



**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

## **Organización del uso del agua del Sistema del Canal Maestro Soto en la cuenca baja del río Soto - Provincia de Córdoba**

**Cervio, Marisa Magalí<sup>1</sup>**

Directora: Ing. Agr. MSc. Verzino, Graciela E.

Córdoba, 2022

---

<sup>1</sup> Ingeniera Civil. M.P.:5424/x



**FCA**  
Facultad de Ciencias  
Agropecuarias



**FACULTAD  
DE CIENCIAS  
ECONÓMICAS**

# **Organización del uso del agua del Sistema del Canal Maestro Soto en la cuenca baja del río Soto - Provincia de Córdoba**

**Cervio, Marisa Magalí**

Directora: Ing. Agr. MSc. Verzino, Graciela E.

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

## **Tribunal Examinador de TFI**

- Dra. Marta Juliá
- Ing. Civil (Esp.) Alfredo Quelas
- Dra. Susana Hang

## **Presentación formal académica: Fecha (Córdoba, 01 de agosto de 2022)**

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



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons  
Atribución – No Comercial – Sin Obra Derivada 4.0 Internacional.

## **AGRADECIMIENTOS**

Ministerio de Servicios Públicos de la Provincia de Córdoba

Dr. Ing. Civil Fabián López

Secretaría de Recursos Hídricos de la Provincia de Córdoba

Mgtr. Ing. Civil Edgar Castello.

Administración Provincial de Recursos Hídricos

Ing. Civil Pablo Wierzbicki.

Mgtr. Ing. Civil Gonzalo E. Plencovich.

Facultad de Ciencias Agropecuarias – Universidad de Córdoba

Dra. (MSc) Ing. Agr. Susana Hang

Ing. Agr. (MSc) Graciela Verzino

Consortio de Riego – Subsistema Los Indios

Ing. Agr. Cesar Enrique Eluani

Ing. Agr. Juan Rodolfo Gallman

## **DEDICATORIA**

Le dedico el trabajo final a Dios y a mis padres, que siempre me alientan a un mejor empeño, por su ayuda.

A Juan mi compañero de trabajo y compañero de estudio, en todas las materias y el presente trabajo integrador final (TFI). A mi jefe, Gonzalo Plencovich por darme el tiempo de estudio, de cursado y de preparación de este TFI. Al Ministerio de Servicios Públicos por la beca otorgada y la posibilidad de realizarla.

A mis compañeros de la Especialización y en especial a aquellos con los que compartí mucho tiempo y me brindaron ayuda Diego y Matías.

A los profesores por compartir su conocimiento y experiencias, para nutrir y desarrollar este cursado de la Especialización. En especial, a Graciela, mi directora, por su paciencia, ayuda y aliento en este proceso. Y a Susana, que durante todo el cursado y posterior al mismo, ha dado motivación y empuje constante para concluir la especialidad.

## **RESUMEN**

En las cuencas existen múltiples usos del recurso y cada uno se realiza a través de diferentes instituciones y/o personas, con jurisdicciones interrelacionadas. De allí, la importancia de organizar y gestionar de manera integral el buen uso del recurso, teniendo en cuenta la cuenca en donde se desarrolla.

Debido al clima semiárido en la cuenca baja del río Soto, donde las precipitaciones se concentran en una parte del año, el recurso hídrico abunda en los meses de verano y escasea en los restantes. En ambos casos, escasez (sequía) y exceso (crecientes), los diferentes usuarios del agua del canal entran en conflicto de intereses desatando problemáticas.

En este trabajo final integrador (TFI) se analiza la situación actual del uso de agua del Canal Maestro Soto, ubicado en la cuenca baja del río Soto, al noroeste de la provincia de Córdoba. Se evalúan las problemáticas que surgen de los múltiples usos y se proponen herramientas de organización y gestión sustentable. Algunas propuestas propician la participación de todos los actores sociales, como la creación del Comité Integral, la capacitación de los usuarios del sistema sobre la normativa vigente y la formalización del mantenimiento del canal. Otras, se focalizan en el establecimiento de criterios y protocolos de acción para abordar las distintas situaciones problemáticas. Y, en tercer lugar, se presentan propuestas estructurales, como la realización de aforos en puntos clave del sistema.

Palabras clave: sistema, riego, agua, distribución, organización.

## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN .....	11
Objetivo General .....	13
Objetivos Específicos.....	13
2. ÁREA DE TRABAJO .....	14
2.1 Ubicación .....	14
2.2 Cuencas Interprovinciales.....	15
2.3 Delimitación y Superficie.....	17
2.4 Factores topográficos e hidrográficos .....	18
3. CARACTERÍSTICAS BIO-GEO-FÍSICAS .....	26
3.1 Características climáticas generales.....	26
3.2 Características edáficas.....	27
3.3 Hidrología.....	29
3.3.1 Recursos hídricos superficiales .....	29
3.3.2 Recursos hídricos subterráneos .....	30
3.4 Cobertura de suelos. Vegetación y fauna asociada .....	31
4. CARACTERIZACIÓN ECONÓMICO-PRODUCTIVA.....	38
4.1 Principales actividades económico-productivas .....	39
4.2 Red Vial .....	42
5. CARACTERIZACIÓN SOCIAL Y CULTURAL.....	44
5.1 Educación .....	44
5.2 Salud - Infraestructura sanitaria .....	45
5.3 Red de agua potable.....	46
5.4 Población rural y urbana .....	46
5.5 Acceso a telefonía e internet.....	47
5.6 Red de Energía Eléctrica .....	47
6. ANÁLISIS DE LA NORMATIVA VIGENTE DE NIVEL NACIONAL, PROVINCIAL, REGIONAL Y MUNICIPAL .....	49
7. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA SOTO.....	62

8. DIAGNÓSTICO. IDENTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA DEL SISTEMA CANAL MAESTRO SOTO.....	75
9. PROPUESTAS PARA LA ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN DEL SISTEMA CANAL MAESTRO SOTO.....	82
10. CONCLUSIONES.....	91
BIBLIOGRAFÍA .....	92
ANEXO I.....	95
ANEXO II.....	102

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Categorías de régimen de tenencia de tierras. Fuente: INDEC 2008.	42
Tabla 2: Tramos de canales - Subsistema Canal Los Indios .....	69
Tabla 3: Tramos de canales - Subsistema Canal Las Tapias .....	71

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ubicación de la cuenca Soto.....	15
Figura 2 - Cuencas interprovinciales - Provincia de Córdoba.....	16
Figura 3: Delimitación y superficie de la cuenca Soto .....	17
Figura 4: Hidrogramas de salida .....	24
Figura 5: Temperaturas medias de Enero (°C) y Julio (°C) - (Gorgas, 2006)...	26
Figura 6: Precipitación media anual (mm) - (Gorgas, 2006).....	27
Figura 7 - Carta de Suelos y Limitantes Edáficas.....	28
Figura 8: Río Soto en la cuenca desde su nacimiento .....	30
Figura 9: Regiones fitogeográficas de la provincia de Córdoba (Luti et al. 1979, adaptado por cátedra de Botánica Taxonómica, 2019 FCA, UNC) .....	31
Figura 10 - Cobertura de Suelo Nivel 1 2017-2018 - Cuenca Soto .....	32
Figura 11: Zonificación de la vegetación .....	33
Figura 12: Tipos de actividad económica .....	41
Figura 13 - Redes viales de la Cuenca Soto – Fuente IDECOR .....	43
Figura 14: Sistema del Canal Maestro Soto.....	63
Figura 15: Subsistema Canal Los Bustos – Fuente: Elaboración propia.....	67
Figura 16: Subsistema Canal Los Indios - Fuente: Elaboración propia.....	69
Figura 17: Subsistema Canal Las Tapias- Fuente: Elaboración propia.....	71
Figura 18: Sistema Soto - Fuente: Elaboración propia.....	73
Figura 19: DEM descargados de la página del IGN .....	95
Figura 20: Recorte de la zona de cuenca a delimitar .....	96
Figura 21: Carga del DEM en el programa QGIS.....	96
Figura 22: Imagen de las áreas problemáticas escasas en el DEM.....	97
Figura 23: Red de drenaje dentro de la cuenca .....	98
Figura 24: Delimitación de la cuenca .....	99
Figura 25: Vector de la delimitación de la cuenca .....	99
Figura 26: Recorte de la Red de Drenaje .....	100
Figura 27 - Delimitación de la Cuenca del Río Soto - Río San Guillermo - Línea roja continua.....	100
Figura 28 - Carta de Suelos y Limitantes Edáficas.....	103

## LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1: Roquedales Cuenca Soto.....	34
Imagen 2: Pastizales Cuenca Soto .....	34
Imagen 3: Romerillal cuenca Soto.....	34
Imagen 4: Espinillos cuenca Soto .....	34
Imagen 5: Quebrachos, molles y cocos – Cuenca Soto.....	35
Imagen 6: Coco - Cuenca Soto .....	35
Imagen 7: chacras en cuenca Soto .....	36
Imagen 8: Azud nivelador Soto .....	64
Imagen 9: Compuerta de ingreso Canal Maestro Soto sobre azud nivelador ..	64
Imagen 10: Canal Maestro Soto en su tramo revestido antiguamente.....	64
Imagen 11: Perdidas de agua por el antiguo Canal Maestro Soto sin revestir .	65
Imagen 12: Canal Maestro Soto tramo nuevo revestido .....	65
Imagen 13: Salto con cuenco disipador - Canal Maestro Soto.....	66
Imagen 14: Primera derivación en Canal Maestro Soto del Canal Los Bustos	68
Imagen 15: Aforador y cámara sobre Canal Maestro Soto – Proveeduría .....	70
Imagen 16: Compuertas Canal Los Indios y Canal Las Tapias.....	70

# **Organización del uso del agua del Sistema del Canal Maestro Soto en la cuenca baja del río Soto - Provincia de Córdoba**

## **1. INTRODUCCIÓN**

Tal como en tantos otros lugares del mundo, en la provincia de Córdoba, las demandas del recurso hídrico vinculadas al desarrollo económico y social exigen la óptima utilización de las fuentes superficiales y subterráneas, así como la protección y conservación de la calidad de dichas fuentes que se ven afectadas en mayor o menor grado por este mismo desarrollo. Por consiguiente, su empleo debe ser objeto de una juiciosa planificación, que tome en cuenta los aspectos más variados del suministro y de la disponibilidad en volumen y calidad (Reyna, 2006).

El agua, junto con el suelo y con la atmósfera, se presenta como un elemento fundamental para la supervivencia humana y para el desarrollo de todo organismo viviente. La preocupación de los pueblos por el vital elemento ha llevado a establecer principios y normas referentes a su gobierno, destinadas a reglar su uso y aprovechamiento. El agua no reconoce fronteras. Es así que un curso de agua debe servir racional y equitativamente a todas las regiones que atraviesa y cada una de ellas tiene derecho a una participación razonable en los beneficios del uso del agua, dentro de un esquema de desarrollo integral de la cuenca hídrica (Reyna, 2006).

En las cuencas existen múltiples usos del recurso y cada uno se realiza a través de diferentes instituciones y/o personas, con jurisdicciones interrelacionadas. De allí, la importancia de organizar y gestionar de manera integral el buen uso del recurso, teniendo en cuenta la cuenca en donde se desarrolla.

En este trabajo final integrador (TFI) se analizará la situación actual del uso de agua del Canal Maestro Soto, ubicado en la cuenca baja del río Soto, del cual se desprende mediante un azud nivelador. Se evaluarán las problemáticas que surgen de los múltiples usos y se propondrán herramientas de organización y gestión sustentable

Debido al clima semiárido de la zona, donde las precipitaciones se concentran en una parte del año, el recurso hídrico abunda en los meses de verano y escasea en los restantes. En ambos casos, escasez (sequía) y exceso (crecientes), los diferentes usuarios del agua del canal entran en conflicto de intereses desatando problemáticas.

Los usos del canal Maestro Soto son diversos y se detallan a continuación:

- 1) Abastecimiento para la toma subsuperficial de agua corriente de Villa de Soto (Cooperativa Limitada de Luz y Fuerza – Villa de Soto).
- 2) Riego de espacios verdes municipales.
- 3) Uso turístico para los balnearios de Villa de Soto.
- 4) Uso agropecuario (uso principal por el cual se construyó el canal).
- 5) Abastecimiento para combatir incendios – Bomberos.

Hasta el momento, no existen, en general, criterios establecidos de uso del agua ante cada circunstancia, ni protocolos para poder enfrentar las problemáticas de manera eficiente y eficaz, por tal motivo, es necesario trabajar en ese sentido.

## **Objetivo General**

El objetivo general del presente trabajo es organizar el uso del agua del Canal Maestro Soto, en la cuenca baja del río Soto, a efectos de que el abastecimiento sea sustentable y equitativo para todos los usuarios, disminuyendo, así, el nivel de conflicto social en las épocas más problemáticas del año.

## **Objetivos Específicos**

1. Caracterizar la cuenca del río Soto en sus dimensiones biofísica (superficie, fisiografía, clima, suelos, vegetación, etc), económico-productiva y socio-cultural, con énfasis en la cuenca baja.
2. Caracterizar la dimensión legal-normativo-institucional.
3. Identificar y describir las problemáticas actuales asignando un orden de importancia.
4. Proponer herramientas para organizar y gestionar el uso de agua.

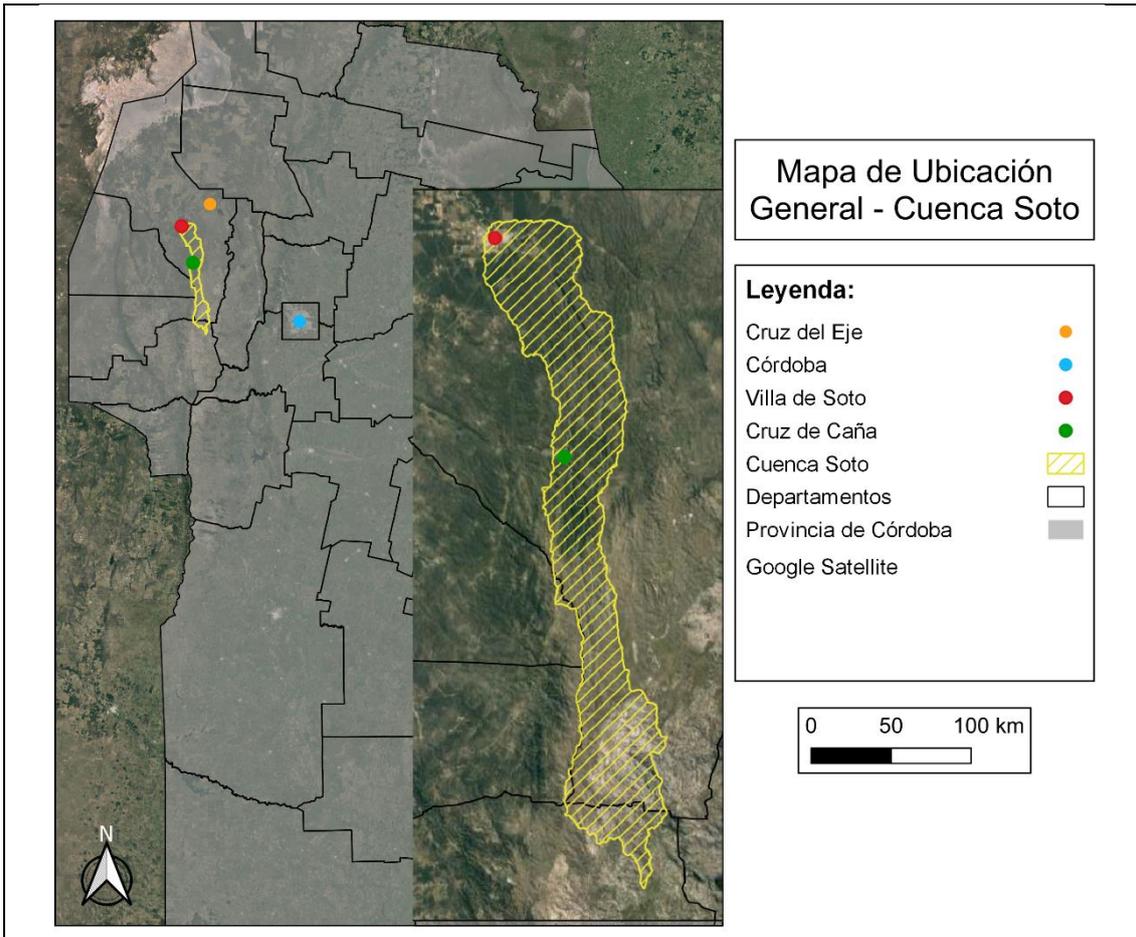
## 2. ÁREA DE TRABAJO

### 2.1 Ubicación

Aun cuando el Canal Maestro Soto se localiza en la cuenca baja del río Soto, se tomará como área de trabajo, para su caracterización, la cuenca completa, a efectos de poder analizar, de manera global e integral, el contexto en el que se halla este canal.

La cuenca del río Soto (de aquí en más “cuenca Soto”) se encuentra ubicada principalmente en el departamento Cruz del Eje, en la región noroeste de la Provincia de Córdoba. La cuenca alta comienza en el cerro Los Gigantes, departamento San Alberto, en el que se extiende alrededor del 8% del total de la cuenca, limitando con los departamentos Pocho y Minas hacia el oeste, como se indica en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** Es una cuenca del tipo endorreica o cerrada ya que termina en las Salinas Grandes.

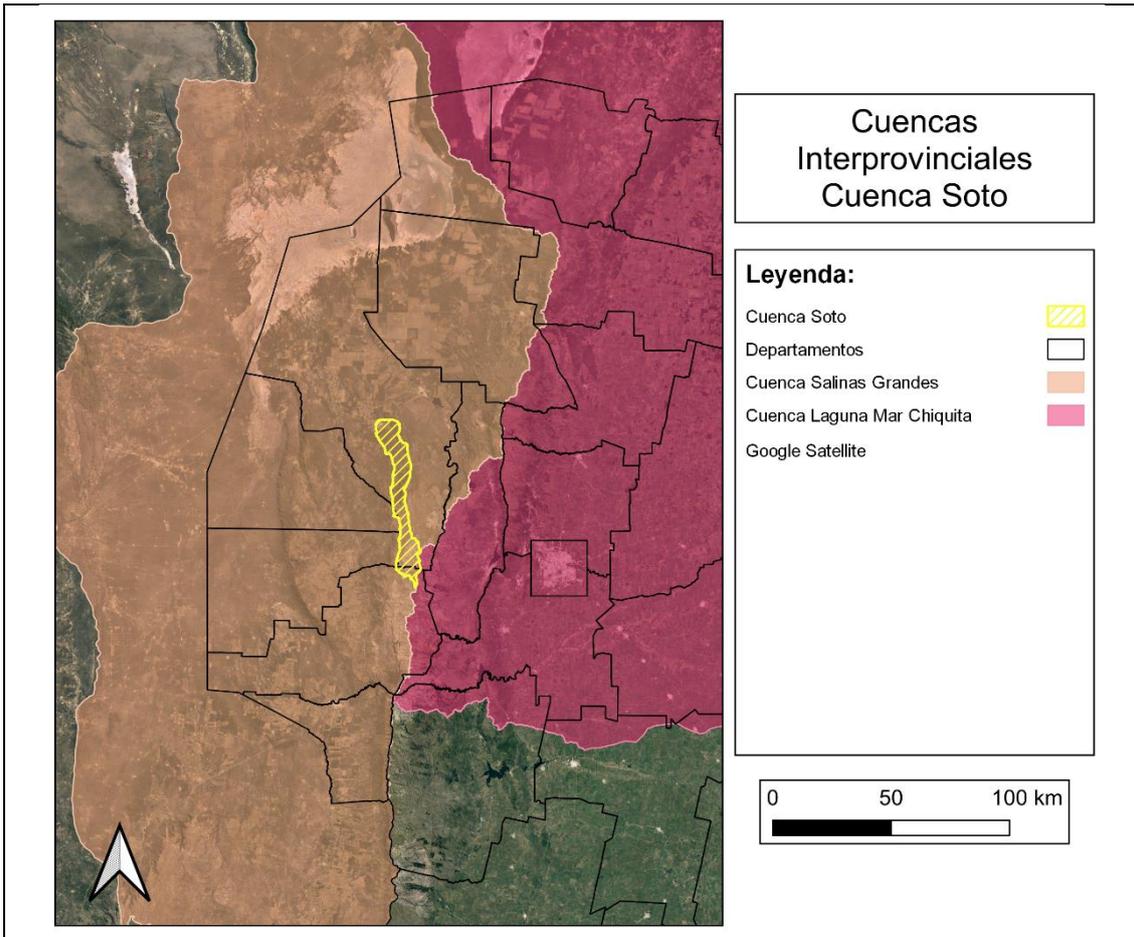
Es una cuenca pequeña, ubicada en medio de dos cuencas de mayor relevancia debido a que la población en ellas es mayor y cuentan con diques de almacenamiento de agua (Dique Cruz del Eje y Dique Pichanas). Pero es considerada, por sus pobladores y los vecinos de las cuencas aledañas, una de las cuencas más vírgenes y protegidas en cuanto a la acción antrópica y su río principal posee una calidad de agua excelente.



**Figura 1 - Ubicación de la cuenca Soto – Fuente: Elaboración propia**

## 2.2 Cuencas Interprovinciales

La cuenca Soto se encuentra dentro de la cuenca interprovincial de la zona oeste, llamada Salinas Grandes, que posee una superficie de 6.254.285 ha. La superficie de estudio ocupa menos del 1% dentro de la cuenca mayor (Figura 2).



**Figura 2 - Cuencas interprovinciales - Provincia de Córdoba – Fuente:**  
mapa cuenca interprovincial de IDECOR y elaboración propia

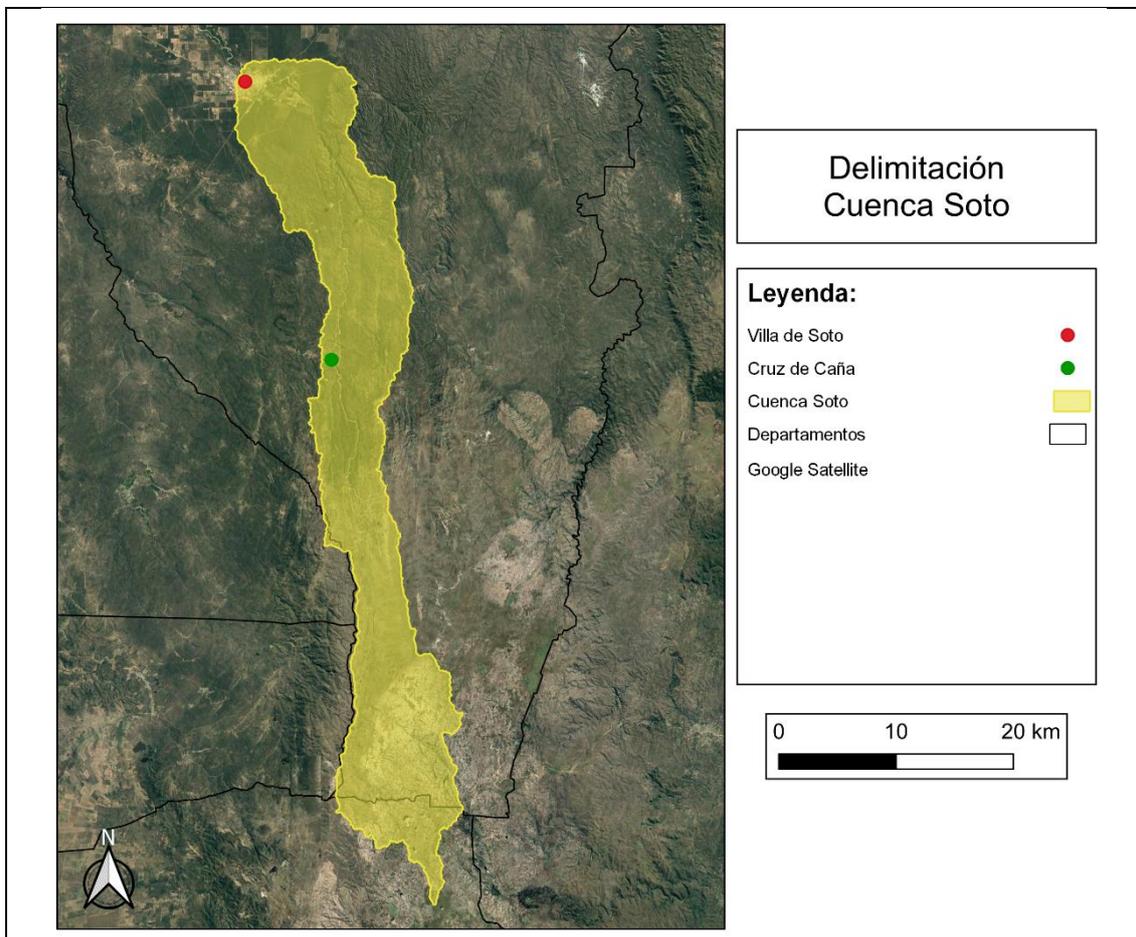
Respecto de esta cuenca interprovincial se puede decir que contiene un mosaico de ambientes donde el agua, la vegetación y la fauna constituyen recursos de gran importancia para el desarrollo y reproducción social de las comunidades locales (Ruiz Posse et al., 2006).

