



**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**

**Plan Básico de la Cuenca Media del Río  
Ctalamochita**

**Mariano Nicolás Spalla**

Director: Ing. Agr. (MSc.) Ricardo Luis Luque

Córdoba, 2021



**FCA**  
Facultad de Ciencias  
Agropecuarias



**FACULTAD  
DE CIENCIAS  
ECONÓMICAS**

# Plan Básico de la Cuenca Media del Río Ctalamochita

**Mariano Spalla**

Director: Ing. Agr. (MSc.) Ricardo Luis Luque

Aprobada en estilo y contenido por:

## **Tribunal Examinador de TFI**

- Ing. Civil (Mg.) Mariana Pagot
- Dra. Ing. Agr. Susana Hang
- Dr. Ing. Agr. M. Alejandro Becerra

**Presentación formal académica: Córdoba, 16 de diciembre de 2021**

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**

Al finalizar la redacción del Trabajo Integrador Final que simboliza la culminación de la especialización, es inevitable sentir la necesidad de destacar la participación de personas e instituciones que han facilitado las cosas para que esta etapa llegue a un feliz término. Por ello, es para mí un verdadero placer utilizar este espacio para expresar mis agradecimientos. En primer lugar, a mi familia que me motivó, apoyó y creyó en mí en todo momento para que estudiara la especialización. A mis profesores por su dedicación y paciencia para transmitirme sus conocimientos, experiencias y sus consejos que fueron el motor que me incentivó a llegar hasta aquí. Por último, quiero darle las gracias a esta prestigiosa Universidad que me dio no solo la posibilidad de formarme como especialista, sino que también de conocer a un grupo humano increíble.

## RESUMEN

El objetivo principal del presente trabajo fue desarrollar un plan básico para la conservación del suelo y el agua en la cuenca media del río Ctalamochita, así como también, incorporar las herramientas y conocimientos obtenidos a lo largo del cursado de los diferentes talleres y cursos de la especialización.

En la primera parte del trabajo, se realizó una caracterización de la zona de estudio, reconociendo a la cuenca como unidad de estudio y planificación para el ordenamiento sustentable del territorio. Para dicha caracterización fue de mucha utilidad la diversidad de casos presentados en el curso “Introducción a la Gestión de Cuencas Hidrográficas” ya que permitió apreciar aspectos comunes y singulares al momento de describir la cuenca media del río Ctalamochita.

Luego se realizó un diagnóstico de la situación actual de la cuenca, para el cual, se hizo uso de la herramienta “Árbol de problemas” presentada en el “Taller integrador número 1”, la cual resultó ser una estrategia efectiva al momento de evaluar las múltiples problemáticas, dimensiones y actores sociales intervinientes. Consecuentemente, se decidió hacer foco en la erosión hídrica ya que es uno de los problemas de mayor importancia debido a su extensión, intensidad y factor condicionante para la conservación del suelo y el agua.

Para analizar la erosión hídrica, se realizó una evaluación cualitativa, por medio de la fotointerpretación de imágenes satelitales y mapas de suelo, geología, drenaje, vegetación, uso actual del suelo, datos meteorológicos y haciendo uso de las herramientas aprendidas en el taller “SIG y Sensores Remotos”.

Luego mediante el método USLE (ecuación universal de pérdida de suelos), álgebra de mapas en ambiente GIS y el análisis multicriterio desarrollado en el curso “Ordenamiento Territorial” se integró la información y se estimó la producción de sedimentos.

Finalmente, en el último capítulo se dan recomendaciones sobre las acciones a implementar en la cuenca a nivel predial, las cuales fueron desarrolladas y analizadas en el curso “Prácticas estructurales y culturales para la gestión de cuencas hidrográficas” de la especialización.

Palabras clave: suelo, agua, erosión hídrica, conservación , USLE, GIS.

## TABLA DE CONTENIDOS

Sección	Pág.
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	09
Objetivo General	11
Objetivos Específicos	11
<b>2. ÁREA DE TRABAJO</b>	12
<b>3. CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA.</b>	13
3.1. Vías de comunicación	13
3.2. Geomorfología	15
3.3. Suelos	16
3.4. Relieve	30
3.5. Hidrología	31
3.6. Características climáticas	35
3.7. Vegetación	37
3.8. Fauna	39
3.9. Dimensión económica productiva	39
3.10. Dimensión sociocultural	41
3.11. Dimensión legal, normativa e institucional	45
<b>4. DIAGNÓSTICO</b>	53
4.1. Análisis de cobertura	55
4.2. Análisis del uso del suelo agrícola y la secuencia de cultivos	56
4.3. Erosión hídrica	60
4.4. Tolerancia a la pérdida de suelo	71
4.5. Pérdidas productivas/económicas	72
4.6. Eficiencia de manejo	73
4.7. Consecuencias de la Erosión hídrica y la sedimentación	76
<b>5. PROPUESTA DE MANEJO</b>	77
5.1. Prácticas agronómicas	78
5.2. Prácticas estructurales	81
<b>6. CONSIDERACIONES FINALES</b>	86
<b>7. BIBLIOGRAFÍA</b>	87

## Lista de Figuras

Nº	Leyenda	Pág.
Fig. 1	Mapa de ubicación de la cuenca media del río Ctalamochita.	12
Fig. 2	Mapa de la Red Caminera de la cuenca media del río Ctalamochita.	13
Fig. 3	Mapa de la Red Ferroviaria de la cuenca media del río Ctalamochita.	14
Fig. 4	Unidades Geomorfológicas de la provincia de Córdoba	16
Fig. 5	Participación de los distintos suelos en la cuenca media del río Ctalamochita.	18
Fig. 6	Subgrupos de suelos de la cuenca media del río Ctalamochita. Escala de reconocimiento 1:500.000.	18
Fig. 7	Unidades Cartográficas de la cuenca media del río Ctalamochita. Escala de reconocimiento 1:50.000.	19
Fig. 8	Capacidad de uso de los suelos de la cuenca media del río Ctalamochita. Escala de reconocimiento 1:50.000.	27
Fig. 9	Índice de productividad de los suelos de la cuenca media del río Ctalamochita. Escala de reconocimiento 1:50.000.	29
Fig. 10	Elevaciones de la cuenca media del río Ctalamochita.	30
Fig. 11	Pendientes de la cuenca media del río Ctalamochita.	31
Fig. 12	Trayectoria meándrica del río Ctalamochita en la localidad de Villa Ascasubi.	32
Fig. 13	Subcuencas de la cuenca media del río Ctalamochita.	33
Fig. 14	Unidades hidrogeológicas de la provincia de Córdoba (Blarasin et al, 2014).	35
Fig. 15	Precipitaciones medias (izq.) mapa de temperaturas medias (der.).	36
Fig. 16	Rosa de los vientos de la ciudad de Río Tercero (Fuente: meteoblue).	37
Fig. 17	Regiones Fitogeográficas de la provincia de Córdoba.	38
Fig. 18	Figura 18. Gráfico de relación de superficie sembrada (soja/maíz) para el periodo 1990-2020.	40
Fig. 19	Distribución de los Consorcios de Conservación de Suelos en la cuenca media del río Ctalamochita.	44
Fig. 20	Sistema de Consorcios de Camineros de la provincia de Córdoba para la cuenca media del río Ctalamochita. Fuente: <a href="http://www.accpc.com.ar">http://www.accpc.com.ar</a> .	45
Fig. 21	Diagrama de Árbol - Análisis multidisciplinario de las problemáticas de la cuenca media del río Ctalamochita.	54
Fig. 22	Cobertura del suelo de la cuenca media del río Ctalamochita.	55
Fig. 23	Porcentaje de cobertura de suelo de la cuenca media del río Ctalamochita.	56
Fig. 24	Mapa de usos del suelo de la cuenca media del río Ctalamochita. Campaña 2018/2019.	57
Fig. 25	Mapa de usos del suelo de la cuenca media del río Ctalamochita. Campaña 2019/2020.	57

Fig. 26	Mapa de usos del suelo de la cuenca media del río Ctalamochita.. Campaña 2020/2021.	58
Fig. 27	Participación porcentual de los cultivos en la cuenca media del río Ctalamochita en las campañas 2018/2019, 2019/2020, y 2020/2021 .	58
Fig. 28	Distribución por rotación de cultivos categorías de las secuencias de la cuenca media del río Ctalamochita.	59
Fig. 29	Figura 29. Participación porcentual de secuencias de cultivos (relación soja:maíz) de la cuenca media del río Ctalamochita considerando las 4 categorías. Cat. 1 0:3; Cat. 2. 1:2; Cat. 3 2:1; Cat. 4 3:0.	60
Fig. 30	Diagrama de la integración de los factores de la USLE para la obtención de los mapas de Erosión Hídrica Potencial y de Erosión Hídrica Actual.	63
Fig. 31	Relación entre la PMA y el factor R para 75 localidades de la República Argentina (Fuente: Gaitán et al, 2017).	64
Fig. 32	Mapa de Factor “R” de la USLE para los suelos de la cuenca media del río Ctalamochita.	64
Fig. 33	Mapa de Factor “K” de la USLE para los suelos de la cuenca media del río Ctalamochita.	65
Fig. 34	Mapa de Factor “LS” de la USLE para los suelos de la cuenca media del río Ctalamochita.	66
Fig. 35	Mapa de Erosión Hídrica Potencial para los suelos de la cuenca media del río Ctalamochita.	67
Fig. 36	Mapa de Factor “C” de la USLE para los suelos de la cuenca media del río Ctalamochita.	69
Fig. 37	Mapa de Factor “P” de la USLE para los suelos de la cuenca media del río Ctalamochita.	70
Fig. 38	Mapa de Erosión Hídrica Actual de la cuenca media del río Ctalamochita.	71
Fig. 39	Participación porcentual del territorio afectado según el grado de erosión hídrica en la cuenca media.	72
Fig. 40	Diagrama de la integración de los factores del análisis multicriterio para la obtención del Factor de Manejo.	74
Fig. 41	Mapa de Eficiencia de manejo en función de variables ambientales y socioproductivas para la cuenca media del río Ctalamochita.	75

### Lista de Tablas

<b>Nº</b>	<b>Título</b>	<b>Pág.</b>
Tabla 1	Descripción de las Unidades Cartográficas de la cuenca media del río Ctalamochita.	19
Tabla 2	Clases de capacidad de uso del sistema de clasificación del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (SCS, USDA).	25
Tabla 3	Clases de Erosión Hídrica Potencial según FAO (1980).	67
Tabla 4	Valores de factor C de la USLE para diferentes rotaciones de cultivos bajo el sistema de siembra directa (Marelli et al., 2012).	68
Tabla 5	Valores de factor C para distintas coberturas naturales del suelo. (Gaspari et al., 2010).	68



# PLAN BÁSICO DE LA CUENCA MEDIA DEL RÍO CTALAMOCHITA

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se realiza en el marco de la Especialización en Gestión de Cuencas Hidrográficas de la Universidad Nacional de Córdoba y se titula “Plan Básico de la cuenca media del río Ctalamochita”.

Una cuenca hidrográfica es un territorio que contiene un único sistema de drenaje natural, es decir, que drena sus aguas al mar a través de un único río, o que vierte sus aguas a un único lago endorreico.

Desde la perspectiva “socioecosistémica”, la cuenca es un sistema complejo humano biofísico integrado. La naturaleza y diversidad de sus componentes hace que el comportamiento del agua en la cuenca no sólo sea producto de las leyes y procesos naturales, sino también de las leyes y procesos sociales (Maass Moreno, 2015).

Una mirada retrospectiva nos permite ver cuál ha sido la evolución del enfoque en la gestión de cuencas, el cual ha pasado de criterios básicamente utilitaristas del recurso hídrico a perspectivas más amplias, que ven a la cuenca como una integralidad donde no solo importa la conservación de los recursos naturales, sino que busca el desarrollo de actividades económicas sustentables que aseguren la satisfacción de las necesidades humanas para las generaciones presentes y futuras (FAO, 2007).

La erosión es el desgaste y arrastre de suelo que se produce en la superficie por acción de los agentes externos: viento y agua. Puede ser natural o acelerada por la acción antrópica. La erosión hídrica es el proceso por el cual se produce desagregación, transporte y depositación de las partículas de suelo por acción del

agua a través de distintos procesos tales como energía cinética de la gota de lluvia al impactar en la superficie, el escurrimiento y la acción de la gravedad. La intensidad del proceso depende del clima (intensidad y volumen de las lluvias), el relieve (longitud, grado y uniformidad de la pendiente) y la erodabilidad del suelo y el sistema de producción (Cisneros et al., 2012).

La pérdida de suelo es el principal problema que compromete la sustentabilidad de los sistemas productivos, con un impacto económico sobre la productividad de los cultivos. Si bien la Argentina ha logrado avances relevantes en la difusión de tecnologías conservacionistas, la problemática es de una magnitud, vastedad y complejidad tal, que requiere políticas de estado que focalicen al recurso suelo como elemento estratégico del desarrollo regional y nacional (Gaitan et al, 2017).

Debido a la heterogeneidad de actores, multiplicidad de factores, y complejidad de las problemáticas, ha sido necesario ampliar nuestras miradas, no solo profundizando conocimientos de la formación de grado, sino también a partir de otras disciplinas, tales como la agronomía, geología, economía, ecología y posiblemente muchas más, enfocados en búsqueda de soluciones integrales.

La motivación de este trabajo radica en la necesidad de transmitir a los actores de la cuenca media del río Ctalamochita, recomendaciones sobre las acciones a implementar en la cuenca a nivel predial, buscando la toma de conciencia para que parte de sus inversiones sean destinadas a mejoras para su lote, protegiendo el suelo que es su principal activo y que está en riesgo. La adopción de prácticas conservacionistas por parte de los productores además de mejorar las condiciones localmente, trae aparejado muchos beneficios a nivel de cuenca, ya que permiten amortiguar los excedentes hídricos y con ello, las consecuencias de los procesos erosivos.

## **Objetivo general**

Desarrollar un plan básico para la conservación del suelo y el agua en la cuenca media del río Ctlamochita.

## **Objetivos específicos**

- Delimitación de la cuenca media del río Ctlamochita y subcuencas.
- Describir las características naturales y antrópicas de la cuenca media del río Ctlamochita.
- Reunir información relacionada con el uso agrícola de los suelos de la cuenca media del río Ctlamochita.
- Determinar y rasterizar los parámetros de la USLE para la cuenca media del río Ctlamochita.
- Generar el mapa de Erosión Hídrica Potencial de la cuenca del río Ctlamochita.
- Generar el mapa de Erosión Hídrica Actual de la cuenca del río Ctlamochita considerando el uso del suelo y secuencia de cultivos.
- Generar un mapa de eficiencia de manejo en función de variables ambientales y socioproductivas para la cuenca media del río Ctlamochita.

## 2. ÁREA DE TRABAJO

El área de estudio corresponde a la cuenca media del río Ctalamochita. Se ubica predominantemente en la región norte del departamento Tercero Arriba y una pequeña porción en los departamentos Ctalamochita y Río Cuarto de la provincia de Córdoba, situándose entre 32°18' - 32°21' Latitud Sur y 64°16' - 64°20' Longitud Oeste. Se extiende en forma alargada Oeste-Este, abarcando una superficie de 89.500 ha. La ciudad de Río Tercero es el principal centro urbano de la región en estudio. Posee como límites al Norte la localidad de Corralito. Al Este, se encuentra el punto de salida de la cuenca, situado en la localidad de Pampayasta. El límite Sur está ubicado próximo a Berrotarán. Otras localidades importantes de la cuenca son Los Cóndores, Almafuerite, Tancacha y Villa Ascasubi (Fig. 1).

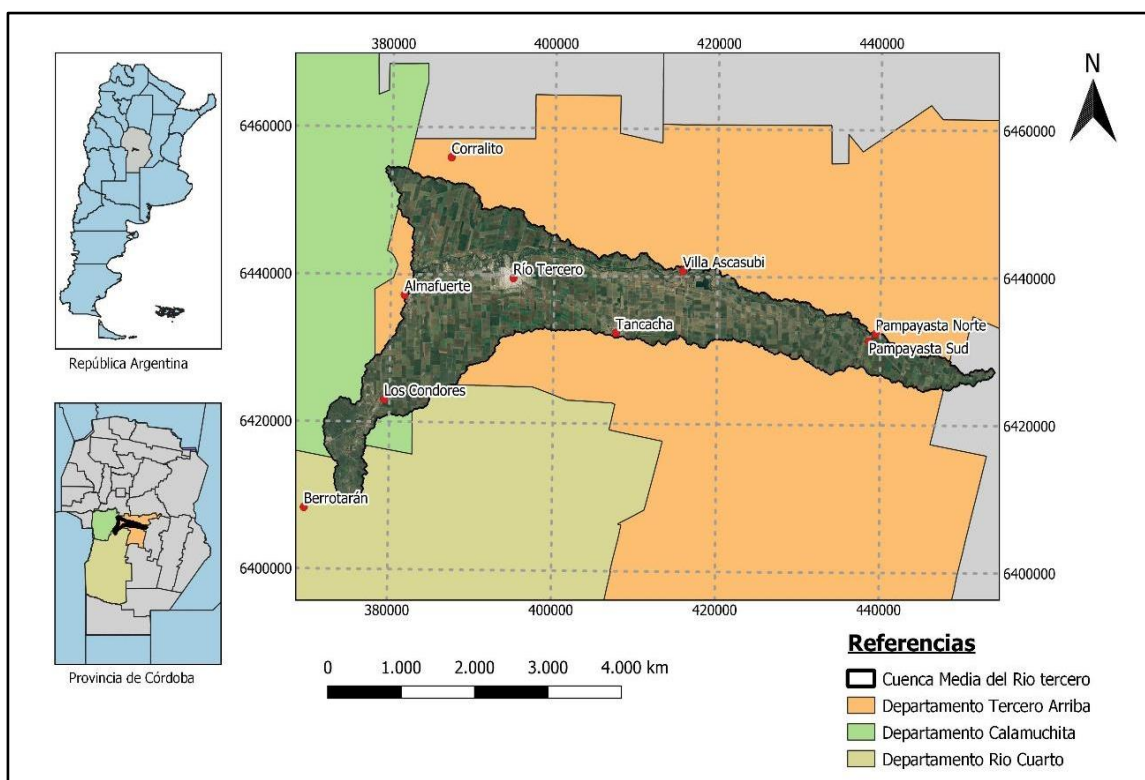


Figura 1. Mapa de ubicación de la cuenca media del río Ctalamochita.

