

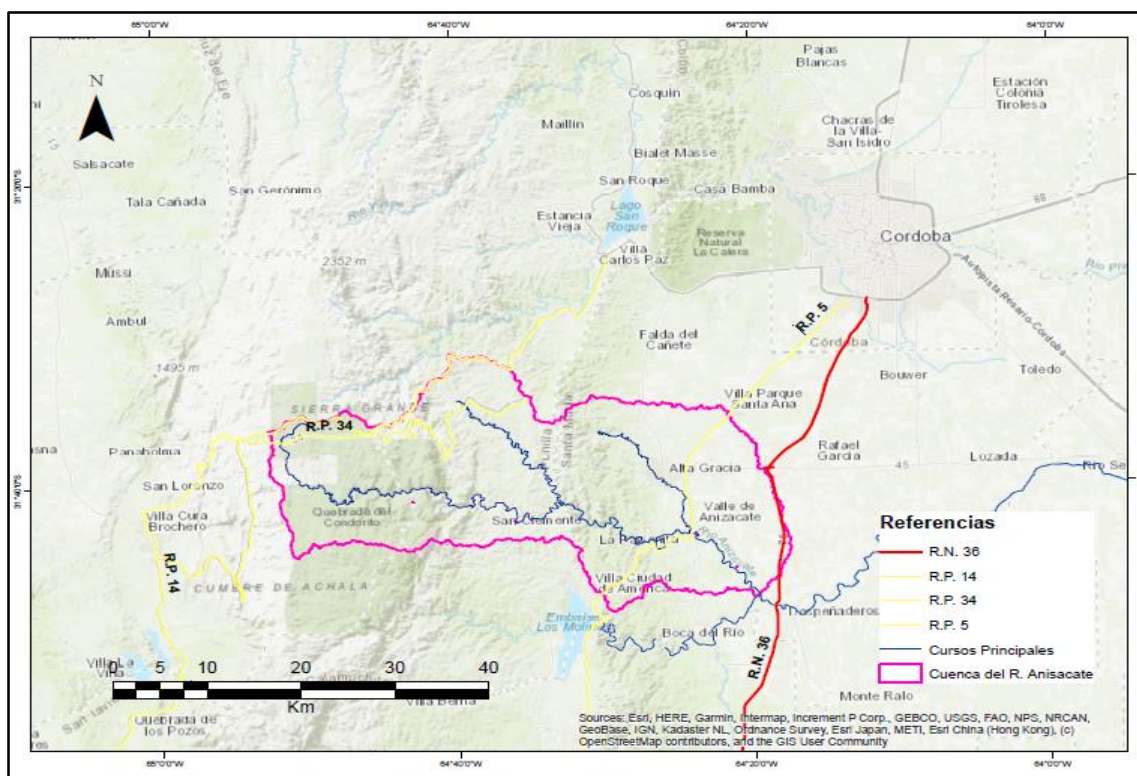


Figura 2. Red vial y cuenca del río Anisacate

3.2. Morfometría

La cuenca del río Anisacate, posee una superficie aproximada de 1015 Km²(APRHi, Modelo hidrológico de la cuenca del río Anisacate, 2020) con 30

subcuencas identificadas a partir del Modelo Digital de Elevaciones SRTM 30x30m (IGN, 2022) (Fig. 3).

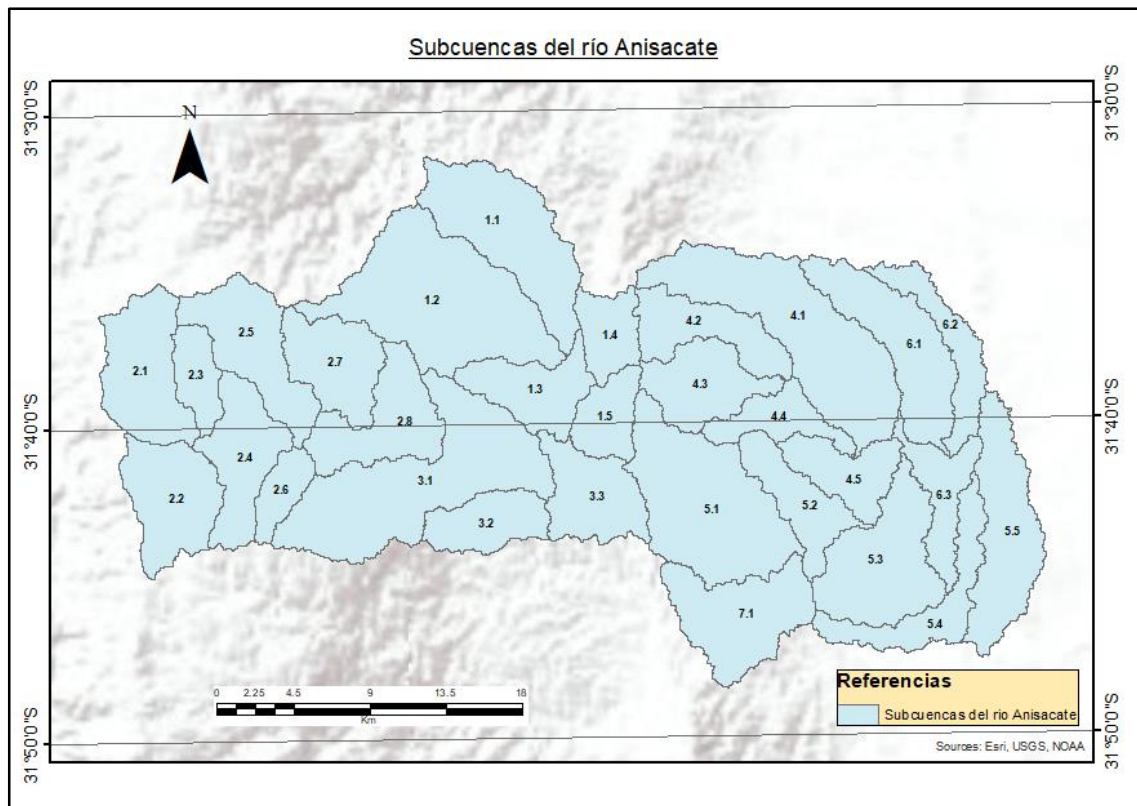


Figura 3. Delimitación de la cuenca del río Anisacate

Los parámetros morfométricos de interés de las subcuencas son: el área y pendientes (ver tabla 1):

Tabla 1. Parámetros morfométricos de la cuenca del río Anisacate

Subsistema	Denominación	ÁREA [Km ²]	Pendiente Media [m/m]
Río DE LA SUELA	1.1	49.86	0.116
	1.2	78.07	0.180
	1.3	25.10	0.115
	1.4	16.10	0.179
	1.5	16.09	0.222
Río SAN JOSE	2.1	36.49	0.094
	2.2	33.41	0.092
	2.3	13.57	0.114
	2.4	30.64	0.135
	2.5	35.50	0.124
	2.6	11.27	0.199
	2.7	28.48	0.173
	2.8	32.46	0.305
	3.1	78.11	0.222
	3.2	20.58	0.156
	3.3	27.91	0.144
Río ALTA GRACIA	4.1	70.67	0.071
	4.2	26.29	0.199
	4.3	27.26	0.220
	4.4	16.85	0.113
	4.5	21.17	0.041
Río ANISACATE	5.1	65.32	0.256
	5.2	22.86	0.117
	5.3	44.16	0.045
	5.4	25.39	0.040
	5.5	41.37	0.031
	6.1	40.46	0.027
	6.2	20.53	0.028
	6.3	19.66	0.024
	7.1	39.16	0.162

La denominación de cada subcuenca se define por los ríos o arroyos que le dan origen, a saber:

1. Sistema del río de La Suela
2. Sistema del río San José
3. Sistema del río San José

4. Sistema del Arroyo Alta Gracia

5. Sistema del río Anisacate

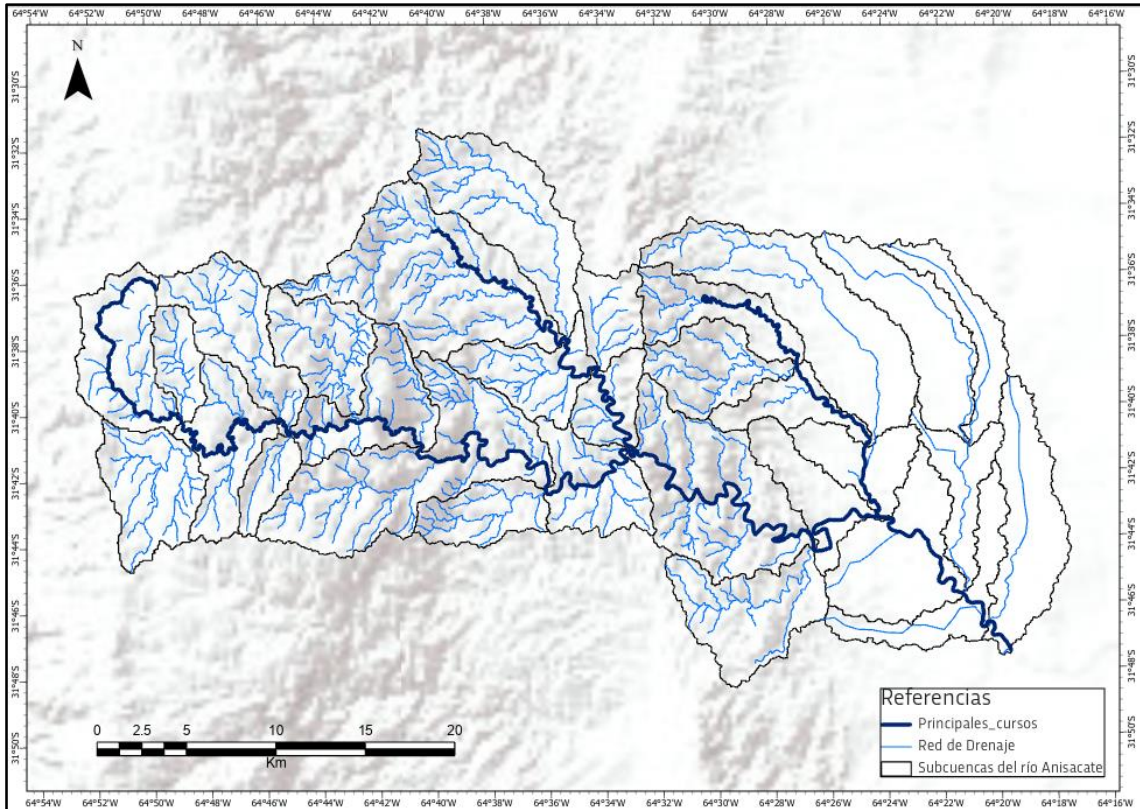


Figura 4. Red de drenaje de la cuenca

La orientación de la cuenca es Oeste-Este. Fluye desde las zonas más elevadas, en las sierras, hasta su cierre en el punto de encuentro con el río Los Molinos.

Utilizando herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), con el Modelo Digital de Terreno extraído de la web oficial del Instituto Geográfico Nacional (SRTM, resolución: 30m x 30 m) (IGN, 2022), se muestra como varía la pendiente al recorrer de oeste a este la cuenca. Iniciando con un relieve accidentado con pendientes escarpadas, muy pronunciadas por el efecto de fallas y fracturas. En la cuenca media, a 1200 msnm, la altura empieza a descender marcando la zona del piedemonte serrano y finalizando con un

terreno de preferencia ondulada y plana con una elevación aproximada de 650 msnm (Fig. 4 y 5).

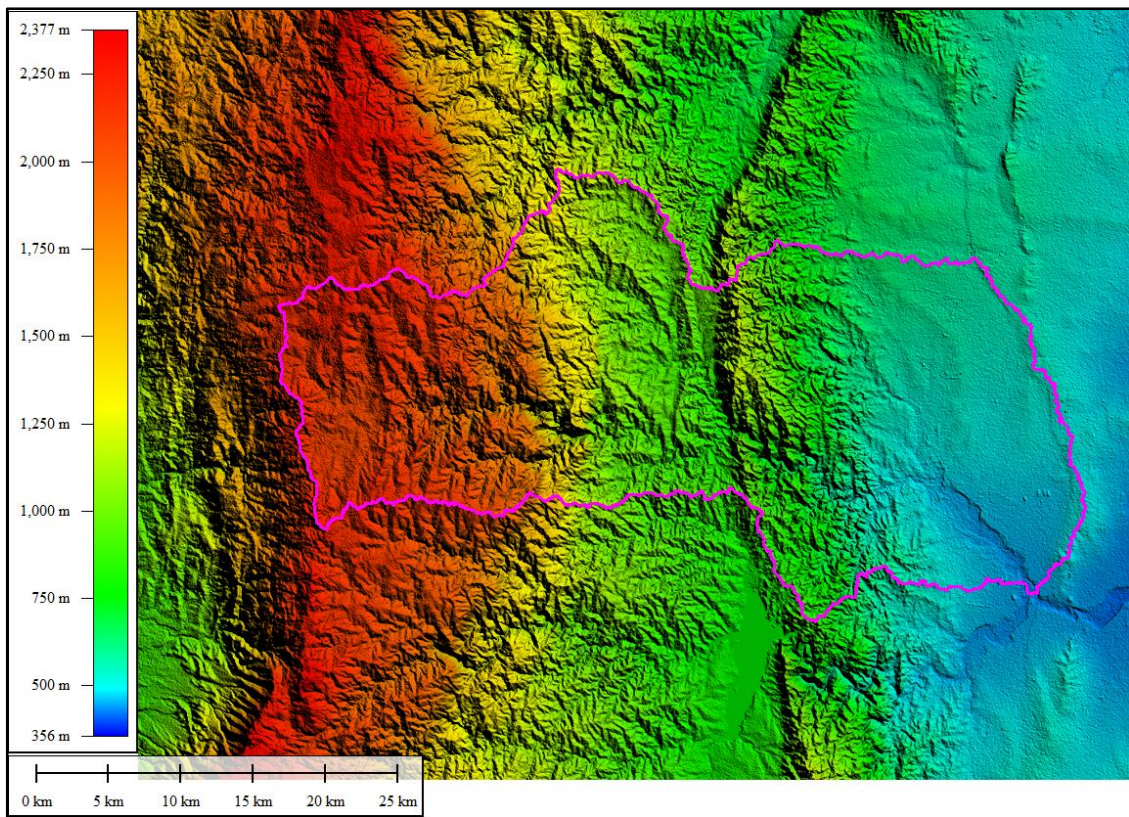


Figura 5. Modelo Digital del Terreno de la Cuenca

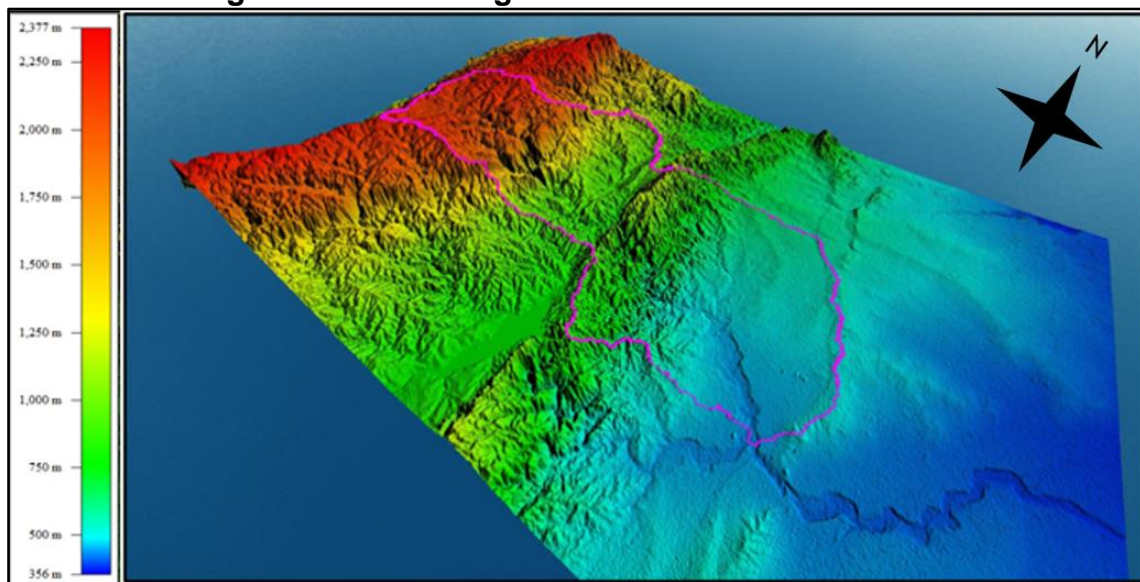


Figura 6. Modelo en 3D del relieve de la cuenca

3.3. Clima

El clima predominante en la superficie de la cuenca se puede clasificar como de tipo mediterráneo con variaciones puntuales de los aspectos geomorfológicos, en donde el relieve es el factor que rige las condiciones hídricas y su variación (Capitanelli, 1979). Por influencia de las condiciones orográficas, se encuadra dentro del dominio semihúmedo con tendencia al semiseco, con invierno y sin verano térmico.