Las Salinas Grandes se ubican entre 26°30' y 30°40'S y entre 63°15' y 65°25'W. Abarcan el NO de Córdoba, E de La Rioja, S de Catamarca y SO de Santiago del Estero. Presenta clima árido con inviernos secos, mostrando grandes oscilaciones de temperaturas y lluvias, y alta evapotranspiración (Cavanna et al., 2010).

### 2.3 Delimitación y Superficie

Para realizar la delimitación de la cuenta se utilizó el programa QGIS Versión 3.10.11, con la ayuda de las herramientas GRASS.

El desarrollo de la delimitación de la cuenca para obtener la superficie se adjunta en el ANEXO I de este TFI. Además de la delimitación se realiza la red de drenaje de la cuenca. Se puede observar, en la Figura 3, el producto terminado de la delimitación de la cuenca.



**Figura 3: Delimitación y superficie de la cuenca Soto** – Fuente:  
Elaboración propia

Lo primero que se elige para poder delimitar una cuenca es su punto final, lo que determinará la red de drenaje aguas arriba de ese punto, que delimitará la

cuenca de estudio. Para no desarrollar la cuenca en su totalidad, si no acotarla, se adopta como punto de cierre la zona aguas abajo de la Ruta Nacional N° 38, sobre el río Soto, ya que hasta ese punto (sobre el río) se ubican las tomas de agua relevantes para el presente TFI.

La cuenca Soto tiene una superficie aproximada de 50.717 ha, se trata de una cuenca de forma alargada y mediana en comparación con las cuencas que la rodean.

#### **2.4 Factores topográficos e hidrográficos**

Se trabajó sobre el Modelo de Elevación Digital (MED) de la cuenca en el programa GIS y se obtuvieron rasters de las diferentes caracterizaciones topográficas. La orientación de la cuenca es, con claridad, de norte a sur, como se observa en la Figura 3.

A continuación, veremos los valores y mapas arrojados por el programa QGIS respecto de los diferentes factores topográficos:

***Factor de inclinación de pendiente S (USLE - Universal Soil Loss Equation – Ecuación universal de pérdidas de suelos): 0,03 – 16,3.*** Estos valores fueron provistos por el programa QGIS, la pendiente promedio del área de la cuenca es de 3%, siendo mayor en la cuenca alta y menor en la cuenca media y baja lógicamente. Su orientación es de sur a norte.

La inclinación de la pendiente es el ángulo de inclinación de la superficie local en relación con el plano horizontal. Se puede expresar en grados o en por ciento. Otros algoritmos calculan la pendiente como la media de la pendiente en las 8

direcciones respecto a la celda central de cada entorno de vecindad (Roffe et al., 2018).

Algunos de los factores que se muestran en la presente caracterización pertenecen a la USLE, que corresponde al resultado de múltiples esfuerzos teóricos y de campo incentivados por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), en la primera mitad de siglo XX. Esta ecuación (USLE) permite predecir la pérdida anual de suelos por hectárea y también precisar las técnicas más apropiadas para el laboreo del suelo, en especial para cultivos agrícolas (Mansilla Escobar, 2008).

**Índice de potencia de flujo  $\alpha x \tan (b)$ : 0,85355 – 1,6137.** El índice de la potencia del flujo superficial es un estimador de la fuerza erosiva del flujo superficial. Este índice indica las áreas donde existe potencial para la concentración del flujo superficial y donde, además, la pendiente puede producir que el flujo alcance una velocidad tal que provoque la incisión del flujo con el consiguiente desarrollo de cárcavas (Roffe et al., 2018).

**Longitud de pendiente y factor de inclinación LS (USLE): 0,03 – 0,17.** La longitud de la pendiente tiene una importante influencia en el comportamiento de la inundación, determinando también la velocidad de flujo, más el grado de confluencia de la escorrentía. La capacidad de desprendimiento y transporte de las partículas del suelo por el flujo superficial está, por tanto, directamente relacionada con la longitud de la ladera. El factor L se puede describir como la distancia desde el punto de caída del agua hasta el punto en que ésta disminuye delimitando el comienzo de una sedimentación que puede ser un elemento de

ruptura a lo largo de los valles o la unión con un canal definido (Wischmeier & Smith, 1978, Roffe et al., 2018).

La intensidad de la erosión hídrica varía en función de las características de la vertiente que el agua recorre: la longitud (L) y el grado de la pendiente (S). Estos factores se estudian de forma aislada, pero para su aplicación en la USLE, se analizan conjuntamente, formando el factor topográfico (LS). El LS representa la relación esperada de la pérdida de suelo por unidad de área en una pendiente cualquiera, en comparación con la correspondiente pérdida de suelo en una parcela unitaria estándar de 25 m de largo con 9% de pendiente (Bertoni y Lombardi Neto, 1985). El factor LS es uno de los factores más importantes de la USLE, pero es el que presenta más dificultades para su obtención, especialmente cuando se desea estimar la pérdida de suelo en una microcuenca. Esta dificultad está dada por la complejidad del relieve, en el que la pendiente puede ser recta, cóncava, convexa o una combinación de formas (Roffe et al., 2018).

**Índice topográfico ITH =  $\ln(a/\tan(b))$ : 5,4122 – 24,754.** Este índice está relacionado con la humedad edáfica y refleja la tendencia del suelo a la generación de escorrentías, debido a que los perfiles con mayor humedad son más proclives a saturarse, por lo que la precipitación caída sobre ellos puede convertirse mucho más fácilmente en escorrentía. Así, cuanto más elevado es el valor de este índice, mayor humedad debe presentar la celda en función de su configuración topográfica, la cual es extraída de un modelo de elevación digital (MED). Una de las grandes ventajas que ofrecen los MED es que contienen información totalmente distribuida, espacialmente continua y fácilmente transformable, de allí que la precisión y robustez del ITH - Índice topográfico de

humedad, depende de la exactitud y escala del MED utilizado para su generación.

El ITH combina la contribución al escurrimiento de un área local drenada y la pendiente de la misma, y es comúnmente usado para cuantificar el control topográfico sobre los procesos hidrológicos y está definido como:

$$ITH = \ln(a/\tan(b))$$

Donde:

a = área local drenada para un punto de cálculo

$\tan(b)$  = Pendiente direccional de la celda de interés (y de las 8 vecinas en el caso de utilizar un algoritmo D(8))

Este modelo expresa parcialmente el volumen relativo y la cantidad de movimiento del flujo que pasará por cada punto del terreno. A mayor área drenada y menor pendiente se incrementa la concentración y saturación hídrica en los suelos, áreas con valores altos de ITH son zonas de concentración del escurrimiento (Alcantara Ayala, I. 2000, citado en Roa-Lobo J. y Kamp Ulrich (2011)).

**Clasificación simplificada de la cuenca:** respecto del *relieve* la cuenca es del tipo de montaña. Por el *uso del suelo* la cuenca es de tipo rural, a pesar de tener inmersa una localidad y una comuna, éstas son ínfimas en la superficie total. Conforme a su *tamaño*, por la superficie, se clasifica como cuenca grande. Por lo tanto, la intensidad de la lluvia se asume como variable en el tiempo y en el espacio; y el almacenamiento superficial es significativo.

La **forma** de la cuenca interviene de manera importante en las características del hidrograma de descarga de una determinada corriente, en los eventos de avenidas máximas, las cuencas de igual área, pero de diferente forma, generan hidrogramas diferentes, como se observa en la Figura 4. La forma de la cuenca condiciona la velocidad del escurrimiento superficial. Para cuencas de igual superficie y formas diferentes se espera un comportamiento hidrológico también diferente. La medición de los factores de forma de una cuenca se realiza por medio de una metodología que permite cubrir dos objetivos. El primero, es que permite comparar la forma de la cuenca con figuras geométricas conocidas; el segundo, es que permite comparar los resultados de las mediciones, los cuales son adimensionales, con los obtenidos en otras cuencas en las que se puede tener mayor información histórica de su comportamiento hidrológico (Cardona, 2016).

**Área (A)**, está definida como la proyección horizontal de toda la superficie de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido directa o indirectamente a un mismo cauce natural. Corresponde a la superficie delimitada por la divisoria de aguas de la zona de estudio; este parámetro se expresa normalmente en  $\text{km}^2$ . Este valor es de suma importancia porque un error en su medición incide directamente en los resultados, por lo que se hace necesario realizar mediciones contrastadas para tener total confianza en este valor (Cardona, 2016). La cuenca de estudio tiene un área de  $507 \text{ km}^2$ .

El **Perímetro (P)** es la longitud sobre un plano horizontal, que recorre la divisoria de aguas. Este parámetro se mide en unidades de longitud y se expresa normalmente en metros o kilómetros (Cardona, 2016). El *perímetro* es de 211 km.

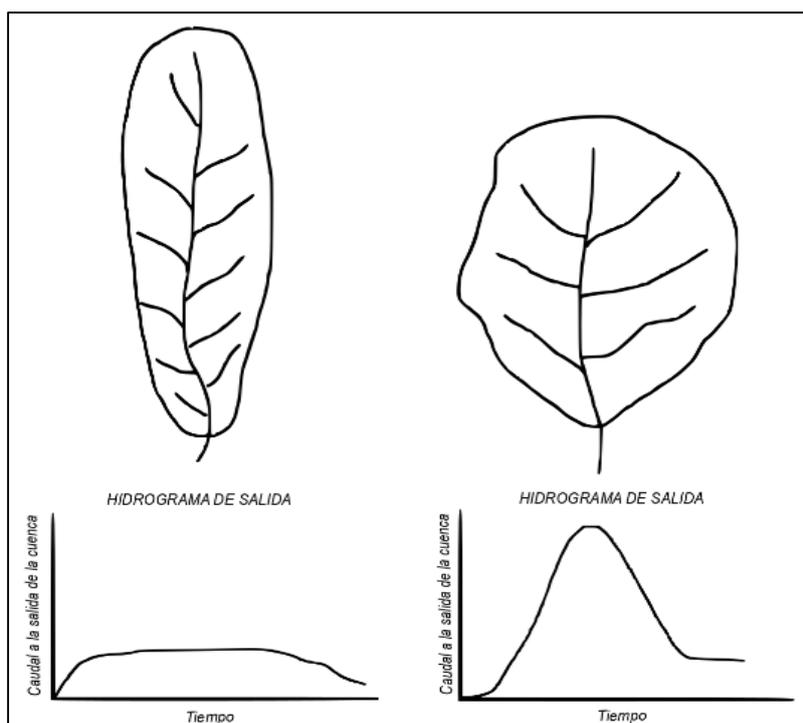
**Longitud de la cuenca (L)**, se define como la distancia horizontal desde la desembocadura de la cuenca (punto de desfogue) hasta otro punto aguas arriba donde la tendencia general del río principal corte la línea de contorno de la cuenca (Cardona, 2016). La *longitud* es de 72 km.

**Ancho de la cuenca (B)**, se define como la relación entre el área y la longitud de la cuenca. En este caso  $B = 507 \text{ km}^2 / 72 \text{ km} = 7,04 \text{ km}$ .

**Factor de Forma de Horton (Kf)**, es la relación entre el área y el cuadrado de la longitud de la cuenca.  $Kf = A / L^2$ . Para la cuenca de referencia se tiene que:

$$Kf = 507\text{km}^2/(72\text{km})^2 = 0,0978$$

Intenta medir cuán cuadrada (o alargada) puede ser la cuenca. Una cuenca con un factor de forma bajo, está menos sujeta a crecientes que una de la misma área y mayor factor de forma. Principalmente, los factores geológicos son los encargados de moldear la fisiografía de una región y la forma que tienen las cuencas hidrográficas. Un valor de Kf superior a la unidad proporciona el grado de achatamiento de ella o de un río principal corto y por consecuencia con tendencia a concentrar el escurrimiento de una lluvia intensa formando fácilmente grandes crecidas.



**Figura 4: Hidrogramas de salida** – Fuente: Elaboración propia

Respecto de la forma, el **factor de forma (IF)** se define como la razón entre el ancho promedio y la longitud de la cuenca, siendo en este caso  $IF = 7,04/72 = 0,0977$ ; conforme a la información de este factor la cuenca es alargada, y el efecto que produce sobre el hidrograma de salida es que tiende a bajar el pico de caudal y que el tiempo del mismo sea mayor.

También se puede evaluar por el **Índice de Compacidad de Graveluis (Kc)**, el que compara la forma de la cuenca con la de una circunferencia, cuyo círculo inscrito tiene la misma área de la cuenca en estudio. Se define como la razón entre el perímetro de la cuenca, que es la misma longitud del parteaguas o divisoria que la encierra, y el perímetro de la circunferencia. Este coeficiente adimensional, independiente del área estudiada, tiene por definición un valor de uno para cuencas imaginarias de forma exactamente circular. Nunca los valores del coeficiente de compacidad serán inferiores a uno. El grado de aproximación de este índice a la unidad indicará la tendencia a concentrar fuertes volúmenes

de aguas de escurrimiento, siendo más acentuado cuanto más cercano a uno sea, es decir mayor concentración de agua.

$$Kc = \frac{P}{Pc} = \frac{P}{2\pi R}$$

Donde, P es el perímetro de la cuenca (longitud de la línea parteaguas), Pc es el perímetro de la circunferencia y R es el radio de la circunferencia. Para el caso de la cuenca Soto los valores se consignan a continuación:

$$Kc = \frac{P}{Pc} = \frac{239}{2\pi 12,17} = 3,12$$

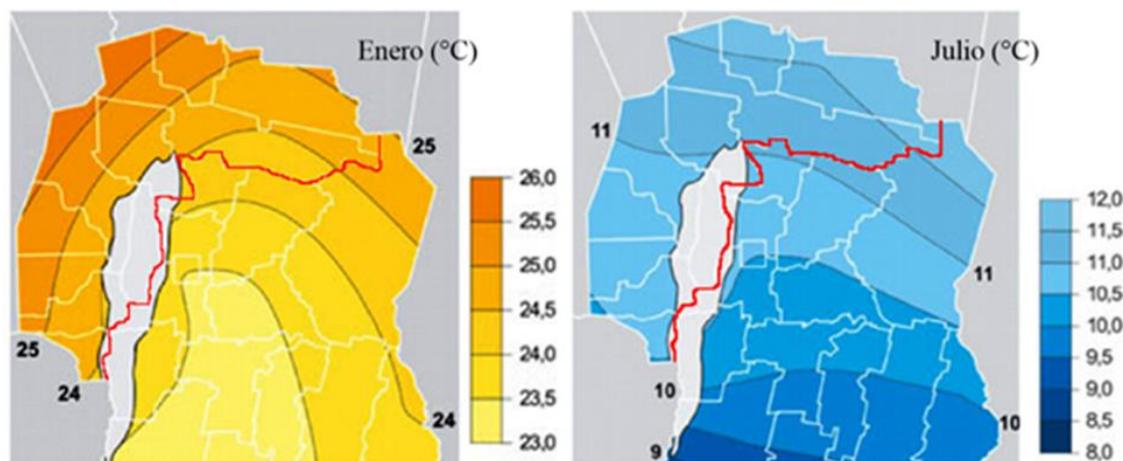
El valor obtenido indica que la cuenca se encuentra dentro de la categoría de oblonga a rectangular oblonga.

### 3. CARACTERÍSTICAS BIO-GEO-FÍSICAS

#### 3.1 Características climáticas generales

En la cuenca del río Soto el régimen térmico se caracteriza por una temperatura media anual de 18°C y una amplitud térmica de 14°C, con un período de 244 días libre de heladas, las que ocurren generalmente entre abril y septiembre (Figura 5).

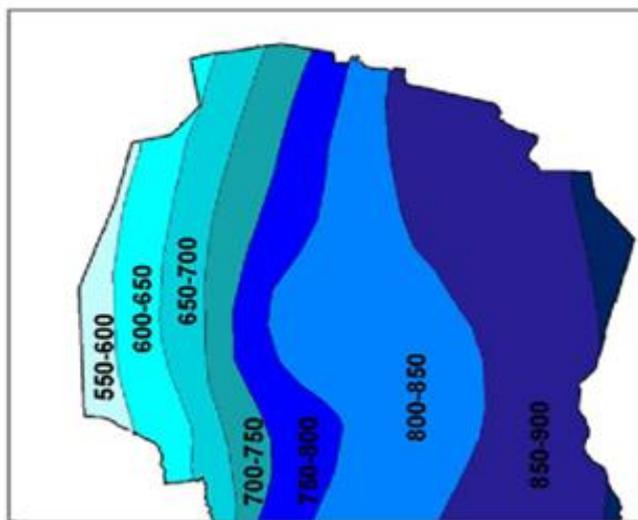
La pluviometría posee una distribución con un rango de 600 mm al Oeste y 650 mm al Este con una distribución estacional de tipo monzónico. El déficit hídrico es muy elevado durante todo el año, lo cual genera deficiencias hídricas considerables, presenta una variación de 400 mm al Este y 480 mm al Oeste (Gorgas, 2006).



**Figura 5: Temperaturas medias de Enero (°C) y Julio (°C) – Fuente: Gorgas, 2006**

La variación climática en el departamento es grande siendo esta heterogeneidad determinada principalmente por el relieve. Así, en el extremo sur (sector de Los Gigantes), a mayor altitud, la temperatura máxima media es de 14°C y las precipitaciones pueden superar los 800 mm mientras que, en el extremo norte

en las Salinas Grandes, los valores térmicos superan los 27°C y los de precipitación son inferiores a 400 mm (Figura 6).



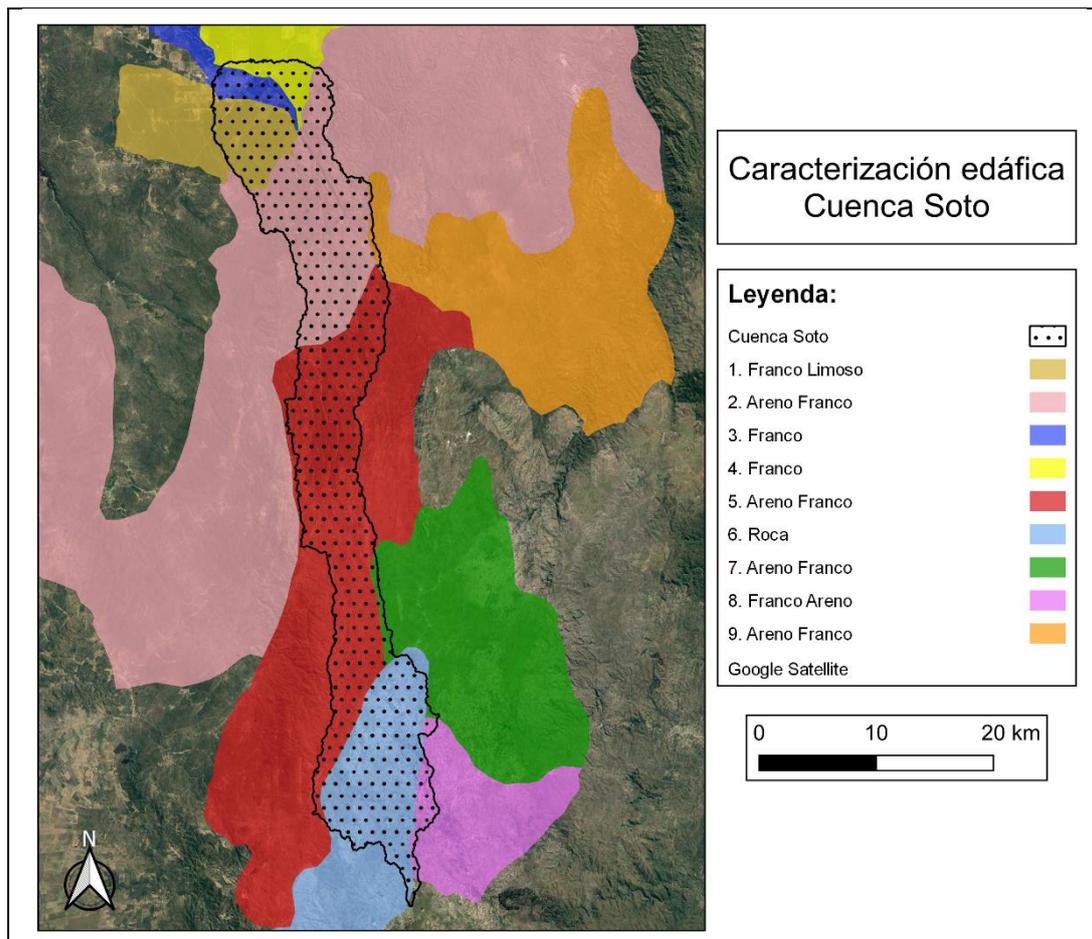
**Figura 6: Precipitación media anual (mm) – Fuente: Gorgas, 2006**

### **3.2 Características edáficas**

Respecto a este punto es importante destacar que la información edafológica disponible para la región noroeste de la Provincia de Córdoba, en los mapas de IDECOR no está completa como en las regiones de la pampa húmeda. Se cuenta con las capas descargables gratuitas: “Limitantes edáficas”, “Cartas de suelo” y “Materia orgánica del suelo”. En el Anexo II se detalla el Informe Técnico por el cual fue generado el mapa.

La capa de limitantes edáficas y cartas de suelo coinciden en su limitación, se pueden observar en la Figura 7.

Se visualizan nueve tipos de suelos, en su mayoría franco-arenosos, con diferencias en su drenaje o profundidad. Al norte de la cuenca el franco-limoso y al sur la roca, bien diferenciado.



**Figura 7 - Carta de Suelos y Limitantes Edáficas** – Fuente: mapa limitante edáfica de IDECOR y elaboración propia

En la parte sur de la cuenca, la parte alta en la montaña Los Gigantes es roca (se puede observar en color celeste al sur de la cuenca), estos suelos no tienen aplicación agrícola ni ganadera. Debido a la gravedad de sus limitaciones, sólo sirven para recreación, conservación de la fauna silvestre, provisión de agua, fines estéticos, etc. Son suelos que presentan problemas de escasa profundidad, baja capacidad de retención de humedad, salinidad o alcalinidad y bajo nivel de fertilidad, difíciles de corregir.