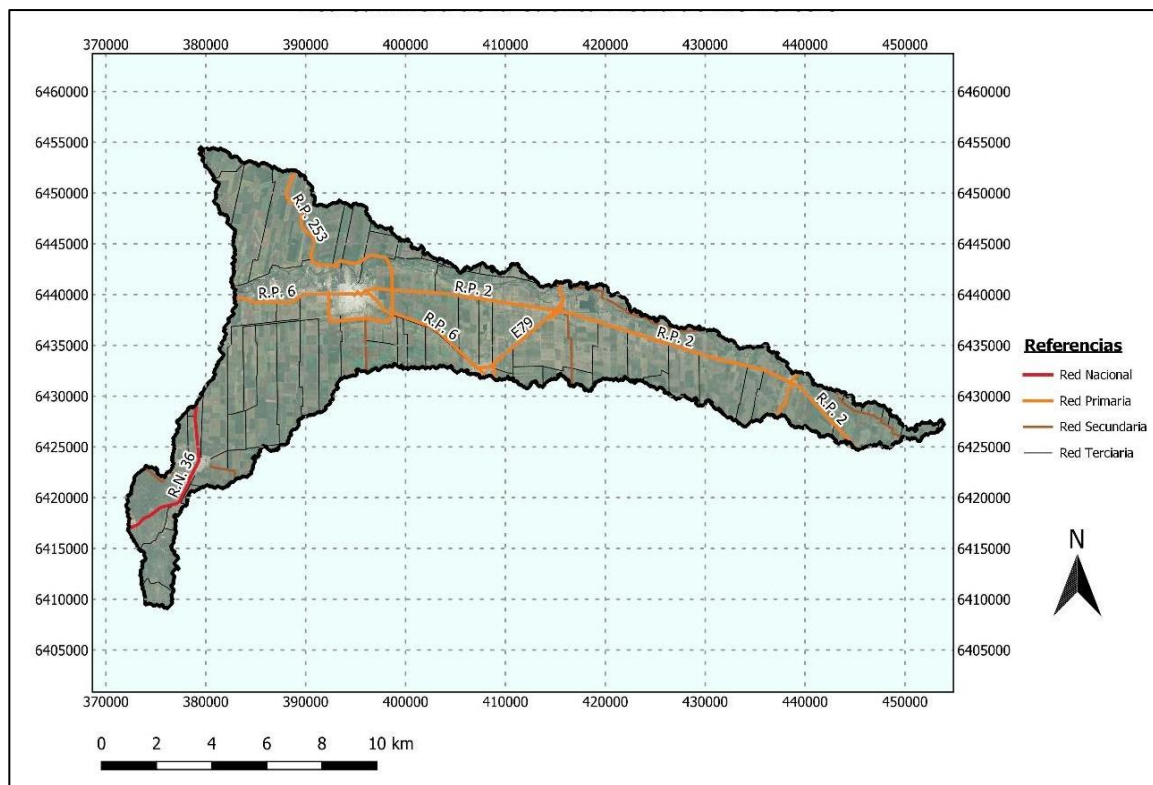
### 3. CARACTERIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

#### 3.1. Vías de comunicación

La región presenta una red vial compuesta por rutas nacionales, provinciales, caminos primarios, secundarios y terciarios. Además, la línea ferroviaria General Bartolomé Mitre.

##### *Red Caminera*

En la extensión de la cuenca se presentan cuatro rutas de importancia. En el límite Sudoeste se intersecta con la ruta nacional N° 36. La ruta provincial N°2 con dirección Oeste a Este, vincula la ciudad de Río Tercero con Villa María. La ruta provincial N°6 recorre con dirección Oeste a Este, vinculando la ciudad de Almafuerite con Río Tercero. En el sector Noroeste se encuentra la ruta provincial N°253 en dirección Noroeste a Sureste que vincula la ciudad de Río Tercero con Corralito.

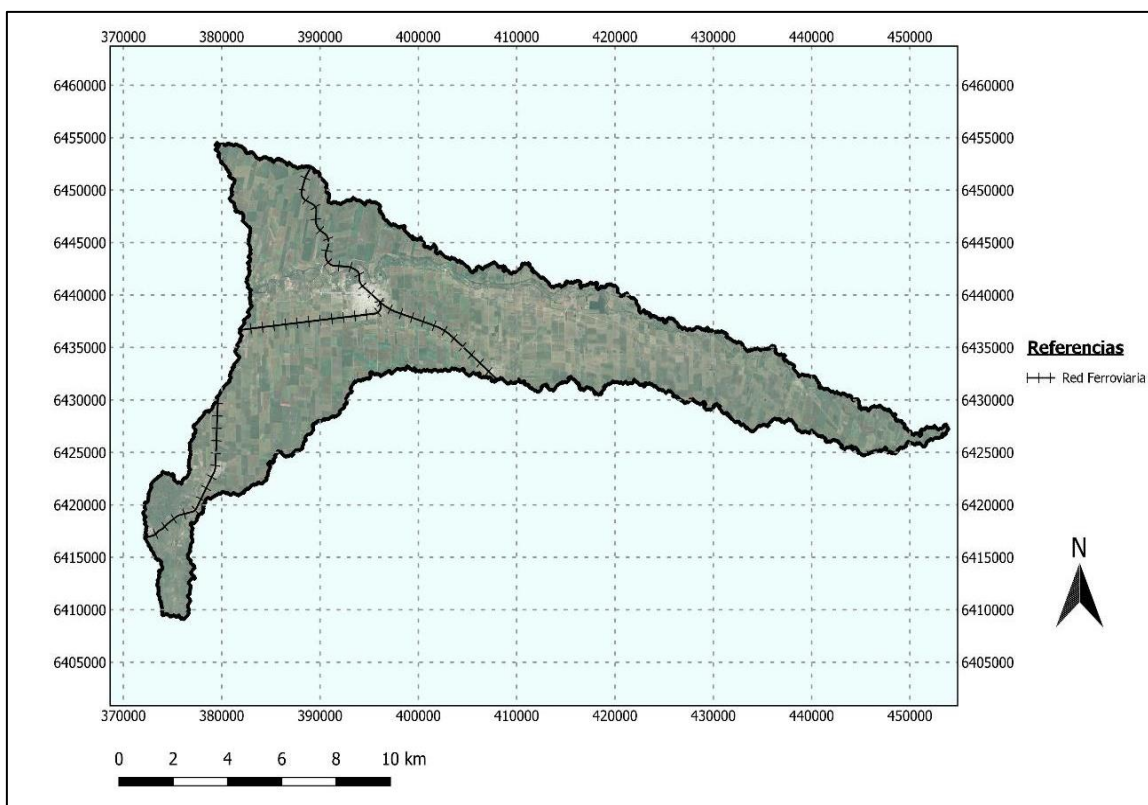


**Figura 2. Mapa de la Red Caminera de la cuenca media del río Ctalamochita.**

El área cuenta con una red de caminos que dan accesibilidad a los distintos sectores con las principales vías de comunicación, de los cuales 57 km de caminos secundarios y 325 km de caminos terciarios.

### *Red Ferroviaria*

La cuenca es atravesada por la línea ferroviaria General Bartolomé Mitre que es una de las más extensas que componen la red ferroviaria argentina de trocha ancha (1676 mm). En el centroide de la cuenca, la ciudad de Río Tercero, convergen 2 vías ferroviarias. La primera con dirección Noroeste a Sudeste, vincula a Corralito y Río Tercero y la segunda es paralela a la ruta Nacional N°36 en el sector Sur de la cuenca, vinculando a Río Tercero con Río Cuarto.



**Figura 3. Mapa de la Red Ferroviaria de la cuenca media del río Ctalamochita.**

### **3.2. Geomorfología**

La provincia de Córdoba se divide en 22 ambientes geomorfológicos que definen aspectos geomorfológicos, estructurales y de vegetación bien marcados (Agencia Córdoba Ambiente–INTA, 2003).

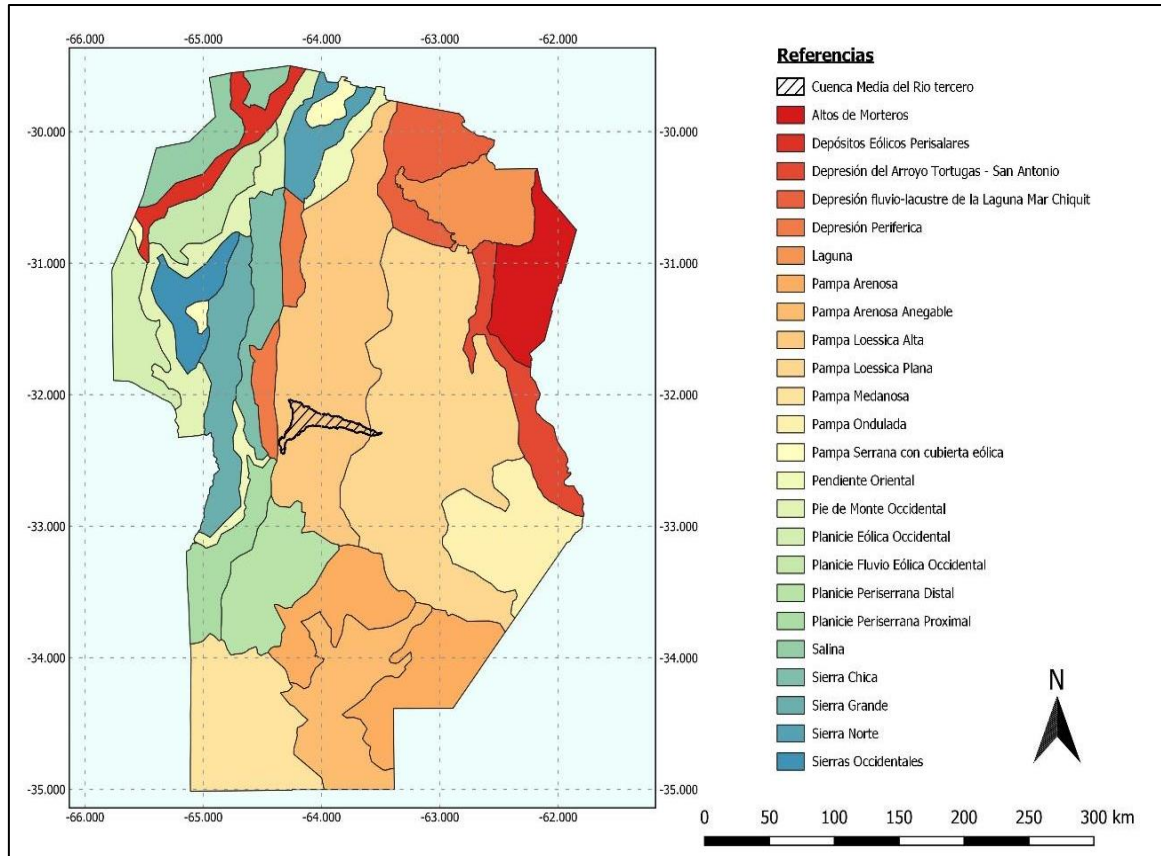
La zona asociada a la cuenca media del río Ctalamochita se encuentra en el sector Oeste de la “Pampa Loéssica Alta” que constituye una llanura de suave vertiente hacia el Este, cuya pendiente regional tiene un valor aproximado de 0,3%.

La Pampa Loéssica Alta se ubica entre la Pampa Loéssica Plana por el Este y la Depresión Periférica por el Oeste. Se trata de un alto plano, llamado plataforma basculada, con pendiente regional hacia el Este bastante uniforme y que disminuye en esta dirección. En el límite Occidental los valores de las pendientes se encuentran en el orden del 1 a 2 %; mientras que en el Oriental no supera el 0,5%.

Estructuralmente, esta unidad constituye un bloque elevado o basculado hacia el Este por fallas geológicas del basamento profundo, parcialmente cubierto por depósitos de piedemonte y luego por una potente sedimentación eólica. Superficialmente solo se encuentra el loess franco limoso muy homogéneo donde se han observado espesores hasta de 50 m.

Localmente, el sector es atravesado por el río Ctalamochita y modifica la llanura en su forma y en la heterogeneidad de sedimentos, generando sectores de relieve ondulado y materiales superficiales que varían desde arenosos en los paleocauces a limosos en las planicies de inundación. El paisaje se manifiesta, asimismo, en derrames producidos por divagaciones y continuos cambios del cauce. Las geoformas resultantes constituyen paleocauces, albardones, planicies

de inundación, derrames fluviales, depresiones anegables transitoriamente y lagunas permanentes (Oyarzabal et al., 2018).



**Figura 4. Unidades Geomorfológicas de la provincia de Córdoba**

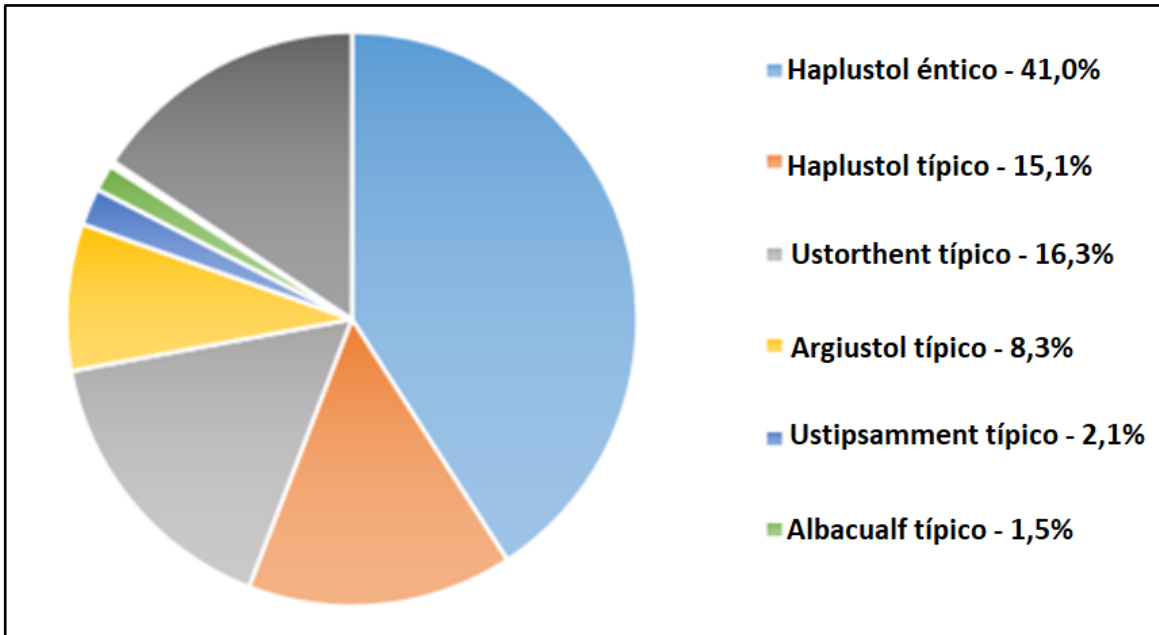
### 3.3. Suelos

El loess, material originario de estos suelos, posee un porcentaje de fracción limo entre 40-70% (Hang et al., 2015) y es rico en carbonato de calcio. Estos caracteres del material, sumados a las condiciones climáticas de una planicie subhúmeda a semiárida y la vegetación natural bajo la cual evolucionaron, confieren a los suelos las características más sobresalientes que condicionan su utilización y definen sus potencialidades (Agencia Córdoba DACyT, 2003).

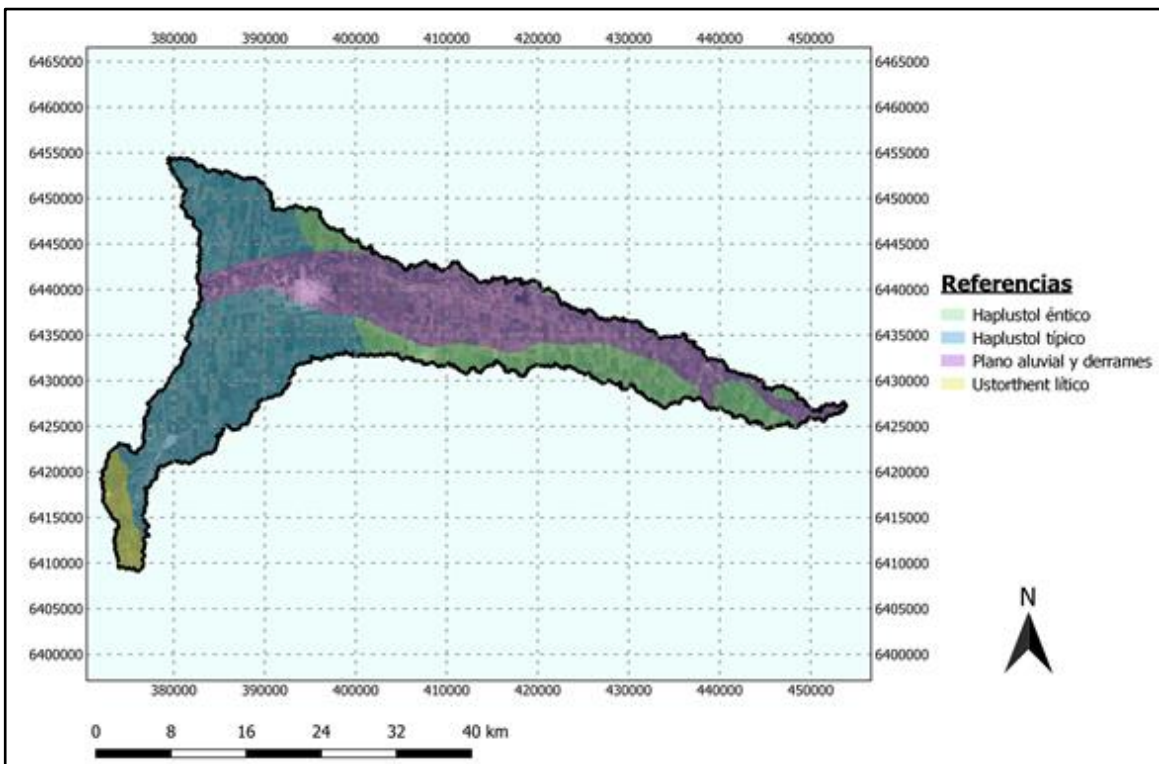
Los principales Subgrupos de suelos encontrados, según el sistema de clasificación Soil Taxonomy (USDA, 2009).