El aire que enfrenta una cadena montañosa se ve forzado a ascender para franquear el obstáculo, al elevarse se enfría por expansión, se reduce su capacidad para contener vapor de agua, comenzando éste a condensarse. Se forman de esta manera las nubes que producen precipitaciones sobre las laderas montañosas y el vecino piedemonte (Bianchi & Cravero, 2010)

El periodo de lluvias se extiende de octubre a marzo (dándose el pico en el mes de enero) y otro seco entre abril y septiembre. La precipitación media es de 832mm (Subsecretaría de Recursos Hídricos, 2010).

3.4. Recursos hídricos:

Las cuencas hídricas son espacios geográficos donde se solapa la acción combinada de los procesos naturales actuantes. Constituyen el territorio adecuado para efectuar el manejo, planificación, aprovechamiento y administración del recurso hídrico bajo la consideración que el agua superficial y el agua subterránea se encuentran íntimamente relacionadas (Dasso, y otros, 2014).

La cuenca del río Anisacate se abastece en la zona central de Pampa de Achala, reserva hídrica de las principales cuencas de la provincia de Córdoba. La

Reserva natural Quebrada del Condorito es el primer Parque Nacional en la provincia de Córdoba, creado en 1996 con el objetivo de proteger la naciente de las cuencas hídricas, de vital importancia en el territorio. Es como una gran isla rocosa, creada hace 15 millones de años. Su elevada planicie, con muy poca pendiente, posibilitó la formación y conservación de suelos, y la intrincada red de drenaje construyó, en su talud oriental, las profundas quebradas. Allí precisamente, nacen los ríos más importantes de la región (Welcome Argentina - Turismo, 2018).

Los ríos y arroyos serranos, presentan en general, lechos rocosos, erosivos, con saltos, rápidos, ollas y un régimen turbulento. En algunos sectores, de menor relieve, tienen un lecho areno-gravoso y algunos niveles de terrazas. Constituyen verdaderos ecosistemas, sometidos a una alta dinámica hidrológica, producto de crecientes cortas e intensas, lo que caracteriza un régimen de tipo torrencial. Los caudales pico en épocas de lluvia, suman gran cantidad de sedimentos de granulometría variada, producto de los procesos de erosión hídrica y remoción en masa (Secretaría de Ambiente, 2019).

El río Anisacate posee un caudal medio de $4,53 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (APRHi), pudiendo aumentar su flujo rápidamente por las condiciones hidrogeomorfológicas que posee. Es un cauce que ofrece una buena calidad de agua para recreación favoreciendo el turismo de la zona. Ponce (2022), recomienda como índice individual de caudal ecológico el valor que resulta del método de Tennant el cual es $1,3 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ para épocas de estiaje y $2,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ para épocas estivales.

3.5. Geomorfología:

Vertiente oriental del lineamiento orográfico de las Cumbres de Achala a una altitud promedio superior a los 2.000msnm y en el piedemonte, hasta la confluencia con el río Los Molinos. Conjuntamente con la cuenca del río Los Molinos, conforma las nacientes del sistema hidrológico de la cuenca del río Xanáes o Segundo de carácter endorreico con nivel de base en la laguna de Mar Chiquita.

Las subcuencas de recepción de los ríos de La Suela y San José, posee un sistema de drenaje dendrítico con fuerte control estructural por efecto de fallas, fracturas y diaclasas y alta densidad (3,5 ríos/km²). Pendiente longitudinal del orden de 1,92%.

En cuanto a la geología, esta es de basamento cristalino antiguo netamente dominante (Precámbrico-eopaleozoico), con alternancia de rocas metamórficas e ígneas que soportan suelos residuales someros y discontinuos con respecto a la roca desnuda(Gonzalez , 2012).

La cuenca alta y media presenta suelos del grupo Haplustoles y Ustortentes. Hacia la zona más baja, el suelo es del grupo Argiustoles. La cuenca alta posee Haplustoles líticos en toda su superficie con una textura de suelo del tipo areno-franca con variada pedregosidad, solo se encuentran Haplustoles énticos en una parte de la cuenca media y baja con textura franco-limosa. El grupo de los Ustortentes que dominan la cuenca media son en su totalidad líticos con variada pedregosidad y textura areno-franca. El grupo de Argiustoles son típicos y poseen un suelo de textura franco limosa. La parte baja de la cuenca es mayormente de esta preferencia. Se denota suelos de deposición (Fig. 7).

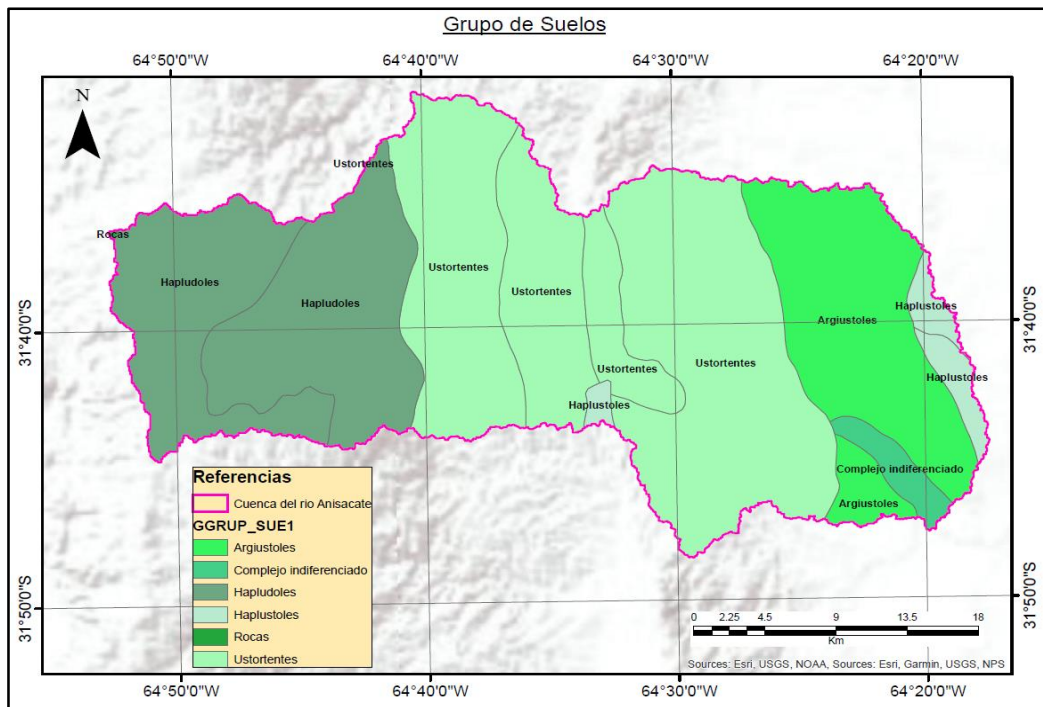


Figura 7. Grupo de suelo – Fuente: INTA (2006)

Por las características geomorfológicas de la cuenca, no es de gran productividad agrícola como se puede observar según el Índice de Productividad (IP) de la cuenca (Fig. 8).

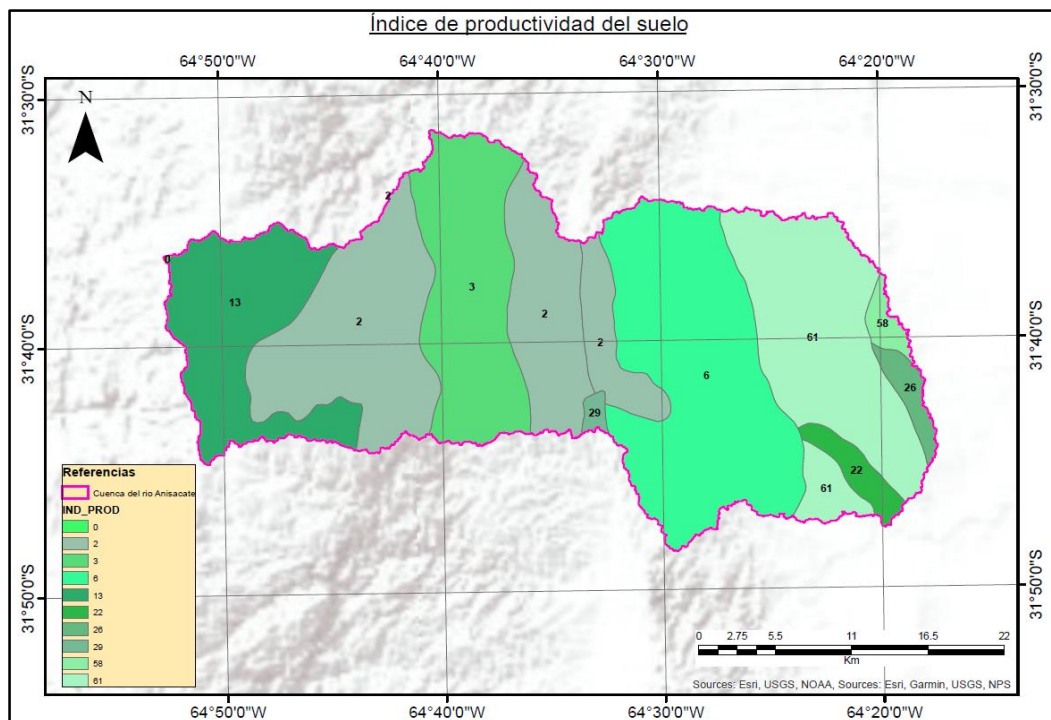


Figura 8. Mapa de Índice de Productividad de la cuenca – Fuente: INTA (2006)

El IP tiene como objetivo establecer comparaciones entre las capacidades de los distintos tipos de tierras presentes en un área. En la metodología de determinación del IP intervienen: Disponibilidad de agua, drenaje, profundidad efectiva, textura del horizonte superficial, textura de horizonte subsuperficial, contenido de sales solubles, alcalinidad sódica, contenido de materia orgánica, capacidad de materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico y erosión.

Según la oficina de Riesgos agropecuarios, perteneciente al Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, las tasas de valores de IP son:

Tabla 2. Valores de IP. Fuente: (ORA, 2022)

Clase	IP
MUY ALTA	100-85
ALTA	84-70
MEDIA	69-55
BAJA	54-40
NO AGRICOLA	< 39

Según el mapa de suelos de INTA (I.N.T.A. - E.E.A. Manfredi, 2006), la cuenca del río Anisacate posee mayoritariamente clases no agrícolas (ver tabla 3), dada su principal limitante que es la pedregosidad, lo cual hace imposible la labranza de la tierra. En la zona baja de la cuenca, existen clases medias (Fig. 8) que se corresponde a una Clase III de capacidad de uso, las prácticas de manejo y conservación son moderadamente intensas, difíciles de aplicar y de mantener con moderada limitación a la labranza.

Tabla 3. Índice de productividad de la cuenca
- Fuente: INTA (2006)

IP	CLASE
2	No agrícola
3	No agrícola
6	No agrícola
13	No agrícola
22	No agrícola
26	No agrícola
29	No agrícola
58	Media
61	Media

3.6. Vegetación:

La vegetación de la cuenca está condicionada por su relieve: en la parte alta es accidentado con pendientes escarpadas, muy pronunciadas por el efecto de fallas y fracturas. En la cuenca media la altura empieza a descender marcando la zona del piedemonte serrano y finalizando con un terreno de preferencia ondulada y plana (Fig. 5).

El tipo de vegetación que encontramos es: Bosque xerófilo de tipo matorral y arbolado semidesértico distribuida según tres pisos condicionados por la altitud y la orientación geográfica (Lutti, 1979):

- El piso del monte serrano desde los 600 a 1300 m s.n.m., presenta especies de las sierras y algunas de llanura que suben por los valles. Se encuentran molles, coco, espinillos, durazno de las sierras, algarrobos, quebrachos, barba de tigre, aromito, mistol, chañar.
- El piso del arbustal o romerillal desde los 1300 a 1700 m s.n.m., Predominan el romerillo, la carqueja, la barba de tigre y el tabaquillo.
- El piso de los bosquecillos y pastizales de altura, por encima de dicha altitud hasta los máximos niveles (más de 2.000 m s.n.m.), con especies

como los pajonales serranos y a más altura los pastos y gramíneas alfombran el surgimiento de rocas. En la zona más elevada de las Sierras Grandes se encuentran árboles, musgos, helechos y arbustos, predomina el tabaquillo.

En la siguiente figura, mediante el uso de herramientas de información geográfica (SIG) e información propuesta por el área de hidrología de la Administración Provincial de Recursos Hídricos de Córdoba, se pudo determinar la zonificación de la cobertura de suelo que posee la cuenca del río Anisacate (Fig. 9).

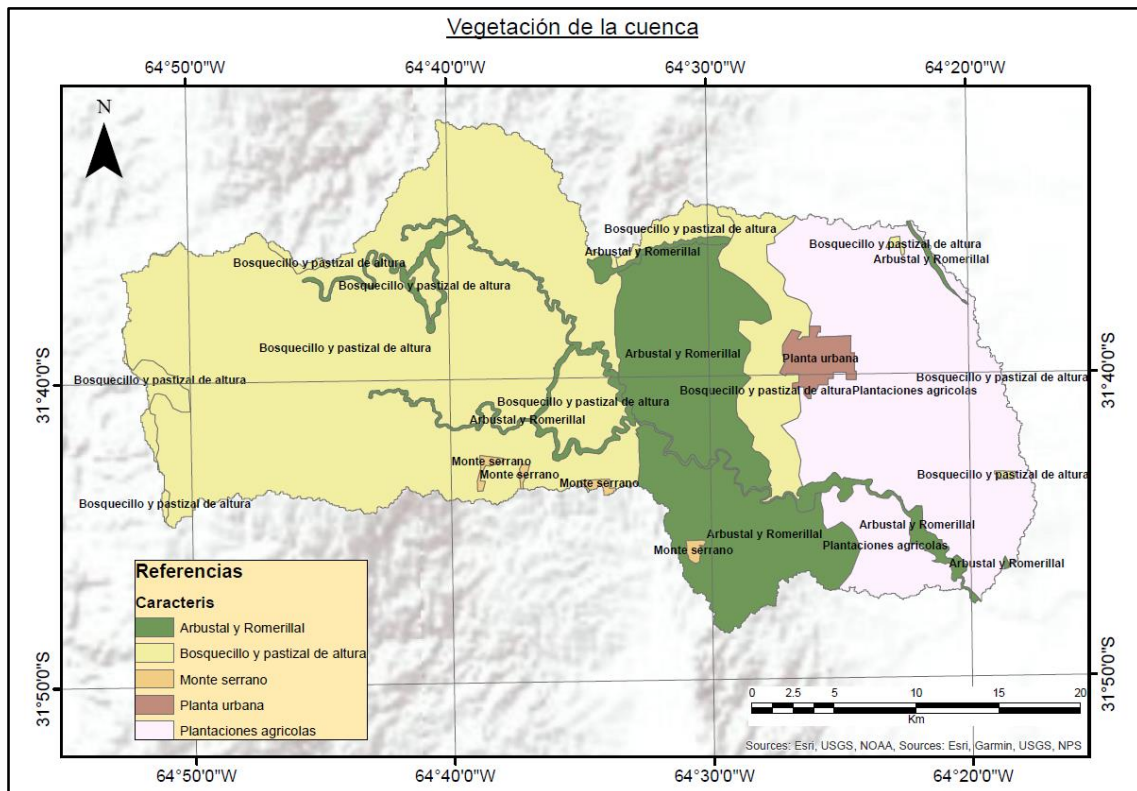


Figura 9. Zonificación de la vegetación. Fuente: INTA (2006)

3.7. Áreas protegidas:

El parque Nacional “Quebrada del Condorito” se ubica al oeste de la cuenca, sobre las sierras grandes de Córdoba (31°36'46.93"S, 64°42'45.92"O). El

territorio, se caracteriza por la elevada altitud del piso superior de las Sierras Grandes de Córdoba, respecto de la gran llanura chaco-pampeana que la rodea y le confiere condiciones de isla biogeográfica. Como resultado de ello, el área, presenta una gran diversidad de endemismos de especies y subespecies, tanto de plantas como de animales. se pueden realizar varios paseos de ecoturismo. Entre ellos, uno de los más realizados por los visitantes es el avistaje de aves. Además de animales exclusivos de la zona como el lagarto de Achala, una raza característica de zorro colorado, aquí existe una gran biodiversidad para apreciar en sus 37.344 hectáreas (Fuente: cordobaturismo.gob.ar).