En la parte de cuenca baja, más cercano a la localidad de Villa Soto aparecen suelos que tienen graves limitaciones para el uso, resultando también ineptos para cultivos. Su uso queda reducido exclusivamente para pasturas cultivadas, campos naturales de pastoreo o para bosques y refugio de la fauna. Tanto

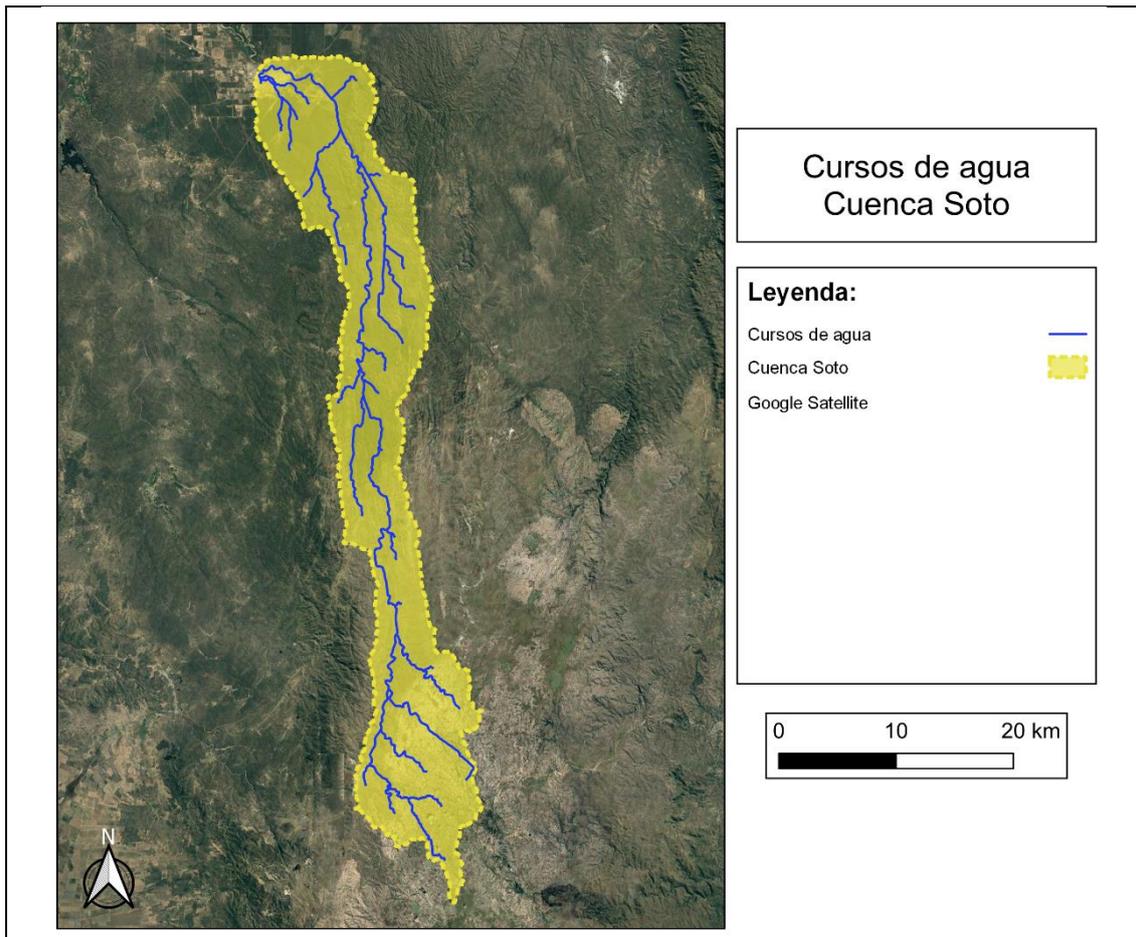
cuenca media como cuenca baja, son suelos erosionados, con numerosas zanjas de erosión hídrica y salinidad severa que permite únicamente la existencia de plantas nativas muy tolerantes; son suelos con problemas de drenaje excesivo causado por una textura arenosa que acentúa la limitación climática natural del área, respectivamente.

La textura es areno-franco, implica desde un 50-70% de arena con un 15-20% de arcilla conforme al triángulo de clases texturales. La textura franca es la que posee las propiedades medias en cuanto a finura, retención hídrica y cohesión (Pellegrini, 2019). Tiene una profundidad del suelo efectiva (considerada como la espesura del suelo) de 120 cm a 90 cm, y en la cuenca baja de 60 cm a 30 cm siendo somero. Los suelos no son salinos ni sódicos. Es excesivamente drenado, lo cual significa que el agua se mueve a través del suelo muy rápidamente (Soil Survey Staff, 1993).

### **3.3 Hidrología**

#### **3.3.1 Recursos hídricos superficiales**

El río Soto tiene sus nacientes al oeste del cerro Los Gigantes (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), subterráneamente, sus aguas llegan hasta la depresión de las Salinas Grandes. La superficie de la cuenca activa es de 507 km<sup>2</sup>. El recorrido del río y sus afluentes se obtuvo de la información del PIHC (Portal de Información Hídrica - APRHI).



**Figura 8: Río Soto en la cuenca desde su nacimiento – Fuente: PIHC y elaboración propia**

La infiltración casi total de sus aguas se produce pasando la localidad de Villa de Soto (Dpto. Cruz del Eje) y tiene sistemas de captación de aguas que permiten regar una pequeña área en cercanías de dicha ciudad y en cercanías de la localidad de Bañados de Soto.

### **3.3.2 Recursos hídricos subterráneos**

En el borde del sector serrano, el piedemonte y los conos aluviales, con su granulometría gruesa, generan una rápida infiltración de las corrientes que descienden de la sierra. Estos materiales gruesos son reemplazados gradualmente hacia la cubeta de las Salinas Grandes por sedimentos más finos,

muy uniformes, de origen fluvio-eólico de elevada porosidad y permeabilidad, constituyendo muy buenos acuíferos que condicionan una rápida circulación.

Los aprovechamientos de acuíferos o napas subterráneas se dan en el área de fajas fluviales próximas al cauce del río a profundidades variables de captación en función de su ubicación y presentan caudales variables. En general la calidad del agua subterránea extraída en la zona cumple los requisitos para ser considerada potable, aunque los análisis datan de más de 20 años.

### 3.4 Cobertura de suelos. Vegetación y fauna asociada

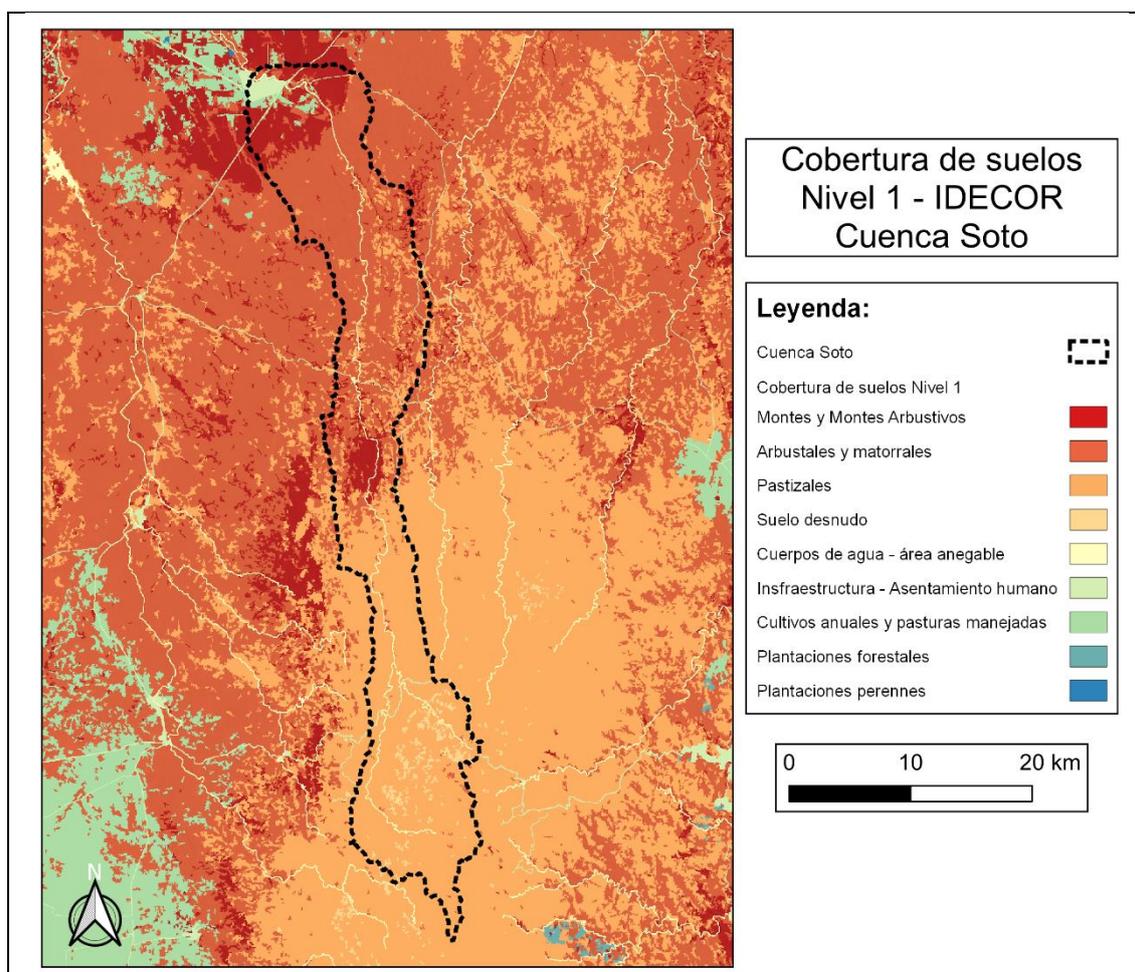
La Figura 9 muestra la distribución de las regiones fitogeográficas de la provincia de Córdoba (adaptado de Luti et al. 1979). Pueden distinguirse distintas unidades de vegetación asociadas a características ambientales, de las cuales el relieve es la más importante.



**Figura 9: Regiones fitogeográficas de la provincia de Córdoba** (Luti et al. 1979, adaptado por cátedra de Botánica Taxonómica, 2019 FCA, UNC)

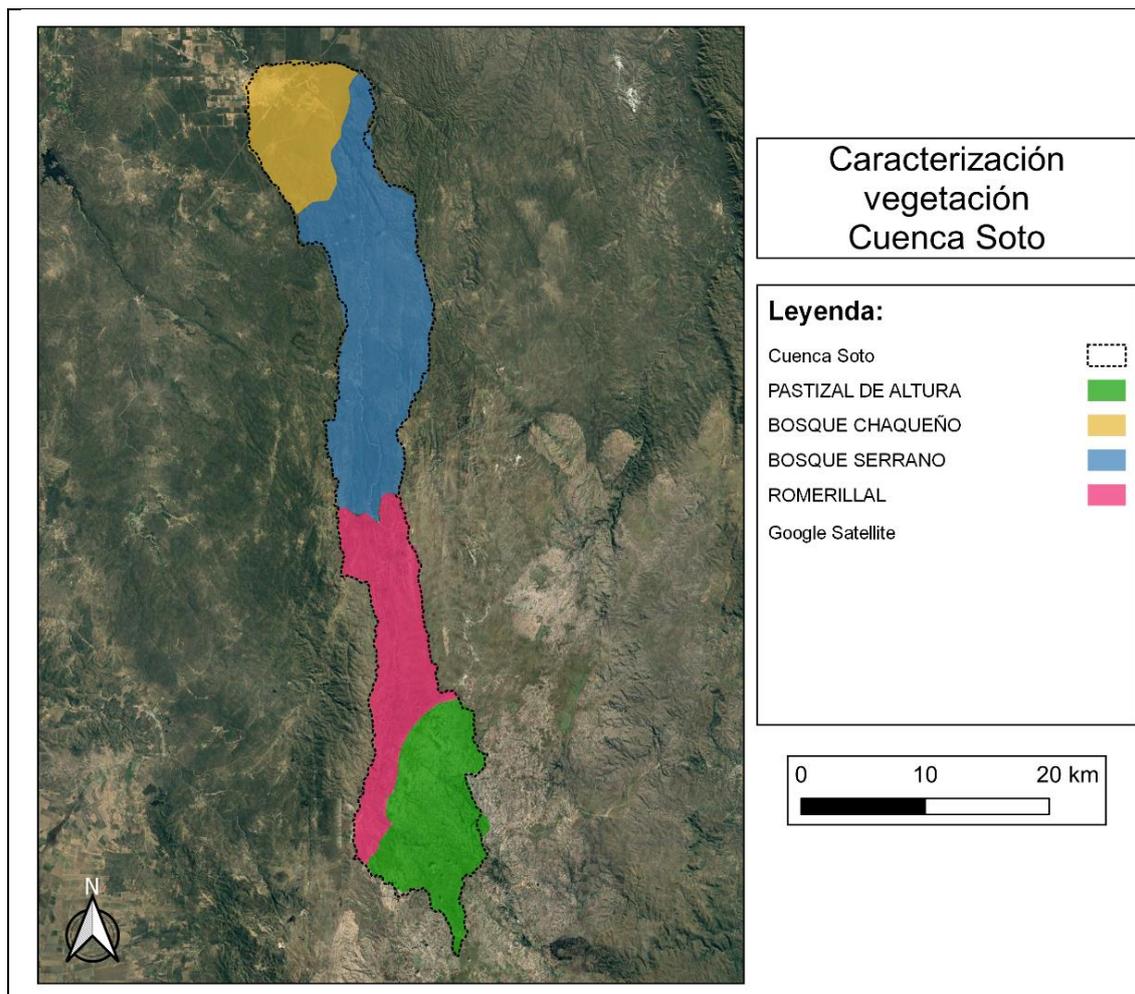
Para describir la zonificación de la vegetación en la cuenca de estudio se tomó como base el mapa IDECOR de “Cobertura de suelos” y se eligió trabajar con la cobertura de suelos Nivel 1, porque es la más sencilla para aplicar y comprender. Este mapa tiene 9 categorías, conforme a lo detallado en “Informe Técnico Mapa Cobertura del Suelo”, las que abarcan coberturas tanto de carácter natural, como antrópico.

Los niveles se referencian desde la categoría 1 (Montes y Montes Arbustivos), a la categoría 9 (Plantaciones perennes). Se observa con claridad que los colores predominantes en la cuenca corresponden a las categorías 1 a 4 (Figura 10).



**Figura 10 - Cobertura de Suelo Nivel 1 2017-2018 - Cuenca Soto –**  
Fuente: Cobertura de suelos Nivel 1 IDECOR y elaboración propia

Teniendo en cuenta la bibliografía disponible (Luti et al 1979, Verzino et al. 2016)



**Figura 11: Zonificación de la vegetación** – Fuente: Elaboración propia y un relevamiento a campo de la vegetación en la cuenca objeto de estudio, se elaboró un mapa muy sencillo (Figura 11), que ratifica la zonificación efectuada por IDECOR.

Se observa una imagen satelital de toda la cuenca, donde se alcanzan a apreciar a simple vista las distintas coberturas desde el extremo sur hasta su extremo norte.

En la parte sur, correspondiente a la cuenca alta, la zona color verde abarca el sector del Cerro Los Gigantes en las Sierras Grandes, con una elevación aproximada de 2.200 m.s.n.m hasta 1.700 m.s.n.m. Se visualiza el suelo

desnudo, que incluye rocas y arenales, que es reemplazado por pastizales de altura a medida que disminuye la latitud (Imagen 1).

A medida que se va descendiendo en altura, desde los 1.700 m.s.n.m hasta 1.400 m.s.n.m. (zona color rosa), se observa un predominio de poáceas y otras especies herbáceas que forman céspedes, pastizales o pajonales (Imagen 2).



**Imagen 1: Roquedales Cuenca Soto**



**Imagen 2: Pastizales Cuenca Soto**



**Imagen 3: Romerillal cuenca Soto**



**Imagen 4: Espinillos cuenca Soto**

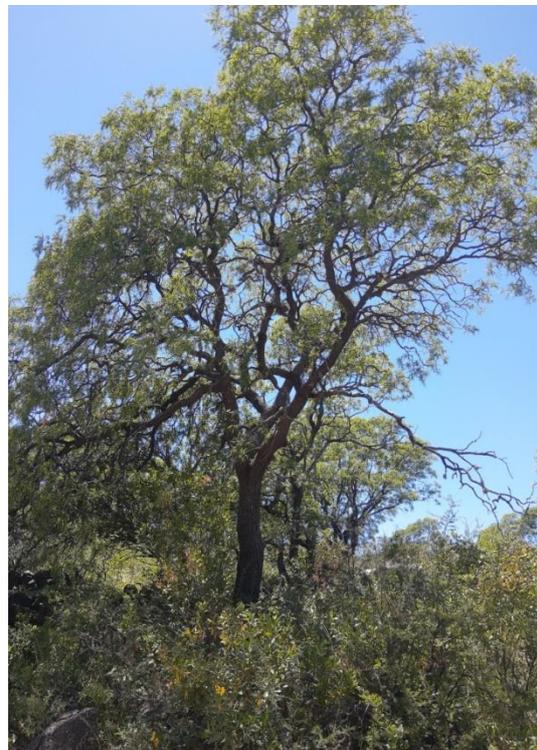
A menor elevación, el pastizal es reemplazado gradualmente por un arbustal de altura compuesto, principalmente, por *Baccharis aliena* “romerillo” (Imagen 3) y a medida que se descende en altura se comienzan a divisar numerosos ejemplares de “espinillos”, *Vachellia caven* (Imagen 4). Esta interfaz se da entre

los 1.400 m.s.n.m y los 1.200 m.s.n.m., y es denominada Arbustales y matorrales por IDECOR (Figura 10) y Romerillal por Luti et al. (1979) (Figura 9 y Figura 11).

En la cuenca media y baja aparece la vegetación arbórea, el bosque serrano (zona color azul-Figura 11), que abarca el piso de vegetación comprendido entre los 500 y 1.000 -1.200 m.s.n.m. Está compuesto por orco quebracho (*Schinopsis lorentzii*), molle (*Lithraea molleoides*) y coco (*Zanthoxylum coco*), entre las especies más importantes (Imagen 5 y Imagen 6).



**Imagen 5: Quebrachos, molles y cocos – Cuenca Soto**



**Imagen 6: Coco - Cuenca Soto**

Esta zona es denominada Montes y montes arbustivos, por IDECOR (Figura 10).

Por último, al descender por debajo de los 500 m.s.n.m nos encontramos con el bosque chaqueño occidental (zona color mostaza-Figura 11), caracterizado por

el quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco*) como especie dominante, el mistol (*Ziziphus mistol*) y el algarrobo blanco (*Prosopis alba*).

Solo en el sector norte de la cuenca, en una parte muy pequeña, ya que se encuentra la localidad de Villa de Soto, se puede observar la categoría que contempla la infraestructura y los asentamientos humanos (Figura 10). Además, se encuentran las chacras de los productores de la zona, con cultivos anuales y pasturas manejadas que se riegan con las aguas del río Soto (Imagen 7). Esta parte no llega al 5% del total de la cuenca delimitada. Las salinas y áreas perisalares tienen un matorral o arbusto de porte bajo y cobertura variable, compuesto por especies adaptadas a la alta salinidad como *Distichlis spp.* “pasto salado” o *Spartina sp.* “esparto”. El paisaje se encuentra dominado por los cardones y las tunas.



**Imagen 7: chacras en cuenca Soto**

La fauna nativa ha sido sometida a una intensa presión de uso, especialmente los animales con pieles valiosas como lampalaguas, zorros o gatos del monte.

Entre las especies de valor para explotación para consumo familiar se destacan el pecarí de collar, la vizcacha y la liebre europea. Están en situación delicada aves como el rey del bosque, la reina mora y el loro chaqueño hablador que son comercializados en el mercado clandestino de mascotas.

El guanaco que ocupaba todo el departamento, se lo considera prácticamente extinguido, existiendo aún algunos grupos que circulan en la región cercana a las Salinas Grandes. Se encuentran también algún puma y ñandú (avestruz).

La ganadería es actualmente la actividad predominante en términos de ocupación del suelo y se asienta en las áreas del pastizal de altura, bosque serrano y bosque chaqueño. Aproximadamente el 20% de la vegetación del área de llanura y piedemonte ha sido desmontada para agricultura y el área efectiva de riego (unas 20.000 ha) representa el 20% del área regada total de la provincia.

#### **4. CARACTERIZACIÓN ECONÓMICO-PRODUCTIVA**

En la cuenca se encuentran las localidades de Cruz de Caña, Villa de Soto y la Comuna de Bañado de Soto, todas dentro del departamento Cruz del Eje.

Cruz de Caña se ubica 3 km al oeste del río Ávalos. El lugar era conocido como La Posta, por una parada en el camino que venía desde el Norte con destino a San Juan, donde los viajeros obtenían alojamiento y alimentos. Se encuentra en las Sierras de Gaspar, últimas estribaciones de las Sierras Grandes. El cerro Cruz de Caña, de 1.093 m, domina el paisaje. Actualmente es una villa turística, una de las de mayor crecimiento de la zona. Se destacan el turismo por las antiguas minas de oro de la región, camping, y la pesca de truchas en el río San Guillermo.

Bañado de Soto es una localidad ubicada en la planicie que se extiende al norte del cordón Occidental de las Sierras de Córdoba, con declive hacia las Salinas Grandes. Actualmente, por la cantidad de población, su organización política corresponde a la de Comuna, la cual comprende al ejido central y a 19 parajes. Se encuentra a orillas del río Soto, a 10 km al noroeste de la localidad de Villa de Soto, por camino de tierra. Dista 34 km de la cabecera departamental y 181 km de la capital provincial.

Villa de Soto, coloquialmente Soto, es un municipio a 26 km de la capital departamental, a 55 km de la provincia de La Rioja, a 170 km de Córdoba capital, y a 900 km de Buenos Aires. Se encuentra en una encrucijada de rutas provinciales y nacionales.

Se toma como lugar de referencia ésta última localidad debido a que dentro de la cuenca baja es la más relevante frente a la caracterización económico productiva.

La mayoría de la información que se detalla en los puntos 4 y 5 se obtuvo del Plan Estratégico Territorial de Villa de Soto, del año 2018, publicado por la Secretaría de Planificación Territorial y Obra Pública, del Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda.

#### **4.1 Principales actividades económico-productivas**

La presencia del Estado en la economía departamental en la que se encuentra la cuenca es determinante: los puestos públicos y los planes asistenciales son la base de numerosas familias.

El cultivo del olivo, con numerosas plantaciones extendidas al norte de la cabecera departamental Cruz del Eje, es un signo distintivo de la economía de esta unidad política, la que se complementa con algunas plantas de procesamiento de las aceitunas y de extracción de aceite.

En cuanto al sector frutihortícola los cultivos de más relevancia son el ajo, el tomate perita, el melón, la sandía, la cebolla y la vid, entre otros.

La actividad turística también tiene su desarrollo en el departamento ya que ha crecido sensiblemente en cuanto a infraestructura turística, especialmente luego de que la Estancia Jesuítica La Candelaria fuera declarada Patrimonio Cultural de la Humanidad.

La actividad minera ha sido siempre un rasgo distintivo del departamento, fundamentalmente en el sudeste cruzdelejeño y en Canteras Quilpo, extrayéndose calizas, cuarzo y carbonatos.

La plaza comercial está en constante crecimiento, se industrializan los productos derivados de la aceituna, como el aceite de oliva, la pasta de aceitunas y elaboración de conservas en la zona.

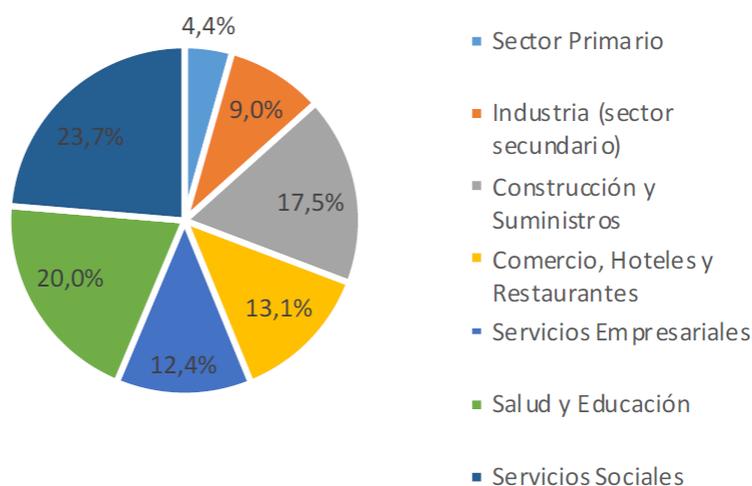
La instalación de la fábrica de armado de motocicletas Zanella le dio un empuje a la región. La localidad cuenta con un aserradero de mármol y granito, manufactura de ladrillos, cuenta con una destacada industria apícola y una planta de secado de hierbas aromáticas. La Unidad Penitenciaria ubicada en la localidad de Cruz del Eje significa fuentes de trabajo e ingresos económicos para algunos habitantes que se trasladan hasta allí.