- **Haplustol típico:** Son suelos profundos, bien drenados, desarrollados a partir de materiales loésicos franco limosos y vinculados a vías de escurrimiento que bisectan las lomas suavemente onduladas. Son suelos agrícolas, presentando moderada limitación climática.
  
- **Haplustol éntico:** Son suelos profundos, oscuros, bien a algo excesivamente drenados, vinculados a lomas planas o ligeramente onduladas. Son suelos agrícolas, cuya única limitante es la climática.
  
- **Ustorthent típico:** Son suelos algo excesivamente drenados, desarrollados sobre materiales redepositados de áreas de derrame fluvial, están vinculados a sectores positivos del relieve (lomadas planas y/o ligeramente onduladas). Las limitaciones climáticas, baja fertilidad y baja estabilidad de los agregados restringen su uso agrícola a niveles críticos.
  
- **Argiustol típico:** Son suelos bien drenados, desarrollado moderadamente en las terrazas altas de los ríos Ctalamochita, en los sectores más planos de las terrazas con una suave inclinación hacia las vías fluviales mencionadas. Geomorfológicamente, los materiales parentales de los suelos corresponden a viejas planicies de inundación en ambientes muy suavemente ondulados.



**Figura 5. Participación de los distintos Subgrupos de suelos en la cuenca media del río Ctlamochita.**

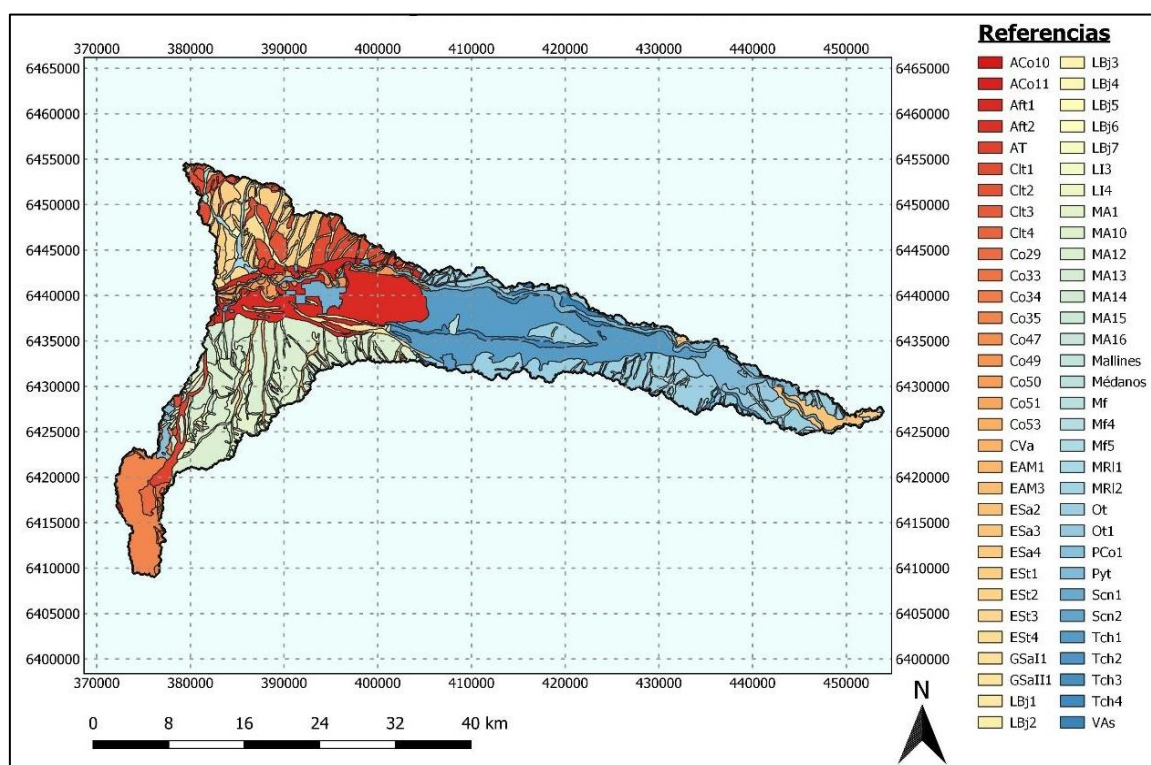


**Figura 6. Subgrupos de suelos de la cuenca media del río Ctlamochita. Escala de reconocimiento 1:500.000.**

## Unidades Cartográficas

Los mapas de unidades cartográficas de suelos de la cuenca media del río Ctlamochita obtenidos a partir de las Cartas de Suelos para la provincia de Córdoba en escala 1:50.000 del INTA para la región en estudio.

Los suelos predominantes son los Haplustoles énticos, Haplustoles típicos, Ustorthents típicos y Argiustoles típicos. En la Tabla 1 se enumeran las unidades cartográficas (UC) presentes en la cuenca media del río Ctlamochita, el tipo de perfiles dominantes y proporción de cada una de ellas.



**Figura 7. Mapa de las Unidades Cartográficas de la cuenca media del río Ctlamochita. Escala de semidetalle 1:50.000.**

**Tabla 1. Descripción de las Unidades Cartográficas**

Unidad Cartográfica	Tipo de UC	Perfil Tipo	Área [%]
ACo10	Asociación de Serie ALPA CORRAL en fase moderadamente erosionada 60% y ALPA CORRAL en fase severamente erosionada 40%	Haplustol [100%]	éntico 0,04

Aft1	Asociación de Series ALMAFUERTE 50%; SOCONCHO 35% y GENERAL SAVIO II 15%	Haplustol [50%] típico Argiustol [35%] Ustipsamment típico [15%]	10,49
Aft2	Asociación de Series ALMAFUERTE 50%; SOCONCHO 35% y GENERAL SAVIO II en fase ligeramente erosionada por agua 15%	Haplustol [50%] típico Argiustol [35%] Ustipsamment típico [15%]	0,14
AT	Complejo indeterminado Arroyo El Tala y otros.		1,21
CLT1	Consociación CORRALITO en fase ligeramente erosionada por agua (surcos)	Haplustol [100%]	3,93
CLT2	Asociación de Series CORRALITO en fase ligeramente erosionada (surcos) 40%; CORRALITO en fase moderadamente erosionada 40% y EL SALTO en fase moderadamente erosionada 20%	Haplustol [80%] típico Haplustol éntico [20%]	1,52
CLT3	Asociación de Series CORRALITO 60%; CORRALITO en fase ligeramente erosionada por agua (surcos) 20% y EL SALTO en fase ligeramente erosionada por agua 20%	Haplustol [80%] típico Haplustol éntico [20%]	0,20
CLT4	Asociación de Series CORRALITO en fase moderadamente erosionada por agua (surcos) 70% y LAS BAJADAS en fase ligera a moderadamente erosionada 30%	Haplustol [70%] típico Argiustol [30%]	0,19
Co29	Complejo indeterminado de suelos de valles interserranos estrechos y alargados		0,76
Co33	Complejo indiferenciado de Series EL DIVISADERO; LOS MOLLES y suelos someros sobre rocas metamórficas de la Sierra de las Peñas en los límites con el pie de monte.	Ustorthent lítico paralítico [100%]	0,10
Co34	Complejo indiferenciado de Series EL DIVISADERO; LOS MOLLES y suelos esqueléticos y rocosos de áreas muy escarpadas sobre rocas metamórficas de la Sierra de las Peñas		0,05

Co35	Complejo indeterminado de suelos someros sobre rocas graníticas de la Sierra de las Peñas			4,84
Co47	Complejo indeterminado de suelos desarrollados sobre sierras bajas del complejo metamórfico			0,16
Co49	Complejo indeterminado de terrazas intermedias vinculadas a los ríos Tercero, Soconcho y otros			0,99
Co50	Complejo indeterminado de las terrazas bajas no inundables del río Ctalamochita y otros			0,40
Co51	Complejo indeterminado de suelos gravemente erosionados de escalones de terrazas de los ríos Tercero y otros			1,09
Co53	Complejo indeterminado de suelos de sierras bajas sobre rocas volcánicas y conglomerádicas (sedimentarias) de la Sierra de las Peñas y otras			0,04
EAM1	Complejo de Series ESTANCIA ANA MARÍA en fase ligeramente erosionada 40%; MONTE ALTO en fase ligeramente erosionada 40% y LAS PEÑAS SUR en fase moderadamente erosionada 20%	Haplustol [40%] éntico Haplustol [20%]	típico Haplustol [40%] fluvéntico	0,37
EAM3	Asociación en fase severamente erosionada de Series ESTANCIA ANA MARÍA 40%; LAS PEÑAS SUR 20%; PUERTA COLORADA 20% y 20% de suelos menores con arcilla en el subsuelo	Haplustol [40%] fluvéntico ]Haplustol [20%]	típico Haplustol [20%] éntico	0,55
ESa2	Complejo de Series EL SAUCE 30%; OLIVA 30% y MANFREDI en fase moderadamente bien drenada 40%	Albacualf [30%] ácuico Haplustol [40%]	típico Haplustol [30%] típico	0,11
ESa3	Complejo de Series EL SAUCE 30%; MANFREDI en fase moderadamente bien drenada 20% y 50% de suelos arenosos con distinto desarrollo, en capas enterrados	Albacualf [100%]	típico	1,34
ESa4	Complejo de Series EL SAUCE 25%; JAMES CRAIK 50% y MANFREDI en fase moderadamente bien drenada 25%	Albacualf [25%] típico Haplustol [25%]	típico Albacualf [50%] típico	0,16

ES <sub>t1</sub>	Asociación de Serie EL SALTO 60% y EL SALTO en fase ligera a moderadamente erosionada 40%	Haplustol [100%]	éntico	4,52
ES <sub>t2</sub>	Asociación de Series EL SALTO 50% y CORRALITO en fase ligera a moderadamente erosionada 50%	Haplustol [50%] Haplustol típico [50%]	éntico	0,34
ES <sub>t3</sub>	Asociación de Serie EL SALTO en fase moderadamente erosionada por agua 40%; EL SALTO en fase severamente erosionada por agua 30% y EL SALTO en fase gravemente erosionada por agua 30%	Haplustol [100%]	éntico	0,24
ES <sub>t4</sub>	Asociación de Serie EL SALTO en fase ligeramente erosionada por agua 40%; EL SALTO en fase moderadamente erosionada 40% y EL SALTO en fase severamente erosionada 20%	Haplustol [100%]	éntico	2,27
GS <sub>a1</sub>	Asociación de Series GENERAL SAVIO I 40%; GENERAL SAVIO I en fase acumulada y ligera a moderadamente erosionada 40% y SOCONCHO 20%	Argiustol [40%] Argiustol típico [20%]	típico Argiustol [40%] típico	0,36
GS <sub>a11</sub>	Asociación de Series GENERAL SAVIO II 50%; TANCACHA 40% y 10% de suelos menores	Ustipsamment [50%] Ustorthent típico [50%]	típico Ustorthent	0,94
LB <sub>j1</sub>	Asociación de Series LAS BAJADAS 40%; LAS BAJADAS en fase acumulada y ligeramente erosionada 40% y CORRALITO 20%.	Argiustol [80%] Haplustol típico [20%]	típico Haplustol	0,99
LB <sub>j2</sub>	Asociación en fase moderadamente erosionada y acumulada de Series LAS BAJADAS 60%; CORRALITO 30% y 10% de suelos menores	Argiustol [100%]	típico	0,81
LB <sub>j3</sub>	Asociación de Series LAS BAJADAS en fase acumulada 60%; MONTE RALO en fase acumulada 20% y 20% de suelos menores ligera a moderadamente erosionados	Argiustol [100%]	típico	0,28
LB <sub>j4</sub>	Asociación de Serie LAS BAJADAS 40%; LAS BAJADAS en fase acumulada 30% y LAS BAJADAS en fase ligera a moderadamente erosionada 30%	Argiustol [100%]	típico	0,30

LBj5	Asociación de Serie LAS BAJADAS en fase acumulada y moderadamente erosionada 40%; LAS BAJADAS en fase moderadamente erosionada 40% y 20% de suelos menores con acumulación superficial	Argiustol [100%]	típico	0,25
LBj6	Asociación de Series LAS BAJADAS en fase moderadamente erosionada (surcos) 50%; CORRALITO en fase moderadamente erosionada 40% y 10% de suelos menores	Argiustol [50%] típico [50%]	típico Haplustol	0,09
LBj7	Asociación en fase moderada a severamente erosionada de Series LAS BAJADAS 60%; MONTE RALO 30% y 10% de suelos menores	Argiustol [100%]	típico	0,08
LI3	Asociación en fase ligera a moderadamente erosionada de Series LAS ISLETILLAS 60% y MONTE ALTO 40%	Haplustol [60%] éntico [40%]	típico Haplustol	0,98
LI4	Asociación de Series LAS ISLETILLAS 60% y HERNANDO en fase ligeramente erosionada y parcialmente acumulada 40%	Haplustol [60%] típico [40%]	típico Argiustol	1,20
MA1	Asociación de Serie MONTE ALTO 70% y MONTE ALTO en fase ligeramente erosionada por agua (surcos) 30%	Haplustol [100%]	éntico	0,76
MA10	Consociación MONTE ALTO en fase ligera a moderadamente erosionada	Haplustol [100%]	éntico	2,27
MA12	Asociación de Serie MONTE ALTO en fase moderadamente inclinada y ligeramente erosionada 60% y MONTE ALTO en fase moderadamente erosionada 40%	Haplustol [100%]	éntico	12,89
MA13	Asociación de Serie MONTE ALTO en fase ligeramente erosionada 40%; MONTE ALTO en fase moderadamente erosionada 30% y MONTE ALTO en fase severamente erosionada 30%	Haplustol [100%]	éntico	2,30
MA14	Asociación de Serie MONTE ALTO en fase ligera a moderadamente ondulada 60% y	Haplustol [100%]	éntico	0,21

MA15	MONTE ALTO en fase ligera a moderadamente erosionada 40% Asociación de Serie MONTE ALTO en fase moderadamente erosionada 40%; MONTE ALTO en fase severamente erosionada 30% y MONTE ALTO variante lítica y petrocálcica 30%	Haplustol [100%]	éntico	0,32
MA16	Asociación de Serie MONTE ALTO en fase severamente erosionada 40%; MONTE ALTO en fase gravemente erosionada 40% y 20% de suelos menores someros, líticos y petrocálcicos	Haplustol [100%]	éntico	0,09
Mf	Consociación MANFREDI	Haplustol [100%]	típico	1,69
Mf4	Asociación de Serie MANFREDI 60% y MANFREDI en fase por erosión moderada a severa 40%	Haplustol [100%]	típico	0,56
Mf5	Complejo de Series MANFREDI 30%; MANFREDI en fase moderadamente alcalina en profundidad 25%; OLIVA 25% y 20% de suelos menores con alcalinidad sódica subsuperficial	Haplustol [100%]	típico	0,09
MRI1	Asociación de Series MONTE RALO 60% y LAS BAJADAS en fase acumulada y ligeramente erosionada 40%	Argiustol [100%]	típico	0,46
MRI2	Asociación en fase acumulada y moderada a severamente erosionada de Series MONTE RALO 60% y LAS BAJADAS 40%	Argiustol [100%]	típico	0,39
Ot	Consociación ONCATIVO	Haplustol [100%]	éntico	13,12
PCo1	Asociación de Series PUERTA COLORADA en fase moderada a fuertemente inclinada 40%; MONTE ALTO en fase ondulada y ligeramente erosionada 40% y 20% de suelos menores profundos de valles interserranos y someros de laderas	Haplustol [100%]	éntico	0,54
Pyt	Complejo indeterminado Pampayasta de suelos fluviales y fluvio eólicos asociados a suelos salinos y sódicos			2,77
Scn1	Asociación de Serie SOCONCHO 40%; SOCONCHO en fase	Argiustol [100%]	típico	0,14



Scn2	acumulada 40% y 20% de suelos menores fluviales Asociación de Serie SOCONCHO en fase ligera a moderadamente erosionada 40%; SOCONCHO en fase acumulada 40% y 20% de suelos menores fluviales	Argiustol [100%]	típico	0,20
Tch1	Complejo de Serie TANCACHA 50% y 50% de suelos fluviales y fluvio eólicos franco arenosos y arenosos	Ustorthent [100%]	típico	16,25
Tch2	Complejo indeterminado de suelos fluviales franco arenosos y arenosos			0,04
Tch3	Complejo indeterminado de suelos fluviales psamménticos y fluventico			0,12
Tch4	Complejo indeterminado de suelos arenosos (psamménticos) y médanos estabilizados			1,10
VAs	Complejo indeterminado Villa Ascasubi de suelos de derrames fluviales arenosos y suelos franco limosos con alcalinidad sódica superficial			1,10

### Capacidad de uso de los suelos

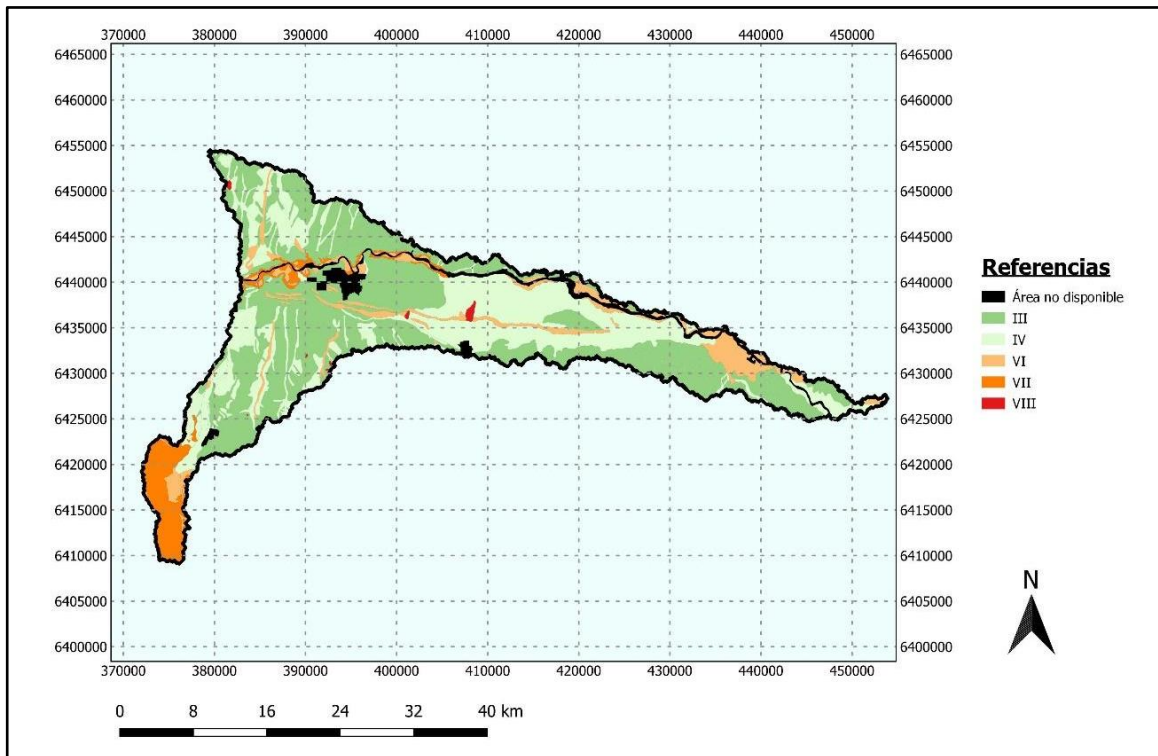
Para clasificar las tierras por su capacidad de uso se ha adoptado el sistema de clasificación utilizado por el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (SCS, USDA), con ligeras modificaciones. Este sistema comprende tres grandes categorías: Clase, Subclase y Unidad de capacidad de uso (Agencia Córdoba Ambiente–INTA, 2006).