El parque es considerado una de las maravillas de Córdoba y en su actualidad presenta gran operatividad siendo visitado por muchos turistas.

3.8. Riesgos naturales:

Se puede definir al riesgo como el producto entre la “amenaza” y la “vulnerabilidad”. Una amenaza es la probabilidad de que ocurra un evento natural o antrópico frente al cual la comunidad es vulnerable. La vulnerabilidad es la incapacidad de una comunidad para absorber los efectos de un determinado cambio en su medio.

En la cuenca existen riesgos a tener en cuenta como son las inundaciones repentinas y los incendios.

Se hizo mención de que la parte alta y media de la cuenca es de características pedregosa y con pendientes escarpadas. Estos factores, sumados a los climas estivales donde las precipitaciones son mayormente intensas, hacen al lugar vulnerable a inundaciones repentinas. Como sucede en toda zona serrana de la provincia de Córdoba (y podemos generalizar a toda región con características

similares) no es anormal escuchar de inundaciones ya que estas áreas están predispuestas a estos sucesos. Un mayor agravio del riesgo es el cambio del uso de suelo en el lugar. En zonas donde anteriormente existía solo el bosque nativo serrano, se están asentando nuevas urbanizaciones sin adecuado control que no tienen en cuenta el posible problema.

“Los proyectos inmobiliarios ponen de manifiesto que la zona de mayor crecimiento demográfico es la del empalme entre la ruta C-45 y la ruta 5 (zona del camino a Los Lecheros). En la actualidad hay al menos cuatro barrios en etapa de venta, de los cuales, dos se ubican en el brazo de un río.” (Diario Resumen de la Región, 2015)

La conjunción de las clases geomorfológicas y los parámetros morfométricos, sumado a la ocurrencia de lluvias intensas favorecidas por el efecto orográfico (altitud y orientación de las cumbres de Achala), predisponen a la cuenca a una fuerte tendencia a la generación de crecientes repentinas de magnitud (Gonzalez , 2012).

Los incendios son uno de los principales disturbios en las sierras de Córdoba. Entre 1999 y 2017 se quemaron más de 700.000 ha. en el sector serrano que comprende a las Sierras Chicas, las Sierras Grandes, las Sierras del Norte y las Cumbres de Gaspar.

Además de las consecuencias ambientales de los incendios, el fuego también representa una amenaza para la seguridad de las personas y para los bienes materiales. En los últimos años, las sierras de Córdoba han sufrido un proceso de expansión urbana, con viviendas que quedan rodeadas de vegetación natural. Este tipo de urbanizaciones, llamadas Interfaz Urbano-Rural, aumentan el riesgo

de daños al encontrarse las viviendas rodeadas del material vegetal que es el combustible del cual se alimentará el fuego.

La gran mayoría de los incendios que ocurren en la provincia de Córdoba son de origen antrópico, pudiendo ser intencionales, accidentales o por negligencia. A pesar de estar prohibido el uso del fuego por ley (Ley Provincial de Manejo del Fuego N° 8751), el fuego es utilizado para renovar pasturas para el ganado y para reemplazar áreas de bosque por explotaciones agropecuarias y desarrollos urbanísticos.

En el año 2020, las sierras de Córdoba fueron foco de incendios durante meses. Las causas pueden ser muchas y no se sabe con seguridad que lo originó. Uno de los factores que actuó decisivamente fue la situación del déficit hídrico histórico que padeció la provincia, manifestado por la extensión de días sin lluvias. Los incendios del año 2020 en la cuenca del río Anisacate se pueden resumir en la siguiente tabla:

Tabla 4. Incendios en la cuenca del río Anisacate durante el año 2020.
Fuente: (APRHi, Informe Incendios, 2020)

Sistema	SUBCUENCA	Área		Incendios	Porcentaje
		[Km2]	[Ha]	[Km2]	[%]
Río DE LA SUELA	1.1	49.86	4986.37	0.05	0.094%
	1.2	78.07	7807.46	0.00	0.000%
	1.3	25.10	2509.58	3.44	13.704%
	1.4	16.10	1610.21	9.48	58.901%
	1.5	16.09	1609.45	15.88	98.678%
Río SAN JOSE	2.1	36.49	3649.18	0.00	0.000%
	2.2	33.41	3340.71	0.00	0.000%
	2.3	13.57	1356.64	0.38	2.814%
	2.4	30.64	3064.32	0.00	0.000%
	2.5	35.50	3549.70	0.26	0.741%
	2.6	11.27	1127.36	0.00	0.000%
	2.7	28.48	2848.10	0.00	0.000%
	2.8	32.46	3245.79	0.00	0.000%
	3.1	78.11	7810.87	0.15	0.193%
	3.2	20.58	2057.61	0.00	0.000%
	3.3	27.91	2790.74	9.03	32.357%
Río ALTA GRACIA	4.1	70.67	7067.20	19.07	26.989%
	4.2	26.29	2628.86	11.95	45.459%
	4.3	27.26	2726.23	15.11	55.441%
	4.4	16.85	1684.54	3.76	22.314%
	4.5	21.17	2117.20	0.41	1.960%
Río ANISACATE	5.1	65.32	6532.02	17.73	27.140%
	5.2	22.86	2286.39	4.67	20.427%
	5.3	44.16	4416.00	5.49	12.424%
	5.4	25.39	2539.08	2.43	9.551%
	5.5	41.37	4136.67	0.00	0.000%
	6.1	40.46	4045.53	0.00	0.000%
	6.2	20.53	2052.90	0.00	0.000%
	6.3	19.66	1965.66	0.00	0.000%
7.1	39.16	3916.11	4.33	11.051%	

Se aprecia que un poco más del 12,2 % se ha visto afectado por el fuego en la totalidad. La subcuenca 1.5 (Pertenece al sistema del río de La Suela) fue la más afectada con casi 99% de su área afectada (APRHi, Informe Incendios, 2020).

3.9. Dimensión económico-productiva:

La economía de la provincia de Córdoba se ve beneficiada por numerosos factores. Sus características climáticas, topográficas, edáficas y fitogeográficas favorecen varias actividades productivas como la agricultura, ganadería, explotación forestal y minería. Dichas actividades se complementan con un importante desarrollo industrial, principalmente orientado a lo metalmecánico y agroindustrial, comercio y turismo. Asimismo, la ubicación geográfica de la provincia, en el centro del país, le otorga distancias ligeramente equidistantes con Buenos Aires y los principales centros urbanos de los países vecinos.

El principal recurso productivo de los departamentos Santa María, San Alberto y Punilla, donde se sitúa la cuenca del río Anisacate, son los recursos naturales. El turismo es la actividad económica principal de la región. En la cuenca, la ciudad de Alta Gracia, cabecera del departamento Santa María, se destaca por sus museos, siendo los más importantes el Museo del Che Guevara, el Museo Nacional Estancia Jesuítica de Alta Gracia y Casa del Virrey Liniers y el Museo Manuel de Falla, muy visitado por los turistas.

En las últimas décadas, el sector turístico ha experimentado un notable crecimiento, convirtiéndose en una actividad de gran peso en la economía. Sin embargo, pese a los beneficios económicos que genera el sector, también el turismo convencional produce efectos negativos como la contaminación de los ambientes naturales, la erosión, el desplazamiento de la población local ante la llegada de turistas, el hacinamiento hotelero, y otros. En este contexto, adquiere relevancia el concepto de sostenibilidad (Agencia Córdoba Turismo, 2018).

Otra actividad destacada en la zona es la minería, donde las rocas de aplicación son el producto más destacado. En general las empresas productoras están radicadas en el sector oriental de las Sierras de Córdoba, habitualmente en las cercanías de rutas asfaltadas con rápida salida que permiten abastecer todo el sector. Se producen triturados pétreos que se explotan de yacimientos donde predominan los productores medios (hasta 40.000 tn/mes).

- Actividades económicas primarias:

En la cuenca la actividad primaria que predomina es la de extracción minera. En ella se encuentran cinco canteras en actividad. Todas ubicadas en la parte central (cuenca media) con importantes salidas viales lo que le permite una gran movilidad a su producto. La mayor se ubica a 5 Km de la salida de la cuenca en la vera del río Anisacate y su superficie es aproximadamente 55 Ha.

En cuanto a agricultura, se encuentran plantaciones de cereales, pasturas y silvicultura alternados, en la cuenca baja, donde el valle es fértil.

- Actividades económicas secundarias:

La actividad secundaria es solo suficiente para las necesidades de la población. No se destacan industrias de gran envergadura.

La construcción es una de las actividades que se aprecia en la zona. De la mano de las canteras disponibles, se aprecia empresas dedicadas a este rubro.

Hay fábricas textiles, metalúrgicas, calzado, alimenticias, entre otras. Todas ubicadas en la Ciudad de Alta Gracia.

- Actividades económicas terciarias:

El turismo es la principal actividad económica de la cuenca. Así pues, la zona ha crecido en hotelería, cabañas, balnearios, paseos. Posee museos históricos Jesuíticos, de arte, canchas de Golf, *Trakking*, cabalgatas.

Sin menos, se encuentra la Estación Astrofísica de Bosque Alegre ubicada sobre la ruta E96 en el noroeste de la cuenca.

La reserva Natural Quebrada del Condorito forma parte de la cuenca lo que genera una atracción particular a los visitantes.

3.10. Dimensión territorial

Toda población del mundo vive en alguna cuenca hidrográfica y además la mayor parte de la población vive en un núcleo urbano. Esto permite la concentración de los trabajadores y del mercado, y facilita el desarrollo económico (Gaspari, 2010)

Así, la capital de la provincia es el eje de las urbanizaciones en los alrededores.

Los asentamientos de la cuenca funcionan como satélites de la Ciudad de Córdoba (Fig. 10).

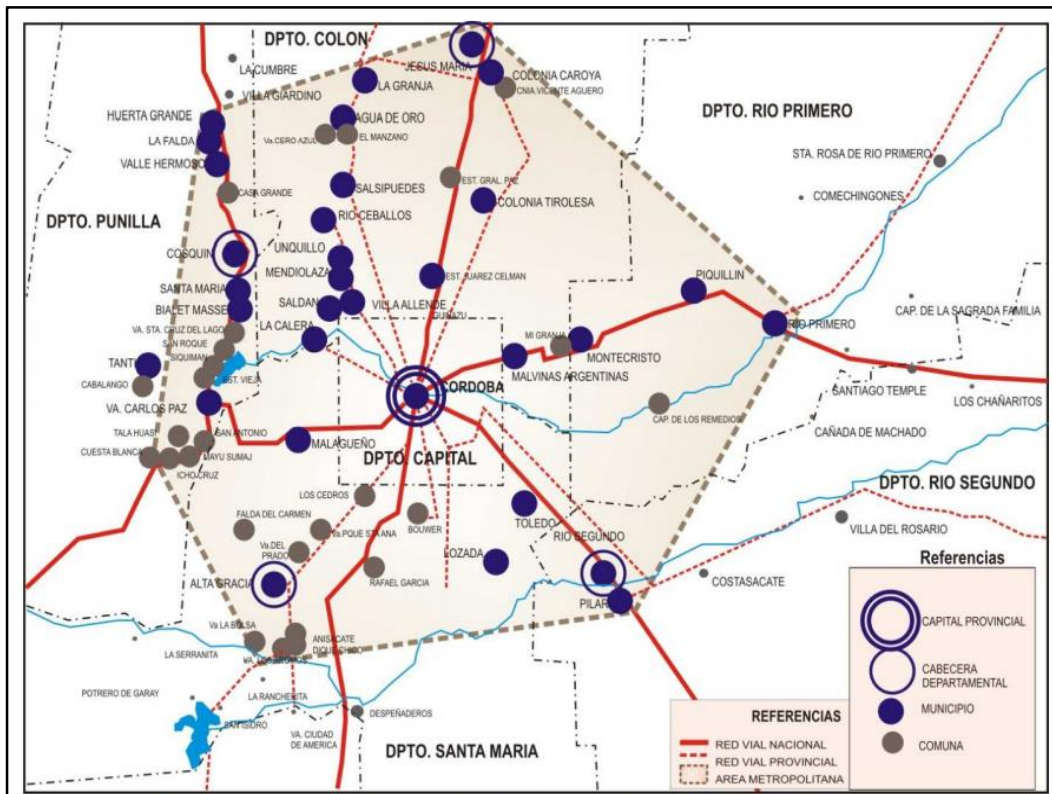


Figura 10. Área metropolitana de Córdoba – Fuente: Cátedra de Planeamiento y Urbanismo - FCEFyN

En la actualidad, la ciudad es centro de todas las redes y todas las personas, pero ha resultado agobiante para mucha gente. Debido a ello, han aparecido nuevas zonas de expansión donde se dispone de mayor espacio. Se produce una “pseudo-migración” hacia áreas periurbanas (Gaspari, 2010).

Actualmente la cuenca posee menos del 10% de su territorio con sistema urbanizado. Este se ubica en el centro de la cuenca, en la pedanía de Alta Gracia y la zona de Villa Anisacate, Villa La Bolsa y cercanías como se puede observar en rojo en la figura siguiente (Fig. 11).