### **Tipo de actividad económica**

Se agrupa a los trabajadores en siete grandes ramas de actividad económica, según diferentes unidades territoriales. Las ramas son: actividad primaria, actividad secundaria (industria manufacturera), construcción y suministros de servicios, comercio y afines, servicios empresariales; educación y salud; y servicios sociales (Figura 12).

Este agrupamiento se aplicó tanto para los datos provenientes de los Censos Nacionales de Población de 2001 y de 2010, como de la Encuesta Anual de Hogares Urbanos (EAHU) de 2013. También es útil para una caracterización de la estructura productiva del territorio.

### Ocupados según rama de actividad (agrupada)



**Figura 12: Tipos de actividad económica**

### Tenencia de la tierra

Respecto de la tenencia de la tierra la Dirección General de Estadísticas y Censos publicó en el 2008 el Censo Nacional Agropecuario, por departamentos, del que se obtuvieron los datos del departamento Cruz del Eje (Tabla 1), donde se encuentra inmersa la cuenca Soto. Los datos se encuentran en el INDEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos).

La cuenca Soto se encuentra rodeada por la cuenca Cruz del Eje y la cuenca Pichanas, que además de ser más grandes geográficamente ambas, cuentan con embalses de agua, lo que permite que el desarrollo agropecuario sea mayor debido al volumen acumulado para los meses donde no hay precipitaciones.

**Tabla 1: Categorías de régimen de tenencia de tierras.** Fuente: INDEC 2008

<b>Categoría</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Porcentaje</b>
Propiedad	267.875,5	69%
Sucesión Indivisa	56.459,6	14%
Arrendamiento en tierras privadas	27.280,5	7%
Aparcería en tierras privadas	1.156	1%
Contrato accidental en tierras privadas	1.871	1%
Ocupación con permiso en tierras privadas	9.069,3	2%
Ocupación de hecho en tierras privadas	4.662,8	1%
Otro tipo de régimen en tierras privadas	6.319,1	2%
Sin discriminar	12.375,5	3%
Superficie total del departamento	387.069,30	100%

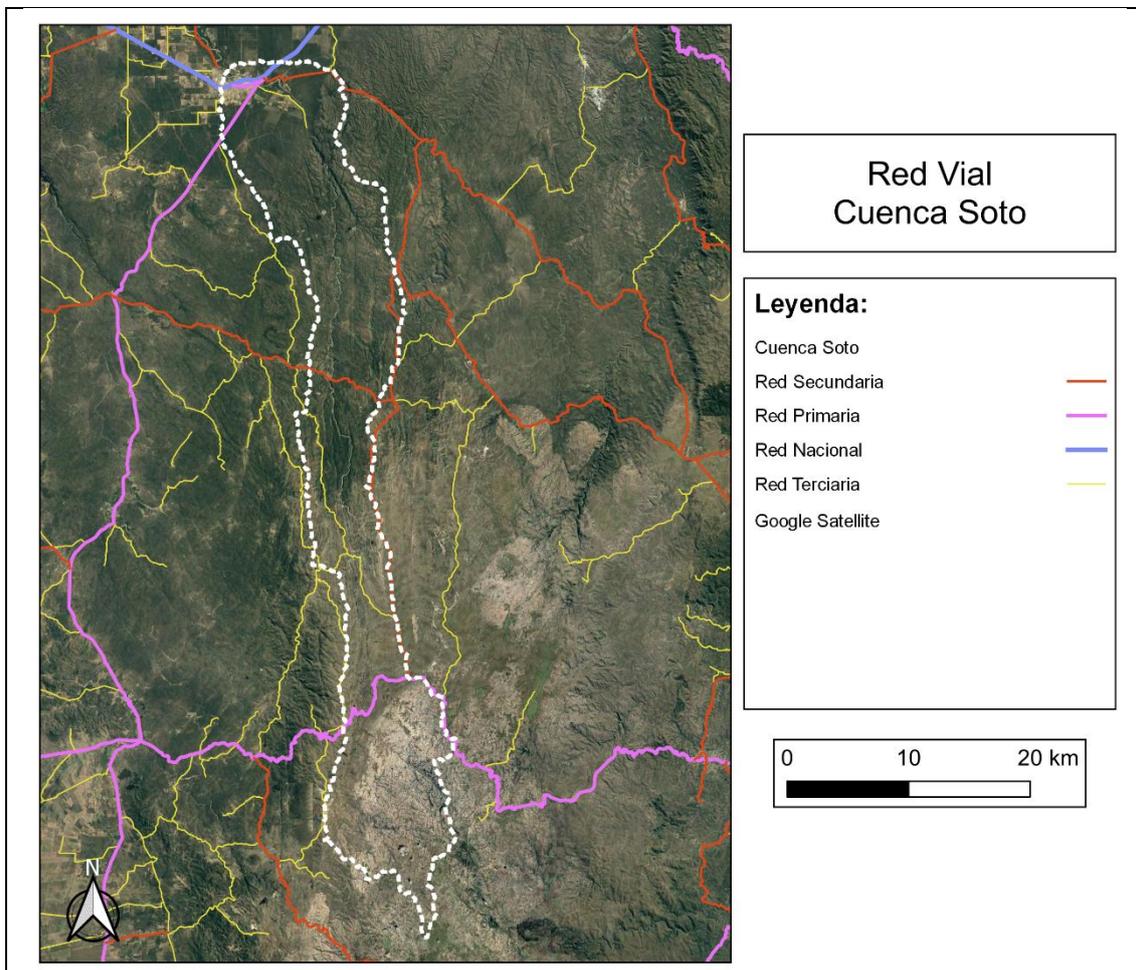
La agricultura de la zona es más bien de subsistencia, siendo una agricultura familiar. Hay establecimientos ganaderos, con producción de ovinos y bovinos, pero no dejan de ser pequeños emprendimientos de subsistencia. Lo mismo ocurre con los emprendimientos apícolas, los cuales son nucleados por la Cooperativa Apícola Soto.

#### **4.2 Red Vial**

La cuenca se encuentra atravesada por la Ruta Nacional 38 y la Ruta Provincial 15 en su parte norte, también se encuentran algunos caminos secundarios y terciarios no pavimentados dentro de la cuenca (Figura 13).

La localidad de Villa de Soto se encuentra en el cruce de la Ruta Nacional N°38 y Ruta Provincial N°15, lo cual la convierte en la puerta de ingreso a dos valles turísticos. La Ruta Nacional N°38 conecta a la provincia de La Rioja al Noroeste con la ciudad de Villa Carlos Paz al sur, atravesando todo el valle de Punilla, cuenta con sectores en mal estado y se encuentra actualmente en obras para mejorar la carpeta asfáltica y banquetas. La Ruta Provincial N°15 vincula a la

localidad con la ciudad de Mina Clavero en el valle de Traslasierra. Ambas rutas son importantes corredores turísticos y productivos.



**Figura 13 - Redes viales de la Cuenca Soto – Fuente: redes viales IDECOR y elaboración propia**

## 5. CARACTERIZACIÓN SOCIAL Y CULTURAL

### 5.1 Educación

A continuación, se informa sobre la condición de alfabetismo y asistencia educativa de la población, vinculada al grado de finalización de cada uno de los niveles educativos. La fuente de los datos es el Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010 (CNPHyV 2010).

El objetivo es dar cuenta de manera oportuna, adecuada y permanente de la situación de bienestar social de la población y de las brechas en su interior, como así también brindar insumos precisos para el diagnóstico y direccionamiento de las políticas públicas.

Según censo 2010, el porcentaje de analfabetos en la localidad era del 6,70 % y los Adultos sin educación superior era del 87,80%.

Según datos de la municipalidad de Villa de Soto, el número de analfabetos ha sido reducido en hasta un 10% y el número de adultos sin educación superior se mantuvo constante.

La localidad dispone de numerosos establecimientos escolares de diferentes niveles educativos privados y estatales. Entre los cuales se encuentran:

- Jardín de infantes Nicolas Avellaneda, Dirección: Corrientes esquina Dean Funes s/n, Villa de Soto.
- Jardín de Infantes Padre Bartolomé de las casas, Dirección: Av. 25 de mayo 31, Villa de Soto.
- Escuela Nicolás Avellaneda, Dirección: Deán Funes 2001, Villa de Soto.

- Escuela Padre Bartolomé de las casas, Nivel primario, Dirección: Av. 25 de mayo 31, Villa de Soto.
- Instituto Secundario José Manuel Estrada, José Ignacio Peralta 331, Villa de Soto.
- I.P.E.M 254 Tristán de Tejeda, Dirección: Juan Bautista Alberdi 2200, Villa de Soto.
- Instituto superior Santo Domingo, José Ignacio Peralta 249, Villa de Soto.
- C.E.M.P.A. de Villa de Soto, Dirección: Av. 25 de mayo 31, Villa de Soto.
- C.E.N.M.A Villa de Soto, Dirección: Av. 25 de Mayo 31, Villa de Soto

## **5.2 Salud - Infraestructura sanitaria**

La Municipalidad brinda los servicios de salud en el hospital municipal. El centro de salud atiende las especialidades de clínica médica, odontología, bioquímica y ginecología, pediatría, Psicopedagogía, urología, Fonoaudiología, cuenta con enfermeras profesionales las 24hs. Tiene capacidad de internación. No todas las especialidades médicas se realizan todos los días.

Cuenta con tres ambulancias, dos de las cuales son nuevas y la atención de emergencias es derivada a la ciudad de Cruz del Eje.

En materia de seguridad el municipio cuenta con una comisaría de policía y cuartel de bomberos voluntarios. El personal policial y la flota son insuficientes, el cuerpo de bomberos cuenta con vehículos obsoletos y personal insuficiente.

A su vez, la localidad cuenta con cámaras de seguridad ubicadas en puntos estratégicos.

### **5.3 Red de agua potable**

Según el CNPHyV (2010) existía un 3% de la población sin acceso a este servicio. Actualmente, según la municipalidad, la red cubre el 100% de la localidad.

El servicio de agua se encuentra a cargo de la Cooperativa Limitada de Luz y Fuerza – Villa de Soto y la misma es extraída del río Soto. La cooperativa cuenta con una planta de clorado y filtrado por lo que la calidad del agua es buena.

En cuanto a la red de distribución la misma es obsoleta, tiene grandes problemas de impulsión y la capacidad de almacenamiento es insuficiente, sobre todo durante el verano, época en que se produce el mayor consumo.

### **5.4 Población rural y urbana**

Villa de Soto cuenta con 9927 habitantes (INDEC, 2010), lo que representa un incremento del 32% frente a los 7303 habitantes (INDEC, 2001) del censo anterior. Según la Municipalidad, en la actualidad el número de habitantes aumentó más del 25% con respecto al porcentaje indicado en el censo 2010, estimando un número de 12000 habitantes.

La población del casco urbano de Bañado de Soto, de acuerdo al último censo nacional, ascendía a 466 habitantes (INDEC, 2010), lo que representa un incremento del 127% frente a los 205 habitantes (INDEC, 2001) del censo anterior. La zona rural comprende los parajes Paloma Pozo y Dominguito. El Censo Provincial de Población 2008, que incluye la población rural, registró 795 pobladores, un 201,14% más que en el anterior censo provincial de 1996, cuando

tenía 264 moradores, con lo cual constituye uno de las localidades que ha crecido a un ritmo más sostenido (16,76% anual).

Se puede establecer, conforme a los censos realizados, que la población afectada de manera directa en la cuenca es de 10.700 habitantes aproximadamente. Conforme a la información recabada de manera informal en la Municipalidad de Villa de Soto y en la Comuna de Soto, en la actualidad, podrían ser un total de 14.000 habitantes.

### **5.5 Acceso a telefonía e internet**

En cuanto al servicio de telefonía fija el servicio es brindado por Telecom y cuenta con dos servicios de internet uno a cargo de Telecom y el otro es brindado por la Cooperativa Limitada de Luz y Fuerza – Villa de Soto, siendo la calidad de ambos servicios regular.

La localidad cuenta con una antena de telefonía celular, en general la prestación del servicio es regular, con baja capacidad de uso simultáneo, dejando amplios sectores fuera de la mancha urbana sin cobertura.

### **5.6 Red de Energía Eléctrica**

Según el CNPHyV (2010) un 10,20 % de la población de la localidad de Villa de Soto carecía del servicio de red de energía eléctrica, actualmente según datos de la municipalidad el porcentaje indicado en el censo 2010 disminuyó un 10%.

El servicio es brindado por la Cooperativa Limitada de Luz y Fuerza – Villa de Soto.

## **5.7 Identificación de actores principales y secundarios en la zona**

Actores nacionales: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), hay sede en Cruz del Eje, y se cuenta con personal en Villa de Soto; Asociación de productores del noroeste cordobés (APENOC).

Actores provinciales: “Consortio de Usuarios de riego del Subsistema Los Indios - Sistema Soto”, y el “Consortio de Usuarios de riego del Subsistema Las Tapias - Sistema Soto” (en formación), Consortio Caminero, con sede en Bañado de Soto, Secretaría de Recursos Hídricos, Administración Provincial de Recursos Hídricos, Grupos de Buenas Prácticas Agropecuarias (BPA).

Actores municipales: Foro Ambiental de Villa de Soto, Cooperativa Apícola Soto, Municipalidad de Villa de Soto, Comuna de Bañado de Soto, Cooperativa Limitada de Luz y Fuerza – Villa De Soto, la cual se encarga de la toma de agua potable sobre el río Soto.

## **6. ANÁLISIS DE LA NORMATIVA VIGENTE DE NIVEL NACIONAL, PROVINCIAL, REGIONAL Y MUNICIPAL**

Se analizarán las normativas vigentes respecto del recurso hídrico y en particular acerca de los Consorcios de Riego, ya que son la forma institucional para la organización de los sistemas de riego, es decir, los sistemas de canales.

### **Constitución Nacional**

Comenzando desde lo general a lo particular, la Constitución Nacional establece cómo funciona el sistema y define las atribuciones de cada sector del gobierno.

El artículo 41, que se encuentra dentro de la Primera Parte: Declaraciones, derechos y garantías, dentro del capítulo II sobre Nuevos derechos y garantías establece que:

“Todos los habitantes gozan el derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras y tienen el deber de preservarlo. El daño ambiental generará la obligación de recomponer, según lo establezca la ley. Las autoridades proveerán a la protección de este derecho, a la utilización racional de los recursos naturales, a la preservación del patrimonio natural y cultural, y de la diversidad biológica, y a la información y educación ambientales. Corresponde a la nación dictar los presupuestos mínimos de protección, y a las provincias las necesarias para complementarlas, sin que aquellas alteren las jurisdicciones locales. Se prohíbe el ingreso al territorio nacional de residuos actual o potencialmente peligrosos y los radioactivos”.

Este artículo incorpora el tema ambiental que pasa a tener trascendencia jurídica en el sistema jurídico político e institucional argentino y distribuye las competencias legislativas en materia ambiental.

### **Constitución Provincial**

La Constitución de la Provincia de Córdoba, en la reforma de 1987 incorpora los principales aspectos ambientales, los cuales se reforman en 2001.

Dentro Recursos Naturales y Medio Ambiente (Artículo 11): “El Estado provincial resguarda el equilibrio ecológico, protege el medio ambiente y preserva los recursos naturales”. Y en la Sección Tercera, Deberes, en el artículo 38, los deberes de toda persona, en el inciso 8, “Evitar la contaminación ambiental y participar en la defensa ecológica”.

En el Capítulo Medio Ambiente y Calidad de Vida (artículo 66): “Toda persona tiene derecho a gozar de un medio ambiente sano. Este derecho comprende el de vivir en ambiente físico y social libre de factores nocivos para la salud, la conservación de los recursos naturales y culturales y a los valores estéticos que permitan asentamientos humanos dignos y la preservación de la flora y de la fauna. El agua, el suelo y el aire como elementos vitales para el hombre, son materia de especial protección en la provincia. El estado provincial protege el medio ambiente, preserva los recursos naturales ordenando el uso y explotación, y resguarda el equilibrio ecológico, sin discriminación de individuos o regiones”.

Como se detalla más adelante, la provincia ordena el uso y explotación del recurso hídrico, como es el caso específico de la problemática de esta cuenca, mediante la Ley 5589.

En el artículo 104, corresponde al poder legislativo: dentro del inciso 21 “Dictar normas generales sobre la preservación del suelo urbano, referidas al ordenamiento territorial y protectoras del medio ambiente y del equilibrio ecológico”. De aquí las leyes provinciales dictadas referentes a lo ambiental, como la Ley 10.208.

En el artículo 186, son funciones, atribuciones y finalidades inherentes a la competencia municipal, inciso 7, “Atender las siguientes materias: salubridad, salud y centros asistenciales; higiene y moralidad pública, ancianidad, discapacidad y desamparo, cementerios y servicios fúnebres, planes edilicios, apertura y construcción de calles, plazas y paseos; diseño y estética; vialidad y tránsito y transporte urbano; uso de calles y subsuelo; control de la construcción; protección del medio ambiente, paisaje, el equilibrio ecológico y la contaminación ambiental...”. Las Comunas y Municipios tienen la potestad de dictar ordenanzas en materia ambiental.

### **Legislación Ambiental Nacional**

Dentro de la legislación nacional se encuentra la Ley General del Ambiente, Ley 25675, la cual, “establece los presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable”, tal como lo describe el artículo 1. En el artículo 2 se fijan los objetivos que debe cumplir la política ambiental nacional. Y en el artículo 4 se establecen los principios a los

cuales estarán sujetas todas las normas a través de las cuales se ejecute la Política Ambiental.

El artículo 6, define al presupuesto mínimo como “toda norma que concede una tutela ambiental uniforme o común para todo el territorio nacional, y tiene por objeto imponer condiciones necesarias para asegurar la protección ambiental”. En su contenido, debe prever las condiciones necesarias para garantizar la dinámica de los sistemas ecológicos, mantener su capacidad de carga y, en general, asegurar la preservación ambiental y el desarrollo sustentable. Por lo tanto, cualquier norma provincial o municipal no debe ir en oposición de los principios que establece el artículo 4, ni dejar de contemplar las condiciones necesarias del artículo 6.

El artículo 8, establece los instrumentos de la política y la gestión ambiental. En el artículo 9 y 10, se desarrolla el instrumento de Ordenamiento Territorial, en los artículos 11, 12 y 13, la Evaluación de Impacto Ambiental, en los artículos 14 y 15, la Educación Ambiental, y desde el artículo 16 al 18, la Información Ambiental.

Respecto al artículo 11, “toda obra o actividad que, en el territorio de la Nación, sea susceptible de degradar el ambiente, alguno de sus componentes, o afectar la calidad de vida de la población, en forma significativa, estará sujeta a un procedimiento de evaluación de impacto ambiental, previo a su ejecución”. Así, otorga herramientas para que, cualquier obra que se quiera desarrollar dentro de la cuenca, que se estima pueda afectarla negativamente, sea sometida a una evaluación de impacto ambiental.

De acuerdo al artículo 14, “la educación ambiental constituye el instrumento básico para generar en los ciudadanos, valores, comportamientos y actitudes que sean acordes con un ambiente equilibrado, propendan a la preservación de los recursos naturales y su utilización sostenible, y mejoren la calidad de vida de la población”. En la provincia de Córdoba se cuenta con las capacitaciones de la Escuela del Agua, por parte del Ministerio de Servicios Públicos y el Ministerio de Educación, las cuales hacen mucho hincapié en tratar a la cuenca de manera integral, entender los conceptos y las legislaciones pertinentes. Se capacita a docentes para poder tener un mayor alcance.

## **Legislación Ambiental Provincial**

### ***Ley de política ambiental de la Provincia de Córdoba - Ley Nº 10208***

Fue sancionada en el 2014, en el artículo 1º establece.- La presente Ley determina la política ambiental provincial y, en ejercicio de las competencias establecidas en el artículo 41 de la Constitución Nacional, complementa los presupuestos mínimos establecidos en la Ley Nacional Nº 25.675 - General del Ambiente-, para la gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable que promueva una adecuada convivencia de los habitantes con su entorno en el territorio de la Provincia de Córdoba.

Entre los artículos 9 a 12, se refiere al Ordenamiento Ambiental del Territorio, “mediante la coordinación de municipios y comunas con la Provincia”, como cita el artículo 9. Una de las herramientas que se quiere utilizar está en el inciso b, del artículo 10, “desarrollar los lineamientos y estrategias para la preservación, protección, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos

naturales, así como para la localización de actividades productivas y de los asentamientos humanos”.

También, en el artículo 53 de la Ley 10208, se detalla la importancia de la educación formal respecto de los aspectos ambientales.

### **Principios rectores para la preservación, conservación, defensa y mejoramiento del ambiente - Ley Nº 7343**

En el artículo 1 se detalla el objeto de la ley, cual es “la preservación, conservación, defensa y mejoramiento del ambiente en todo el territorio de la Provincia de Córdoba, para lograr y mantener una óptima calidad de vida”. En su artículo 2 se declara “de interés provincial a los fines de su preservación, conservación, defensa y mejoramiento aquellos ambientes urbanos, agropecuarios y naturales y todos sus elementos constitutivos que por su función y características, mantienen o contribuyen a mantener la organización ecológica más conveniente tanto para el desarrollo de la cultura, de la ciencia y la tecnología y del bienestar de la comunidad como para la permanencia de la especie humana sobre la tierra, en armónica relación con el ambiente”. Se quiere resaltar, una vez más, con este artículo la importancia de los ambientes agropecuarios, los cuales deben preservarse, conservarse, defenderse y mejorarse. En esta cuenca son de vital importancia los sistemas de riego, muchos de los productores tienen economías de subsistencia familiar, y resaltan la urgencia de poder preservar sus trabajos para no tener que mudarse y abandonar su actividad migrando a la ciudad. Con los años se produce un gran deterioro y reducción de los sistemas productivos agropecuarios en todo el noroeste cordobés.

En el artículo 3, se describe en el inciso a, “el ordenamiento territorial y la planificación de los procesos de urbanización, poblamiento, industrialización, explotación minera y expansión de fronteras productivas en función de los valores del ambiente”. También, se busca trabajar con “la utilización racional del suelo, agua, flora, fauna, gea, paisaje, fuentes energéticas y demás recursos naturales en función de los valores del ambiente”, como detalla el inciso b.

En el artículo 4, inciso b, se define al Ambiente Agropecuario como “el conjunto de áreas dedicadas a usos no urbanos ni naturales del suelo y sus elementos constitutivos, que incluyan como actividades principales la agricultura en todas sus formas, la ganadería y demás crías industriales de animales terrestres, la acuicultura, la silvicultura y toda otra actividad afín; por extensión y con los agregados que corresponden, constituye un ecosistema agropecuario o agroecosistema”. Éste es el ambiente que se busca proteger, ya que se lo tiene en desmedro comparativamente con el ambiente natural, cuando ambos son importantes si se trabaja de manera equilibrada.

En el inciso c, se define al Ambiente Natural como “el conjunto de áreas naturales y sus elementos constitutivos dedicados a usos no urbanos ni agropecuarios del suelo, que incluyen como rasgo fisonómico dominante la presencia de bosques, pastizales, bañados, lagos, ríos, arroyos y cualquier otro tipo de formación ecológica inexplorada o escasamente explotada; por extensión y con los agregados que corresponden constituye un ecosistema natural”. En esta cuenca se busca proteger también el ambiente natural, ya que es la base para que los demás ambientes funcionen de manera correcta.