**Tabla 2. Clases de capacidad de uso del sistema de clasificación del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (SCS, USDA).**

Clases	Descripción
Clase I	Suelos con ninguna o leves limitaciones que restringen su uso, capaces de producir una amplia variedad de cultivos. Pueden utilizarse para cultivos, pasturas, forestación, campos naturales de pastoreo, etc. Son profundos, generalmente bien drenados y se los trabaja con facilidad.

Clase II	Suelos con algunas limitaciones que exigen prácticas simples de manejo y conservación de fácil aplicación. Son adecuados para agricultura, pasturas y forestación.
Clase III	Los suelos de esta clase tienen mayores limitaciones que los de las clases anteriores, por lo que requieren prácticas de manejo y conservación más complejas; no obstante, son adecuados para cultivos, pasturas y otros usos de la tierra.
Clase IV	Suelos con limitaciones más severas que la clase III, cuando están cultivados requieren prácticas de manejo y conservación más difíciles y complejas. Generalmente son adecuados para una estrecha gama de cultivos. No obstante, pueden ser utilizados para pasturas y otros usos de la tierra.
Clase V	Suelos con escaso o ningún riesgo de ser afectados por erosión; pero con otras limitaciones que impiden el laboreo normal para los cultivos comerciales. Por ésta razón, sólo resultan adecuados para ser usados como campos naturales de pastoreo, pasturas cultivadas, bosques o como refugio de la fauna silvestre. Esta clase no se ha reconocido en el relevamiento al nivel de Reconocimiento.
Clase VI	Suelos con graves limitaciones para el uso, resultando ineptos para los cultivos. Son apropiados como campos naturales de pastoreo, pasturas cultivadas, bosque y fauna.
Clase VII	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.
Clase VIII	Los suelos de ésta 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

---



**Figura 8. Capacidad de uso de los suelos de la cuenca media del río Ctlamochita. Escala de semidetalle 1:50.000.**

Se puede observar en la Fig. 8 que gran proporción de los suelos son Clase III, suelos que presentan moderadas limitaciones en su uso y con una buena aptitud agrícola. Además, es notorio que, en zonas de gran dinámica del paisaje, se producen suelos jóvenes de escaso desarrollo con aptitudes más limitadas.

### **Índice de productividad de los Suelos**

El índice de productividad IP tiene como objetivo establecer comparaciones entre las capacidades de producción de los distintos tipos de tierras presentes en un área. En la integración de la fórmula matemática intervienen diez parámetros o factores que han sido seleccionados de acuerdo a su incidencia en el crecimiento y rendimiento de cultivos, pasturas y forestales más comunes de la región (Agencia Córdoba Ambiente–INTA, 2006).

$$IPt = H \times D \times Pe \times Ta \times Tb \times Sa \times Na \times Mo \times T \times E$$

Donde:

IPt = Índice de productividad del suelo considerado (unidad taxonómica)

H = Disponibilidad de agua. Condición climática

D = Drenaje

Pe = Profundidad efectiva

Ta = Textura del horizonte superficial

Tb = Textura del horizonte subsuperficial

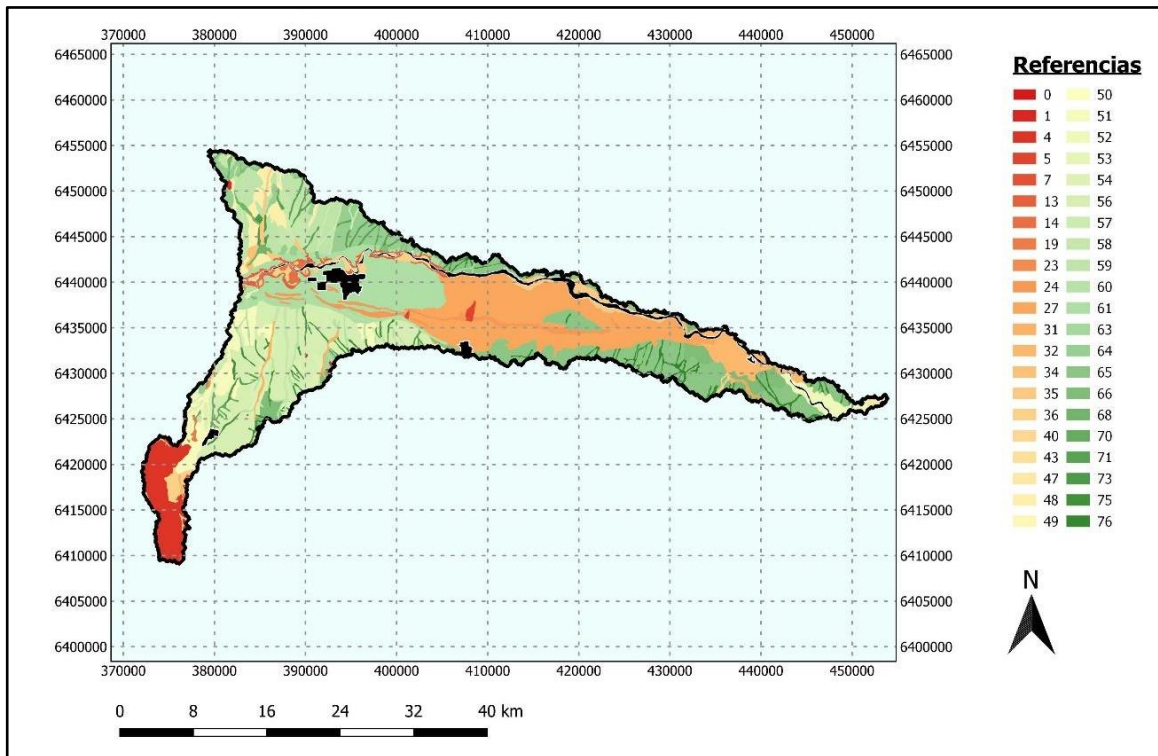
Sa = Contenido de sales solubles (dentro de los primeros 75 cm)

Na = Alcalinidad sódica (considerada hasta 1 m)

Mo = Contenido de materia orgánica

T = Capacidad de intercambio catiónico

E = Erosión

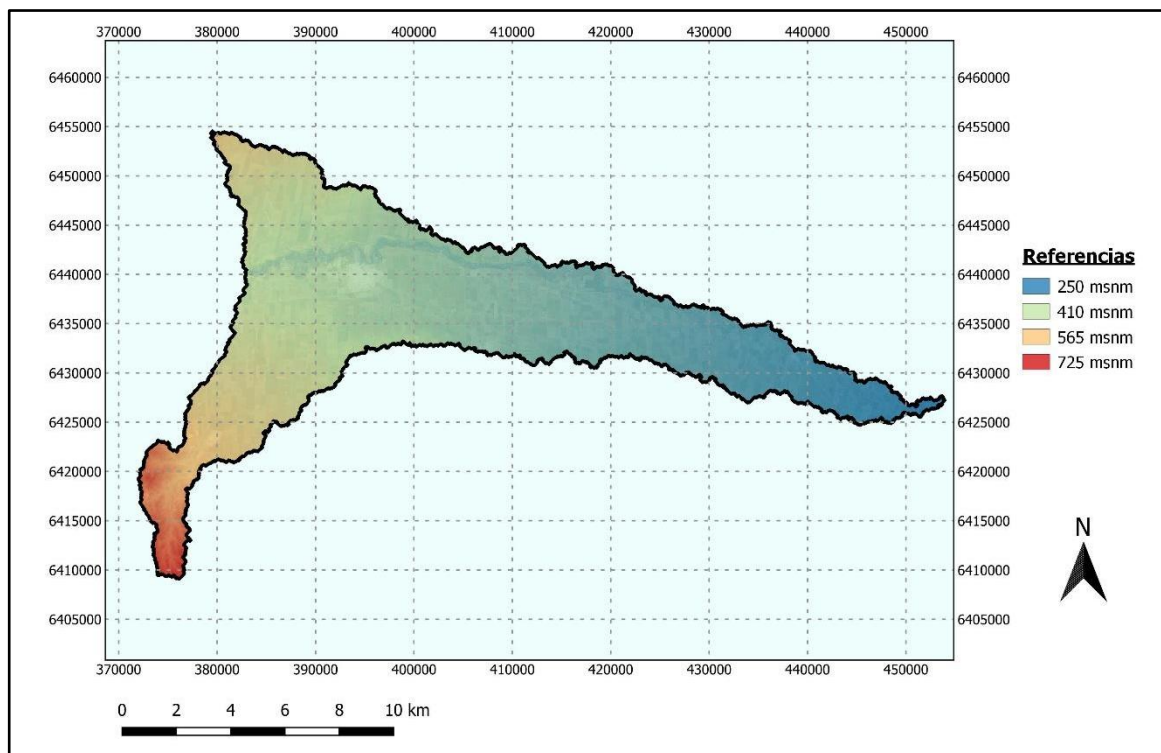


**Figura 9. Índice de productividad de los suelos de la cuenca media del río Ctlamochita. Escala de semidetalle 1:50.000.**

A partir del mapa de la Fig. 9 se puede identificar en el sector Suroeste una zona de suelos de muy baja productividad cuyo limitantes son la pendiente, rocosidad y pedregosidad, profundidad efectiva y el clima. En el sector Oeste se evidencian suelos de buena productividad correspondientes a Haplustoles típicos con pendientes moderadas y alta susceptibilidad a la erosión hídrica, con sectores que varían su productividad en función de la disponibilidad de agua y características del relieve. En el sector central de la margen derecha del río Ctlamochita se encuentra suelos de baja productividad correspondiente a planos aluviales y derrames del Río Ctlamochita cuya limitante es que el drenaje es imperfecto y el suelo permanece mojado por importantes lapsos de tiempo. Los suelos de mayor productividad se encuentran en el sector Sureste correspondiente a Haplustoles énticos cuya limitante es el régimen de precipitación bajo el cual se encuentran.

### 3.4. Relieve

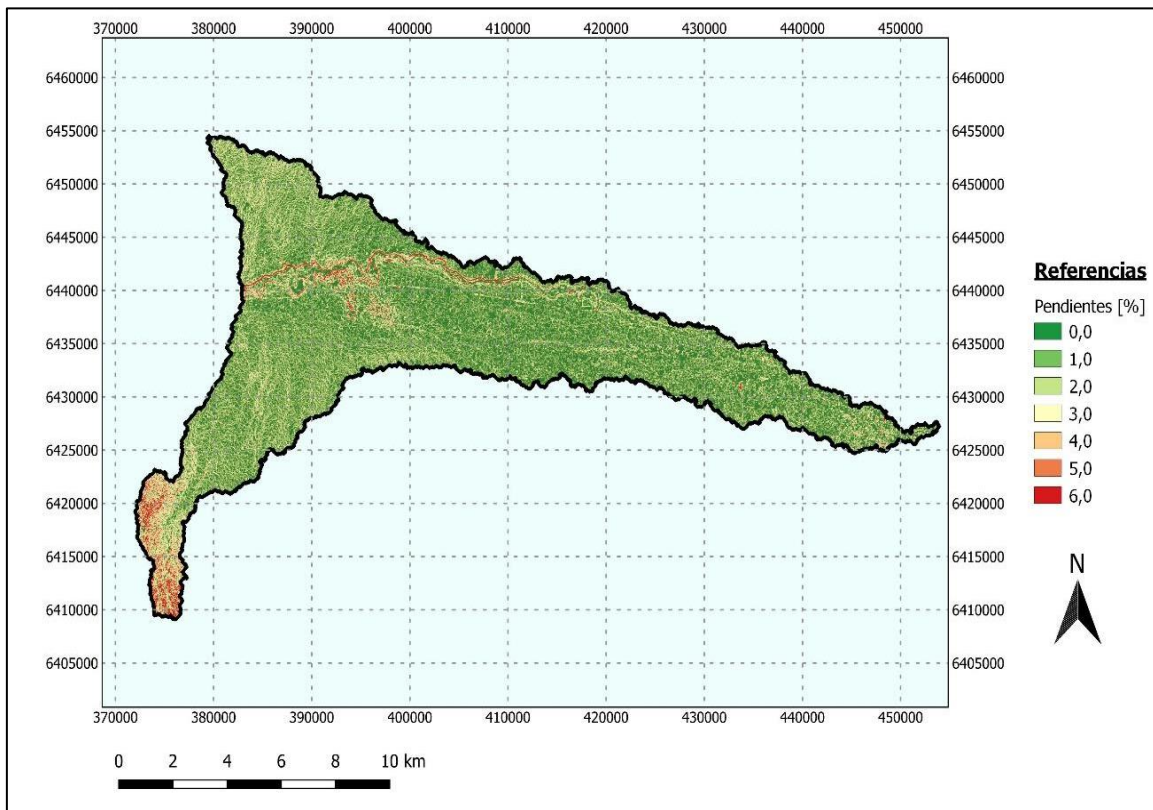
Para el análisis de la topografía se trabajó con un Modelo Digital de Elevaciones (MDE) de resolución de 30m x 30m y cartas topográficas de la región en escala 1:50.000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN). Se trata de una cuenca ondulada, con un desnivel topográfico de 475m. La cota más alta la que provee las Sierras de Las Peñas, de aproximadamente 725 msnm y la cota más baja, correspondiente al cierre de la cuenca es de 250 msnm (Fig. 10).



**Figura 10. Elevaciones de la cuenca media del río Ctalamochita.**

A partir del análisis de la información topográfica, se puede observar que el área tiene una pendiente regional hacia el este bastante uniforme, cuyo relieve es mayoritariamente plano con presencia de lomadas. Se observan pendientes entre

el 0,5% y 3% hacia el oeste en concordancia al piedemonte de la Sierra de las Peñas y con una pendiente media de la cuenca de 1,16% (Fig. 11).



**Figura 11. Pendientes de la cuenca media del río Ctalamochita.**

### 3.5. Hidrología

La cuenca media del río Ctalamochita se ha definido como aquella superficie de aporte comprendida desde la descarga del dique Piedras Moras hasta la localidad de Pampayasta, posee una extensión de 89.515ha.

Según Abril et al. (2013) después del Dulce, el río Ctalamochita es el segundo más caudaloso que posee la provincia de Córdoba, alcanzando su módulo los 27 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>.



**Figura 12. Trayectoria meándrica del río Ctalamochita en la localidad de Villa Ascasubi.**

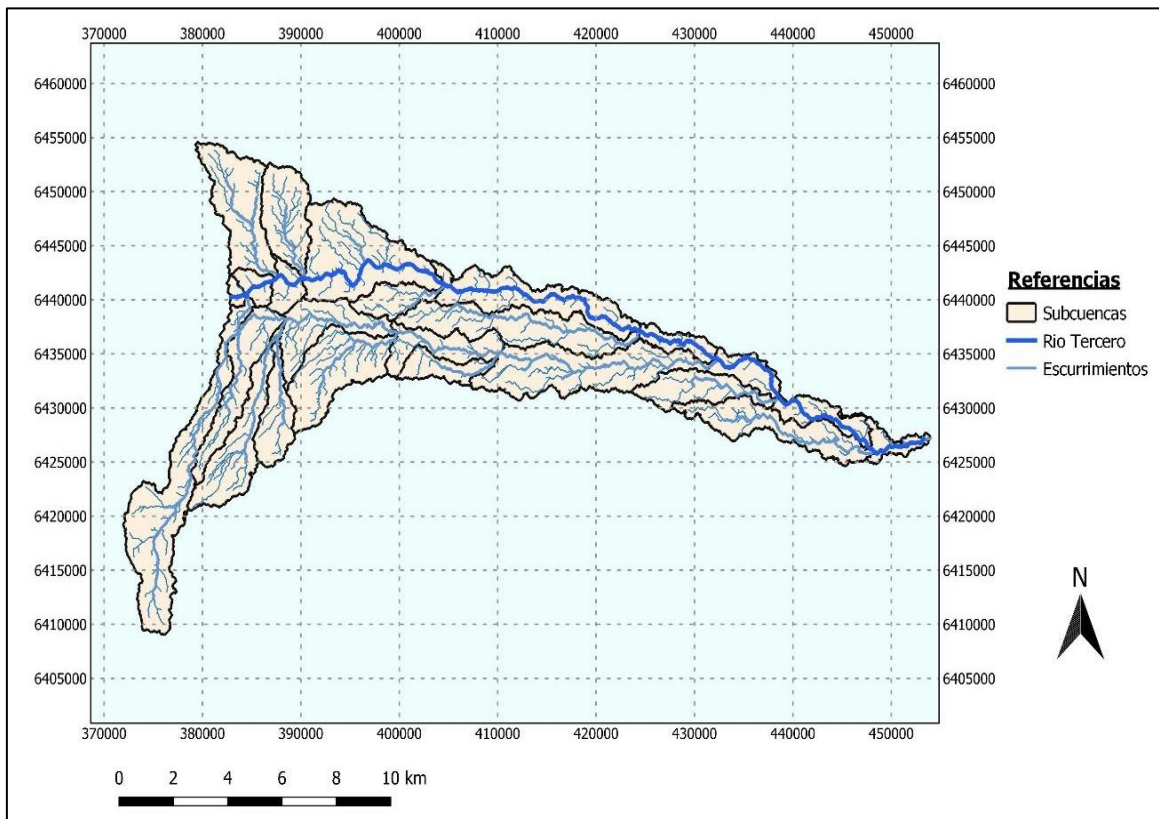
El escurrimiento superficial de la región está conformado por cursos de agua no permanentes afluentes al río Ctalamochita, que escurren de forma desordenada con un leve paralelismo en algunos sectores de la cuenca dando a lugar a un diseño de drenaje subdendrítico. El río Ctalamochita a la salida de las sierras e ingreso a la planicie a partir de la ciudad de Río Tercero evidencia procesos de avulsión y cambio de curso por agradación o aluvionamiento a margen derecha e izquierda, ocurridos en el pasado geológico subreciente y reciente (Barbeito, et al., 2014).