Tabla 5. Área Urbana y Rural de la cuenca de estudio

ZONIFICACIÓN	
Área Urbana [Km2]	61.7
Área Rural [Km2]	892
Porcentaje urbano [%]	6.92%

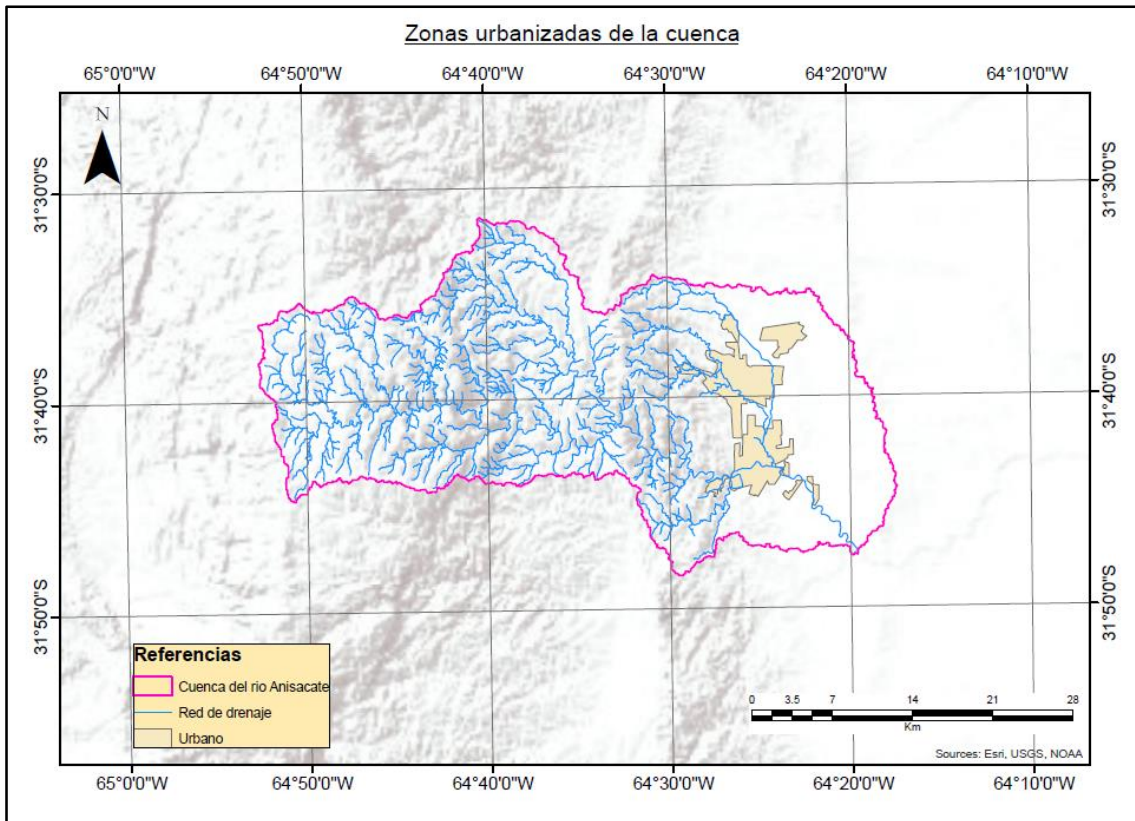


Figura 11. Sistema Urbano

La urbanización en la cuenca ha crecido en los últimos 15 años. Gran parte de la cuenca posee tenencia privada en sus tierras. Es notorio el gran porcentaje de densidad de parcelas en la parte central de misma (Pedanía Alta Gracia y Pedanía San Isidro, Santa María, Córdoba).

A continuación, se pueden observar las parcelas de las diferentes pedanías que se encuentran en la cuenca: Alta Gracia, San Isidro, Potrero y Lagunilla (Santa María), Santiago (Punilla), Nono y Tránsito (San Alberto) (Fig.12).

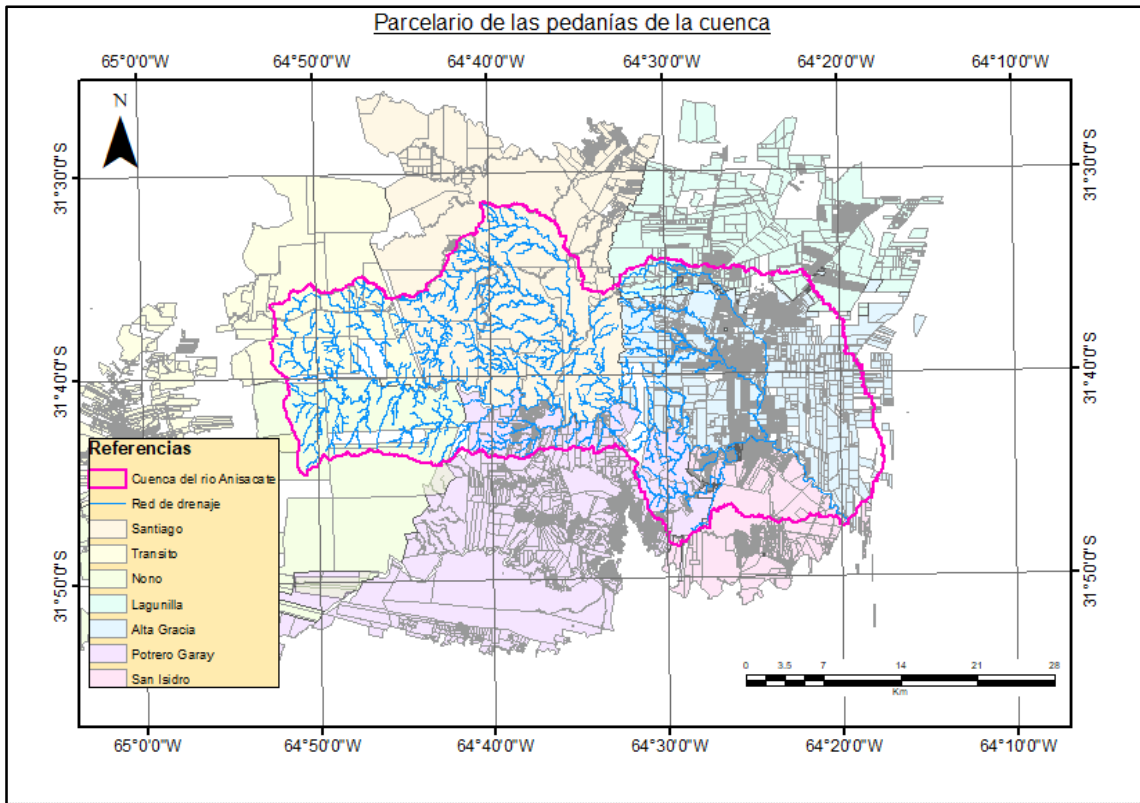


Figura 12. Mapa de parcelas de las diferentes pedanías de la cuenca
(Fuente: mapascordoba.gov.ar – Geoportal IDE de la Provincia de Córdoba)

3.11. Dimensión sociocultural:

Su superficie se extiende abarcando varios asentamientos poblacionales. Alta Gracia, capital del Dpto. Santa María, es la de mayor población y densidad urbana. Dentro del gran Córdoba, ésta es una de las ciudades satélites más importantes. A su vez, la misma genera la misma conexión con los asentamientos del valle de Paravachasca a su alrededor. Demográficamente se entiende como población rural a toda aquella que no supere los 2500 habitantes, en la cuenca la mayoría de las poblaciones son de este tipo (Ver tabla 6).

Tabla 6. Población de los asentamientos de la cuenca

LUGAR	POBLACIÓN	LATITUD	LONGITUD
Alta Gracia	48506	31° 39' 27"	64° 25' 48"
Anisacate	3350	31° 43' 5"	64° 24' 1"
Copina	6276	31° 34' 24"	64° 40' 22"
Dique Chico	259	31° 44' 44"	64° 21' 57"
Falda del Carmen	610	31° 35' 10"	64° 27' 29"
La Paisanita	155	31° 43' 19"	64° 28' 52"
La Rancherita	129	31° 45' 25"	64° 27' 32"
San Clemente	240	31° 42' 50"	64° 37' 30"
Valle de Anisacate	487	31° 43' 48"	64° 25' 5"
Villa del Prado	2011	31° 37' 5"	64° 23' 17"
Villa La Bolsa	995	31° 43' 30"	64° 25' 52"
Villa Los Aromos	1378	31° 44' 2"	64° 26' 17"
Villa San Isidro/José de la Quintana	1249	31° 48' 14"	64° 24' 22"
Villa Serranita	436	31° 44' 6"	64° 27' 22"

En total suman 66081 habitantes (Censo 2010) en la cuenca, lo que daría 74 hab Km² si estaría distribuidos homogéneamente. Es notable que la aglomeración de población se encuentra en el centro de la cuenca en inmediaciones de Alta Gracia y Anisacate. Solamente entre Alta Gracia, Anisacate y Villa La Bolsa suman 52851 habitantes que es aproximadamente el 80% del total.

3.12. Dimensión legal-normativo-institucional:

La cuenca, es de jurisdicción provincial casi en su totalidad a excepción del área que pertenece al Parque Nacional "Quebrada del Condorito".

Las leyes ambientales identificadas aplicables en la cuenca son:

- Ley General del Ambiente (Ley de presupuestos mínimos – 25.675).
- Ley de Régimen de gestión ambiental de las aguas (Ley 25688).

- Ley de presupuestos mínimos de protección ambiental de bosques nativos (Ley 26.331).
- Ley de Medio Ambiente (Ley 25.562).
- Ley de Manejo de Fuego (Ley 26.815).
- Ley de Sistema Nacional de Impacto Ambiental (Ley 27.446)
- Ley de presupuestos mínimos de adaptación y mitigación al cambio climático global (Ley 27.520).

Se han identificados los artículos de la constitución provincial y leyes provinciales competentes en materia de ambiente.

- Art. 11 de la Constitución Provincial de Córdoba (Recursos Naturales y Medio Ambiente).
- Art. 66 de la Constitución Provincial de Córdoba (Medio ambiente y calidad de vida).
- Art. 68 de la Constitución Provincial de Córdoba (Recursos Naturales).

Estos tres artículos, brindan los derechos y deberes de las personas para con el ambiente y los recursos naturales, así como el deber del estado provincial para preservar, proteger y fiscalizar al mismo.

Las leyes de la provincia de Córdoba, en relación a recursos naturales y ambientales, son:

- Ley 7.343 (Principios Rectores para la Preservación, Conservación, Defensa y Mejoramiento del Ambiente).

- Ley 8.300 (Modificación de la anterior).
- Ley 10.208 (Ley de presupuesto Mínimos de la Provincia de Córdoba).
- Ley 5.589 (Código de aguas de la provincia de Córdoba)
- Ley 9.814 (Ordenamiento territorial de bosques nativos de la provincia de Córdoba).
- Ley 10.467 (Plan provincial agroforestal).

Estas leyes, tratan sobre el ordenamiento de los recursos naturales de la provincia, detallando su uso y cuidado.

Se destaca, con respecto al tema a tratar en la cuenca, la ley 10.208 por su desarrollo de política de impacto ambiental en caso de realizarse obras nuevas y la ley 5.589 que rige el uso de las aguas de la provincia.

En cuanto a las leyes de Bosques nativos y Plan provincial agroforestal, se vinculan indirectamente con la problemática. La vegetación de las cuencas es una variable que modifica el escurrimiento del flujo en los cauces. Su valoración en esta problemática, aunque no se vea explícitamente, es de gran importancia.

Anteriormente se ha postulado que la problemática de la cuenca es el déficit hídrico de agua de consumo. A razón de esta, se identificaron normativas que pueden influir directa o indirectamente en la temática: Recursos hídricos, conservación, uso de suelos y el turismo.

- Recursos Hídricos:

Decreto 847/16 (Reglamentación de estándares y normas sobre el vertido para la conservación de los recursos hídricos) – Carácter Provincial.

- Conservación de Suelo:

Ley 8.936 (Ley provincial de conservación de suelos) – Carácter Provincial.

- Turismo:

Ley 9.124 (Turismo de la Provincia de Córdoba) – Carácter Provincial.

Ley 10.312 (Regionalización de Turismo) – Carácter Provincial.

En cuanto a los principales actores que gestionan la cuenca del río Anisacate son:

- APRHi (Administración Provincial de Recursos Hídricos de Córdoba).
- MAAySP (Ministerio de agua, ambiente y servicios públicos de Córdoba).
- Secretaría de Ambiente y cambio climático de Córdoba.
- COSAG (Cooperativa de trabajo y obras sanitarias de Alta Gracia).
- Intendencia Parque Nacional Quebrada del Condorito.

4. DIAGNÓSTICO

4.1. Generalidades de la cuenca

La importancia del agua como recurso vital, su valoración social, política y económica; y las problemáticas que se desprenden de estos aspectos, es de amplio interés en la actualidad, tanto a nivel global como local.

La problemática del agua como generadora de situaciones conflictivas, es percibida en una multiplicidad de escalas. En los últimos años aparece como urgente la necesidad de realizar estudios que articulen diferentes dimensiones, en tal sentido: el uso indiscriminado, la falta de herramientas legales para gestionar el uso, la carencia de acceso al agua potable, la degradación y

contaminación de los cursos de agua superficiales, el manejo inadecuado de las cuencas hidrográficas, la falta de regulación y prevención de las inundaciones, contribuyen a dar cuenta de la magnitud de la problemática, la cual es planteada por las agencias internacionales en término de crisis (Chiavassa, De Dios, Llorens, & Irazoqui, 2008).

A macroescala se detectan en la zona serrana una serie de problemas medioambientales: - erosión hídrica en la zona pedemontana y llanura aledaña; - erosión eólica en el suroeste de la provincia, en un ambiente semiárido; - sus consecuentes problemas de acumulación e inundaciones periódicas que en años muy húmedos afectan el sector oriental de la llanura; - la disminución de la capacidad productiva de los suelos como consecuencia de la práctica de cultivos intensivos; - destrucción de la cubierta vegetal natural por la práctica de “quemadas periódicas” de los pastizales naturales (Valenzuela, Sosa, & Gómez, 2008).

En el Área Metropolitana Córdoba, la delimitación entre la ciudad y su entorno natural se ha desdibujado, manifestándose la dispersión urbana a partir del intenso flujo de transporte que conecta cada vez un espacio mayor. Se constata un crecimiento de las poblaciones periféricas en contra del crecimiento del centro de la ciudad.

La ejecución de obras de vialidad a escala metropolitana-regional es determinante en los procesos de migración interna hacia zonas serranas, acelerando la ocupación de sectores colindantes.

Como bien se sabe, los bosques juegan un papel integral en el suministro de agua de calidad para distintos usos, y también en estabilizar y proteger los suelos de la erosión. La mayoría del agua dulce mundial se proporciona a través de

cuencas arboladas, y los bosques protegen muchos embalses y presas del colmatado por sedimentos. Además, los bosques protegen las aguas subterráneas de contaminantes por medio de la labor filtrante de los suelos forestales (Blanco, 2017).

En el Valle de Paravachasca, el bosque nativo ofrece importantes contribuciones de la naturaleza para la gente. Entre ellas, brinda recursos vegetales empleados en medicina tradicional por pobladores serranos y además contribuye a la regulación del ciclo hídrico local, fundamental para obtener agua potable y para las actividades turísticas. En este sentido, el Parque Nacional Quebrada del Condorito suministra buena parte del agua en la región. La problemática ambiental en el valle, y en particular en Anisacate y comunidades cercanas, es central, dada la pérdida y fragmentación del bosque serrano debido fundamentalmente a la deforestación para construcción de viviendas, la proliferación de campos de soja, sorgo y girasol en la zona baja y las invasiones por especies exóticas en la cuenca media y alta, introducidas por cuestiones culturales y económicas resultando en un paisaje mixto (Robbiati, Minervini, Triquell, Machado, & Nores, 2020).

La urbanización es la principal causa del cambio de paisaje en la cuenca. Dada las características de la zona para actividades turísticas, se ha incrementado la transformación de los suelos serranos para la construcción de albergues y cabañas, así como loteos de barrios privados que cada vez son más requeridos.

En particular el uso urbano ha ocasionado contaminación de aguas superficiales y subterráneas por líquidos cloacales no tratados debido a que muchas de las localidades no presentan red cloacal y en muchos casos se utilizan sistemas inadecuados. Así mismo se evidencian modos de ocupación de suelo urbano de

alto impacto - movimiento de suelo natural, cortes abruptos en laderas, deforestación o alteración de cobertura vegetal y del suelo natural, impermeabilización de suelo- que profundizan procesos erosivos.

Estas prácticas significan a su vez transformaciones antrópicas en sistemas hidrológicos naturales: modificación de escorrentías naturales, invasión de la urbanización en líneas de ribera o cauces de arroyos, rectificación de cauces, achicamiento de lechos. La crisis hídrica ha demostrado graves conflictos en la provisión del agua potable para una población que se manifiesta en constante aumento. A nivel local, el clima ha oscilado entre períodos de lluvia y otros de sequía extrema, evidenciándose un fuerte riesgo de inundabilidad de las zonas urbanas de ribera como resultado de las intensas lluvias del período estival (Gonzalez , 2012).