En el artículo 9 “se establecerán criterios para proteger y mejorar las organizaciones ecológicas y la calidad de los recursos hídricos de la Provincia mediante: (a) Clasificación de las aguas; (b) Establecimiento de normas o criterios de calidad de las aguas; (c) Evaluación ecológica, protección y mejoramiento de calidad de las mismas, (d) La definición de responsabilidades en materia de monitoreo y vigilancia; (e) La limitación y reducción de la degradación y contaminación de las aguas”. Lo detallado es función del Ministerio de Servicios Públicos, se cuenta con algunos incisos ya realizados en la cuenca, se querría poder establecer las responsabilidades del inciso d, se ha comenzado colocando estaciones meteorológicas, y aforadores de transmisión online. Y con respecto al inciso e, es de vital importancia resguardar la parte alta de la cuenca.

En el artículo 16 se detalla que “será responsabilidad de las personas y/o entidades que ocasionen la contaminación: limitar, quitar, limpiar y/o restaurar a su costo y cargo los incidentes relativos a la degradación y contaminación del agua. En caso de incumplimiento los organismos gubernamentales competentes deberán proceder a las operaciones de contención, remoción, limpieza y/o restauración cargando los gastos que demanden tales operaciones a las personas y/o entidades responsables de la degradación o contaminación mencionadas”.

También en el artículo 46 “queda prohibido el vuelco, descarga o inyección de efluentes contaminantes a las masas superficiales y subterráneas de agua cuando tales efluentes superen los valores máximos de emisión establecidos para los mismos y/o cuando alteren las normas de calidad establecidas para cada masa hídrica. Esta prohibición también se aplicará cuando los efluentes

contaminantes afecten negativamente a la flora, la fauna, la salud humana y los bienes”. En la actualidad, existen diversos contaminantes que afectan el agua que circula por las acequias y por el cauce del río.

En el artículo 63 “las personas físicas o jurídicas que contaminaren o concurrieren, a contaminar arroyos, ríos, lagos, aguas subterráneas, sean públicas o privadas, que se aprovechen para consumo humano o para riego de explotaciones agropecuarias, serán pasibles de multa al equivalente en pesos de dos mil quinientos a setenta mil litros de combustible NSP. Idéntica sanción corresponderá a las personas físicas o jurídicas cuando los autores materiales de la infracción fueren sus dependientes y actuaren en función o como agentes de los mismos”. Este artículo, a pesar de su antigüedad, no ha logrado ser aplicado dentro de la cuenca, es la finalidad de este proyecto de gestión de cuenca poder aprovechar los recursos normativos disponibles.

### **Código de Aguas - Ley Nº 5589**

Esta ley brinda la mayoría de los mecanismos jurídicos y administrativos que fijan los marcos normativos a tener en cuenta en esta cuenca (respecto de los permisos, habilitaciones, ordenamientos, competencias, atribuciones, autoridades de aplicación de normas, etc.) en función de los objetivos del proyecto en cuestión.

Como define el artículo 1, “objeto de regulación: este código y los reglamentos que en su consecuencia se dicten regirán en la Provincia de Córdoba el aprovechamiento, conservación y defensa contra los efectos nocivos de las aguas, álveos, obras hidráulicas y las limitaciones al dominio en interés de su uso”.

En el presente código, en el artículo 30, se define el concepto de sistema: “área territorial dentro de la cual es conveniente y beneficioso el uso de aguas de una fuente determinada. Al fijarse los límites del sistema, podrá establecerse el otorgamiento de oficio de concesiones y su irrenunciabilidad”. Y en el artículo 31, especifica respecto de los límites que “la autoridad de aplicación determinará los límites de los sistemas, las obras necesarias para el uso beneficioso de las aguas y las modalidades de su construcción, reembolso y manejo”.

En la cuenca de Soto existe un sistema, determinado como No Explotado, cuya definición se precisa en el artículo 34, pero aún no se han determinado de manera formal los límites del sistema de riego Soto. Cabe aclarar que el sistema, por definición corresponde ser Explotado, este cambio administrativo es importante, ya que se tienen obras de envergadura como el azud nivelador y toma de agua con canal revestido.

Existen multiplicidad de usos del recurso y todos se especifican en este código. Los usos más comunes dentro de este sistema son: usos de riego, uso pecuario, uso doméstico. El uso de riego, es en referencia a lo agrícola, el uso pecuario, corresponde al uso para bebida de animales, mediante represas de almacenamientos, y por último el uso doméstico es el uso de una vivienda, que no tenga acceso a agua corriente. El uso doméstico no es para consumo humano.

Existen dos tipos de autorizaciones, una llamada “permiso”, definida en el capítulo II, y en el artículo 54 se especifican los requisitos que deberá contener una autorización de este tipo, por lo tanto, especifica cuáles serán las documentaciones que deberá presentar ante una solicitud un usuario para poder

ser habilitado. Y respecto de las “concesiones”, detalladas en el capítulo III, en el artículo 62 se detallan los requisitos. La principal diferencia entre estos tipos de autorizaciones es que el permiso es otorgado a una persona, y la concesión se otorga como un derecho sobre la propiedad.

También en este código se especifican los derechos y obligaciones para los usuarios habilitados conforme a cada tipo de autorización. las formas de extinción de los permisos y concesiones, los tipos de concesiones, las penalizaciones y otorga herramientas para actuar frente a los conflictos entre los usuarios.

El código se usa de manera completa, se citaron los artículos de mayor uso en el sistema objeto de estudio.

#### **Ley de Consorcios de Usuarios de riego y otros usos de agua - Ley N° 6604**

Los usuarios dentro de un sistema determinado “pueden asociarse formando consorcios para administrar o colaborar en la administración del agua, canales, lagos u obras hidráulicas conforme que lo establezca una ley especial que les acordará derechos de elegir sus autoridades y administrar sus rentas, bajo control y supervisión de la autoridad de aplicación”, de acuerdo al artículo 79 de la Ley 5589. En el sistema Soto, ya se encuentra formado un Consorcio, pero faltarían dos más, y en el futuro, una posible unificación de los mismos, con el objetivo de optimizar el funcionamiento del sistema. Es fundamental que puedan estar organizados como usuarios para poder enfrentar las problemáticas que surgen con los diversos usos del recurso.

La regulación de los consorcios de usuarios está regida por la Ley Provincial N° 6604, cuyos artículos más relevantes, respecto del desarrollo de este TFI, se citan a continuación.

El artículo 2 dice “Los Consorcios de Usuarios, dentro del ámbito territorial de su jurisdicción, tendrán por fin principal: la distribución del agua, construcción y administración de las obras de arte, de conducción hasta el predio y desagüe, como así también el mantenimiento y limpieza de las mismas”. Mientras el artículo 3 señala “una vez constituidos y reconocidos por la autoridad de aplicación, serán personas de derecho público, con capacidad para actuar de conformidad con las Leyes generales sobre la materia y las especiales referidas a su funcionamiento”.

Y el artículo 17 establece “La dirección y administración del Consorcio de Usuarios estará a cargo de una Comisión Directiva compuesta de siete (7) miembros, a saber: Un (1) Presidente, un (1) Vicepresidente, un (1) Secretario, un (1) Tesorero, tres (3) Vocales”, y en los artículos subsiguientes se establecen las responsabilidades que deben asumir.

Tal y como lo describe el artículo 24, la oportunidad de formar un consorcio sobrelleva tanto atribuciones como deberes. Una de las tareas más arduas de la Autoridad de Aplicación, la Administración Provincial de Recursos Hídricos (APRHI), es instruir a las comisiones directivas a que cumplan con lo dispuesto en dicho artículo.

Esta Ley también se usa de manera permanente y completa en los sistemas de riego para que puedan regularizar su situación y conservar el sistema.

## **Legislación Municipal**

En cuanto a la legislación municipal en el ámbito de la cuenca de estudio se pueden mencionar ordenanzas del Municipio de Villa de Soto tales como:

Ordenanza N°839/2010 referida a la “Prohibición de realizar extracción de áridos en el cauce del Río Soto”.

Ordenanza 1109/2017 referida a la creación de la “Reserva Hídrica Natural Municipal”.

Ordenanza N° 1168/2018 de “Declaración de Patrimonio Cultural e Histórico a las acequias de Villa de Soto” que tiene como objetivo preservar, mantener y mejorar las acequias de riego existentes que atraviesan la localidad.

## 7. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA SOTO

En este contexto de la descripción del Sistema de Canales “Soto”, con énfasis en el Canal Maestro Soto, es importante entender la historia de cómo comenzó para poder organizar y planificar, en la actualidad, sus diferentes usos. Como no se encontró información escrita acerca de estos temas se relevó el testimonio de personas que estuvieron en ese momento, entre ellos el más relevante es el del Señor Rodolfo Gallman, usuario del Canal Los Bustos.

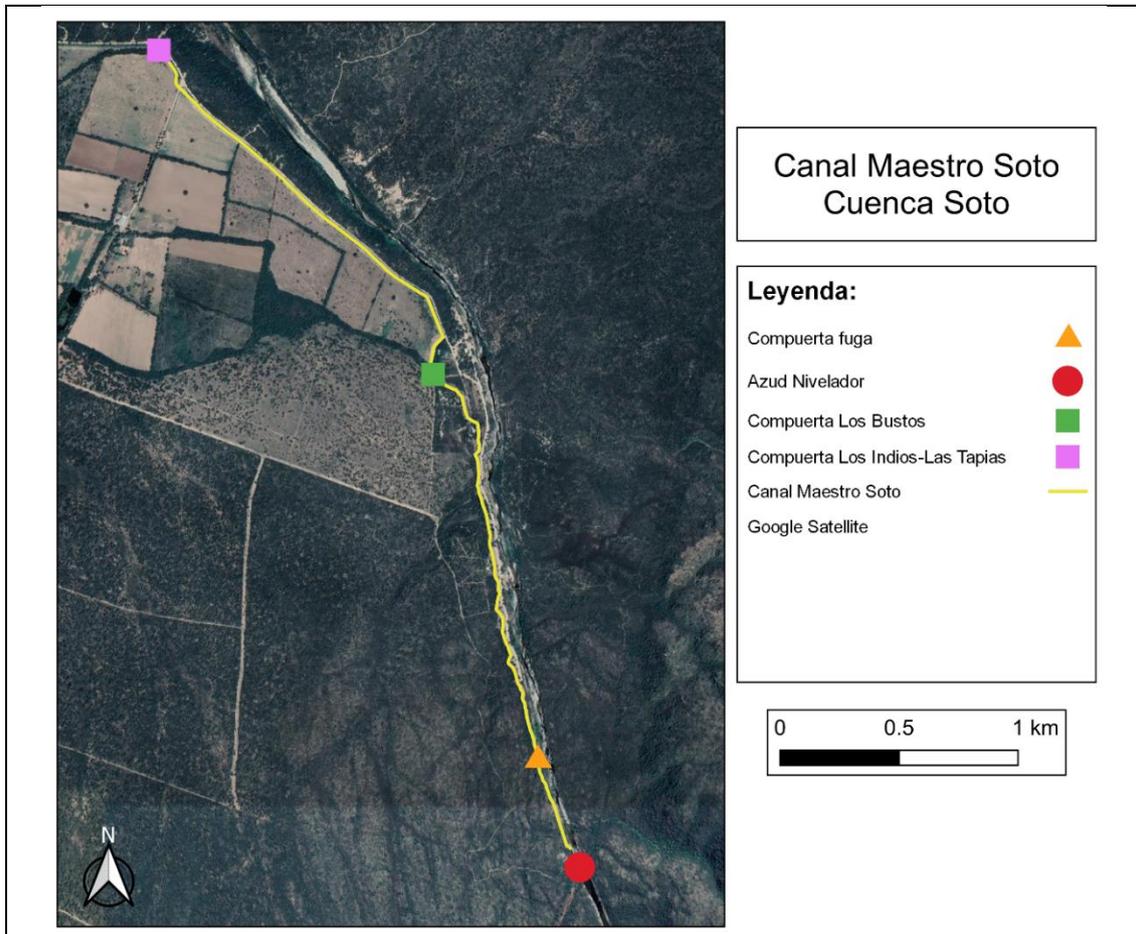
Antes de la creciente del 6 de enero de 1992, existían 4 tomas directas sobre el río, las cuales fueron completamente destruidas por efectos de la creciente mencionada. La primera toma, correspondía al Canal Los Bustos (zona donde en la actualidad se encuentra realizado el azud nivelador y actual toma del Canal Maestro Soto); ésta tenía un muro de piedra y cemento y a continuación un canal de calicanto (cal y canto rodado).

La segunda toma, se encontraba aproximadamente frente a la Proveeduría “La toma”, en este punto salía el Canal Los Indios, era uno de los canales que menor caudal llevaba ya que eran pocos los regantes interesados.

A la altura de la Estancia Las Playas, existía la tercer toma de riego para abastecer al Canal Las Tapias, su nombre homónimo correspondía a la Estancia que regaba 20 km aguas abajo; y a 100 m, estaba la cuarta toma de la Municipalidad de Villa de Soto. Antes, dentro del ejido municipal, existían numerosas acequias, ya que casi el 60% del territorio eran pequeñas quintas.

Luego de la gran creciente, los usuarios de las cuatro tomas se organizaron para realizar una nueva toma, a la altura de la antigua toma del Canal Los Bustos, en conjunto con el Estado provincial. En ese momento, se acordó que los usuarios

abonarían la mitad y el Estado la otra mitad. La obra se realizó en el año 1993 y contempló un azud nivelador y el revestimiento de 500 m de canal. Posterior a eso, el canal de toma comenzó a llamarse Canal Maestro Soto y al sistema también se le llamó Soto (Figura 14).



**Figura 14: Sistema del Canal Maestro Soto – Fuente: Elaboración propia**

El azud nivelador (Imagen 8) se encuentra 8 km aguas arriba del cruce del río por la Ruta Nacional N° 38. Atraviesa en forma diagonal al río, llevando el agua hacia la compuerta de ingreso del Canal Maestro. El mismo, que va recorriendo la ladera, tiene en su comienzo una compuerta en el lateral izquierdo del azud (Imagen 9), y comienza revestido por aproximadamente 500 m (Imagen 10).



**Imagen 8: Azud nivelador Soto**



**Imagen 9: Compuerta de ingreso Canal Maestro Soto sobre azud nivelador**



**Imagen 10: Canal Maestro Soto en su tramo revestido antiguamente**

Luego, el canal continuaba sin revestimiento, lo que causaba graves y continuos perjuicios, ya que, al ir por la ladera del río, se rompían los bordes laterales que contenían el agua y volvía al río, llegando solo la mitad del caudal al salir de la ladera. Y si había crecientes y se metían en el canal, muchas veces se rompía completamente volviendo el agua al río (Imagen 11).



**Imagen 11: Perdidas de agua por el antiguo Canal Maestro Soto sin revestir**

En el año 2018, se realizó una obra de revestimiento del Canal Maestro Soto y se cambió un tramo de la traza del mismo, con la finalidad de poder preservarlo y revalorizarlo, eliminando las pérdidas y perjuicios que se tenían antes.

Luego, cambia su recorrido a la nueva traza (paralela al camino “La Toma”). Saliendo así de la ladera del río, asegurando un acceso franco para el control, mantenimiento y limpieza. Este tramo aún se encuentra sin revestir, pero se realizaron diez obras de saltos con cuencos disipadores, previendo un futuro revestimiento.



**Imagen 12: Canal Maestro Soto tramo nuevo revestido**

La obra contempló el revestimiento de dos km de canal con hormigón armado (Imagen 12), a continuación del primer revestimiento. Con una capacidad máxima de un metro cúbico, manteniendo el antiguo recorrido hasta llegar a la nueva derivación de toma del Canal Los Bustos.

Con respecto a la distribución del caudal total, para cada uno de los usos y canales, la municipalidad y los usuarios siempre se habló de un acuerdo firmado en 1993, pero no se encontró documentación fehaciente al respecto.

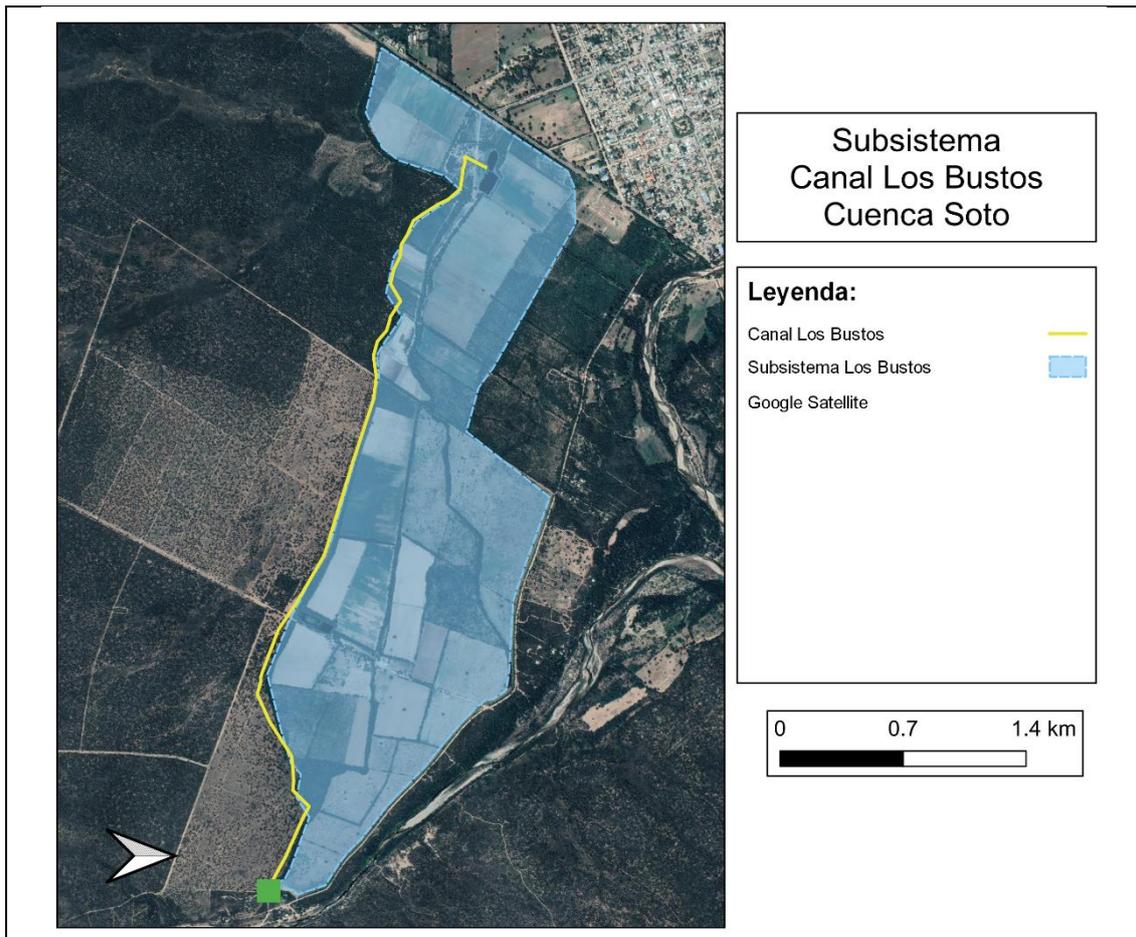
En la actualidad, se distribuye de común acuerdo hasta el momento, pero aún no se ha redactado ni firmado un acuerdo entre las partes incluyendo la Autoridad de Aplicación que es el APRHI.



**Imagen 13: Salto con cuenco disipador - Canal Maestro Soto**

### **Derivaciones de canales**

Aguas abajo del azud, a 2.300 m, se encuentra la primer toma sobre el canal Maestro Soto, la nueva toma de riego del Canal Los Bustos – Subsistema Los Bustos (Figura 15), indicada por la compuerta izquierda en la Imagen 14. Tiene un recorrido de 4 km, y dos usuarios registrados con 381 ha empadronadas; se extrae un 30% del caudal total.



**Figura 15: Subsistema Canal Los Bustos – Fuente: Elaboración propia**

Actualmente, no se tiene una estructura de aforo para cuantificar y controlar el caudal que se deriva en el canal. Se utilizan aforadores de cresta ancha anterior y posterior a esta toma. Las estructuras son escalones de fondo sobre el canal, con cámaras de aquietamiento y escalas calibradas mediante una tabla H-Q (altura-caudal).

El primer aforo, que se encuentra frente a la proveeduría (Imagen 15), aguas arriba de la toma, cuenta con un sistema de relevamiento online, no así el de aguas abajo; los datos que entrega este equipo se encuentran disponibles en una aplicación telefónica o página web (OMIXON), donde se indica cada diez minutos el caudal instantáneo. Este sistema ha colaborado considerablemente en el control y prevención de emergencias.

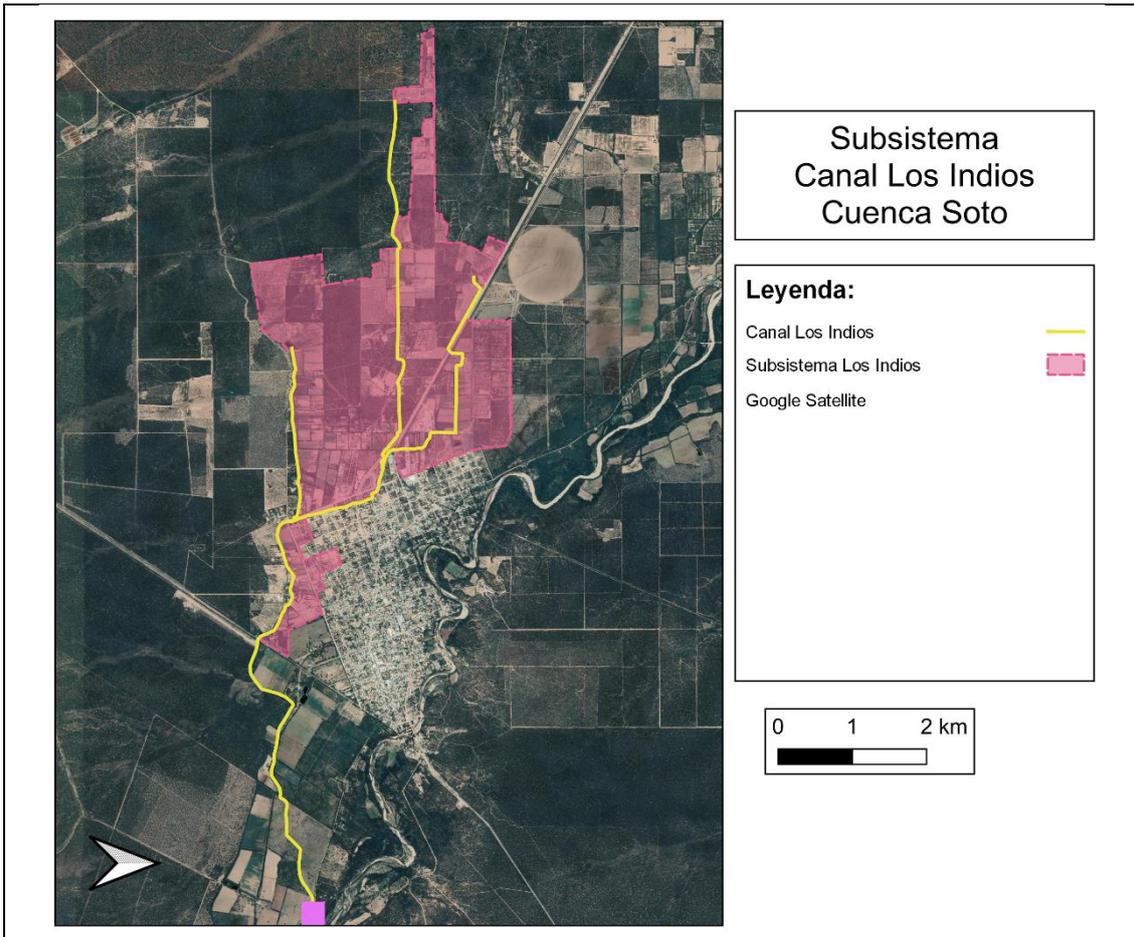


**Imagen 14: Primera derivación en Canal Maestro Soto del Canal Los Bustos**

Luego, 1.900 m aguas abajo, se encuentra la división entre Canal Los Indios (compuerta derecha en Imagen 16) y Canal Las Tapias (compuerta izquierda en Imagen 16). Ambos cuentan con compuertas con torno y estructuras del control de caudal, iguales a las anteriormente descritas.