Para la delimitación de las divisorias de agua y la red de drenaje, se trabajó con información topográfica provista por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) ex Instituto Geográfico Militar (IGM). Los datos que se utilizaron fueron las cartas topográficas de la región en escala 1:50.000 y un Modelo Digital de Elevación (DEM) de resolución de 30m x 30m.

En primer lugar, con el software QGIS 3.10.10 y el DEM de 30 x 30 m, se procedió a delimitar de manera aproximada las divisorias de agua y la red de drenaje. Luego



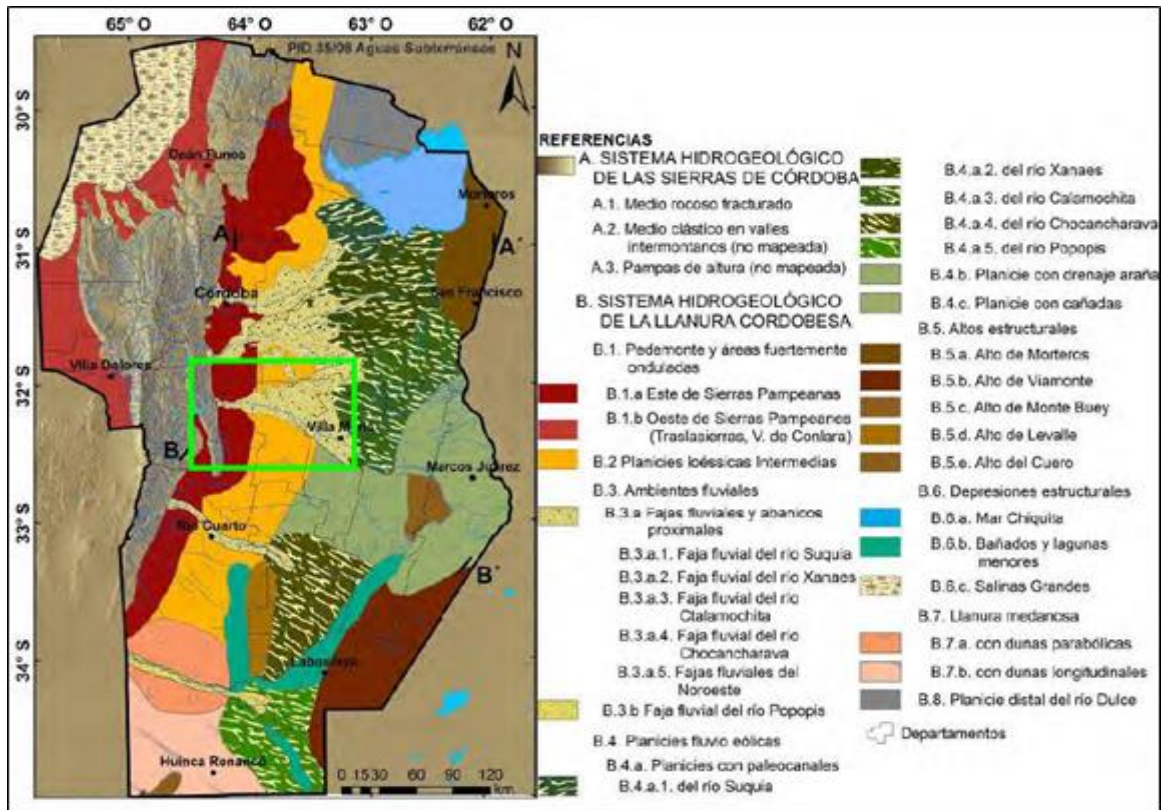
se realizó el ajuste de la red de drenaje haciendo uso del mapa de las cartas topográficas que proporcionaron mayor precisión y detalle del relieve.



**Figura 13. Subcuencas de la cuenca media del río Ctalamochita.**

Los sistemas hidrogeológicos de la provincia están estrechamente vinculados a la geomorfología, a la estructura de bloques que caracterizan a las Provincias Geológicas Sierras Pampeanas y Llanura Chaco Pampeana, a las litologías, a las variaciones climáticas del Cuaternario y a eventos neotectónicos (Blarasin et al., 2014).

Se puede observar en la Fig. 14 que el sector Suroeste de la cuenca se encuentra localizado en Sistema Sierras de Córdoba, continuado con planicies loésicas intermedias y un gran sector ocupado por ambientes fluviales.



**Figura 14. Mapa de Unidades hidrogeológicas de la provincia de Córdoba (Blarasin et al, 2014).**

El Sistema Hidrogeológico de las Sierras Pampeanas constituyen una macrounidad morfoestructural, integrada por una sucesión de megabloques que presentan una marcada asimetría debido a la presencia de una importante escarpa de falla en el borde occidental. El sistema de fracturas y diaclasas que poseen las rocas del basamento serrano otorga a la roca una permeabilidad que varía según el grado de fracturamiento, esta situación da origen a un sistema acuífero libre, de pobre capacidad para conducir el fluido, pero de importancia en la dinámica hidrológica regional y local y en sus características químicas (Blarasin et al.,2014).

La llanura adosada al piedemonte de las Sierras posee un basamento profundo, consecuentemente, mayor espesor de cubierta sedimentaria. Estos depósitos constituidos por granulometrías gruesas, conforman excelentes acuíferos con una

infiltración de importantes cantidades de agua con muy baja salinidad. Dada la disminución de la cubierta sedimentológica hacia el Este, la capa de agua freática es muy profunda sobre el borde occidental y se hace más cercana a la superficie hacia el Este.

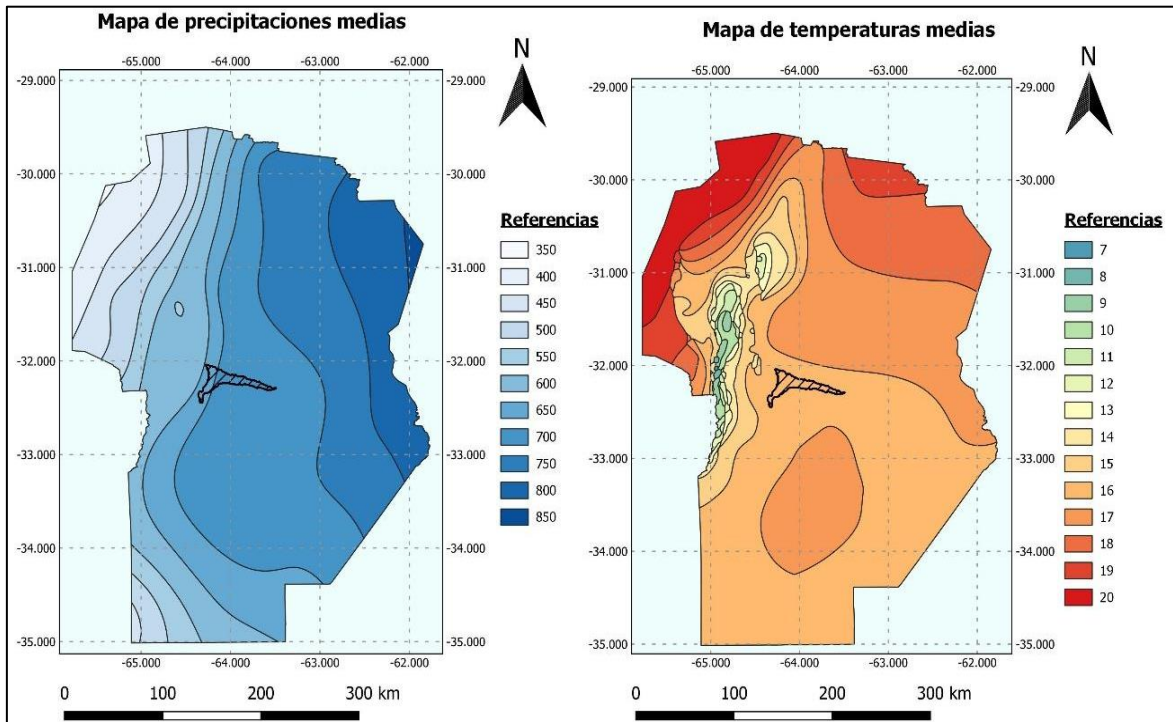
A su vez, en las márgenes del río Ctalamochita existen depósitos fluviales dominados por sedimentos finos arenosos-limosos dando a lugar a la formación de un acuífero libre pobre debido a la granulometría fina de los sedimentos. A mayor profundidad pueden localizarse capas acuíferas semiconfinadas o confinadas de arenas medias-gruesas-gravas con mejor calidad (Blarasin et al., 2014).

Los gradientes hidráulicos del agua subterránea son variables, fuertemente condicionados por la topografía, los más altos se ubican en la faja pedemontana, inmediatamente cercana a la sierra, con valores de 5,0-4,0 %. En las llanuras fuertemente onduladas los gradientes disminuyen a valores de 1,0- 0,4%. En las planicies loésicas y fluvioeólicas son del orden de 0,4-0,2 %, mientras que en las llanuras más tendidas y áreas mal drenadas los valores son muy bajos, del orden de 0,07 % (Blarasin et al.,2014).

### **3.6. Características climáticas**

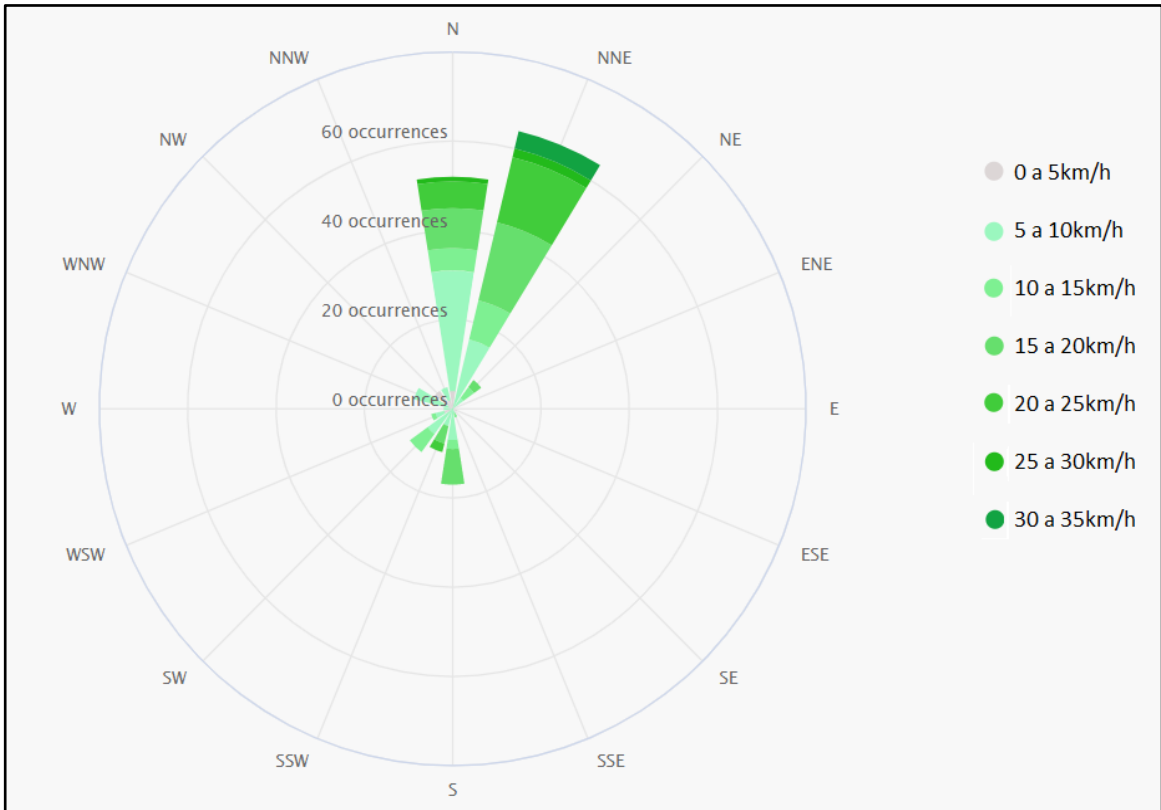
Para Koeppen (1931), el clima de la región se corresponde al templado con estación seca en invierno (Cw) y para Thornthwaite y Hare (1955) se trata de un clima de pradera baja con una eficiencia térmica de 1.050 mm y un índice hídrico de -15. En esta región se destacan las amplitudes térmicas elevadas considerando las máximas 45 °C y mínimas -8 °C. El período lluvioso se extiende de octubre a marzo, el cual representa el 80 % de las precipitaciones anuales. La precipitación media anual ronda en 700 mm y la evapotranspiración potencial

supera los 850 mm anuales, causando la existencia de períodos con deficiencia en el contenido de humedad en el suelo. Las heladas ocurren entre los meses de mayo y septiembre.



**Figura 15. Precipitaciones medias (izq.) mapa de temperaturas medias (der.). (Fuente: <http://www.ordenamientoterritorialcba.com>).**

La rosa de los vientos muestra que los vientos reinantes del Norte y del Noreste y vientos dominantes con velocidades entre los 15 y 25 km/h (Fig. 16).

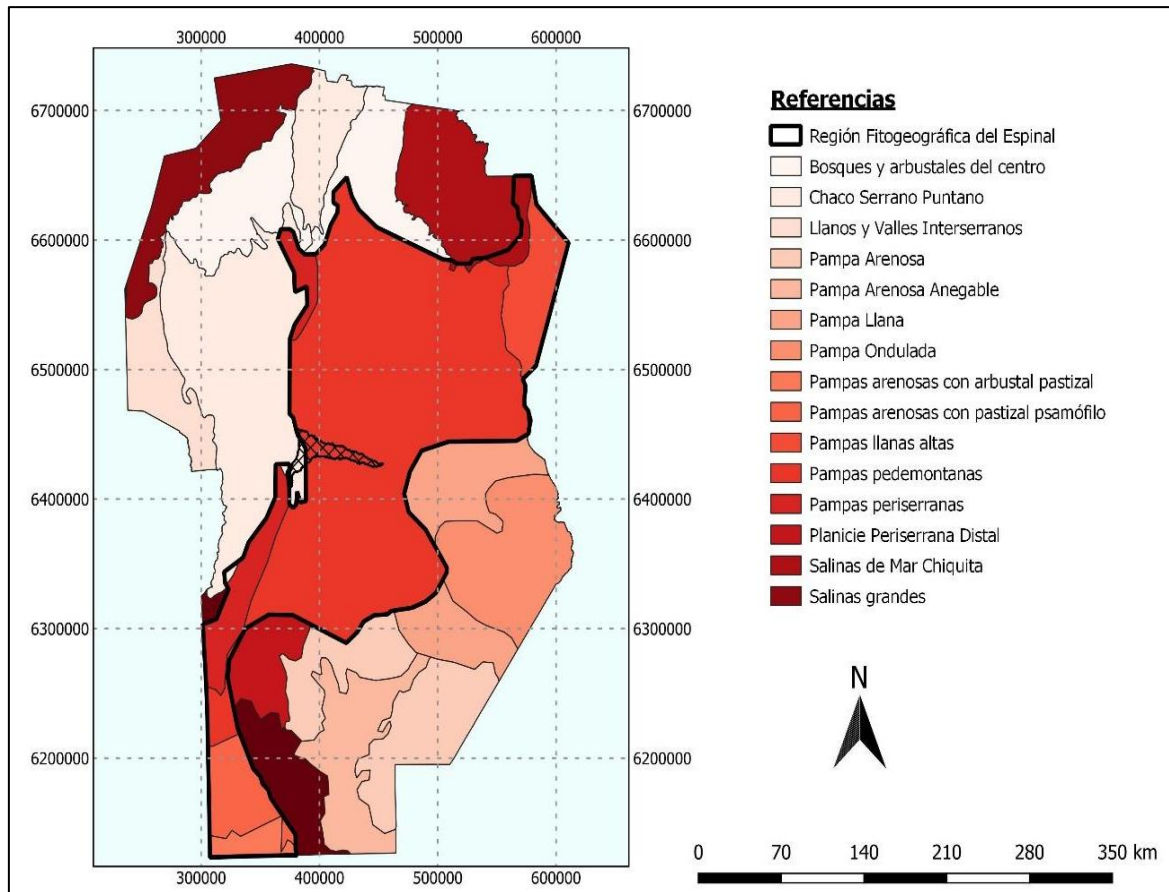


**Figura 16. Rosa de los vientos de la ciudad de Río Tercero (Fuente: meteoblue).**

### 3.7. Vegetación

La cuenca media del río Ctalamochita se encuentra en mayor proporción en el Complejo Pampas Pedemontanas, situado sobre la Provincia Fitogeográfica del Espinal según Morello et al. (2018).