La cuenca del río Anisacate tiene varias problemáticas a resolver mediante la gestión integrada de los recursos naturales y ordenamientos territoriales. La idea de este trabajo es abordar el estudio de una de ellas para plantear una posible solución. La problemática que se eligió para el trabajo es el **balance hidrológico de la cuenca**, en donde utilizando sistemas de información geográfica, antecedentes, datos actuales de consumos y el diagnóstico realizado se propone analizar la oferta y demanda hídrica de la cuenca.

4.2. Desarrollo de la problemática de oferta hídrica en la cuenca:

Los suelos de una cuenca se pueden comparar con una esponja. Estos absorben una gran cantidad de agua de lluvia en un corto periodo de tiempo y luego la van liberando de a poco. De esta manera los suelos mantienen a los ríos y quebradas siempre con agua aún en tiempos secos. La vegetación contribuye a mantener

las cuencas en buen estado y traen consigo muchos beneficios. Cuando se modifica el suelo natural o se desforesta, el agua de lluvia escurre sobre el terreno en vez de ser absorbida por éste y la vegetación y los canales naturales que permiten la infiltración de agua se tapan con sedimentos (Service Forest, 2010).

A macro escala, en las zonas serranas de Córdoba, hace mucho tiempo, se vive un proceso de crisis hídrica que abarca toda la región. Esta, adoptó formas específicas y particulares en cada una de las localidades.

Durante años, las causas de la escasez de agua fueron objeto de intensos debates públicos. En principio, se esperaba que la falta de lluvias o período de seca se revirtiera. Sin embargo, frente a la evidencia de que la situación empeoraba incluso cuando la naturaleza daba un respiro en época estival donde las lluvias son más predominantes, comenzaron a imponerse nuevas explicaciones y pensamientos, es decir, las razones climáticas empezaron a convivir con discusiones en torno al estado de la infraestructura hídrica, el derroche de la población, el aumento de la construcción y cambio de uso de suelo y desmonte (Koberwein, 2020).

4.3. Oferta hídrica

La oferta hídrica de una cuenca, corresponde al volumen disponible de agua para satisfacer la demanda biológica y la demanda generada por las actividades sociales y económicas del hombre. Al cuantificar la escorrentía, se está estimando la oferta de agua superficial de la misma. El conocimiento del caudal del río, su confiabilidad y extensión de la serie del registro histórico son variables que pueden influir en la estimación de la oferta hídrica superficial. Cuando existe

información histórica confiable de los caudales con series extensas, el caudal medio anual del río es la oferta hídrica de esa cuenca (Corporación Autónoma Regional de Nariño, 1998).

Para poder cuantificar la oferta es necesario tener estaciones hidrometeorológicas ubicadas en la cuenca. Estas pueden usarse, además, para pronosticar crecientes en grandes sistemas y son generadoras de datos para dar información a modelos hidrológicos.

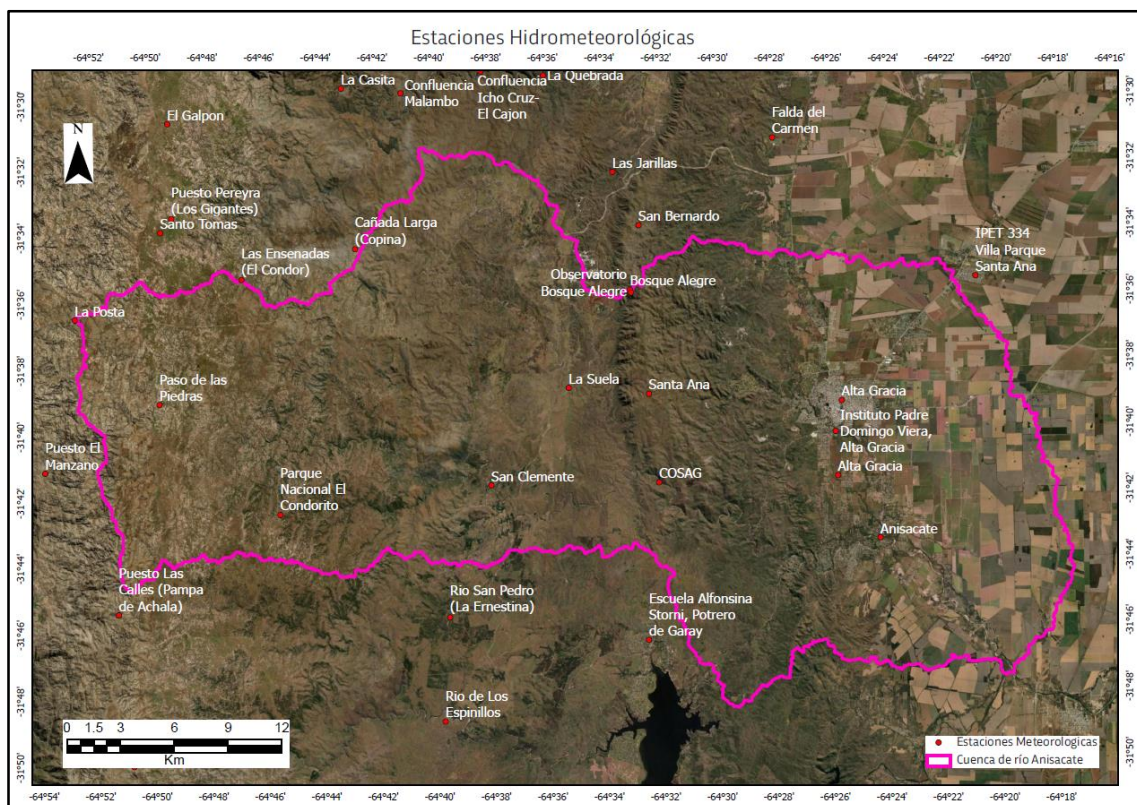


Figura 13. Estaciones Hidrometeorológicas disponibles en la cuenca.
Fuente: Administración Provincial de Recursos Hídricos

Las estaciones hidrometeorológicas se pueden dividir según el tipo de información que brindan: a) elevaciones de nivel/caudal, y b) meteorológicas (precipitación, viento, radiación solar, humedad, presión, temperatura).

En la Fig. 13 se puede observar las estaciones hidrometeorológicas que se encuentran en la cuenca de estudio y en las zonas aledañas.

Se distinguen doce estaciones en la cuenca. La mayoría de estas son pluviométricas. Las estaciones “Santa Ana”, “COSAG”, “San Clemente” y “Anisacate RP 5” son estaciones de nivel. En la Tabla 7 a continuación, se muestran los datos de las mismas.

Tabla 7. Estaciones Hidrometeorológicas disponibles en la cuenca. Fuente: Administración Provincial de Recursos Hídricos

Nombre de la estación	Coordenadas		Tipo de medición
	Latitud	Longitud	
Alta Gracia	31°39'15.12"S	64°25'35.67"W	Meteorológica
Instituto Padre Domingo Viera, Alta Gracia	31°40'10.95"S	64°25'48.97"W	Meteorológica
Anisacate	31°43'25.00"S	64°24'17.00"W	Nivel
Paso de las Piedras	31°39'05.80"S	64°49'41.50"W	Meteorológica
La Suela	31°38'46.20"S	64°35'13.80"W	Meteorológica
San Clemente	31°41'41.00"S	64°38'00.70"W	Nivel
Parque Nacional El Condorito	31°42'29.00"S	64°45'29.00"W	Meteorológica
Santa Ana	31°40'00" S	64°34'00" W	Nivel
COSAG	31°41'40.00"S	64°32'05.00"W	Nivel
Observatorio Bosque Alegre	31°35'54.50"S	64°32'59.10"W	Meteorológica
Alta Gracia	31°41'31.32"S	64°25'45.43"W	Meteorológica

- Serie histórica “Estación Santa Ana” (Serie 1):

La estación Santa Ana pertenece a la red de estaciones del Sistema de Información Hídrica de la Nación. Esta estación ha sido fundamental para recopilar información en la cuenca ya que posee la serie de datos de nivel y caudal de mayor longitud (1924-1981 años) de datos. Para este trabajo se usó parte de la serie histórica que reconstruyó Díaz (2016).

Mediante un análisis estadístico sobre los datos de caudales se determina la oferta hídrica de la cuenca del río Anisacate.

La ubicación de la estación Santa Ana es a unos 1000 m aproximadamente del inicio del Río Anisacate en cercanía de la toma de agua de la COSAG.

El año hidrológico considerado es el período entre los doce meses de septiembre a agosto. Cabe aclarar que, un año hidrológico según la WGP(2000) es un período continuo de doce meses seleccionados de manera que los cambios globales en el almacenamiento sean mínimos, por lo que la cantidad sobrante de un año al siguiente se reduce al mínimo.

Como primer análisis se estudió el máximo, mínimo, mediana, media, desvío y los percentiles 70 y 90 respectivamente. Los resultados se observan en la Tabla 8.

Tabla 8. Análisis de la serie histórica de la estación Santa Ana I

Años 1924-1981	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Máximo	5.73	12.80	32.50	37.40	43.00	26.60	25.20	18.60	6.63	5.57	8.10	3.76
Mínimo	0.17	0.26	0.68	0.89	1.15	1.86	1.21	0.56	0.32	0.44	0.27	0.11
Mediana	0.92	1.99	5.10	5.86	8.17	7.06	6.39	3.51	1.59	1.15	0.87	0.68
Media	1.29	2.68	6.81	7.82	9.99	8.32	7.13	4.40	2.07	1.62	1.26	1.00
Desvío	1.18	2.45	5.56	6.75	7.15	4.65	3.97	3.41	1.49	1.19	1.34	0.78
Q 70%	0.52	1.18	3.37	3.88	6.20	6.26	4.99	2.34	1.14	0.98	0.52	0.48
Q 90%	0.30	0.61	1.91	2.33	4.35	3.88	3.36	1.26	0.70	0.55	0.41	0.33

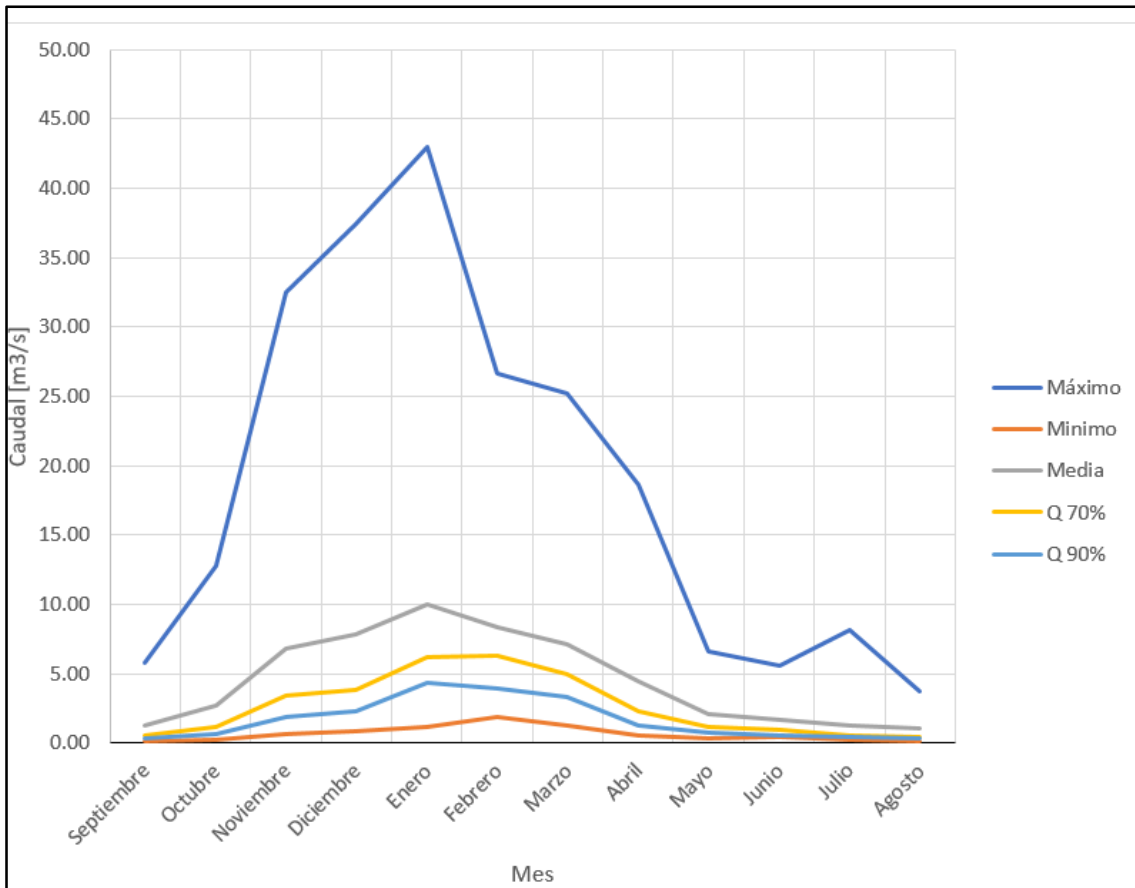


Figura 14. Análisis de la serie histórica de la estación Santa Ana I

Lo primero que se observa es que los caudales presentan un año hidrológico bien marcado, creciendo en las épocas estivales y decreciendo en los períodos de invierno.

Respecto a los percentiles, por donde se ubica la línea del Q 90% (azul), la mayoría de los datos son menores que 5 [m³/s]. Además, observamos gran amplitud entre máximos y mínimos especialmente en épocas lluviosas.

Del análisis de las medias se desprende lo que se denomina el Módulo del caudal medio histórico. Para nuestros fines prácticos, este es el caudal de aporte de la cuenca.

El módulo se define como el promedio de los valores medios de aporte mensual.

Para la cuenca del Río Anisacate el módulo es: **4,53 m³/s** (1924-1981).

Estos datos serán utilizados para realizar el balance hidrológico de la cuenca en el apartado 4.5.

- Serie histórica “Estación Santa Ana” (Serie 2):

En la recopilación de antecedentes para el análisis de datos históricos, se encontró una serie diaria histórica de los años hidrológicos 1954-1955 a 1966-1967. Aquí, se puede analizar otras características, como crecidas máximas y módulos mensuales. También, se puede hacer un análisis de correlación de datos entre los valores de la serie histórica reconstruida por Diaz (2016).

Los resultados del análisis se resumen en la tabla 9. El caudal máximo instantáneo se dio en el mes de octubre del año 1956 con un valor registrado de 1700 [m³/s].