El Canal Los Indios lleva el 40% y el Canal Las Tapias el 60%. Éste último lleva un porcentaje mayor debido a que, sobre el mismo, se encuentran las tomas correspondientes a los usos de la Municipalidad y Cooperativa.

En el canal Los Indios, Subsistema – Canal Los indios (Figura 16: **Subsistema Canal Los Indios** - Fuente: Elaboración propia), hay 35 usuarios registrados, con una superficie empadronada de 279 ha. Los canales no se encuentran revestidos, a excepción de un pequeño tramo que atraviesa la localidad de Villa de Soto. En la Tabla 2 se puede observar las distancias recorridas por los tramos de canales dentro del Subsistema, haciendo un total de 17 km de canales.



**Figura 16: Subsistema Canal Los Indios - Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 2: Tramos de canales - Subsistema Canal Los Indios – Fuente: Elaboración propia**

<b>Subsistema Canal Los Indios</b>			
<b>Km</b>	<b>Tramo</b>	<b>Designación</b>	<b>Zona</b>
4,37	Tramo desde compuerta de inicio hasta Ruta N° 15	Canal Los Indios	
1,96	Tramo desde Ruta N° 15 hasta "La Cascada" - Bv. Alberdi	Canal Los Indios	Zona 1
2,71	Tramo desde "La Cascada" - Bv. Alberdi hasta Marcos Eluani	Canal Los Indios	
2,48	Tramo desde "La Cascada" - Bv. Alberdi hasta Mario Demo	Derivación común a varios usuarios	Zona 2
3,53	Tramo desde "La moño de palo" hasta Ernesto Nadal	Derivación común a varios usuarios	Zona 3
2,55	Tramo desde Marcos Eluani a Eliseo Pavessi	Derivación común a varios usuarios	Zona 4
<b>17,61</b>	<b>Kilometros totales de canales</b>		

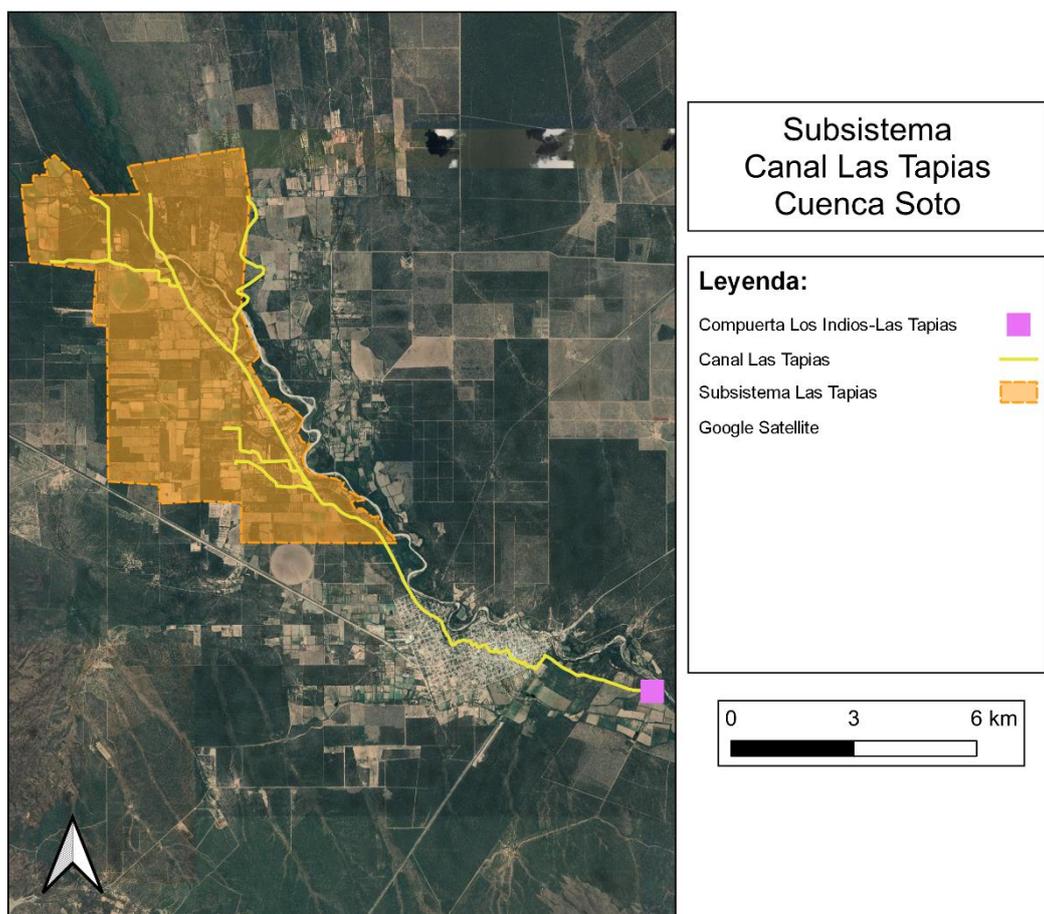


**Imagen 15: Aforador y cámara sobre Canal Maestro Soto – Proveduría**



**Imagen 16: Compuertas Canal Los Indios y Canal Las Tapias**

El canal Las Tapias, Subsistema – Canal Las Tapias (Figura 17), tiene 40 usuarios registrados, con una superficie empadronada de 473 ha. En la Tabla 3 se pueden observar las distancias recorridas por los tramos de canales dentro del Subsistema, haciendo un total de 38 km.



**Figura 17: Subsistema Canal Las Tapias - Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 3: Tramos de canales – Subsistema Canal Las Tapias – Fuente: Elaboración propia**

<b>Subsistema Canal Las Tapias</b>			
<b>Km</b>	<b>Tramo</b>	<b>Designación</b>	<b>Zona</b>
2,81	Tramo desde compuerta de inicio hasta Ruta N° 15	Canal Las Tapias	
4,00	Tramo desde Ruta N° 15 hasta la salida del ejido municipal	Canal Las Tapias	
13,36	Tramo desde la salida del ejido municipal hasta Estancia las Tapias	Canal Las Tapias	
2,30	Tramo acequias	Derivación común a varios usuarios	Zona A
3,49	Tramo acequias	Derivación común a varios usuarios	Zona B
1,70	Tramo acequias	Derivación común a varios usuarios	Zona C
2,00	Tramo acequias	Derivación común a varios usuarios	Zona D
2,00	Tramo acequias	Derivación común a varios usuarios	Zona E
6,60	Tramo acequias	Derivación común a varios usuarios	Zona F
<b>38,26</b>	<b>Kilometros totales de canales</b>		

En su cruce por la localidad de Villa de Soto, cuenta con innumerables obras, como sifones, alcantarillas, puentes para los ingresos de los autos a sus propiedades, revestimientos, cruces bajo viviendas, cámaras de inspección y limpieza.

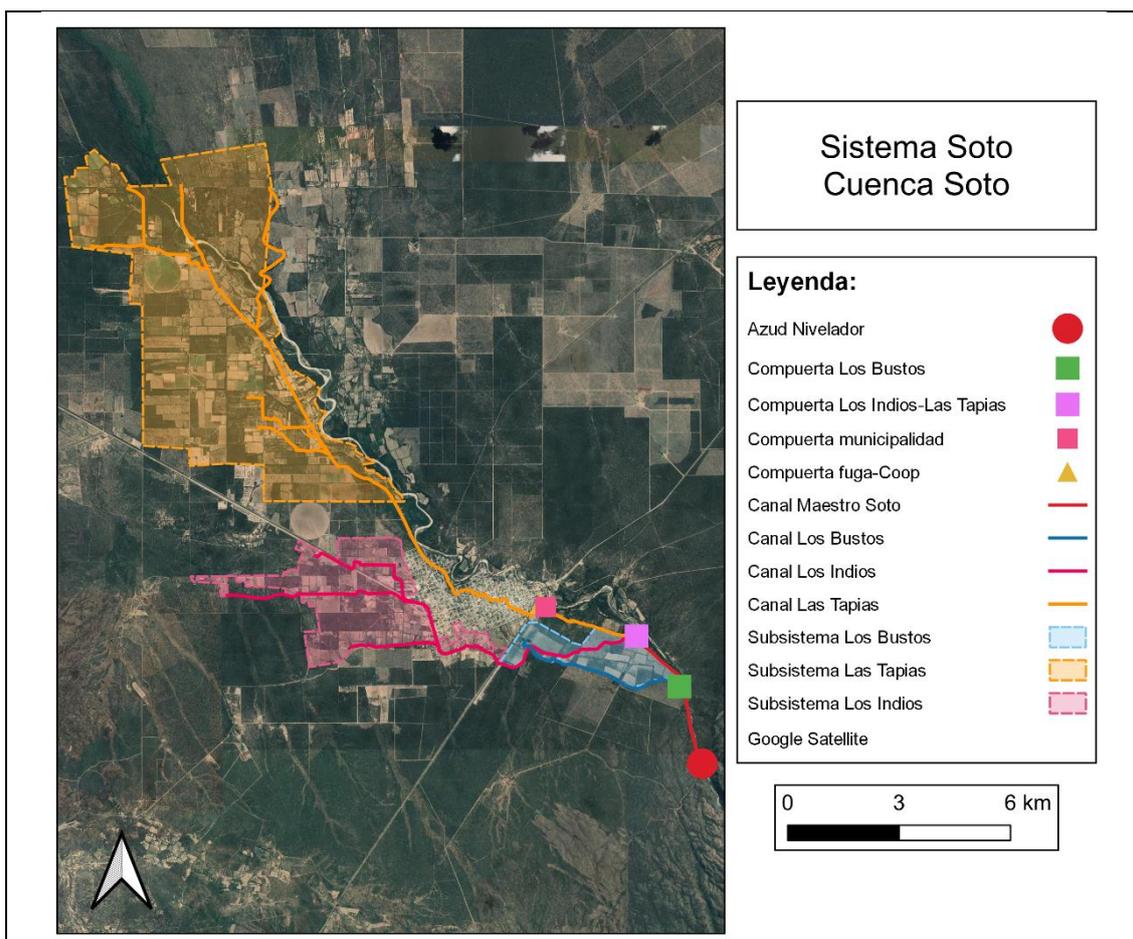
Aguas debajo de la toma del Canal Las Tapias, 1.900 m, hay una derivación precaria, que alimenta una pequeña cisterna con sistema de bombeo “jirafa” donde la municipalidad de Villa de Soto carga sus camiones para riego de espacios verdes y calles.

En su cruce con Ruta Provincial N° 15, tiene una compuerta que alimenta un canal de fuga al río. Sale a la altura de la toma subsuperficial de agua potable para el municipio, la cual se encuentra regulada por la Cooperativa Limitada de Luz y Fuerza – Villa de Soto. Esta toma reviste importancia porque, de haber una creciente que recargue los canales, en este caso el Canal Las Tapias, es la compuerta que funciona como alivio de caudal antes de su ingreso a la localidad. En caso de lluvias, también suele utilizarse la fuga al río, ya que el canal, en su recorrido por la localidad, se utiliza como desagüe pluvial municipal, colapsando su capacidad.

En resumen, el Sistema Soto, el cual se observa completo en la Figura 18, se encuentra formado por tres subsistemas:

- Subsistema de Riego del Canal Los Bustos
- Subsistema de Riego del Canal Los Indios
- Subsistema de Riego del Canal Las Tapias

Actualmente, el único subsistema que se encuentra organizado formal y legalmente es Canal Los Indios. Los demás aún no cuentan con una Comisión Directiva autorizada por la Autoridad de Aplicación bajo la ley 6604. Por ello, se ha conformado una Comisión General informal para poder realizar reuniones con responsables principales de cada subsistema.



**Figura 18: Sistema Soto – Fuente: Elaboración propia.**

Todas las compuertas sobre el Canal Maestro Soto son operadas por una sola persona, designada por los usuarios de riego de los tres subsistemas, los cuales le abonan un monto de dinero por los servicios prestados.

Para organizar fue indispensable que solo una persona tuviera el acceso a la apertura y cierre de las compuertas de cada subsistema. El acceso compartido

entre varios era una de las problemáticas más graves. Este encargado se hizo responsable desde el mes de marzo del año 2018.

Existen límites de caudal que no pueden excederse por la capacidad de la infraestructura existente, y al contarse con herramientas de aforo, control y un buen manejo se minimizan las posibilidades de poder exceder los caudales en los canales, causando perjuicios.

## **8. DIAGNÓSTICO. IDENTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA DEL SISTEMA CANAL MAESTRO SOTO**

Los problemas que se identifican en el Canal Maestro Soto son los siguientes, en orden de importancia:

### **1. Falta de una institución que organice y coordine los múltiples usos – Preservación de la cuenca**

Los diferentes actores que participan o se involucran en el uso del agua del canal son:

- Usuarios de riego del Canal Los Bustos
- Usuarios de riego del canal Los Indios
- Usuarios de riego del canal Las Tapias
- Usuarios de riego de la margen derecha del Río Soto en la zona del Quebrachal
- Cooperativa Limitada de Luz y Fuerza – Villa de Soto
- Municipalidad de Villa de Soto
- Bomberos Voluntarios
- Balneario y camping La Toma y La Proveduría

Estos actores no se encuentran organizados para poder gestionar el agua de la mejor manera, sin causar perjuicios unos a otros. En los demás puntos se desarrollan en detalle los conflictos.

Además, no existen acciones tendientes a la preservación de la cuenca. A pesar de ser una cuenca bien conservada, por quizás, la falta de caminos y acceso a la misma, se debe procurar que esto continúe así. Los actores enumerados arriba deberían responsabilizarse por ello.

**2. Falta de distribución de caudal correspondiente a cada uso, en cada canal.**

Al no establecer criterios, no integrar la información de los diferentes tipos de usos resulta difícil establecer una equitativa distribución. No existe documentación que asigne como dividir los caudales.

**3. Escasez de puntos de control de caudal de ingreso en el Canal Maestro y derivaciones.**

La municipalidad utiliza diariamente una extracción precaria de agua del canal Las Tapias para riego de calles y espacios verdes; en época de sequías, abastece también a los parajes de la zona con los camiones regadores. Ese volumen no se tiene contabilizado ni controlado, ya que no cuenta con una compuerta en condiciones ni estructura de aforo.

Tampoco se tienen aforos en el Canal Los Bustos, ni los canales de fuga. No existen puntos de aforo sobre río, no se logra cuantificar el porcentaje de agua que toma el Canal Maestro Soto respecto del río. Es importante relevar este dato a través del tiempo para ayudar a la toma de decisiones.

**4. Falta de criterios y protocolos de acción ante sequías, crecientes e incendios (emergencias).**

En el verano, cuando el agua abunda, se producen crecientes en muy cortos períodos de tiempo. Si éstas no se prevén, y se toman los recaudos pertinentes, el exceso de agua puede ingresar por el canal causando severos daños, no solo al canal maestro, sino también a sus derivaciones, principalmente el Canal Las Tapias en su recorrido por Villa de Soto.

En tiempos de sequía, como el río tiene mantos de arena, el agua se infiltra por completo, no llegando el recurso hasta la toma de agua corriente subsuperficial que abastece a la localidad de Villa de Soto. Entonces la Cooperativa utiliza el canal “de fuga al río” para derivar agua a la altura de bombeo de extracción para agua potable. En esas oportunidades, tiene un aprovechamiento de uso doméstico municipal el cual no se encuentra regulado.

Otro de los destinos, que suele tener el agua de los canales, es contra incendios, bomberos de la zona cuentan con el agua del Canal Los Indios. Sobre la Ruta Provincial N° 15, existe una pista para avionetas, con una pileta revestida de hormigón armado, de almacenamiento para cargar agua.

#### **5. Falta de criterio de servidumbre de paso del canal Maestro y sus derivaciones.**

Un grave problema que surge del crecimiento poblacional de Villa de Soto, sin un buen ordenamiento, es que la edificación avanza sobre el sistema de riego y las chacras; obligando a desplazar a los productores que quedan dentro del ejido urbano, con las complicaciones que esto conlleva. A su vez, los pobladores se encuentran “incómodos” porque sus propiedades son atravesadas por acequias, surgiendo conflictos sociales. Debido a que es necesario ingresar para realizar limpieza y mantenimiento de los mismos.

No existen resoluciones con criterios servidumbres de paso de los canales, es decir, los metros a cada lado del eje del canal, donde no se puede construir ni se puede planificar. Estas resoluciones, que dicta la autoridad de aplicación, en este caso APRHI, buscan preservar el canal en futuras mensuras o loteos, donde queda sometido a cambios que pueden ser perjudiciales; se preservaría el

sistema de riego, ya que 25 km aguas abajo se encuentran las chacras que llevan agua del Canal Maestro Soto.

**6. Falta de control sobre obras/intervenciones no autorizadas sobre el canal que causan perjuicios de manera permanente.**

En época de vacaciones, al tratarse de un lugar con turismo y balnearios, las personas tienen acceso a los canales y sus obras de arte. Éstas, al carecer de la infraestructura suficiente de protección y operación suelen ser manipuladas por niños, adolescentes o personas irresponsables, desviando o cortando el caudal y causando perjuicios a los usuarios.

Uno de los sitios más problemáticos es la compuerta de fuga al río sobre Canal Las Tapias. Se encuentra visible y de libre acceso al público, suele abrirse furtivamente, llevando el agua al río y perjudicando a los usuarios de riego 20 km aguas abajo. Los cuales, se encuentran regando cultivos o almacenando agua en sus represas para la bebida de animales. El corte del suministro causa perjuicios económicos por mal aprovechamiento del personal contratado para realizar el riego, perjuicios en los rendimientos de las cosechas, y principalmente pérdida en las horas disponibles de agua, ya que en este sistema se asignan turnos mensuales de riego.

En esta compuerta de fuga, existe falta de control y operación de una manera eficiente.

Los balnearios, proveedurías, campings y casas de alquiler, en la temporada de verano, colocan bombas de extracción de agua sin ninguna autorización. A pesar de las múltiples denuncias a policía ambiental por parte de los usuarios de riego y de la clausura de las mismas, se continua con la infracción reiteradamente. Se

agrava cuando se pone en riesgo eléctrico al personal que se dedica a la manipulación de compuertas, limpieza del canal, limpieza de las márgenes, e incluso en peligro de vida de quienes aforan por parte de la Autoridad de Aplicación dentro de los canales.

**7. No se aplica la legislación vigente (leyes provinciales 6604 y 5589)**

Por la falta de conocimiento de las reglamentaciones vigentes pertinentes al sistema de canales suelen, tanto los usuarios de riego como personas ajenas al canal (población urbana y rural lindante), tomar acciones y decisiones que con perjudiciales además de ilegales.

**8. Falta de mantenimiento y limpieza sobre el canal (algas) y su camino de servicio.**

Todas las derivaciones sobre el Canal Maestro Soto deberían ser con tornos y volantes para poder manipularlas fácilmente sin ayuda de otra persona, como es el caso de chapones que encastran en un eje. En una emergencia, la rápida manipulación es esencial.

Otro inconveniente frecuente, es cuando en la derivación de los canales Los Indios y Las Tapias, se obstruye la salida de una o ambas compuertas y el agua se vierte al camino “La Toma”, o bien se desvía solo por uno de los canales. Las causas por las que se produce es debido al arrastre de basura que se arroja al canal Maestro Soto proveniente de podas, residuos, etc. Esta obstrucción ocasiona problemas de anegamiento en la localidad y daños al productor que se encuentra utilizando su turno en ese momento.

**9. Falta de organización con el “turno chico”**

En los meses de julio a agosto, cuando ya no circula más agua en el río, por un acuerdo y tradición, se produce lo que se llama “turno chico”.

Aguas abajo del paso del río por la Ruta Nacional N° 38, existen innumerables tomas de riego, de las cuales, en su mayoría quedaron inutilizables desde el año 1992 con el paso de la creciente. El río bajó dos metros su nivel y las tomas quedaron por encima. Algunas fueron reformuladas buscando el nivel necesario aguas arriba para seguir abasteciéndose. En otros casos, donde se tenía más dificultad para resolver el inconveniente, y en consecuencia se necesitaban más recursos, quedaron abandonadas. Todos los usuarios que dependen de estas tomas, tienen agua cuando el río la lleva. Por lo tanto, cuando ya no hay agua, entre esos meses, se organiza un solo turno anual de duración entre diez y quince días, donde se le da agua a los usuarios de la margen derecha del río Soto. Se busca abastecer represas para la bebida de los animales. Los usuarios utilizan una acequia llamada “Yanicelli” para conducir el agua.

En el “turno chico” el Canal Los Bustos y Canal Los Indios merman su caudal y el Canal Las Tapias asigna todo su caudal para disponer en ese turno. Se organiza con uno o dos meses de anticipación para poder limpiar y poner en condiciones las acequias.

Las problemáticas que surgen de esta situación del “turno chico” son varias; a continuación, se mencionan algunas:

- ✓ Los usuarios, en su mayoría, no se encuentran registrados en la Administración Provincial de Recursos Hídricos (APRHI), al no tener registro organizado, con frecuencia algún usuario que queda fuera.

- ✓ Esa época de sequía coincide con las primeras lluvias. El agua, para abastecer al “turno chico”, cruza precariamente de la margen izquierda del río a la margen derecha, sin estructuras que controlen las pérdidas. Se realiza un cruce con una máquina retroexcavadora y se coloca nylon. Si llueve, el agua que lleve el río se lleva el cruce de agua, perdiéndose el turno para quienes aún no la han recibido, y el agua solo dura uno o dos días en el río. Los que no reciben el agua hacen reclamos los cuales no se logran solucionar.
- ✓ El cruce precario implica grandes pérdidas de agua, y el canal que se utiliza suele llevar entre dos o tres días hasta llegar hasta el final de su recorrido. Llegando al final un tercio o un cuarto del caudal que se destina al turno.
- ✓ Los usuarios de los tres subsistemas sufren las consecuencias en la pérdida o merma de caudal en la época donde quizás más se necesita, teniendo perjuicios en sus cultivos, animales, etc.

Este turno no se encuentra regulado ante ninguna institución ni se tienen criterios objetivos para su planteo. Actualmente, los usuarios de los tres subsistemas se resisten cada año a realizarlo.

## **9. PROPUESTAS PARA LA ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN DEL SISTEMA CANAL MAESTRO SOTO**

Las propuestas se harán en el mismo orden en que se planteó la problemática:

### **1. Creación de Comité Integral.**

Se plantea la creación de un Comité Integral, donde puedan participar todos los actores enumerados anteriormente (página 74), que hacen uso de alguna manera del agua del Canal Maestro Soto. La institución que los nucleee será el Consorcio de usuarios del Canal, ya que tendría respaldo legal ante la autoridad de aplicación (APRHI) y una ley vigente aplicable (Ley 6604). Hoy no existe un consorcio único del Sistema Soto, sino que se tienden a formar consorcios separados por cada canal, debido a que las necesidades, dimensiones y problemáticas de cada uno son diferentes. Actualmente solo se conformó el del Canal Los Indios.

En el futuro Comité Integral del Canal Maestro Soto deberían participar todas las instituciones por medio de un representante, más un suplente. Se puede tomar como ejemplo la ley 6604 y seguir la misma línea de actividades para formar el Comité.

Se puede comenzar con una Asamblea Pública y convocar a los interesados participando la autoridad de aplicación (APRHI) para su conformación, notificando fehacientemente a cada uno por medio de una cédula, detallando un lugar de reunión, fecha, hora, y un orden del día tentativo, dejando sujeto al mismo otro tema no contemplado que pueda surgir en esta primera asamblea. Se debería prever la compra de un libro de actas, para refrendar la primera acta

de ese día. El libro debe ser presentado para la rubricación y conocimiento ante las autoridades competentes.

El Comité Integral puede redactar su propio reglamento de funcionamiento, teniendo en cuenta todas las situaciones problemáticas que se pueden presentar, estableciendo un canal de comunicación para los eventos de emergencias.