Originalmente, la vegetación típica zonal estaba representada por el bosque esclerofítico, abierto, dominado por especies del género *Prosopis*, con una altura de hasta 10 m, y por la sabana, con una matriz de gramíneas megatérmicas o mesotérmicas dependiendo de la latitud (Lewis et al., 1973; Cabrera, 1976).



**Figura 17. Regiones Fitogeográficas de la provincia de Córdoba.**

La zona en estudio, como otros sectores de la región, se encuentra profundamente modificada por las actividades agropecuarias. Desde mediados del siglo pasado, estas tierras sufrieron una sustitución de la vegetación natural (Espinal) casi total por cultivos, primero de trigo, luego de maíz y más recientemente de soja y maní. Este proceso fue acompañado de un intenso parcelamiento, siendo el estrato más representativo el de los pequeños productores, incluyendo un desplazamiento de las actividades ganaderas y que sin dudas contribuye a la intensificación de la erosión laminar y en cárcavas y la degradación química y biológica del suelo (Abril et al., 2003).

Los pequeños relictos de vegetación autóctona que aún se encuentran están formados principalmente por bosques formados por bosques bajos, de algarrobo blanco (*Prosopis alba*) y algarrobo negro (*Prosopis nigra*) como especies

dominantes, acompañadas por especies como el chañar (*Geoffroea decorticans*), ñandubay (*Prosopis algarrobilla*), quebracho blanco (*Aspidosperma*), cina-cina (*Parkinsonia aculeata*) entre otras.

### **3.8. Fauna**

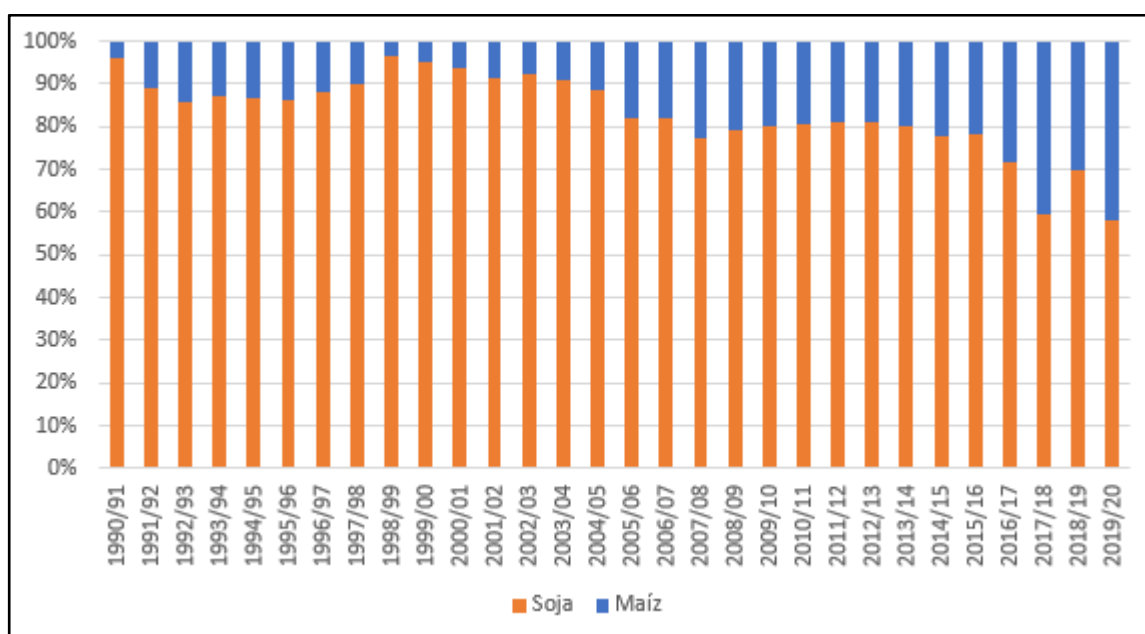
Son pocas las áreas con presencia de pasturas naturales, dominando los pastos introducidos, por lo que se ha mantenido en general, la fisonomía paisajística típica. Ello ha permitido la presencia de una fauna similar a la original, aunque empobrecida. Los vertebrados característicos son: escuerzo pampeano, yará grande, lagarto ocelado, lagarto apodo, ñandú, perdiz ala colorada, gavián de bañado, lechuzón campestre, lechucita de las vizcacheras, tero común, tijereta, cachirla común, pecho colorado chico. Viéndose empobrecida la comunidad de mamíferos, entre los cuales podemos citar comadreja colorada, cuis pampeano, coipo o nutria vegetariana, favoreciendo el avance de la liebre europea (mamífero no autóctono, introducido de Europa). En estas comunidades de pastizales han desaparecido algunas aves como yetapá de collar y pecho colorado pampeano (Agencia Córdoba DACyT, 2003).

### **3.9. Dimensión económica y productiva**

Las principales actividades económicas de la región son la agrícola-ganadera, la industria química, la construcción y la industria metalmecánica.

La mayor proporción de la superficie está ocupada por la agricultura y parte por la ganadería. Los principales cultivos son la soja, maíz y en menor proporción otros cultivos como el trigo, avena, cebada, girasol, maíz y alfalfa. Según datos de superficie sembrada para el departamento de Tercero Arriba, obtenidos de la

página web de Estimaciones Agrícolas de la Dirección Nacional de Agricultura, se puede observar cómo desde 20 años atrás prevalecía el monocultivo de soja, acentuado en 2001 por la rentabilidad de la misma y la crisis económica (Fig. 18). En las últimas campañas se ha observado un incremento de la superficie sembrada con maíz, en parte asociada al valor agregado en origen (feed lot, criaderos porcinos, avícolas, etc) que evitan el costo de flete.



**Figura 18. Gráfico de relación de superficie sembrada (soja/maíz) para el periodo 1990-2020.**

En el sector agropecuario, la mano de obra está compuesta por integrantes de la familia de productores y solo parte de ellos contrata mano de obra asalariada. La producción se comercializa como tal o se usa como insumo de otras actividades económicas, el autoconsumo es una fracción muy reducida de las cantidades producidas.

El centro urbano más importante de la cuenca es la ciudad de Río Tercero, una zona de gran importancia agrícola y ganadera, fundamentalmente productora de maní y soja. Su desarrollo urbano es atribuible al funcionamiento de la Fábrica Militar Río Tercero (FMRT), la cual se vio afectada tanto su estructura como su



producción en las explosiones que se dieron lugar el 3 de noviembre de 1995. Junto a FMRT se destacan Atanor y Petroquímica, dos enormes fábricas químicas ubicadas en un predio contiguo a Fabricaciones Militares. Existen también importantes industrias alimenticias, químicas y metalmecánicas radicadas en un importante Parque Industrial. Por su parte, la localidad de Tancacha es la sede de una de las principales empresas de acopio de granos de América del Sur, la aceitera Bunge Argentina, que posee en la zona una planta de acopio y procesamiento de granos con una superficie de varias hectáreas, donde se fabrica aceite, pellet, harinas y lecitinas de soja.

La comercialización de los productos es buena ya que se tienen vías de comunicaciones, tanto para transporte en camiones y ferrocarril que dan accesibilidad a los principales centros de consumo y exportación del país.

### **3.10. Dimensión sociocultural**

#### **Población**

En la cuenca media del río Ctalamochita se encuentran dos ciudades donde se distribuye la mayor porción de la población, por un lado, Río Tercero con 51.875 habitantes y por otro Almafuerte con 11.845. Además, se sitúan las localidades de Berrotarán, Tancacha, Los Cóndores, Villa Ascasubi y Pampayasta Norte con 6.886, 5.309, 2.964, 2.355 y 95 habitantes respectivamente.

#### **Educación**

Las mayores ofertas de establecimientos educativos están distribuidas entre la ciudad de Río Tercero y Almafuerte.

La ciudad de Río Tercero cuenta con 16 escuelas primarias públicas y 4 privadas. Hay 4 escuelas secundarias públicas y 5 privadas. Se dispone de una escuela

técnica media pública (Escuela de Nivel Medio IPEM N° 266), 2 centros de formación profesional públicos (CEDER Río Tercero y el Centro de Capacitación Profesional de la FMRT), 2 colegios terciarios (uno público y otro privado) y 2 establecimientos con estudios universitarios (Universidad Blas Pascal y el Instituto de Enseñanza Superior). La especialidad de la escuela técnica media es la de electricidad, mecánica y electrónica, mientras que la especialidad del Centro de Capacitación Profesional es la mecánica.

La ciudad de Almafuerde cuenta con 7 escuelas, 3 de ellas primarias, 3 para el cursado del secundario y 1 que cuenta con los 3 niveles educativos: primario, secundario y terciario (Magisterio). Además, cuenta con la Universidad Empresarial Siglo 21.

Por su parte, la localidad de Tancacha cuenta con 7 establecimientos educativos, 3 primarios y 4 secundarios y Villas Ascasubi un primario.

## **Salud**

La ciudad Río Tercero cuenta con 2 establecimientos con internación, los cuales incluyen 91 camas, 12 unidades de terapia intensiva y 10 incubadoras. Se dispone de 2 establecimientos de salud sin internación. Existen en la localidad 12 Salas Asistenciales Municipales ubicados en distintos barrios en donde se ofrece atención en distintas especialidades como ginecología, radiología, laboratorio de análisis clínico, entre otros.

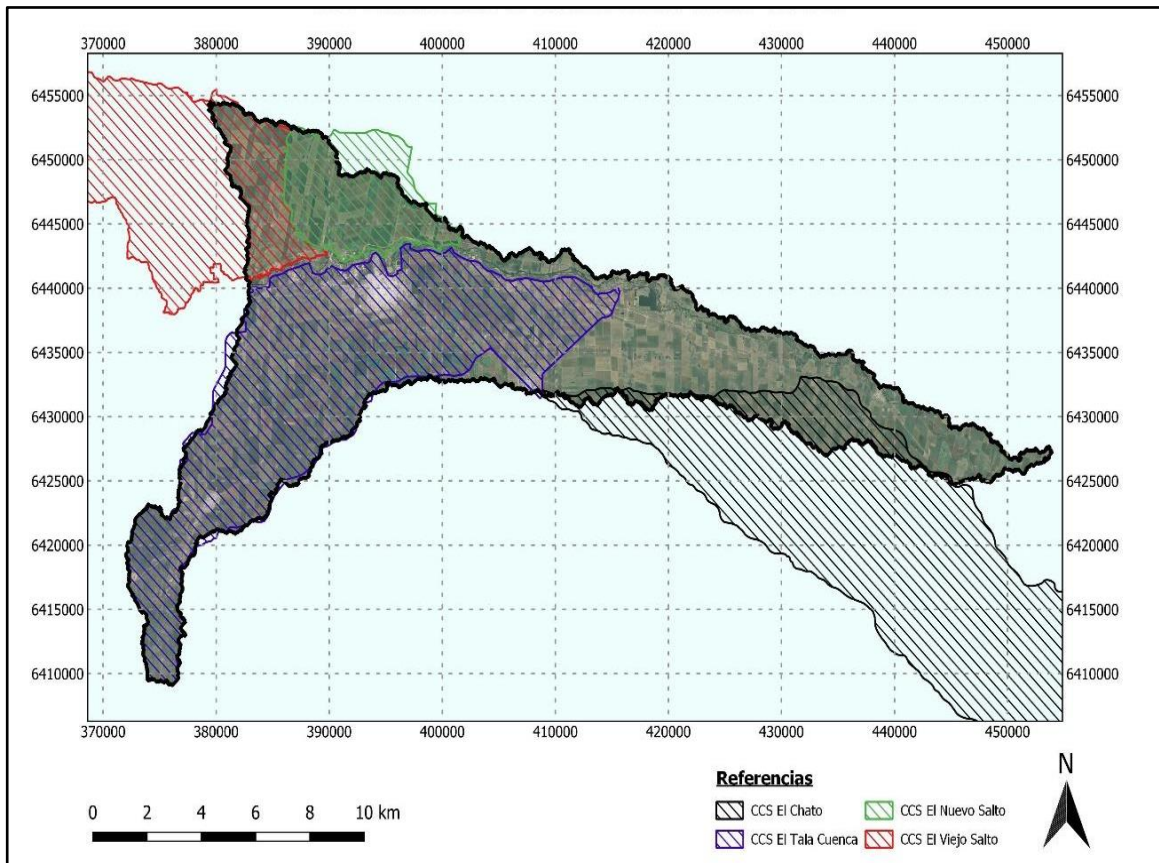
Además, en 2021 se inauguró un nuevo hospital regional de Río Tercero, la obra cuenta con una superficie de 5.300 metros cuadrados. El nosocomio tendrá 10 consultorios externos de todas las especialidades médicas, farmacia, laboratorios, vacunatorio, salas para diagnóstico por imágenes, RX, mamografías y ecografías;

zona de emergencias médicas con cinco consultorios. La sala de internación general dispondrá de 44 camas; además, una unidad de terapia intensiva con ocho camas y una unidad de terapia intermedia con cuatro camas.

### **Consortios**

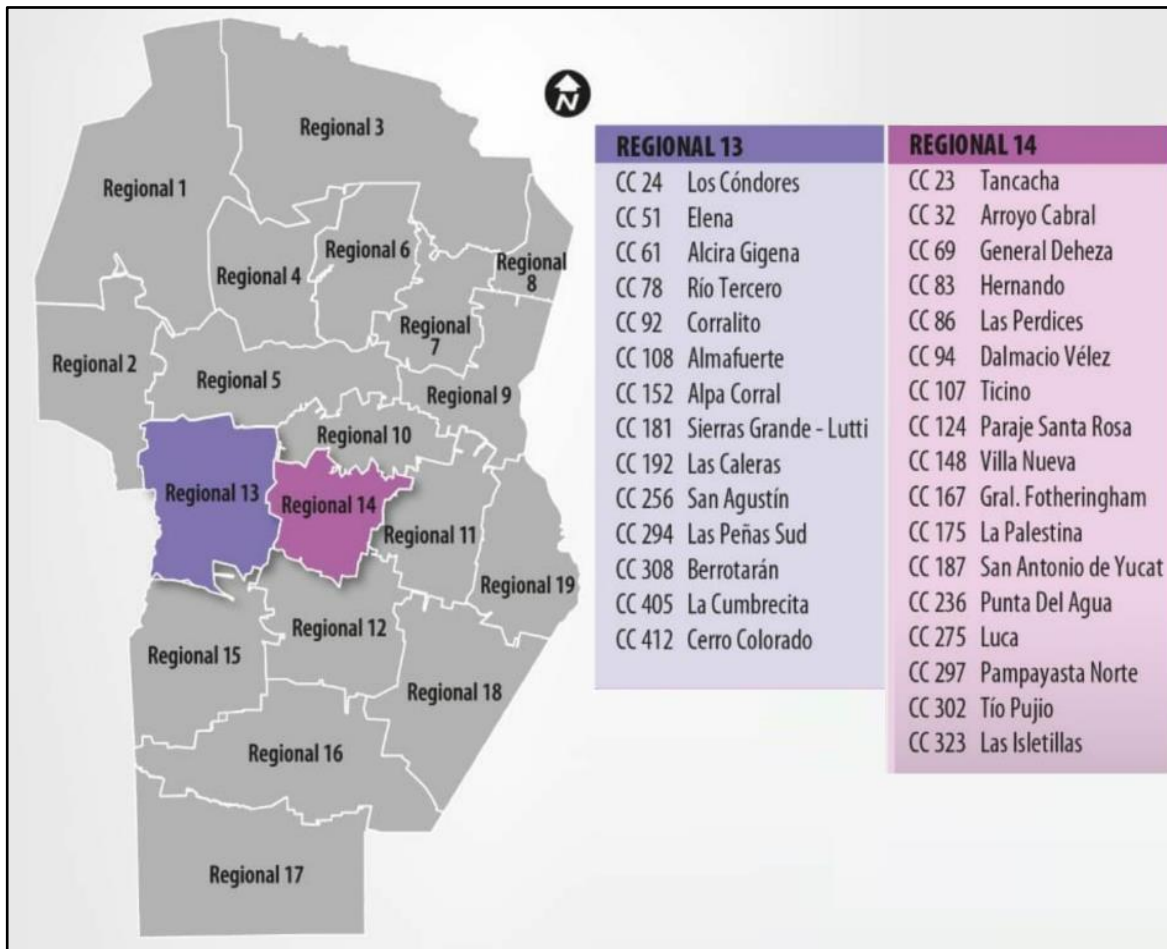
Dentro del área de la cuenca se encuentran 4 consorcios de conservación de suelo (CCS) los cuales son: CCS El Chato, CSC El Nuevo Salto, CCS El Viejo Saltó y CCS Cuenca El Tala (Fig. 19).

Los Consortios de Conservación de Suelos (CCS) son entidades conformada por los propios productores, impulsada por el Ministerio de Agricultura y Ganadería de la provincia de Córdoba que tienen como función principal: proponer a la Autoridad de Aplicación para su aprobación los planes y proyectos previamente acordados por el Consorcio; la construcción de obras; la realización de trabajos por sí, por terceros o en concurso con los propietarios de los inmuebles afectados por las tareas que fueran necesarias; la administración y el control del mantenimiento de los planes prediales de conservación de suelos.



**Figura 19. Distribución de los Consorcios de Conservación de Suelos en la cuenca media del río Ctalamochita.**

Así como los CCS, existen consorcios camineros (CC), los cuales son entidades sin fines de lucro de la provincia de Córdoba administradas por productores agropecuarios cuya función es conservar y mejorar los caminos rurales de la red secundaria y terciaria. La cuenca media del río Ctalamochita se encuentra en las regionales 13 y 14 del sistema de consorcios de camineros de la provincia de Córdoba (Fig. 20).



**Figura 20. Sistema de Consorcios de Camineros de la provincia de Córdoba para la cuenca media del río Ctalamochita. Fuente: <http://www.accpc.com.ar>.**

### 3.11. Dimensión legal, normativa e institucional

La Constitución Nacional es la que determina y organiza la estructura jurídica e institucional del sistema, fijando competencias y jurisdicciones. En la reforma de 1994 se incorporó la cláusula ambiental, en el artículo 41, donde se definió el concepto de ambiente y otorgó la posibilidad de legislar en materia ambiental y dictar presupuestos mínimos de protección a la nación y a las provincias la facultad de complementar exigiendo siempre más y nunca menos de los mínimos establecidos.