Tabla 9. Análisis de la serie diaria histórica de la estación Santa Ana II

Años 1954-1967	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Máximo	1.91	12.82	32.47	14.45	23.52	11.35	11.69	6.09	4.39	2.84	1.68	2.08
Mínimo	0.20	0.58	1.83	0.89	5.14	2.47	3.63	1.30	1.02	0.84	0.54	0.40
Media	0.79	3.59	9.03	7.00	10.34	8.21	6.92	3.27	2.02	1.38	0.92	0.86
Mediana	0.56	1.73	4.85	6.08	9.96	8.40	6.55	2.87	1.63	1.07	0.81	0.64
Desvío	0.57	4.23	8.97	3.94	5.03	2.44	2.23	1.58	0.97	0.62	0.37	0.54
Q 70%	0.40	1.08	3.82	5.06	7.45	7.32	5.84	2.34	1.45	1.03	0.65	0.49
Q 90%	0.22	0.75	2.23	3.35	5.35	6.27	4.38	1.41	1.19	0.89	0.59	0.46

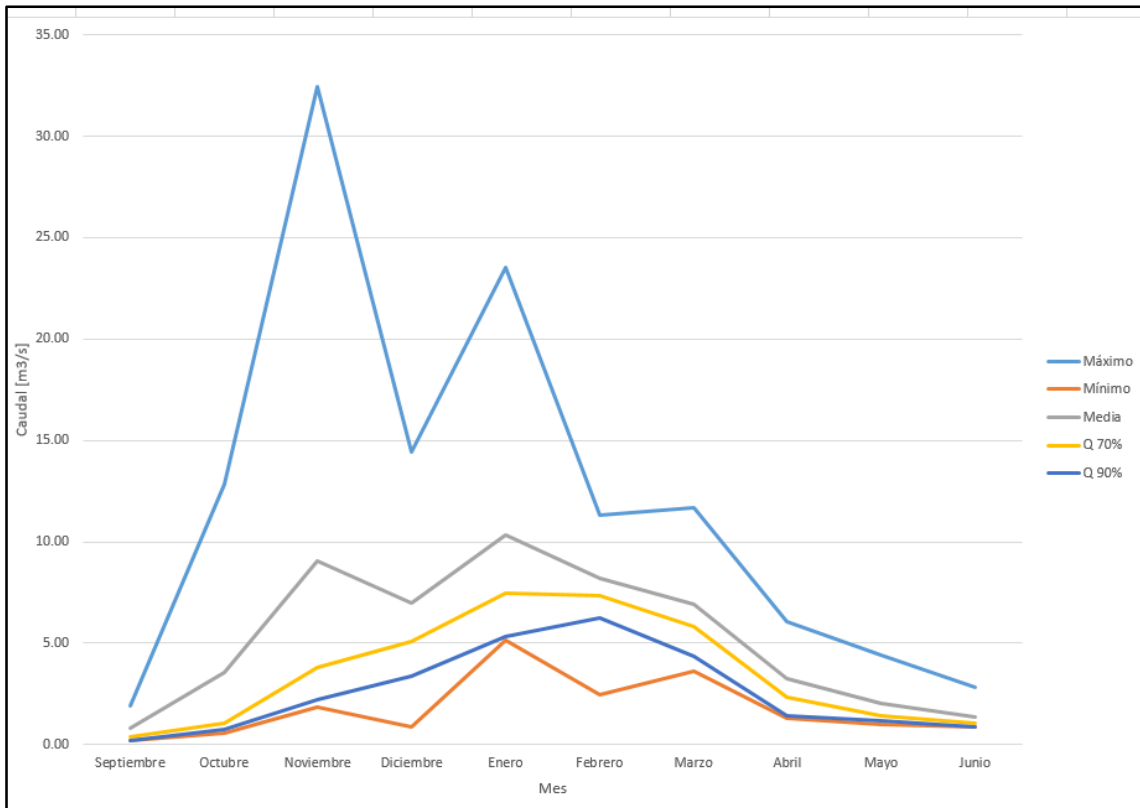


Figura 15. Análisis de la serie diaria histórica de la “Estación Santa Ana”

La distribución sigue el mismo patrón que la serie analizada anteriormente, con los máximos en épocas estivales y mínimos decreciendo en invierno. Se observa que hay dos picos en la curva de valores máximos y valores medios, que en comparación con la Serie 1, esto no ocurría. La media tiene un máximo en aproximadamente 10 [m³/s] como también en la anterior serie.

El percentil Q 90%, se mantiene prácticamente el 100% del tiempo por debajo de 5 [m³/s] por lo que se desarrolló anteriormente, el 90% de los datos se encuentran debajo de este umbral.

El módulo medio del caudal presentó un valor análogo de **4,53 [m³/s]**(1954 – 1967).

Si solo se analizan las medias de las series (Serie 1: Histórica 1925-1980; Serie 2: Histórica 1954-1967), se obtiene lo que se muestra en la Fig. 16.

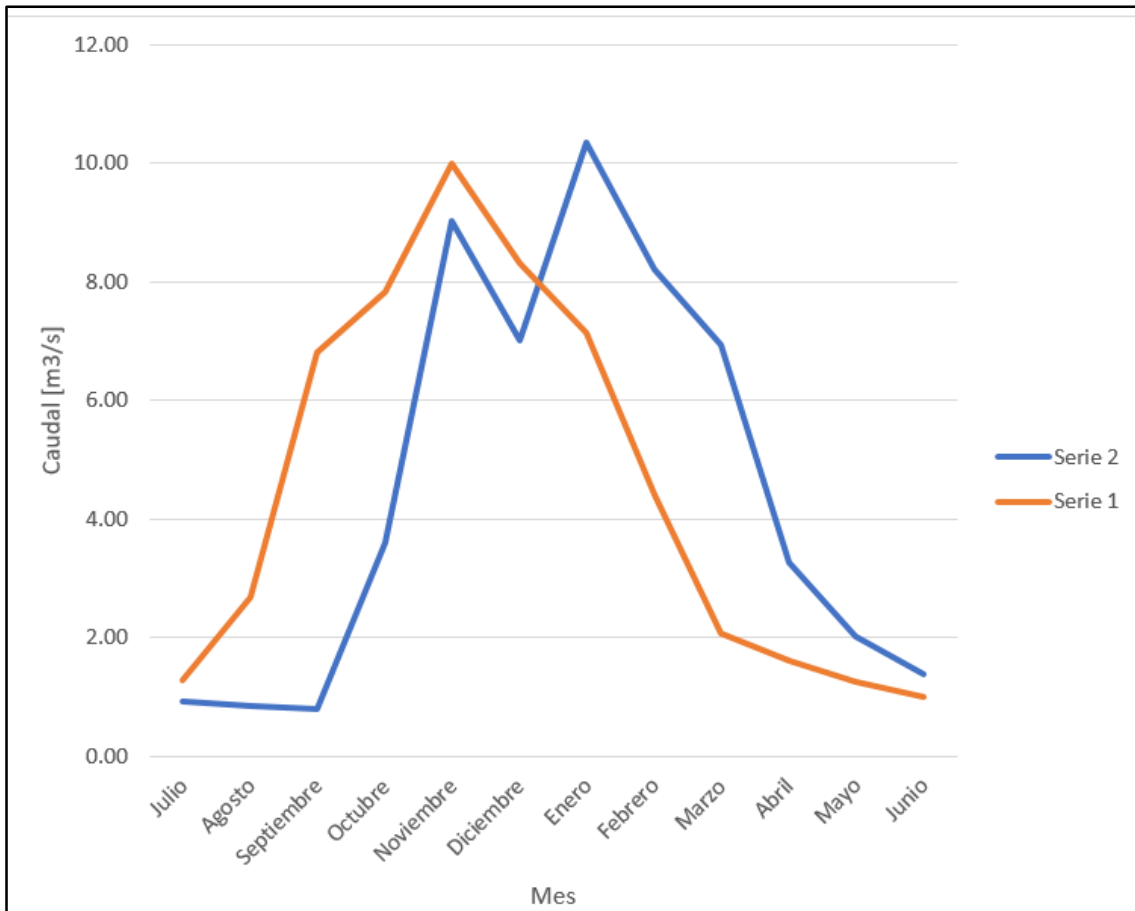


Figura 16. Gráfico de las medias de las Series 1 y 2

- Serie de Niveles de la “Estación COSAG”:

La estación ubicada en la zona de toma de agua de la Cooperativa de Trabajo de Obras Sanitarias de Alta Gracia, cuenta con datos de nivel desde el año 2011. Esta estación pertenece a la institución INA-CIRSA (Centro de investigación de la Región Semiárida) y forma parte del “Sistema de Gestión de Amenazas”. La estación toma datos cada diez minutos y los envía a la red del INA-CIRSA. El caudal se obtiene a través de una transformación Altura-Caudal. La curva teórica se muestra en la Fig. 17.

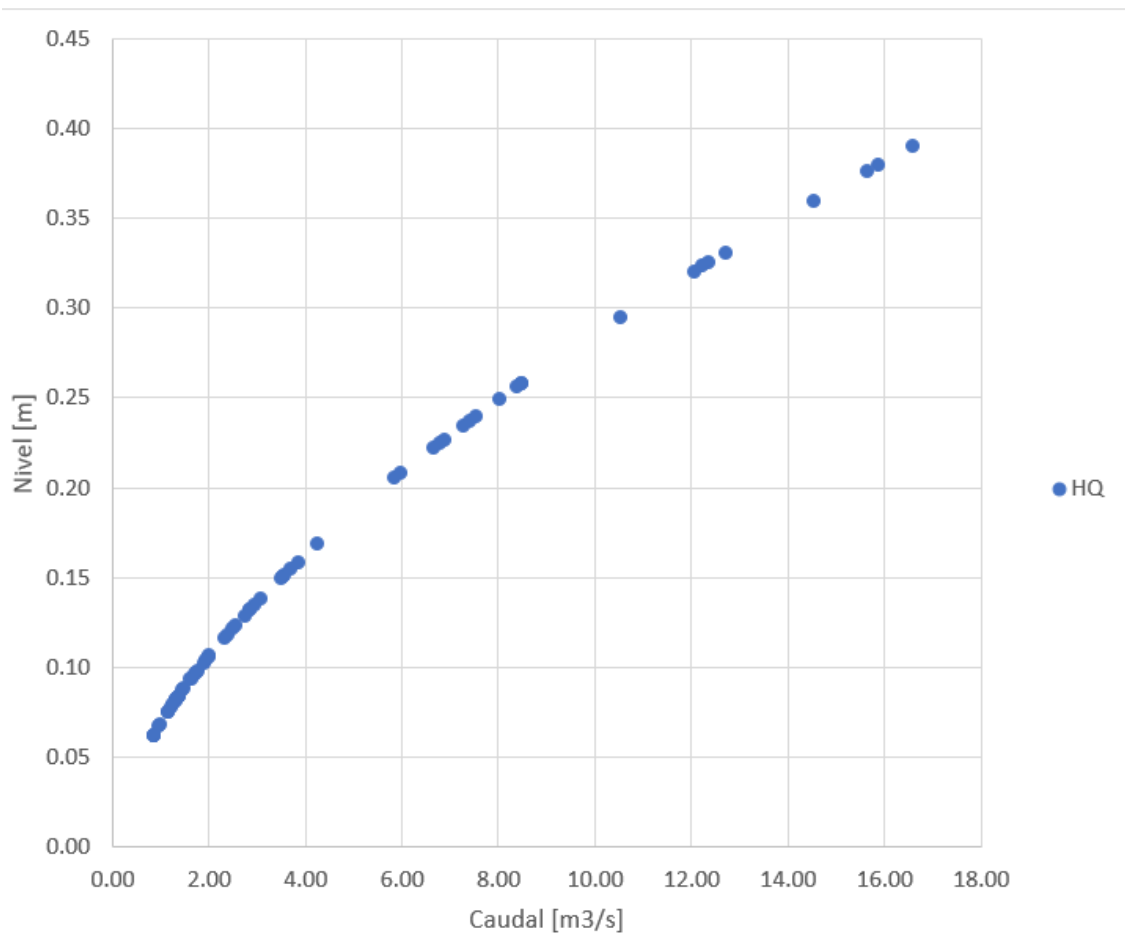


Figura 17. Curva teórica Altura-Caudal

Mediante esta curva, se puede obtener el caudal en la “Estación COSAG”.

Para el período de datos que se encuentran registros, no se puede abordar un análisis muy amplio, ya que la serie tiene una longitud muy acotada de datos.

Sin embargo, sirve para correlacionar los datos de series históricas y observar cambios. Los valores que se obtuvieron se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10. Análisis de la serie “Estación COSAG”

Años 2011-2021	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Máximo	1.67	4.66	15.83	10.78	24.06	21.40	17.70	15.63	6.77	3.48	2.48	1.73
Mínimo	0.16	0.84	0.84	0.84	2.00	3.68	2.94	2.84	1.70	1.06	0.78	0.62
Media	1.06	1.78	5.88	5.92	9.72	10.44	8.69	7.96	4.04	2.18	1.58	1.20
Mediana	1.15	1.34	5.18	6.59	9.72	9.79	8.36	7.46	4.02	2.18	1.58	1.20

Años 2011-2021	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
desvío	0.46	1.16	4.84	3.36	6.78	4.89	5.26	4.39	1.48	0.67	0.48	0.32
Q 90%	0.39	0.99	1.67	1.61	3.65	5.69	3.06	3.28	2.63	1.37	0.95	0.85
Q 70%	1.02	1.19	2.39	4.05	4.41	8.43	5.06	5.35	3.40	1.97	1.55	1.14

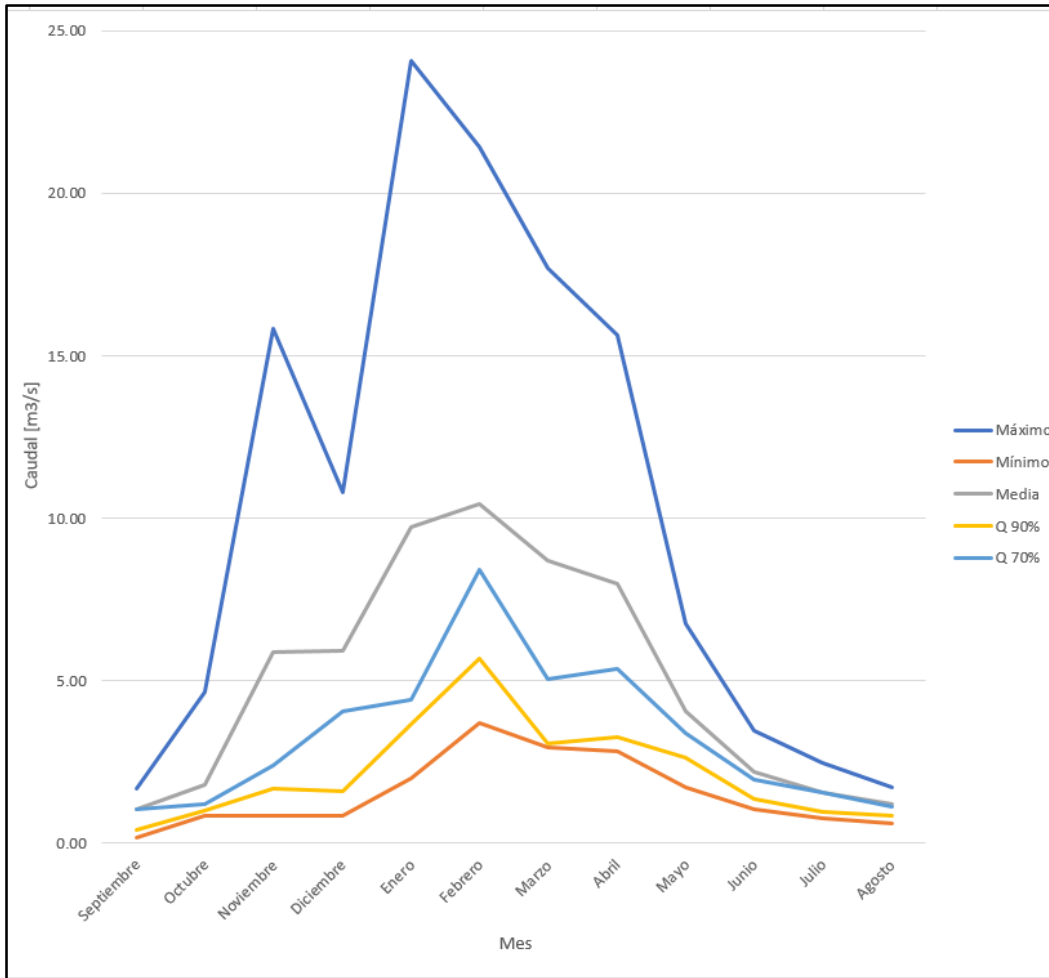


Figura 18. Análisis de la Serie “Estación COSAG”

La distribución sigue el mismo patrón que las series analizadas anteriormente, con los máximos en épocas estivales y mínimos decreciendo en invierno, con una meseta en los meses marzo-abril-mayo. La media tiene un máximo en aproximadamente 10 [m³/s] como también en las anteriores.

El percentil Q 90%, se mantiene prácticamente el 100% del tiempo por debajo de 5 [m³/s], por lo que se desarrolló anteriormente, el 90% de los datos se encuentran debajo de este umbral.

El módulo medio del caudal presentó un valor de **5,04 [m³/s]**(2011-2021).