Es importante la designación de un moderador, que no sea usuario del canal, por ejemplo, un representante de la Autoridad de Aplicación, ya que generalmente en estas reuniones multitudinarias, suelen surgir contiendas por parte de los participantes por los conflictos que vienen sucediendo hasta la fecha y se tiende a recaer sobre el problema y no la búsqueda de una solución.

La participación activa y transparencia de la información hará que las soluciones se den naturalmente luego de una clara definición de los problemas.

La conexión del Comité Integral del Canal Maestro Soto con el Comité de cuenca del Río Soto debería ser parte de las responsabilidades. La participación en la conservación de la cuenca aguas arriba es significativo para preservar el actual uso y pensar en las futuras generaciones.

Se debe tener conocimiento de su situación actual, sus características y en función de eso proponer acciones de ordenamiento territorial tendientes a su preservación y cuidado. La participación activa permitirá un uso sustentable.

Se busca realizar, también, en coordinación con los municipios y comunas involucradas, un ordenamiento ambiental territorial que resguarde las actividades productivas agropecuarias derivadas del sistema de riego.

## **2. Determinación de criterios para distribución del agua.**

Como se explicó en la descripción del sistema de riego, el Canal Los Bustos toma aproximadamente un 30% del caudal que llega por el canal maestro hasta ese punto. Luego entre los canales Los Indios y Las Tapias, llevan el 40% y 60% respectivamente.

Se propone realizar una base de datos integrada de la información pertinente al uso del agua para poder crear los criterios de distribución. Los datos a tener en cuenta para la distribución, con criterios sensatos y coherentes, pueden ser los siguientes:

- a. Cantidad de usuarios registrados en Canal Las Tapias, Canal Los Bustos y Canal Los Indios.
- b. Cantidad de hectáreas empadronadas en cada uno de los canales.
- c. Cantidad de metros cúbicos empadronados en cada uno de los canales para bebida de animales.
- d. Distancia de recorridos de los canales de cada subsistema, tiempos de demora con diferentes caudales.
- e. Relevamiento activo de las superficies sembradas y tipo de cultivo.
- f. Relevamiento activo de cantidad de animales por especies y categorías.
- g. Cuantía autorizada por la autoridad de aplicación a la Cooperativa Limitada de Luz y Fuerza – Villa de Soto.
- h. Población municipal con consumo de agua potable (control con medidores).
- i. Cálculo de volumen de agua necesario para riego de espacios verdes y calles municipales.
- j. Orden de prioridades de uso en momentos de escasez.

- k. Cuantificación de necesidades de tanques de bomberos y avionetas.

En numerosas oportunidades, de situaciones de extrema escasez de agua, el caudal existente se proporcionaba alternativamente a Los Indios y Las Tapias durante quince días del mes a cada uno, en lugar de dividirlo entre los dos canales lo cual causaba un desaprovecho. Este tipo de acciones son las que se deben considerar en casos extremos de necesidad.

### **3. Realización de estructuras de control de caudal de ingreso en el Canal Maestro y derivaciones.**

Respecto de las estructuras de aforo, las utilizadas en la zona, los aforadores de cresta ancha con cámaras de aquietamiento, funcionan con bastante precisión. Se diseñan de forma simple con datos de caudales del canal, relevamiento de dimensiones y materiales del mismo; son estructuras de bajo costo y de gran provecho. Es importante destacar, que no se necesita mano de obra especializada y el tipo de material se pueden conseguir fácilmente. Se cuenta con planos, a modo de ejemplos, para proporcionar al Comité Integral.

Los puntos donde sería importante contar con control de caudal serían los siguientes:

- a) Ingreso al Canal Los Bustos. Correspondería que los dos usuarios que utilizan esta compuerta realicen la estructura de aforo.
- b) Ingreso a la toma que utiliza el municipio para cargar los camiones de agua y regadores. Corresponderían los gastos de materiales y mano de obra para la construcción al Municipio.

- c) Ingreso al canal de fuga al río que utilizan el Municipio y la Cooperativa para cargar la toma sub-superficial sobre el cauce del río. Corresponderían los gastos de materiales y mano de obra a ambos.
- d) Medición del caudal sobre el río aguas abajo del azud nivelador. Esto lo puede realizar la Autoridad de Aplicación, APRHI.
- e) Medición del caudal del río a la altura de la Ruta Nacional N° 38 para cuantificar las pérdidas por infiltración.

#### **4. Definición de criterios y elaboración de protocolos de acción ante emergencias.**

Se puede organizar una alerta temprana de crecientes, teniendo un responsable en Cruz de Caña, o aguas arriba, el cual pueda dar aviso cuando la creciente pase por el lugar, sabiendo de antemano el tiempo aproximado que demora en llegar a la toma del Canal Maestro.

De esta manera, el responsable de operar las compuertas, puede con anticipación preparar las compuertas de fugas para recibir la creciente. Se pueden establecer responsables secundarios con las herramientas y capacitación necesaria en el caso de que los responsables primeros no se encuentren disponibles.

En el caso de incendios, se debería gestionar con el responsable adecuado participante de los Bomberos Voluntarios o bien Defensa Civil y el responsable de operación de las compuertas para poder asegurar el caudal necesario de agua en el Canal Los Indios. Y prever en caso de sequía extrema otra fuente de agua por si no contara con el recurso en este canal.

## **5. Propuesta de resoluciones con criterios de servidumbre de paso del canal Maestro y sus derivaciones.**

Se deben proponer y plantear, en función de relevamientos de los canales, las Resoluciones de criterios de servidumbre de paso. Para cada canal, o cada tramo de canal, debería considerarse el recorrido con coordenadas geográficas, su material, el tipo de propiedades con las que linda (si son urbanas, rurales, de dominio privado o dominio público). Si existen construcciones existentes, si se encuentran caminos de servicios o caminos públicos en los laterales del canal, si son canales de tipo primarios, secundarios o terciarios. etc.

Tener en claro estos aspectos, es el primer paso para poder solicitar ante la Autoridad de Aplicación (APRHI) que se dicten las resoluciones correspondientes donde se establezca para cada canal o tramo las distancias que deben tomarse a cada lado sin intervenciones de construcción o normativas para atravesarlos por vía terrestre (gas, fibra óptica, agua potable, desagües pluviales) o aérea (electricidad).

## **6. Establecimiento de pautas de control para desalentar obras no autorizadas.**

En este punto, es importante retomar el control de extracciones de agua del canal que no se encuentran autorizadas, ni debidamente realizadas.

Sería importante, a largo plazo, que la Cooperativa gestione una toma de agua por medio de una perforación, que les permita asegurar la fuente del recurso para abastecer de agua potable de buena calidad. Se debería gestionar el cambio de fuente del recurso, ya que cuentan con numerosos inconvenientes.

Por mencionar algunos: los filtros de la toma subsuperficial se tapan con

frecuencia, lo cual se agrava en caso de lluvias posteriores a incendios en la zona; el caudal no es constante y no siempre el río Soto cuenta con agua; en las crecientes más grandes la toma puede ser arrastrada, ya que al ser subsuperficial no cuenta con resguardo; realizan un pequeño “azud” de arena sobre el cauce del río para poder acumular el agua, el cual se destruye con cada creciente e impiden el correcto funcionamiento aguas abajo.

#### **7. Capacitación de los usuarios del riego en normativas y reglamentaciones vigentes.**

Se deben realizar capacitaciones acerca de las leyes y reglamentaciones vigentes respecto del canal, respecto del río, de las márgenes, para que los criterios no se basen en opiniones sino más bien en legislaciones que amparen al recurso natural y al uso responsable de cada uno. E incluso si en las reglamentaciones hubiera ambigüedad falta de claridad o aclaración sobre algún tema relevante, se podrían proponer resoluciones especiales para el Canal Maestro Soto.

Dirigido a los usuarios del sistema de riego, a la población que se encuentra atravesada por los canales, a los empleados municipales y todo aquel involucrado son los sistemas de canales.

Además, se podría gestionar y articular, por medio de las instituciones correspondientes, más capacitaciones a los diferentes usos en el sistema. Capacitaciones que orienten a una formación para optimizar el uso del agua en todas sus variantes.

#### **8. Organización y formalización de un sistema de mantenimiento del canal entre los usuarios.**

La colaboración económica de todas las partes, no solo en el mantenimiento y limpieza del canal, sus márgenes, accesos y mantenimiento de compuertas y obras de arte, sino también, para el pago al empleado encargado de la manipulación de compuertas, es imprescindible. Esto se podría realizar mediante un presupuesto anual, considerando los diferentes gastos y porcentajes inflacionarios. A la hora de distribuirlo entre los participantes se debería tener en cuenta el volumen asignado, la frecuencia del mismo y cualquier otro aspecto relevante. Todos son responsables del cuidado del canal maestro.

La producción de algas sobre el canal es un inconveniente, ya que, disminuye la velocidad del agua, manteniendo un mismo caudal, aumenta la altura del pelo de agua (caudal = volumen x velocidad). Por lo tanto, al no funcionar el canal conforme al diseño pierde la capacidad máxima.

Se debería buscar una alternativa que no contamine el recurso, pero que pueda prevenir la producción de algas, como así también el cuidado de la vegetación en los márgenes del canal. Si no se elimina la vegetación leñosa periódicamente, pueden crecer árboles, y esto causa graves perjuicios cuando comienzan a desarrollarse las raíces. En muchas oportunidades se han fracturado los paños laterales del canal, filtrando el agua y produciendo una pérdida del recurso.

## **9. Organización del “turno chico”.**

Sería importante realizar un empadronamiento y relevamiento de los usuarios en esta margen del río. Les correspondería un permiso de tipo eventual, ya que no cuentan de manera permanente con el recurso, ni tienen las obras necesarias.

Luego de evaluar la necesidad de los usuarios, los tipos de usos de agua, como cantidad de hectáreas sembradas y tipos de cultivos, demanda de bebida de

animales y su tipo, se podría planificar y gestionar una obra de conducción, o extracción debidamente calculada para ayudar a las necesidades de la zona.

## **10. CONCLUSIONES**

Una mirada integral de la cuenca, un estudio y análisis de las diferentes dimensiones que tiene, permite planificar y gestionar de una manera eficiente y eficaz.

La observación interdisciplinaria de la cuenca, permite salir del encuadre personal y profesional para pasar a un encuadre amplio, que contempla todo lo necesario, con vistas a la preservación, sin descuidar aspectos importantes y sin causar daños o perjuicios irreversibles.

Los sistemas de riego han sido degradados con el paso de los años por numerosas causas, perder la perspectiva correcta evitaría llegar a la protección y mantenimiento de los mismos.

Tener en cuenta solo medidas de tipo estructural (como obras de revestimiento de canales) no permitirá un mejor funcionamiento del sistema, como tampoco evitará los conflictos sociales. Una buena y ordenada comunicación es uno de los aspectos más importantes.

La transferencia de tecnología, el acompañamiento por parte de las instituciones responsables de los sistemas de riego e intervinientes es indispensable para poder avanzar en el desarrollo de los mismos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alcantara Ayala, I. 2000. *Índice de susceptibilidad a movimientos del terreno y su aplicación en una región semiárida*. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 17 (1): 66-75. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología.
- Bertoni, J. E Lombardi Neto, F. 1985. *Conservação do solo*. Piracicaba. Brasil. Livroceres. 392 p.
- Cardona B. L. 2016. *Conceptos básicos de Morfometría de Cuencas Hidrográficas*. Maestría en Energía y Ambiente, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Gorgas, J. 2006. *Red de información agro económica de la región pampeana (RIAP)*. Córdoba (AR): INTA - Centro Regional Córdoba. Boletín informativo de la provincia de Córdoba. Año 1, nº 1, 21. p.
- Ley 5589 de 1973. *Código de aguas para la provincia de Córdoba*. 28 de mayo de 1973. Boletín Oficial No. Nº 8928.
- Ley 6604 de 1981. *Consortio de usuarios de riego y otros usos de aguas*. 04 de septiembre de 1981. Diario Oficial No. Nº 5016.
- Ley Nº 24.430 de 1853. *Constitución Nacional*. 22 de agosto de 1994. Diario Oficial No. Nº 5016.
- Luti, R., Bertran de solis, F. M. Galera, N. Muller de Ferreyra, M. Berzal, M. Nores, M. A. Herrera y J. C. Barrera. 1979. IV. *Vegetación*, en J. B. Vazquez, R. A. Miatello, M. E. Roque. *Geografía física de la provincia de Córdoba*. Editorial Boldt. República Argentina.

- Mansilla Escobar G. A. 2008. *Uso de la ecuación universal de pérdidas de suelos (USLE) en campo forestal*. (Universidad de Chile – Facultad de Ciencias Forestales – Departamento de Servicultutra).
- Pellegrini A. 2019. *Apunte de Edafología. Tema 3: "Textura y Color de Suelo"*. Curso de Edafología y Departamento de Ambiente y Recursos Naturales. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales U.N.L.P.
- Portal de Información Hídrica de Córdoba. República Argentina. <https://portal-aprhi.opendata.arcgis.com/>.
- Reyna, S. M., Reyna, T. M., Orso, M., Reyna, E. E., Lábaque, M., & Gómez, C. 2006. *Plan de Gestión de los Recursos Hídricos de la Provincia de Córdoba*. Córdoba: I Congreso Internacional sobre Gestión y Tratamiento del Agua Córdoba.
- Roa-Lobo J. y Kamp U. 2011 - *Uso del índice topográfico de humedad (ith) para el diagnóstico de la amenaza por desborde fluvial, estado Trujillo-Venezuela*. Revista Geográfica Venezolana, Vol. 53(1). <https://www.redalyc.org/pdf/3477/347730388007.pdf>.
- Roffe, T. G., Crósta A. P. y Perez Filho A. 2018 – *Análisis del factor L-S en diferentes modelos de predicción de la erosión hídrica del suelo*. (Instituto de Geografía Tropical).
- Ruiz Posse E., U. O. Karlin, E. Buffa, M. Karlin, C. Gai Levra y G. Castro 2007. *Ambiente de las Salinas Grandes de Catamarca, Argentina*. Departamento de Recursos Naturales. Universidad Nacional de Córdoba.
- Secretaría de Planificación Territorial y Obra Pública. *Plan Estratégico Territorial de Villa de Soto* 2018. Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda.

Soil Survey Division Staff 1993 *Soil Survey Manual*. Soil Conservation Service.

US Department of Agriculture Handbook 18.

Textura de suelo. FAO: [https://www.fao.org/fishery/static/FAO\\_Training/FAO\\_Training/General/x6706s/x6706s06.htm](https://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s06.htm)

Universidad Nacional de La Plata 2009 *Apunte de Edafología - Curso Edafología departamento de ambiente y recursos naturales facultad de ciencias agraria y forestales UNLP*.

Verzino G., Hernández R., Meehan A., Joseau J., Oses D. H., Frassoni J., Sánchez S., Clausen G., Salgado C. Sosa E.E. y Cistenas P. 2016. *Flora del Bosque Nativo del Centro de la Argentina. Valor paisajístico, tintóreo y apícola*. Ed Grupo Encuentro. 170 pp. ISBN: 978 987 1925 469

Wikipedia, (7 de febrero de 2013). *Cruz de Caña*.  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Cruz\\_de\\_Ca%C3%B1a](https://es.wikipedia.org/wiki/Cruz_de_Ca%C3%B1a)

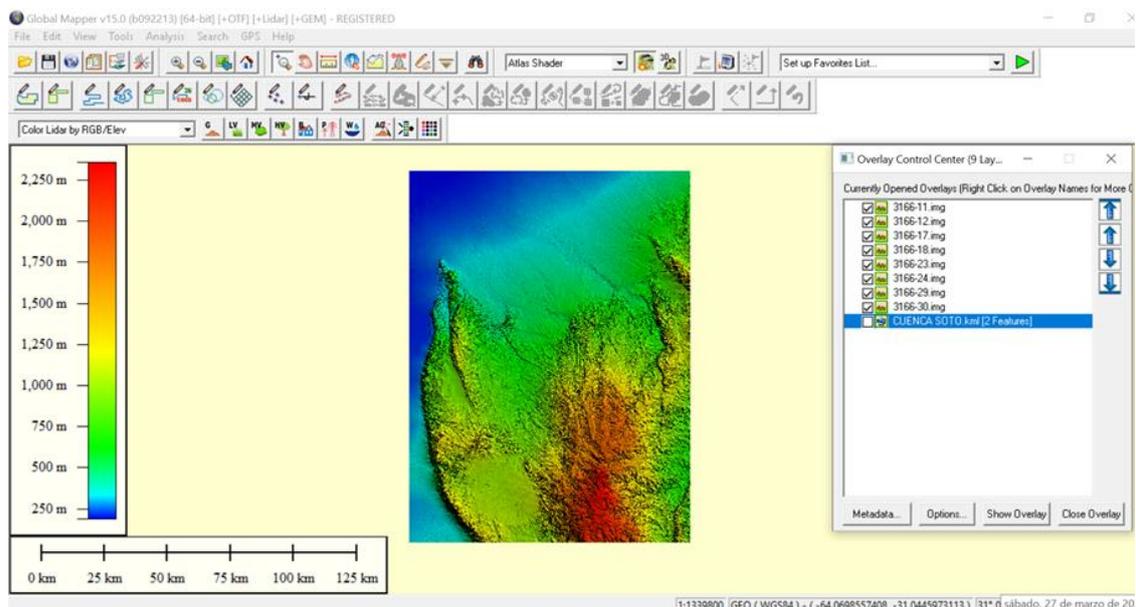
Wischmeier, W.H. y D.D. Smith. 1978. *Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning*. Agriculture Handbook. 537. US Department of Agriculture. Washington, DC.

# ANEXO I

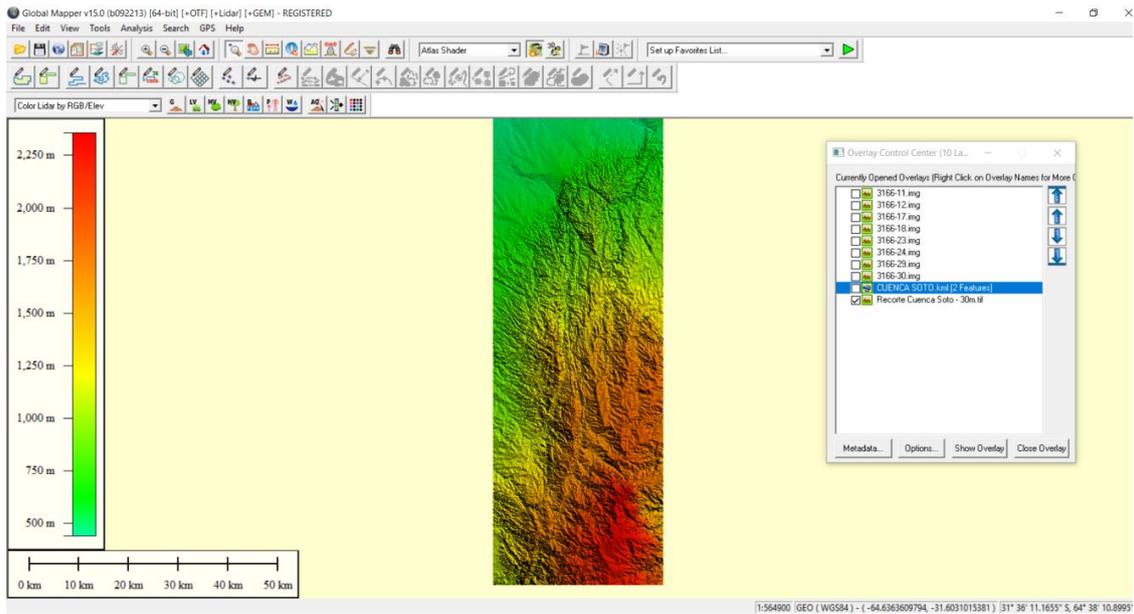
## Delimitación y Superficie

Para realizar la delimitación de la cuenta se utilizó el programa QGIS Versión 3.10.11, con la ayuda de las herramientas GRASS.

El primer paso fue descargar el Modelo Digital de Elevación (MED) de la zona de estudio de la base de datos de la página de IGN, que es el Organismo Nacional responsable de la elaboración y actualización de la cartografía básica del territorio argentino. En esta página los MED, son de libre descarga. Se eligió una imagen de 30 m, para tener menor tamaño de imagen con formato geo TIFF. Se descargaron ocho imágenes para poder cubrir toda el área correspondiente. Con el programa Global Mapper v15.10 se visualizaron las ocho imágenes y se recortó la zona de la cuenca como se indica en las Figura 19 y Figura 20.

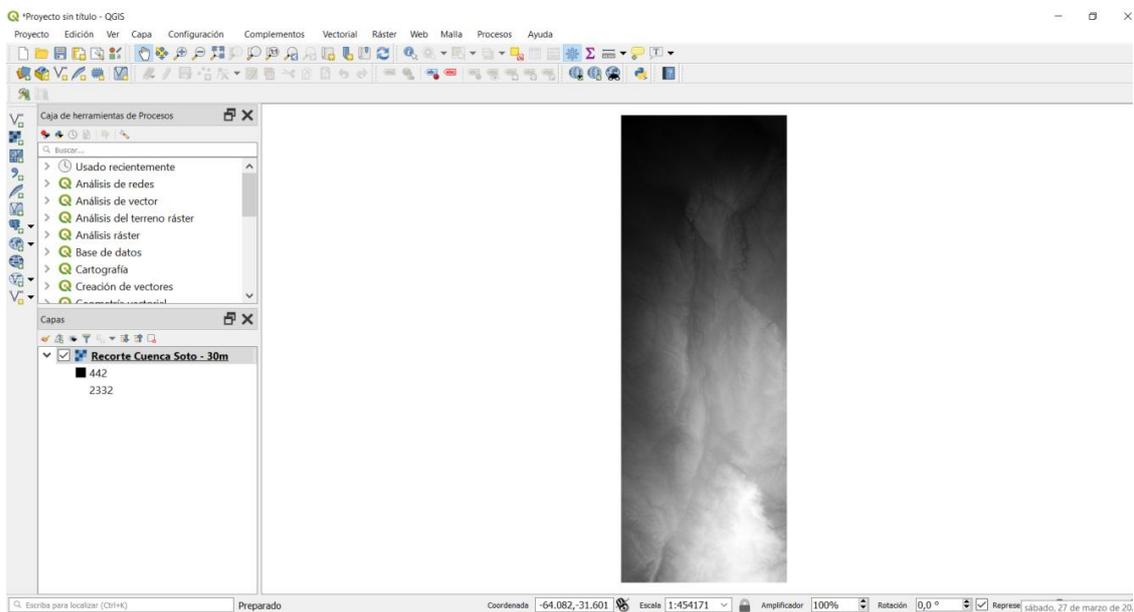


**Figura 19: DEM descargados de la página del IGN – Fuente: Elaboración propia.**



**Figura 20: Recorte de la zona de cuenca a delimitar – Fuente: Elaboración propia**

Con la imagen recortada para procesar la delimitación de la cuenca se utilizó el programa QGIS Desktop 3.10.11 with GRASS 7.8.4. En primer lugar, se cargó el DEM recortado anteriormente (Figura 21).