En el marco del sistema jurídico nacional las provincias dictan leyes y nombran las autoridades destinadas a ejecutar las acciones tendientes a la promoción, concientización y difusión del objeto de las mismas.

La provincia de Córdoba ha dictado leyes para el ordenamiento ambiental del territorio, en busca del uso adecuado de los recursos naturales y posibilitar la producción sustentable en un todo de acuerdo con las leyes nacionales, ley general de ambiente y leyes de presupuestos mínimos.

Entre las normativas más importantes podemos distinguir las vinculadas a la conservación del suelo y a la protección del bosque nativo.

### **Ley Nº8936 – Conservación de Suelos**

La ley 8936 de conservación y prevención de degradación de suelos de la provincia de Córdoba declara de orden público a:

- a) Conservación y control de la capacidad productiva de los suelos;
- b) Prevención de todo proceso de degradación;
- c) Recuperación de los suelos degradados;
- d) Promoción de la educación conservacionista del suelo.

Los principales artículos son:

Artículo 2: Quedan sometidos a las disposiciones de la presente Ley todos los suelos rurales del territorio provincial, de propiedad pública o privada.

Artículo 3: Autoridad de aplicación, que será ejercida por la secretaría de agricultura y la agencia Córdoba ambiente.

Artículo 4: Se crea el consejo Central de protección de suelo

Artículo 5: Realiza definiciones sobre degradación de suelo, erosión de suelo, pérdida de materia orgánica y diversidad biológica; así como el agotamiento, deterioro físico, etc.

Artículo 7: Acciones de prevención y conservación de suelos.

Artículo 8: Acciones de Recuperación de Suelos.

Artículo 9: Todo productor que no cumpla con lo establecido en los artículos 7º 8º de la presente ley será pasible de las siguientes sanciones, las que serán aplicables en forma simultánea o alternativa, a criterio de la Autoridad de Aplicación.

### **Ley Nº 9814 – Territorial de Bosques Nativos**

La Ley Nº 9814 establece que quedan sometidos al régimen de la presente Ley todos los bosques nativos existentes en el territorio provincial -cualquiera sea su origen, así como todos los que se formarán en el futuro. El ejercicio de los derechos sobre los bosques nativos de propiedad privada o pública, sus frutos y productos quedan de igual manera sometidos al presente régimen.

El objeto de la presente Ley es establecer el ordenamiento territorial de los bosques nativos para la Provincia de Córdoba, cuya finalidad es:

- a) Promover la conservación del bosque nativo mediante el Ordenamiento Territorial de los Bosques Nativos y la regulación de la expansión de la frontera agropecuaria, minera y urbana, y de cualquier otro cambio de uso del suelo;
- b) Hacer prevalecer los principios precautorios y preventivos contemplados en la Ley Nacional No 25.675 -General del Ambiente- y en la Ley Nacional N 26.331 - Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos-;

- c) Implementar las medidas necesarias para evitar la disminución de la superficie ocupada por los bosques nativos de acuerdo a lo establecido en la Ley Nacional No 26.331;
- d) Disponer los mecanismos necesarios a fin de promover el incremento de la superficie total y calidad de los bosques nativos y mantener a perpetuidad sus servicios ambientales;
- e) Procurar el mantenimiento de la biodiversidad y de determinados procesos ecológicos y la mejora de los procesos sociales y culturales en los bosques nativos como fuente de arraigo e identidad para sus habitantes;
- f) Garantizar la supervivencia y conservación de los bosques nativos, promoviendo su explotación racional y correcto aprovechamiento;
- g) Fomentar las actividades productivas en el bosque nativo sujetas al Plan de Conservación, al Plan de Manejo Sustentable o al Plan de Aprovechamiento con Cambio de Uso del Suelo y Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), según la categoría de conservación a la que pertenezca;
- h) Establecer un régimen de fomento y criterios para la distribución de los fondos a los fines de compensar a los titulares del bosque nativo;
- i) Garantizar la participación pública en el proceso y cumplimiento del ordenamiento territorial de los bosques nativos y su efectiva aplicación, según lo estipulado por la Ley Nacional N 25.675 – General del Ambiente- y la Ley Nacional No 25.831 -Régimen de Libre Acceso a la Información Pública Ambiental.
- j) Fomentar las actividades de docencia e investigación para la conservación, recuperación, enriquecimiento, manejo sostenible y aprovechamiento sustentable del bosque nativo.



## **Ley N° 10.467 – Plan Provincial Agroforestal**

En la provincia de Córdoba en el mes de agosto del año 2017 se reglamentó la Ley N° 10.467 “Plan Provincial Agroforestal” (PPA), a partir de un área piloto, la del Consorcio de Conservación de Suelos (CCS) “Paso del Puma”, de la cual forma parte la cuenca Rafael García – Lozada, donde se buscó determinar cartográficamente áreas prioritarias de. Los objetivos fijados que la ley persigue son:

- a) Promover el desarrollo sostenible y mejorar la situación social, ecológica, paisajística y de producción de las diversas áreas de la Provincia.
- b) Promover y complementar la producción en el marco de las Buenas Prácticas Agropecuarias, ayudando a prevenir y evitar los procesos de erosión eólica o hídrica, favoreciendo la infiltración, reducción y consumo de excesos hídricos.
- c) Incentivar la protección de los suelos.
- d) Mejorar la calidad del aire y del agua.
- e) Mejorar el entorno rural, urbano y la calidad de vida de la población cordobesa mediante la implantación o enriquecimiento con especies forestales que pueden ser aprovechadas con el concepto de uso múltiple, asegurando la persistencia del recurso con un criterio de conservación y manejo forestal sostenible, de acuerdo a las Buenas Prácticas Forestales y de la producción con conservación de los recursos naturales.
- f) Contribuir a la conservación y restauración de la biodiversidad a los fines de preservar los beneficios ecosistémicos, tales como hábitat de polinizadores naturales y refugio de fauna nativa.

El PPA obliga a los propietarios de establecimientos rurales a tener forestado, entre el 2 y el 5 por ciento de la superficie de sus predios, dependiendo de la región y otras variables.

### **Ley N° 10.663 Programa de Buenas Prácticas Agrícolas de Córdoba**

El término Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) hace referencia a una manera de producir y procesar los productos agropecuarios, de modo que los procesos de siembra, cosecha y poscosecha de los cultivos cumplan con los requerimientos necesarios para una producción sana, segura y amigable con el ambiente.

El Ministerio de Agricultura y Ganadería de la Provincia es la autoridad de aplicación. En el artículo se establecen los objetivos perseguidos, los cuales son:

- a) Instalar en todo el territorio provincial el Programa de Buenas Prácticas Agropecuarias como política agroalimentaria que contribuya al desarrollo sostenible.
- b) Promover que se generalice la adopción regular y sistemática de las Buenas Prácticas Agropecuarias por parte de los productores agropecuarios que desarrollen actividades productivas agrícolas, ganaderas, apícolas, mixtas, frutícolas y hortícolas -tanto extensivas como intensivas- en establecimientos radicados dentro de la Provincia de Córdoba.
- c) Generar un cambio cultural en el sistema productivo incorporando la medición de variables productivas, sociales y ambientales.
- d) Concientizar que el cumplimiento de las leyes, normas y reglamentos debe acompañar el desarrollo productivo.
- e) Fomentar la innovación mediante acciones de capacitación, asociativismo y comunicación.

f) Instrumentar un sistema de incentivos para que los productores agropecuarios que desarrollen sus actividades productivas en el territorio provincial implementen las Buenas Prácticas Agropecuarias.

El artículo 5 establece un instrumento de fomento a partir de incentivos económicos para los productores agropecuarios que desarrollen sus actividades en el territorio provincial, cumpliendo los requisitos que la ley establezca anualmente por medio del Manual Operativo de Prácticas de Adhesión. Además, las instituciones, entidades y organizaciones que colaboren y participen en la implementación, difusión, ejecución, promoción y desarrollo del programa, pueden ser beneficiarias del incentivo.

#### **Ley Nº 8.863 – Consorcios de Conservación de Suelos**

El gobierno de la Provincia de Córdoba, decreta en el año 2004 la ley Nº8.863 en que establece la creación y funcionamiento de Consorcios de Conservación de los Suelos (CCS) con el objeto de resolver los problemas de excesos hídricos y erosión de las cuencas, detener los procesos de erosión y sedimentación en las mismas, estabilizar, optimizar y maximizar la producción, mediante un adecuado manejo del agua-suelo y los cultivos.

#### **Ley Nº 8.863 – Consorcios Camineros**

La Dirección Provincial de Vialidad, en cumplimiento de lo dispuesto por el Artículo 8 – Inciso 10 de la Ley N. 6.085, promoverá y fomentará en todo el territorio de la Provincia la creación y organización de Consorcios Camineros.

Los Consorcios Camineros tendrán por fin principal la realización de obras y trabajos de construcción, conservación y mejoramiento de caminos de la red

vecinal y también la ejecución de obras de conservación y mejoramiento de caminos de la red secundaria, de conformidad con las autorizaciones y adjudicaciones que al efecto disponga la Dirección Provincial de Vialidad. Subsidiariamente podrán contratar la ejecución de trabajos complementarios de obras viales con Reparticiones Oficiales, Instituciones Públicas, Privadas y Particulares, conforme lo determine la Reglamentación. Con las obras que ejecuten los Consorcios para reparticiones oficiales tendrán idéntico reconocimiento de mayores costos al que rige para los contratistas de obras públicas. Quedan absolutamente excluidos de los Consorcios los fines de lucro. Las utilidades que se obtengan serán invertidas en la forma que lo determine la reglamentación.

## 4. DIAGNÓSTICO

El diagnóstico es un requisito indispensable para pensar en la gestión integrada de la cuenca, dado que nos permite identificar problemáticas, potencialidades y cómo están vinculadas entre sí y con los actores sociales. Estas relaciones de carácter económico, productivo, ambiental, social y espacial nos permiten establecer las bases para planificar el ordenamiento y sostenibilidad de los recursos naturales en pos de un beneficio equitativo para los pobladores que habitan el área.

Actualmente, en la cuenca media del río Ctalamochita se presentan problemáticas de diferente índole que contribuyen a la degradación ambiental. En la Fig. 21 se puede observar las diferentes problemáticas, sus causas e impactos sobre el medioambiente. Si bien todos estos conflictos son relevantes al momento de plantear soluciones que conduzcan a la sostenibilidad, este trabajo se enfocó en estudiar la erosión hídrica y los factores que producen degradación ambiental ya que es uno de los problemas de más importancia debido a su extensión, intensidad y factor condicionante en la producción/economía.

El diagnóstico de la situación actual de la cuenca se realizó sobre la base de una evaluación cualitativa, por medio de la fotointerpretación de imágenes satelitales y mapas de suelo, geología, drenaje, vegetación, uso actual del suelo y datos meteorológicos. Además, mediante el método USLE (ecuación universal de pérdida de suelos) y álgebra de mapas en ambiente GIS, se estimó la producción de sedimentos.

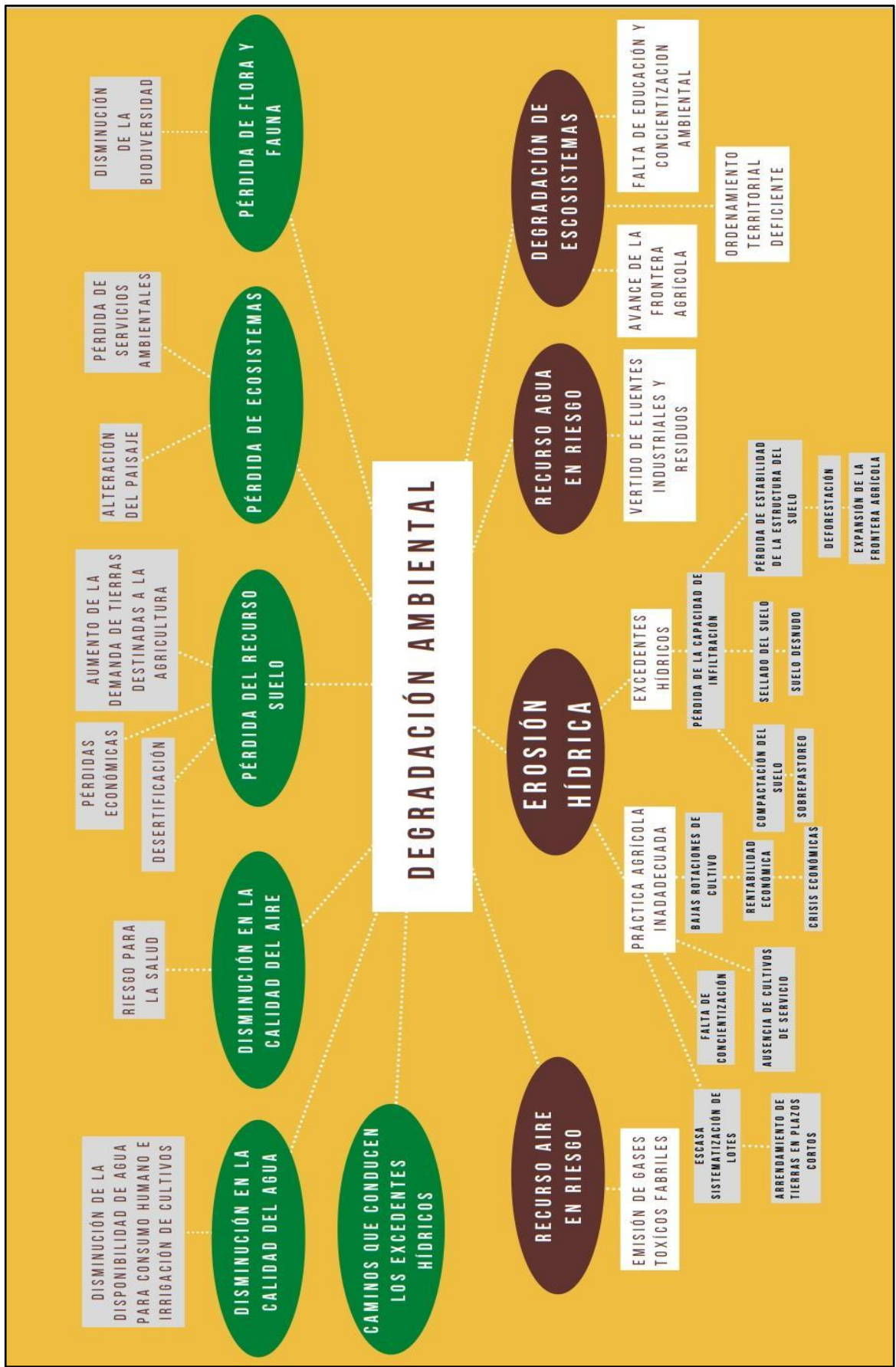
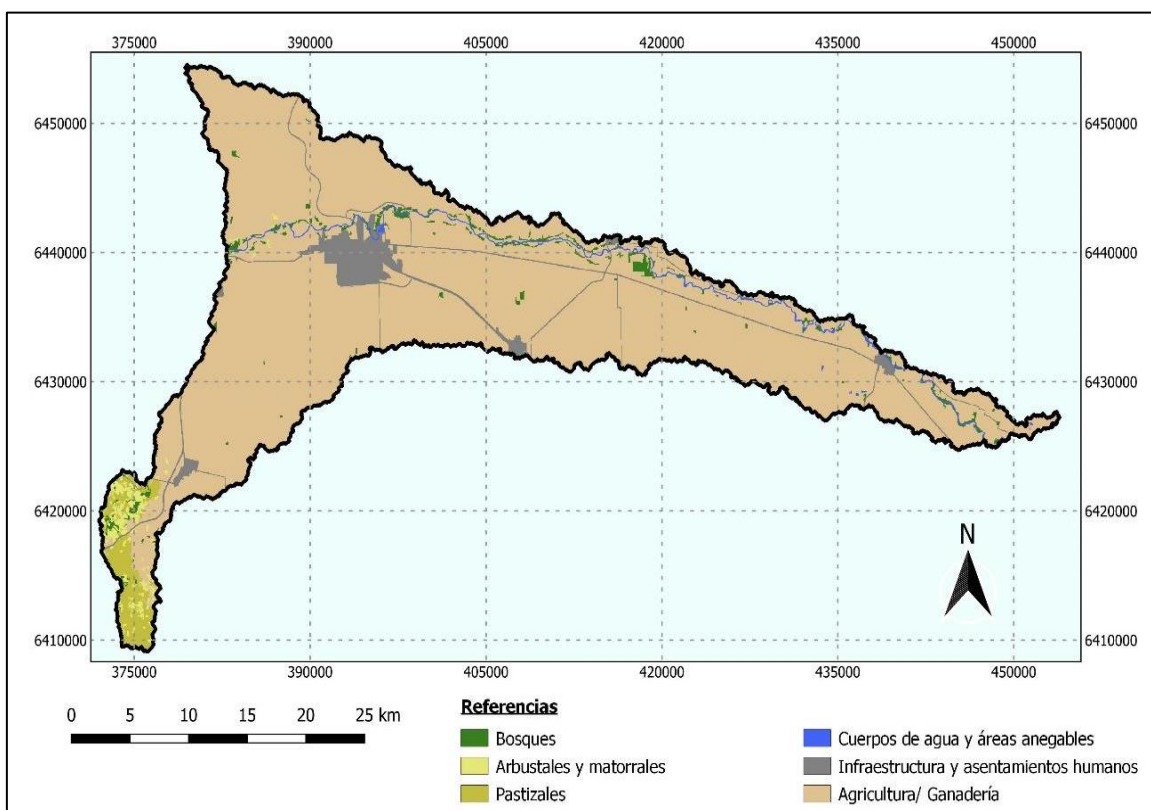


Figura 21. Diagrama de Árbol - Análisis multidisciplinario de las problemáticas de la cuenca media del río Ctalamochita.