En síntesis, observando los valores de las tres series analizadas, tanto el valor medio (Fig. 19) como el módulo medio del caudal, se mantienen relativamente constantes en el tiempo sin cambios significativos. Es decir que la oferta hídrica en la cuenca mantiene el mismo volumen a lo largo del tiempo.

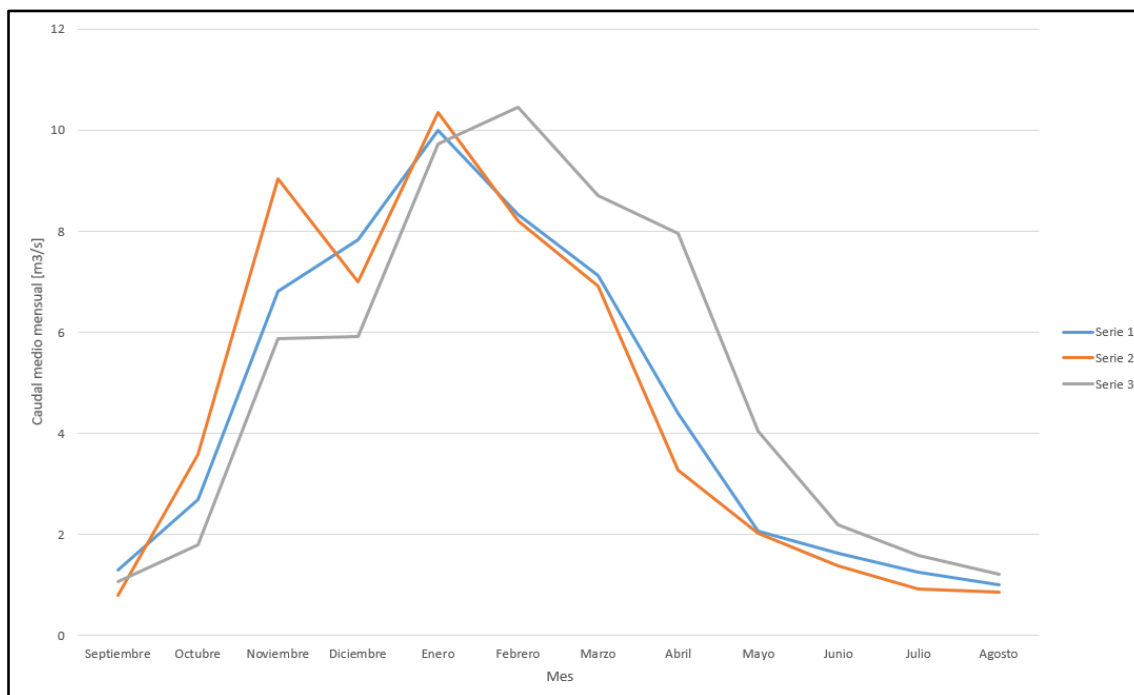


Figura 19. Caudales medios mensuales de las tres series analizadas

4.4. Demanda hídrica

La demanda hídrica es toda aquella actividad que necesite servirse de un cierto caudal de agua. Se distingue entre esta, la demanda de consumo efectivo, que es la de consumo humano (Riego, agua potable, producción); y la demanda de caudal ecológico que es el volumen de agua necesario en términos de calidad, cantidad, duración y estacionalidad para el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos.

En la cuenca encontramos las siguientes demandas:

- Riego

Para calcular este caudal demandado se consideraron los 183 usuarios empadronados en la APRHi.

- Cooperativas y comunas

De antecedentes disponibles del Depto. de Servicios Hidrológicos de la APRHI se tienen registradas 10 cooperativas que extraen agua del río Anisacate superficialmente. Las mismas suman un total de 0.376 [m³/s].

- Loteos

De antecedentes disponibles del Depto. de Servicios Hidrológicos de la APRHI se tienen registrados 8 loteos que se abastecen de agua desde tomas directas:

El caudal total demandado por estos loteos es de: 0.0325 [m³/s].

- Caudal ecológico

El caudal ecológico, para el río Anisacate es 0,6 m³s⁻¹ que es el caudal mínimo óptimo para mantener la calidad de hábitat (Ponce, 2022).

El resumen se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11. Caudal de Demanda

Demanda Riego [m ³ /s]	Demanda Cooperativas [m ³ /s]	Demanda Loteos [m ³ /s]	Caudal ecológico[m ³ /s]	TOTAL[m ³ /s]
0.069	0.376	0.032	0.60	1.08

4.5. Balance hidrológico

4.5.1. Análisis actual

El balance hidrológico es la evaluación de los aportes o cantidad disponible y la demanda o cantidad extraída. En los apartados 4.4 y 4.5, se han caracterizado

la oferta y demanda respectivamente. En este apartado, se realiza el balance hídrico de la cuenca del Río Anisacate para la situación actual.

Para la oferta se ha elegido el percentil Q 70%, que indica que el 70 % del tiempo tendremos ese valor de caudal para cada mes y así se perdería la variabilidad de máximos y mínimos.

Para el cálculo del balance hídrico, solo se consideran los escurrimientos superficiales que se deduce en la siguiente expresión:

$$Q_{disp} = Q_{of} - Q_d = Q_{of} - (Q_{riego} + Q_{coop} + Q_{loteo} + Q_{ec}) \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

Q_{disp} = Caudal [m³/s] resultante en la salida de la Cuenca.

Q_{of} = Caudal [m³/s] disponible en la cuenca.

Q_d = Caudal [m³/s] de demanda.

Q_{riego} = Caudal [m³/s] demandado por riego.

Q_{coop} = Caudal [m³/s] demandado por cooperativas y comunas.

Q_{ec} = Caudal [m³/s] ecológico.

En la Tabla 12, se muestran los resultados del balance hidrológico.

Tabla 12: Balance hidrológico de la cuenca del Río Anisacate

Mes	Aporte Mensual [m ³ /s]	Demanda Riego [m ³ /s]	Remanente [m ³ /s]	Demanda Coop [m ³ /s]	Remanente [m ³ /s]	Demanda Loteos [m ³ /s]	Remanente [m ³ /s]	Caudal ecológico [m ³ /s]	Caudal disponible [m ³ /s]
ENE	6.198	0.069	6.129	0.376	5.754	0.032	5.721	0.060	5.661
FEB	6.261	0.069	6.193	0.376	5.817	0.032	5.785	0.600	5.185
MAR	4.995	0.069	4.926	0.376	4.551	0.032	4.518	0.600	3.918
ABR	2.335	0.069	2.266	0.376	1.891	0.032	1.858	0.600	1.258
MAY	1.140	0.069	1.072	0.376	0.696	0.032	0.664	0.600	0.064
JUN	0.975	0.069	0.906	0.376	0.531	0.032	0.498	0.600	-0.102
JUL	0.520	0.069	0.452	0.376	0.076	0.032	0.044	0.600	-0.556
AGO	0.475	0.069	0.406	0.376	0.031	0.032	-0.002	0.600	-0.602
SET	0.518	0.069	0.449	0.376	0.074	0.032	0.041	0.600	-0.559
OCT	1.182	0.069	1.113	0.376	0.738	0.032	0.705	0.600	0.105
NOV	3.375	0.069	3.306	0.376	2.931	0.032	2.898	0.600	2.298
DIC	3.877	0.069	3.808	0.376	3.433	0.032	3.400	0.600	2.800

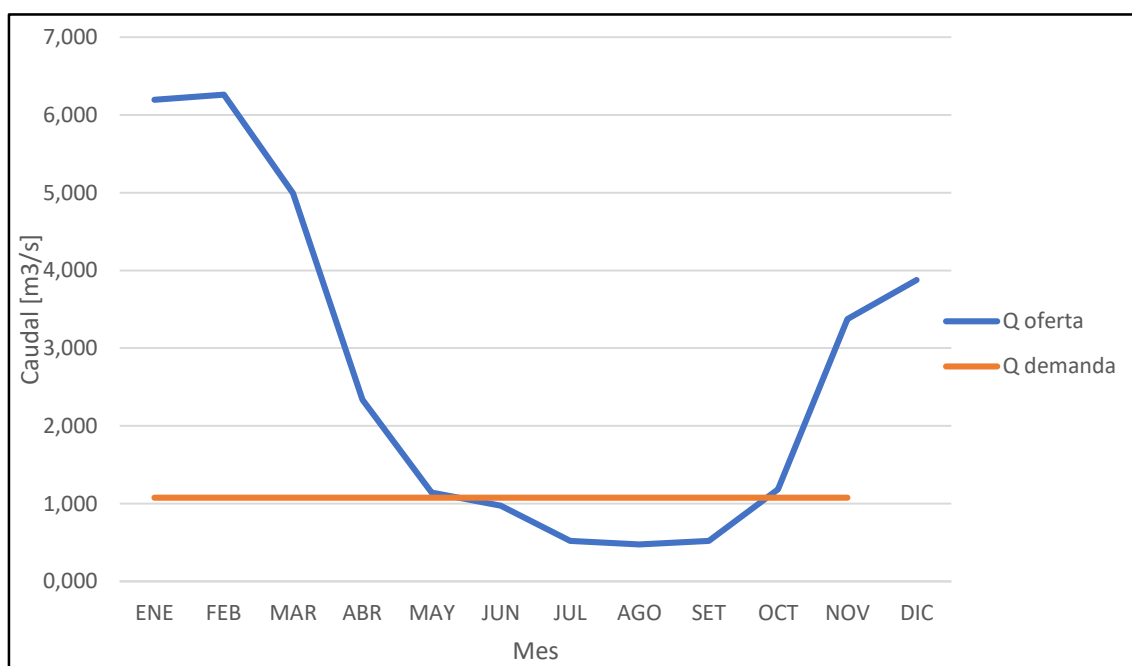


Figura 20: Curvas de oferta y demanda hídrica actual

Del balance realizado se observa que, durante los meses de junio, julio, agosto y septiembre, las demandas serían superiores a la oferta hídrica del río Anisacate. Esto significaría que se encuentra en el límite la disponibilidad física

de agua del río, ya que sin considerar el caudal ecológico las demandas de riego, loteos y cooperativas son del orden de la oferta para los meses de estiaje.

Se hace notar que el caudal disponible de los meses de junio, julio, agosto y septiembre es del orden de 10% del módulo del río, característica de los ríos serranos de la zona, situación que pone en vulnerabilidad al sistema para esos meses.

De la Fig. 20, la cual hace referencia a las curvas de oferta y demanda, vemos el marcado déficit que tenemos en los meses de estiaje. Sin embargo, es notorio que, en épocas estivales, la oferta crece prácticamente seis veces más, lo que se podría compensar en los períodos faltantes.

4.5.2. Análisis futuro

En este apartado, se realiza el balance hídrico de la cuenca del Río Anisacate para la situación futura, enfocando el cálculo para un período de 20 años.

Los parámetros para determinar la demanda futura son: a) Población; b) período de análisis; y c) dotación.

Siguiendo los lineamientos del Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento (ENOHSa), y con los datos demográficos de la cuenca, se realiza un enfoque para 20 años. Para el cálculo, se tomó como tasa de crecimiento poblacional al índice de crecimiento de la ciudad de Alta Gracia, ya que esta es cabecera del departamento Santa María, la más habitada de este y de la cuenca.

El índice de crecimiento geométrico se calcula como lo indica la ecuación 2

$$P_f = P_0(1 + i_p)^n \quad \text{Ecuación 2}$$

Siendo:

P_f: Población futura

P_0 : Población del último registro censal

I_p : índice de crecimiento poblacional

n: período de análisis

Primero, se determina el índice de crecimiento poblacional para la ciudad de Alta Gracia. Para ello se tienen los datos Nacionales y Provinciales de diferentes censos como se observa en la Tabla 13. Se toma como índice de crecimiento al promedio de los crecimientos intercensales.

Tabla 13. Cantidad de habitantes, crecimiento intercensal, índice de crecimiento

AÑO	Datos demográficos	Cantidad de habitantes	Crecimiento	Índice de crecimiento
2001	Nacional	42538	-	-
2008	Provincial	46858	4320	0.092
2010	Nacional	48140	1282	0.027
2011	Provincial - Privados	48506	366	0.008
			Media	0.042

Como se observa en la Tabla. 13, la tasa de crecimiento poblacional para la ciudad de Alta Gracia entre los años 2001 – 2011 fue del 4.2%.

En el apartado 3.11, se determinó que la población en la cuenca era de 66081 habitantes para el año 2010.

Para determinar la población actual y futura se utiliza la ecuación 2, con el índice de crecimiento 4.2% y un período de 11 años (extrapolación 2010 a 2022). Los resultados se muestran en la Tabla 14.

Tabla 14. Resultados del cálculo de habitantes en la cuenca

Población 2010	66081
Población actual	76367
Población futura (20 años)	174296

La dotación, es la cantidad de agua que se consume por habitante y por día.

Este consumo, depende de dos factores:

- Factores genéricos: tamaño de las localidades, características de las localidades, clima, hábitos higiénicos y forma de evacuación de líquidos cloacales.
- Factores específicos: modalidad de abastecimiento, calidad del agua, presión de la red, control del consumo y costo del agua.

Para córdoba se estima una dotación de 300 [$l \cdot hab^{-1} \cdot dia^{-1}$].

La demanda se determina con la ecuación 3.

$$Q_d = 1,06 * \alpha * P * D \quad \text{Ecuación 3}$$

Siendo:

Q_d : Caudal de demanda

1.06: Perdidas friccionales

α : Coeficiente de pico. Tiene en cuenta la demanda de pico horaria y demanda de pico diaria.

P: Población

D: Dotación

La demanda estimada para los próximos 20 años se muestra en la Tabla 15.

Tabla 15. Demanda estimada para 20 años

Caudal de demanda	
77596372	l/día
0.898	m ³ /s

Utilizando la Ecuación 1, se determina el balance hídrico para la cuenca del Río Anisacate para 20 años.

En la Tabla 16, se muestran los resultados.

Tabla 16. Balance hidrológico futuro de la cuenca del Río Anisacate

Mes	Aporte Mensual [m ³ /s]	Demanda Riego [m ³ /s]	Remanente [m ³ /s]	Demanda Coop [m ³ /s]	Remanente [m ³ /s]	Demanda Loteos [m ³ /s]	Remanente [m ³ /s]	Caudal ecológico [m ³ /s]	Caudal disponible [m ³ /s]
ENE	6.198	0.069	6.129	0.898	5.231	0.032	5.199	0.600	4.599
FEB	6.261	0.069	6.193	0.898	5.295	0.032	5.262	0.600	4.662
MAR	4.995	0.069	4.926	0.898	4.028	0.032	3.996	0.600	3.396
ABR	2.335	0.069	2.266	0.898	1.368	0.032	1.336	0.600	0.736
MAY	1.140	0.069	1.072	0.898	0.174	0.032	0.141	0.600	-0.459
JUN	0.975	0.069	0.906	0.898	0.008	0.032	-0.024	0.600	-0.624
JUL	0.520	0.069	0.452	0.898	-0.446	0.032	-0.479	0.600	-1.079
AGO	0.475	0.069	0.406	0.898	-0.492	0.032	-0.524	0.600	-1.124
SET	0.518	0.069	0.449	0.898	-0.449	0.032	-0.481	0.600	-1.081
OCT	1.182	0.069	1.113	0.898	0.215	0.032	0.183	0.600	-0.417
NOV	3.375	0.069	3.306	0.898	2.408	0.032	2.376	0.600	1.776
DIC	3.877	0.069	3.808	0.898	2.910	0.032	2.878	0.600	2.278

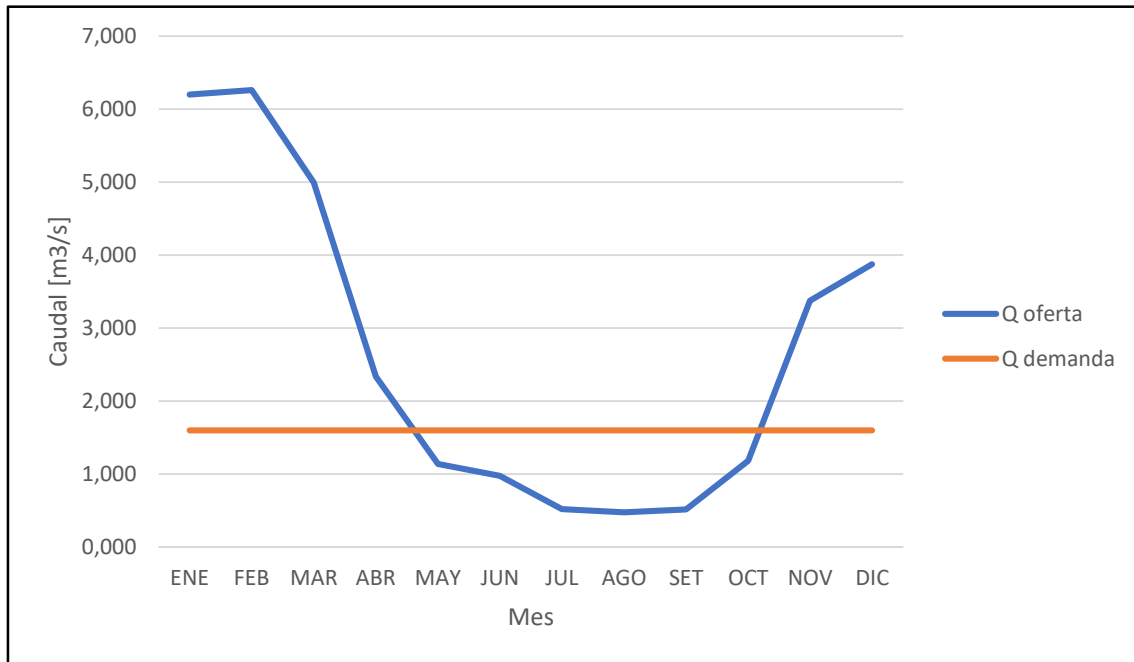


Figura 21. Curvas de Oferta y Demanda futura de Caudal.