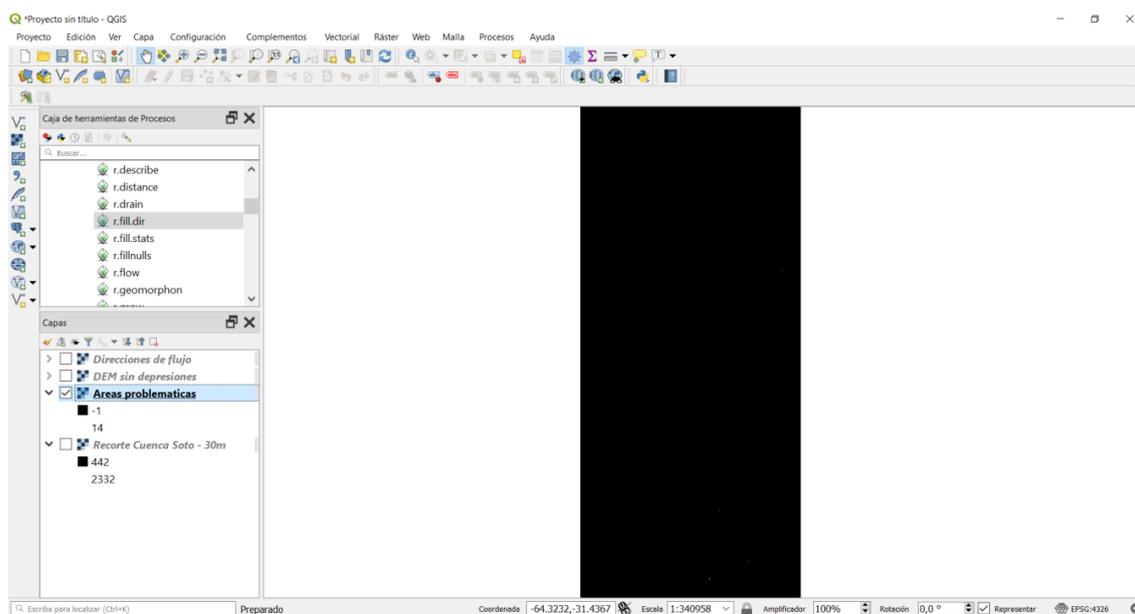


**Figura 21: Carga del DEM en el programa QGIS – Fuente: Elaboración propia**

Para la delimitación se seleccionó GRASS dentro de la Caja de Herramientas de Procesos, dentro la opción Ráster y se ejecutó la extensión *r.fill.dir*. Este primer punto se realizó para saber si había errores en el modelo digital que se había

descargado o era apto para realizar la delimitación de la cuenca. Se generó un nuevo modelo relleno, las direcciones de flujo y una imagen de las áreas problemáticas. Si éstas últimas fueran muchas, entonces sería más conveniente buscar otro DEM para realizar la delimitación.

En la Figura 22 se visualiza que las *áreas problemáticas* realmente eran escasas, y los pequeños e ínfimos puntos que se observan están fuera del área donde se estima que se encuentra la cuenca, la calidad de la imagen es buena. Las áreas problemáticas se visualizan como puntos blancos, en la imagen se ve claramente la ausencia de puntos blancos.

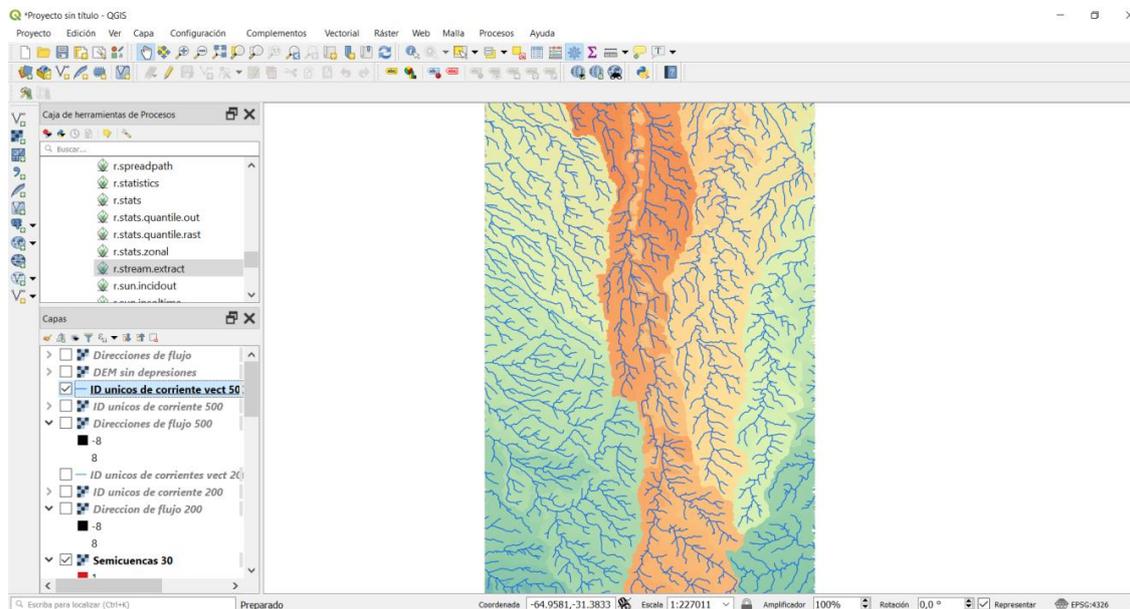


**Figura 22: Imagen de las áreas problemáticas escasas en el DEM –**  
Fuente: Elaboración propia

Se trabajó con el *DEM sin depresiones* que fue nuestro modelo. El siguiente paso fue producir la red de drenaje del modelo obtenido. Se utilizó la herramienta de GRASS *r.watershed*.

Se utilizó, para continuar con la red de drenaje, la capa *Número de celdas que drenan a través de cada celda*. Se utilizó la herramienta de GRASS *r.stream.extrac*, se eligió como mapa de elevación el *DEM sin depresiones*, como

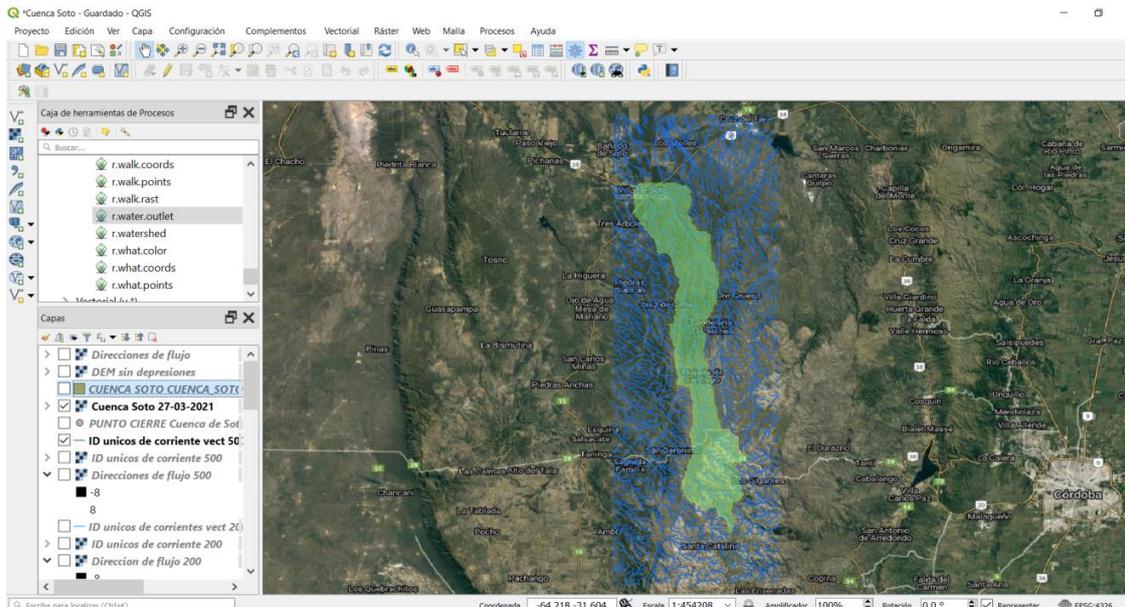
mapa de acumulación el *Número de celdas que drenan a través de cada celda*, colocamos inicialmente un flujo mínimo de 200 y también se probó con un flujo de 500.



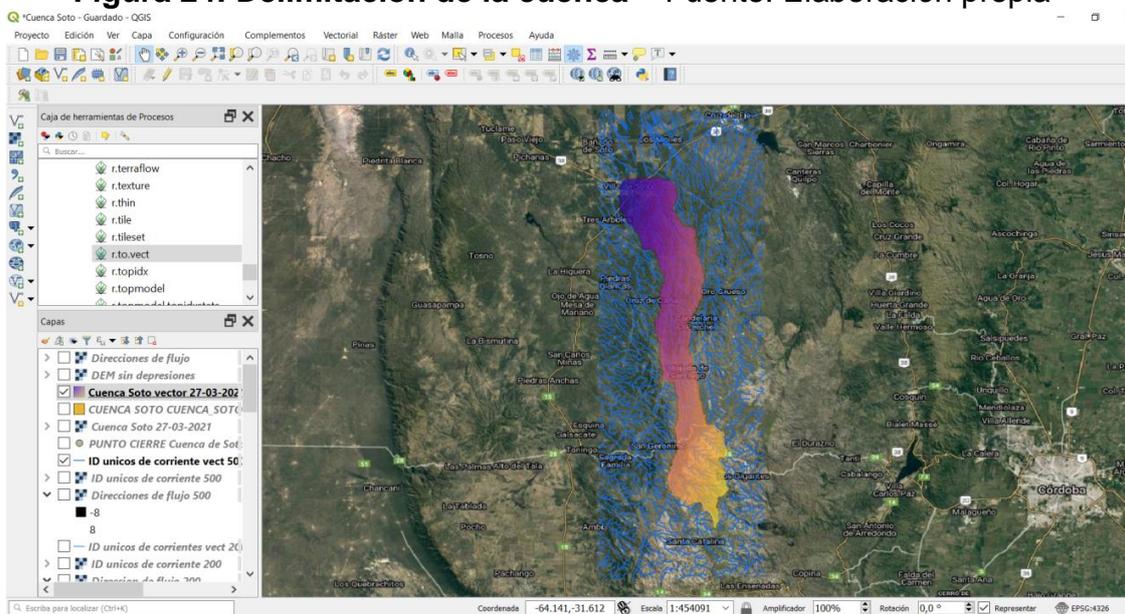
**Figura 23: Red de drenaje dentro de la cuenca – Fuente: Elaboración propia**

Se obtuvo la red de drenaje, conforme a la cantidad mínima de flujo que se determinó de acuerdo a las necesidades del estudio (Figura 23). Con el punto de cierre que se eligió para la cuenca se delimitó la misma. Se utilizó la herramienta *r.water.outlet*, colocando como mapa ráster de entrada *Direcciones de flujo* (Figura 25).

Para poder definir el vector del límite de la cuenca, una vez obtenido el ráster, se utilizó la herramienta: *r.to.vect*. Se utilizó la capa raster de entrada Cuenca, elegimos como tipo de objeto espacial *área* y se obtuvo lo que se muestra en la Figura 25.

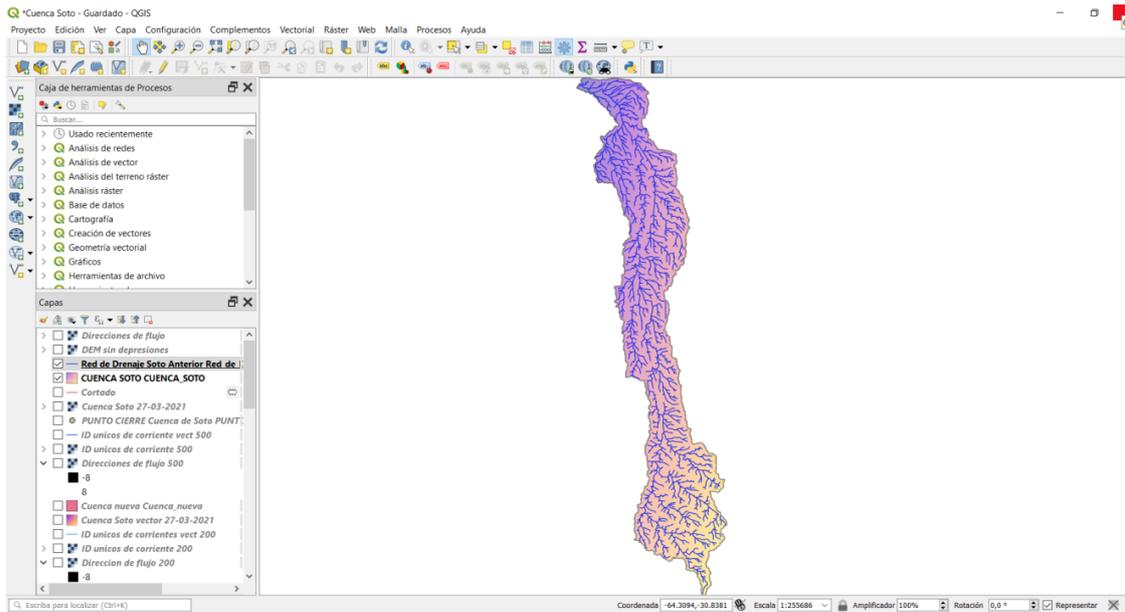


**Figura 24: Delimitación de la cuenca – Fuente: Elaboración propia**

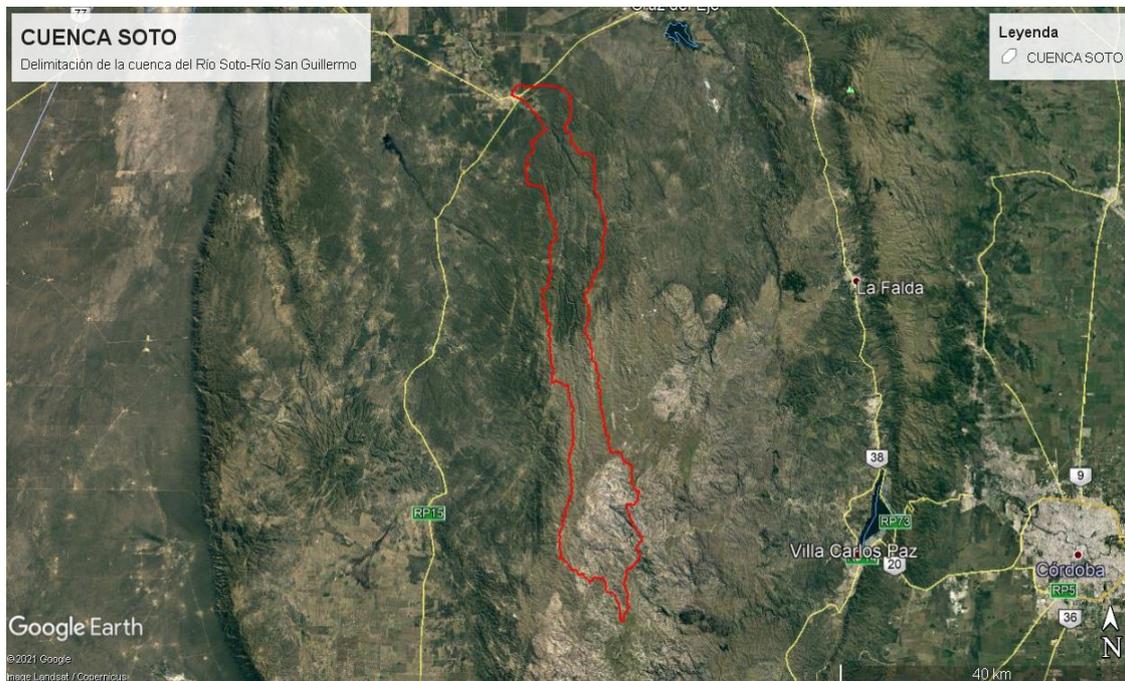


**Figura 25: Vector de la delimitación de la cuenca – Fuente: elaboración propia**

Con las herramientas disponibles se recortó la Red de Drenaje para tener la que se encuentra dentro de la delimitación de la cuenca (Figura 26)



**Figura 26: Recorte de la Red de Drenaje – Fuente: Elaboración propia**



**Figura 27 - Delimitación de la Cuenca del Río Soto - Río San Guillermo - Línea roja continua – Fuente: Elaboración propia**

Se puede observar en la Figura 27, en línea roja continua se observa el polígono final resultado que conforma la cuenca de Soto, objeto de análisis de este proyecto proyectada en el programa Google Earth.

La cuenca Soto, tiene una superficie aproximada de 50.717 ha, se trata de una cuenca de forma alargada y pequeña en comparación con las cuencas que la rodean.

## **ANEXO II**

### **Características edáficas**

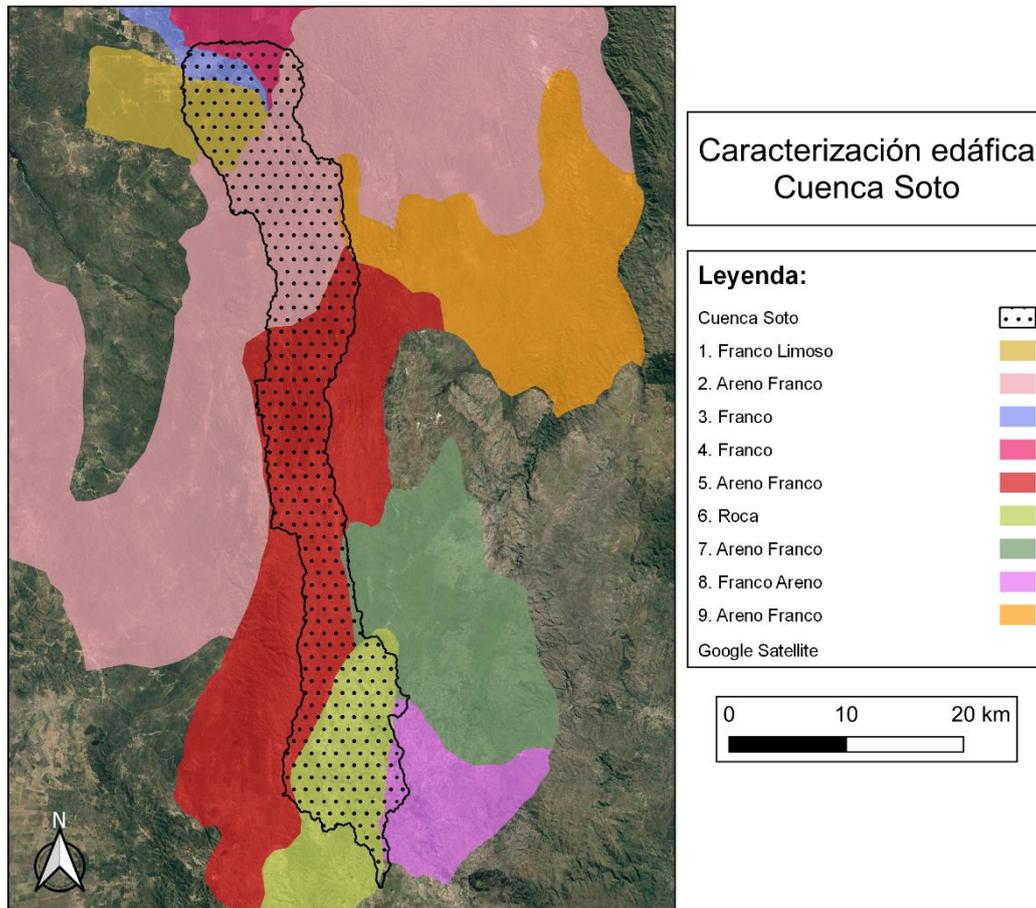
Respecto a este punto es importante destacar que la información edafológica disponible para la región noroeste de la Provincia de Córdoba, en los mapas de IDECOR no está completa como en las regiones de la pampa húmeda. Se cuenta con las capas descargables gratuitos: “Limitantes edáficas”, “Cartas de suelo” y “Materia orgánica del suelo”.

La capa de limitantes edáficas y cartas de suelo coinciden en su limitación, se pueden observar en la Figura 28. Se adopta el sistema de clasificación utilizado por el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (SCS, USDA), con ligeras modificaciones. Este sistema comprende tres grandes categorías: Clase, Subclase y Unidad de capacidad de uso Conforme a la carta de suelos.

El sistema de clasificación distingue ocho Clases, señaladas con números romanos de I a VIII. Indican un aumento progresivo de las limitaciones que presentan los suelos para el desarrollo de los cultivos. Las cuatro primeras incluyen los suelos arables, aptos para cultivos.

1. La clase I requiere poco o ningún tratamiento de manejo o conservación especial.
2. Las clases II, III y IV necesitan grados crecientes de cuidado y protección.
3. Las clases V a VII por lo general no son aptas para los cultivos y precisan cuidados progresivamente más intensos aun cuando se destinen para pasturas o a la forestación.

4. Finalmente, la clase VIII no tiene aplicación agrícola ni ganadera; sólo sirve para la recreación, para conservación de la fauna silvestre, provisión de agua o fines estéticos.



**Figura 28 - Carta de Suelos y Limitantes Edáficas** – Fuente: IDECOR

En la parte sur de la cuenca, la parte alta en la montaña Los Gigantes, prevalece la clase de suelo VIII, corresponde a roca, subclase sc, ip 1. El informe técnico de julio de 2020 MAPA DE CARTAS DE SUELOS DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA, define que *“los suelos de esta clase no tienen aplicación agrícola ni ganadera. Debido a la gravedad de sus limitaciones, sólo sirven para recreación, conservación de la fauna silvestre, provisión de agua, fines estéticos, etc”*. Respecto a la *“subclase "s" -limitaciones del suelo dentro de la zona radical- incluye suelos que presentan problemas de escasa profundidad, baja capacidad de retención de humedad, salinidad o alcalinidad y bajo nivel de fertilidad,*

*difíciles de corregir. La subclase "c" -limitación climática- está compuesta por suelos en los cuales el clima es la mayor limitación".*

Respecto al Índice de productividad (IP) *"tiene por objetivo establecer comparaciones entre las capacidades de producción de los distintos tipos de tierras presentes en un área, región o provincia"* el valor 1, tan pequeño, indica que no existen capacidades de producción en la zona.

En la cuenca media y baja prevalece el suelo clase VII, subclase **sc**. Y en la parte de cuenca baja, más cercano a la localidad de Villa Soto aparecen suelos con subclase **es**. La característica de la clase es que son *"suelos con muy graves limitaciones para el uso, resultando también ineptos para cultivos. Su uso queda reducido exclusivamente para pasturas cultivadas, campos naturales de pastoreo o para bosques y refugio de la fauna"*. Las dos subclases observadas se describen a continuación: *"Subclase VIIes: Suelos erosionados, con numerosas zanjas de erosión hídrica y salinidad severa que permite únicamente la existencia de plantas nativas muy tolerantes"* y la *"Subclase VIIsc: Suelos con problemas de drenaje excesivo causado por una textura arenosa que acentúa la limitación climática natural del área"*.

Respecto a la Textura Superficial, FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, ONUAA, o más conocida como FAO, es un organismo especializado de la ONU que dirige las actividades internacionales encaminadas a erradicar el hambre) describe que *se refiere a la proporción de componentes inorgánicos de diferentes formas y tamaños como arena, limo y arcilla. La textura es una propiedad importante ya que influye como factor de fertilidad y en la habilidad de retener agua, aireación, drenaje, contenido de*

*materia orgánica y otras propiedades.* Conforme a las limitantes edáficas que se observan en los mapas, en la cuenca media la textura es *Areno-Franco* en superficie, que implica desde un 50-70% de arena con un 15-20% de arcilla conforme al triangulo de clases texturales. La textura franca es la que posee las propiedades medias en cuanto a finura, retención hídrica y cohesión (Pellegrini, 2019). Tiene una profundidad del suelo efectiva (considerada como la espesura del suelo) de 120 cm a 90 cm, y en la cuenca baja de 60 cm a 30 cm siendo somero. Los suelos no son salinos ni sódicos.

El drenaje se refiere a la rapidez y facilidad con que el agua se elimina del suelo, por escurrimiento, por pasaje a través del suelo mismo (infiltración y percolación) hacia capas subterráneas, la evaporación y la transpiración contribuyen a la eliminación del agua. El drenaje es considerado una condición propia del suelo y se refiere a la frecuencia y duración de los períodos durante los cuales el suelo se ve libre de saturación con agua. Esta condición se puede medir, pero por lo general se estima. Hay rasgos morfológicos que indican procesos de anegamiento. El concepto de drenaje del suelo es amplio, hay que definirlo de acuerdo al escurrimiento y a la permeabilidad, y se refiere a condiciones generales del área y del suelo mismo (Pellegrini, 2019).

En este caso, el suelo es *excesivamente drenado*, lo cual significa que el agua se mueve a través del suelo muy rápidamente. El agua libre interna está muy profunda, o no se encuentra. Los suelos tienen comúnmente textura gruesa y muy alta conductividad hidráulica saturada, y no poseen características redoximórficas (Soil Survey Staff, 1993).