4.5.3. Análisis de resultados

Del balance realizado para el escenario actual se observa que, durante los meses de julio, agosto y septiembre, las demandas serían superiores a la oferta hídrica del río Anisacate. Esto significaría que se encuentra en el límite la disponibilidad física de agua del río, ya que sin considerar el caudal ecológico ($0,6 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (Ponce, 2022)) las demandas de riego, loteos y cooperativas son del orden de la oferta para los meses de estiaje.

Se hace notar que el caudal disponible de los meses de julio, agosto y septiembre es del orden de 10% del módulo del río, característica de los ríos serranos de la zona, situación que pone en vulnerabilidad al sistema para esos meses.

La Fig. 20, la cual hace referencia a las curvas de oferta y demanda del escenario actual, vemos el marcado déficit que tenemos en los meses de estiaje. Sin

embargo, es notorio que, en épocas estivales, la oferta crece prácticamente seis veces más, lo que se podría compensar en los períodos faltantes.

En el balance realizado para el Escenario futuro se observa que, el déficit se acrecienta aún más. La demanda sería mayor a la oferta en los meses mayo, junio, julio, agosto, septiembre y octubre inclusive. Es decir, la demanda sería mayor a la oferta la mitad del año.

La Fig. 21, donde se muestra las curvas oferta y demanda del escenario futuro, vemos el marcado déficit que se presenta durante la mitad del año. También, al igual que en la Fig. 20, es notorio que la oferta crece seis veces más en épocas estivales.

5. PRÁCTICAS DE GESTIÓN DEL RECURSO

De lo analizado en el apartado 4.5, es necesario hacer un cambio de paradigma en el uso del recurso. El agua como la conocemos, no es un bien renovable ya que su ciclo tiene un tiempo de retorno para volver a cargar los acuíferos de las cuencas que nos permiten explotar la misma. Entonces, para tal fin, hay que hacer cambios en su uso, distribución, manejo y gestión. A continuación, se enumeran una serie de prácticas estructurales y no estructurales que podrían estudiarse e implementarse en la cuenca del río Anisacate.

5.1. Gestión Dura

La gestión dura, se lleva a cabo en el marco de las obras que se puede proyectar para mitigar una problemática. Sin embargo, por lo general las prácticas estructurales o la gestión dura para aprovechamiento hídricos son costosas.

A continuación, se propone algunas alternativas:

- Serie de Reservorios o microembalses considerando el paso del caudal ecológico

Son estructuras que se emplazan en un curso de agua superficial para producir una elevación del nivel del agua que permita su derivación y/o el vertido sobre el coronamiento.

En estos, se puede aprovechar el incremento de volumen en las épocas estivales donde, en el apartado 4.53, se comentó que en la cuenca el caudal aumenta seis veces más que la demanda. En la Tabla 17, se muestra dicha diferencia.

Tabla 17. Diferencia entre caudal disponible y déficit

Meses	Disponibilidad remanente [m ³ /s]	Déficit [m ³ /s]
ENE	5.66	-
FEB	5.18	-
MAR	3.92	-
ABR	1.26	-
MAY	0.06	-
JUN	-	-0.10
JUL	-	-0.56
AGO	-	-0.60
SET	-	-0.56
OCT	0.11	-
NOV	2.30	-
DIC	2.80	-
Total	18.49	-1.82

Si sumamos el caudal remanente disponible de las épocas estivales, vemos que se puede lograr una reserva de agua para las épocas faltantes.

- Estructuras de regulación

Usualmente usadas en canales de riego. Son estructuras para controlar el caudal que pasa por la misma y controlar la elevación de aguas arriba. Para la regulación se utilizan vertederos, compuertas u orificios y estos generalmente derivan en otros canales.

La idea es simple, activar la derivación de caudal cuando esta supere una cota, en épocas estivales donde el crecimiento del flujo es significativo para luego almacenar el volumen requerido.

- Micromedidores

Los micromedidores son artefactos que sirven para medir los consumos de agua de los usuarios con la finalidad de que estos registros sean la base para realizar la facturación a los mismos. Según ENOHSA, la dotación de agua potable es como se observa en la Fig. 22:

Población	Servicio con Medidores	Servicio sin Medidores
Hasta 5.000 habitantes	100-150 L/hab.	200-300 L /hab . día
De 5.000 a 25.000 hab.	150-200 L /hab.	300-400 L / hab . día
De 25.000 a 100.000 hab.	200-250 L /hab	400-500 L / hab . día
Encima de 100.000 hab.	250-300 L /hab	500-600 L / hab . día

**Figura 22. Diferencia de dotación con y sin micromedidores.
(Cátedra Ingeniería Sanitaria, FCEFyN, UNC)**

Claramente, la diferencia es notoria, el consumo de litros por día y por habitante aumenta el doble por no estar regulado el sistema de demanda.

5.2. Gestión Blanda

Con el objetivo de fortalecer la seguridad hídrica en este contexto de creciente escasez, mayor incertidumbre y disparidades más grandes en la disponibilidad de agua, se tendrá que invertir en la gestión de información. Se necesitan

herramientas institucionales como marcos legales y regulatorios, mecanismos de fijación de precios e incentivos para asignar, regular y conservar mejor los recursos hídricos. Además, se necesitan sistemas de información para el monitoreo de los recursos, la toma de decisiones en condiciones de incertidumbre, el análisis de los sistemas, y los pronósticos y alertas hidrometeorológicas (Grupo Banco Mundial, 2017).

La Gestión del recurso tiene el objetivo de llevar a cabo el conjunto de operaciones para dirigir y administrar. Pueden estar ligadas marcos educativos, legales y técnicos.

A continuación, se propone una serie alternativas:

- Prácticas culturales

Estas prácticas son los conjuntos de modos de vida y costumbres, conocimientos y grado de desarrollo artístico, científico, industrial, en una época y grupo social. Las llamadas costumbres, tienen que modificarse para obtener un uso sostenible del recurso.

La educación como pilar fundamental de las prácticas culturales tiene que ser el primer eslabón de la cadena de cambios. Este concepto está ligado estrechamente a la calidad ambiental, ya que es necesario asegurar una buena conservación de los recursos, logrando un desarrollo sustentable, para que las generaciones futuras tengan una calidad de vida igual que las generaciones presentes.

En la actualidad existen gestiones de educación y gestión que abarca a todos los niveles educativos.

Un ejemplo es el Proyecto MATTEO. Este proyecto realiza el Monitoreo Automático del Tiempo de la Troposfera en Escuelas y Organismos (MATTEO).

MATTEO propone la Medición Automática del Tiempo de la Troposfera en Escuelas y Organismos. Este proyecto busca construir vínculos entre la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, de la Universidad Nacional de Córdoba, al Centro de la Región Semiárida del Instituto Nacional del Agua (INACIRSA), al Ministerio de Agua, Ambiente y Servicios Públicos del Gobierno de la Provincia de Córdoba, e instituciones educativas de gestión pública y privada de distintos niveles (Proyecto MATTEO, 2020).

- Análisis de las tarifas y costos del recurso

El análisis de las tarifas de consumo, debe ser una prioridad para establecer un control. Equiparar el precio del agua a su costo, tiene la ventaja que se envía las señales correctas a las personas de tal forma que induce un nivel de consumo más alineado con las condiciones de escasez o abundancia del agua. Así, un precio más alto reflejará una mayor escasez y hará que las personas seamos mucho más cuidadosas con el agua, evitando el desperdicio. Lo contrario sucederá con un precio relativamente bajo, lo que indicará que el agua es abundante (Contreras, 2022).

- Monitoreos

El monitoreo de la cantidad de agua consiste en la determinación de los caudales, es decir, medir el volumen del flujo de agua que pasa por un determinado punto por unidad de tiempo. Permite estudiar el comportamiento del recurso en el tiempo y determinar la disponibilidad de agua en una zona en particular.

En la actualidad, el organismo público encargado del control de cantidad en la provincia de Córdoba es la APRHi. El mismo realiza mediciones periódicas en las cuencas de la provincia de Córdoba para que en conjunto con las estaciones de nivel instaladas elabore curvas altura caudal y tenga datos de continuos de caudales.

Mediante gestiones, estos pueden ser apoyados con mayores mediciones a nivel municipal, en las localidades de la cuenca. La idea radica en la mayor recopilación de datos para el análisis de los caudales disponibles.

6. CONCLUSIÓN

Este trabajo presenta un diagnóstico y propuestas de manejo del recurso hídrico en la cuenca del río Anisacate.

En base a la información procesada se avanzó en la determinación de la oferta y demanda hídrica de la cuenca para el escenario actual y futuro. Del balance hídrico realizado para el escenario actual se observa que, durante los meses de julio, agosto y septiembre, las demandas serían superiores a la oferta hídrica del río Anisacate. Esto significaría que se encuentra en el límite la disponibilidad física de agua del río, ya que sin considerar el caudal ecológico las demandas de riego, loteos y cooperativas son del orden de la oferta para los meses de estiaje. Sin embargo, es notorio que, en épocas estivales, la oferta crece prácticamente seis veces más, lo que se podría compensar en los períodos faltantes.

En el balance realizado para el Escenario futuro se observa que, el déficit se acrecienta aún más. La demanda sería mayor a la oferta durante la mitad del año, entre los meses mayo, junio, julio, agosto, septiembre y octubre inclusive.

Con este diagnóstico se han propuesto alternativas estructurales y no estructurales para el manejo sustentable de los recursos hídricos.

BIBLIOGRAFÍA

- Agencia Córdoba Turismo. 2018. *Plan Estratégico de turismo sostenible*. Córdoba.
- APRHi. 2020. *Informe Incendios*. Córdoba.
- APRHi. 2020. *Modelo hidrológico de la cuenca del río Anisacate*. Córdoba.
- Bianchi, A. R., Cravero, S. A. 2010. *Atlas Climático digital de la República Argentina*. Salta: INTA.
- Blanco, J. A. 2017. Bosques, suelo y agua: explorando sus interacciones. *ecosistemas - Revista científica de ecología y medio ambiente*, 1-9.
- Capitanelli, R. G. 1979. *Clima. Geografía Física de la Provincia de Córdoba*. Córdoba: Boldt.
- Chiavassa, S., De Dios, C., Llorens, S., Irazoqui, C. 2008. *Territorios, discursos y conflictos en la problemática del agua en la Sierras Chicas*. Córdoba: FFyH-UNC.
- Chow, V. T. 1994. *Hidrología Aplicada*. Illinois: Editorial Nomos S.A.
- Contreras, J. D. 2022. El valor económico del agua. (E. Á. Agua, Entrevistador)
- Corporación Autónoma Regional de Nariño. 1998. *Corponariño*. Obtenido de <https://www.corponarino.gov.co/>
- Dasso, C. M., Piovano, E. L., Pasquini, A. I., Córdoba, F. E., Lecomte, K. L., Guerra, L., Campodónico, V. A. 2014. *Recursos Hídricos Superficiales*. Córdoba.
- Díaz, É. 2016. Sequías Hidrológicas en la República Argentina y su relación con Variables Macroclimáticas. *Tesis Doctorado en Ciencias de la Ingeniería*. Córdoba, Córdoba, Argentina.
- Gaspari, F. J. 2010. Manual de manejo integral de cuencas hidrográficas. En F. J. Gaspari, *Manual de manejo integral de cuencas hidrográficas* (págs. 1-30). Córdoba.
- Gonzalez , S. 2012. *Geomorfología y alerta temprana en la prevención de crecientes repentinas. Comunas del río Anisacate*. Córdoba. Córdoba.
- Grupo Banco Mundial. 2017. *Banco Mundial*. Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/who-we-are>
- I.N.T.A. - E.E.A. Manfredi. 2006. *Los Suelos*. Córdoba: Agencia Córdoba Ambiente.
- IGN. 2022. *Instituto Geográfico Nacional*. Obtenido de <https://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/Geodesia/ModeloDigitalElevaciones/Mapa>
- Koberwein, A. 2020. Conflictos por el agua en las sierras de Córdoba, Argentina. *Cuestión de Estado y de Naturaleza. QUID16*, 35-56.
- Lutti, R. 1979. *Geografía Física de Córdoba*. En R. Lutti. Bs. As.: Bol at. Bs As.
- ORA. 2022. *Oficina de Riesgos Agropecuarios* . Obtenido de [http://www.ora.gob.ar/riesgo_zonas.php#:~:text=El%20%C3%8Dndice%20de%20Productividad%20\(IP,las%20Series%20de%20Suelos%20Modales](http://www.ora.gob.ar/riesgo_zonas.php#:~:text=El%20%C3%8Dndice%20de%20Productividad%20(IP,las%20Series%20de%20Suelos%20Modales).

- Ponce, G. 2022. *Revisión de técnicas y propuesta de metodologías para la determinación de caudales ecológicos. Caso piloto: Río Anisacate*. Córdoba: UNC.
- Proyecto MATTEO. 2020. *Proyecto MATTEO*. Obtenido de <https://sites.google.com/view/proyectomatteo/p%C3%A1gina-principal>
- resumendelaregion.com. (31 de 10 de 2015). ¿Está preparada la ciudad para una inundación?
- Robbiati, F. O., Minervini, M., Triquell, X., Machado, M., & Nores, M. J. 2020. *El Bosque serrano en Paravachasca: Conocimientos científicos y saberes tradicionales*. Córdoba: UNC.
- Samia, S. 2014. *Ecohidrología en cuencas de montaña*. Córdoba.
- Secretaría de Ambiente. 2019. *Secretaria de Ambiente*. Obtenido de <https://secretariadeambiente.cba.gov.ar/wp-content/uploads/2019/04/Texto-Reserva-Chancan%C3%AD-1.pdf>
- Service Forest. 2010. *USDA - US*. Obtenido de https://www.fs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb5338930.pdf
- Valenzuela, M. C., Sosa, E. d., Gómez, O. 2008. *Los problemas medioambientales del sector serrano del sur de la Provincia de Córdoba, Argentina*. Río Cuarto: FCH-UNRC.
- WGP. 2000. *Gestión Integrada de los Recursos Hídricos. Global Water Partnership - Gestión Integrada de los Recursos Hídricos*.