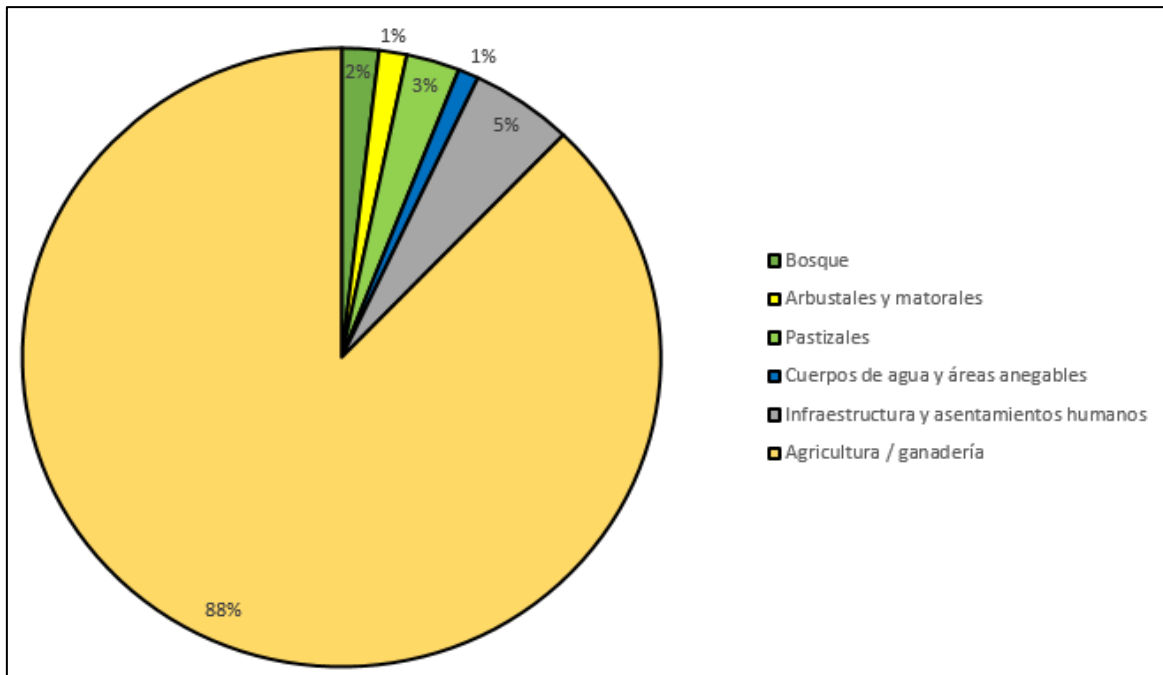
#### 4.1. Análisis de cobertura

El mapa de cobertura del suelo de la cuenca media del río Ctalamochita, fue obtenido a partir del mapa de cobertura de la provincia de Córdoba 2017/2018, provisto por la Infraestructura de Datos Espaciales de Córdoba (IDECOR), generado a partir del análisis de más de 1000 imágenes satelitales del período 2017-2018 para generar 3 Niveles principales de leyenda, el último con 27 categorías, capturando la variabilidad tanto espacial como temporal del territorio.



**Figura 22. Mapa de Cobertura del suelo de la cuenca media del río Ctalamochita.**

A partir del análisis del mapa de cobertura se obtuvieron valores porcentuales de cada categoría, los valores más significativos fueron, el 88% está destinado a la agricultura y solo 6% de vegetación natural (bosques, pastizales, arbustales y matorrales).



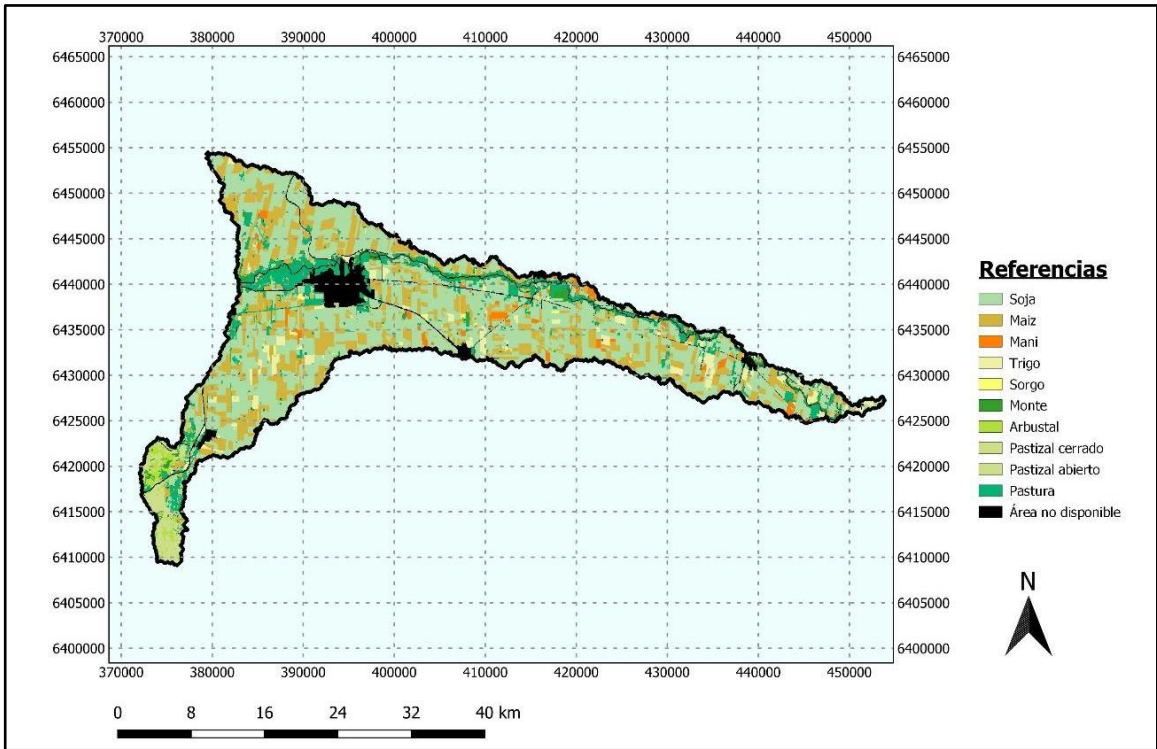
**Figura 23. Porcentaje de cobertura de suelo de la cuenca media del río Ctlamochita.**

#### **4.2. Análisis del uso del suelo agrícola y la secuencia de cultivos durante tres campañas en la cuenca media del río Ctlamochita.**

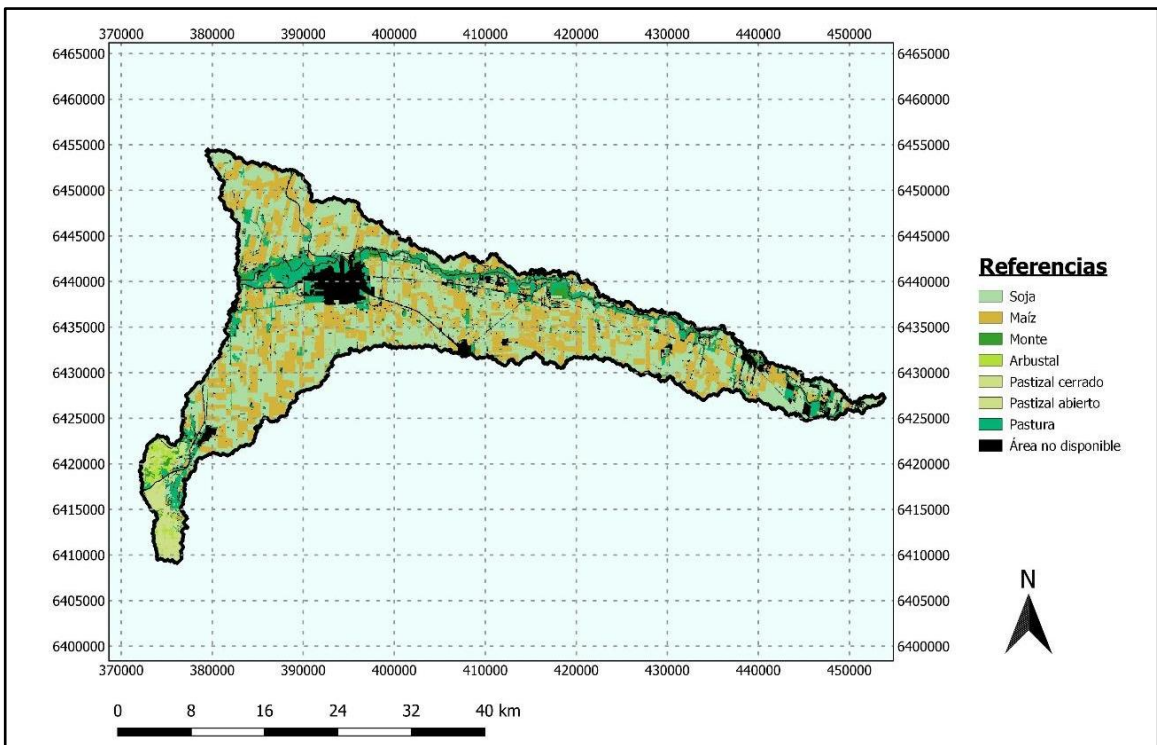
El uso y manejo de los suelos es un factor fundamental al momento de evaluar la erosión hídrica en una cuenca, dado que influye directamente en el ciclo hidrológico pudiendo aumentar o reducir los caudales y volúmenes de escurrimiento.

La cobertura vegetal influye directamente en las propiedades hidrológicas (evapotranspiración, interceptación infiltración, escurrimiento), hidráulicas (rugosidad superficial, velocidad de escurrimiento) y mecánicas (resistencia al corte, cohesión-adhesión, resistencia al sobrepeso, etc) (Cisneros et al., 2012). Haciendo uso de los mapas de cobertura para las campañas 2018-2019, 2019-2020 y 2020-2021 publicados en el portal GEOINTA y el software QGIS 3.10.10, se determinaron los porcentajes de participación de cada uso de suelo.

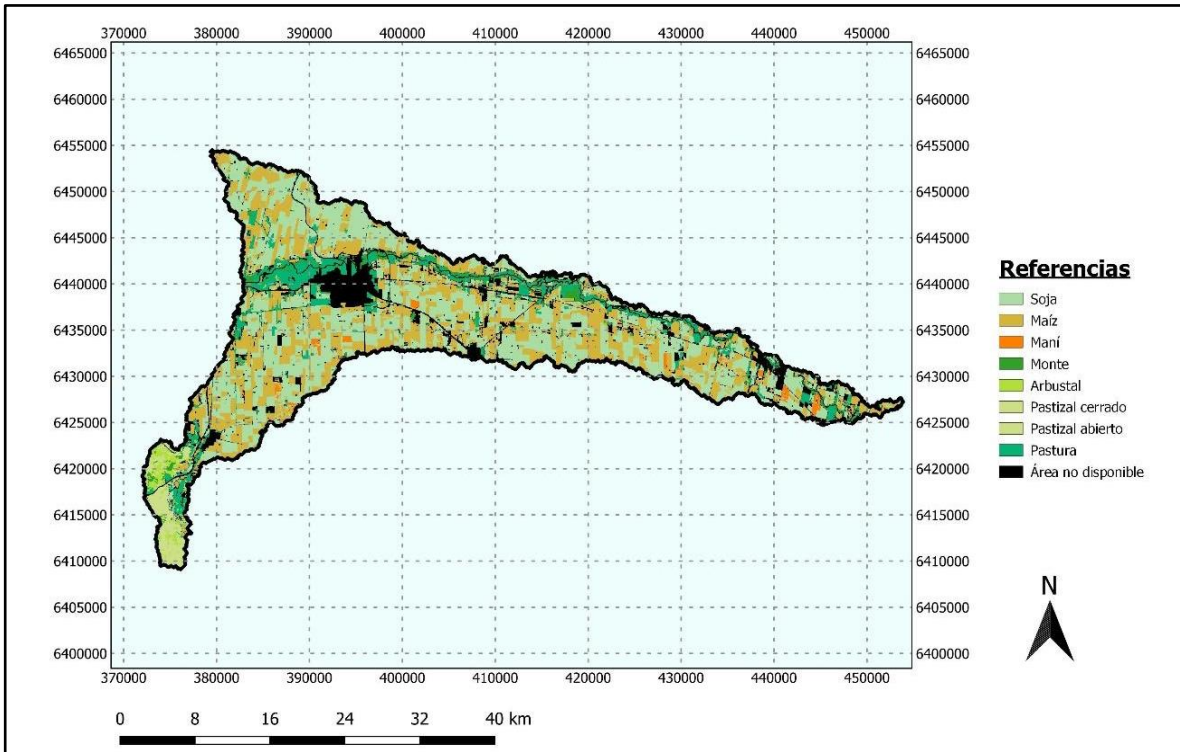




**Figura 24. Mapa de usos del suelo de la cuenca media del río Ctalamochita. Campaña 2018/2019.**

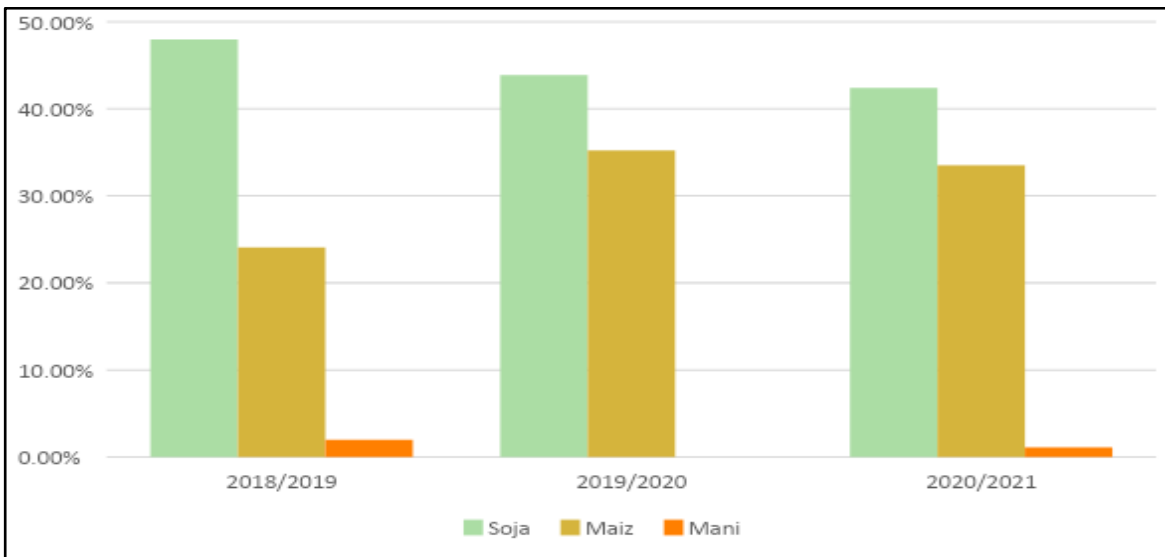


**Figura 25. Mapa de usos del suelo de la cuenca media del río Ctalamochita. Campaña 2019/2020.**



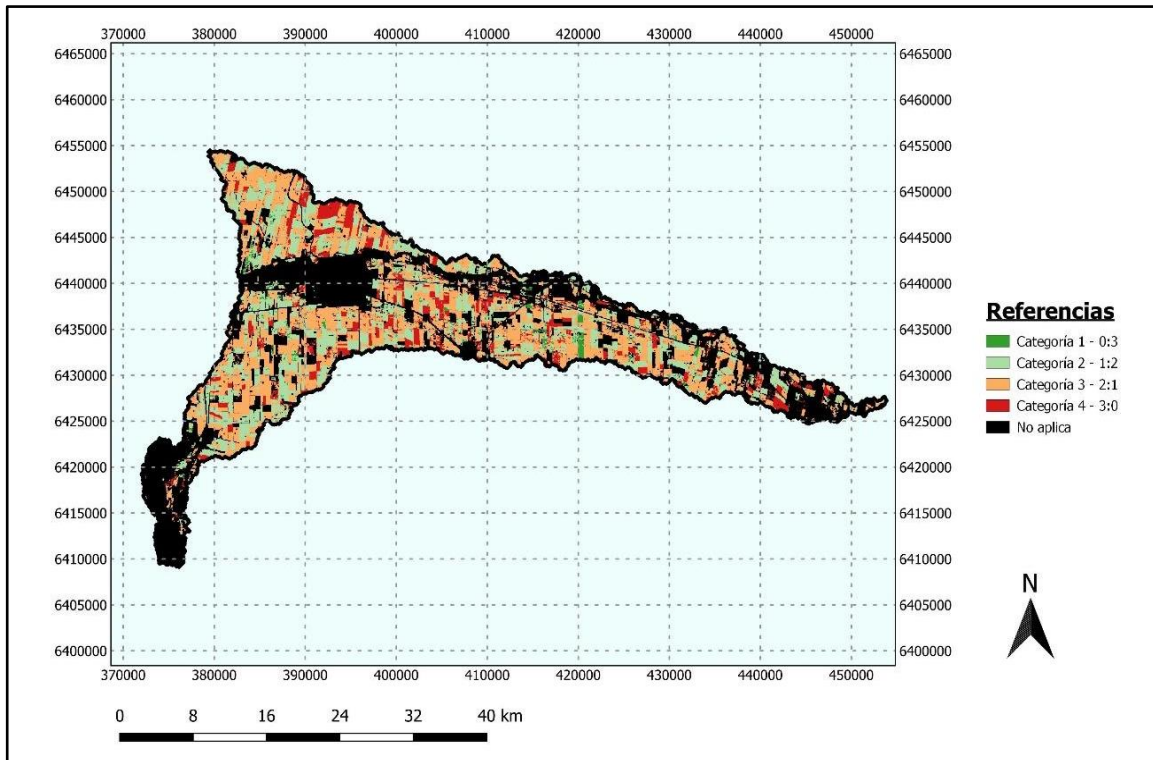
**Figura 26. Mapa de usos del suelo de la cuenca media del río Ctalamochita. Campaña 2020/2021.**

En el área de estudio, el principal uso del suelo es la agricultura extensiva bajo siembra directa, con predominio de cultivos de verano como la soja y el maíz y en menores proporciones, cultivos como el trigo y el maní.



**Figura 27. Participación porcentual de los cultivos en la cuenca media del río Ctalamochita en las campañas 2018/2019, 2019/2020, y 2020/2021.**

Luego, se procedió a determinar la secuencia de cultivos, con el software Qgis 3.10.10 y el álgebra de mapas. Para dicho análisis se tuvo en cuenta la categoría soja y la categoría maíz, dado que son las más representativas del territorio y al momento de generar las combinaciones, no se producen secuencias irrelevantes para la extracción de resultados.

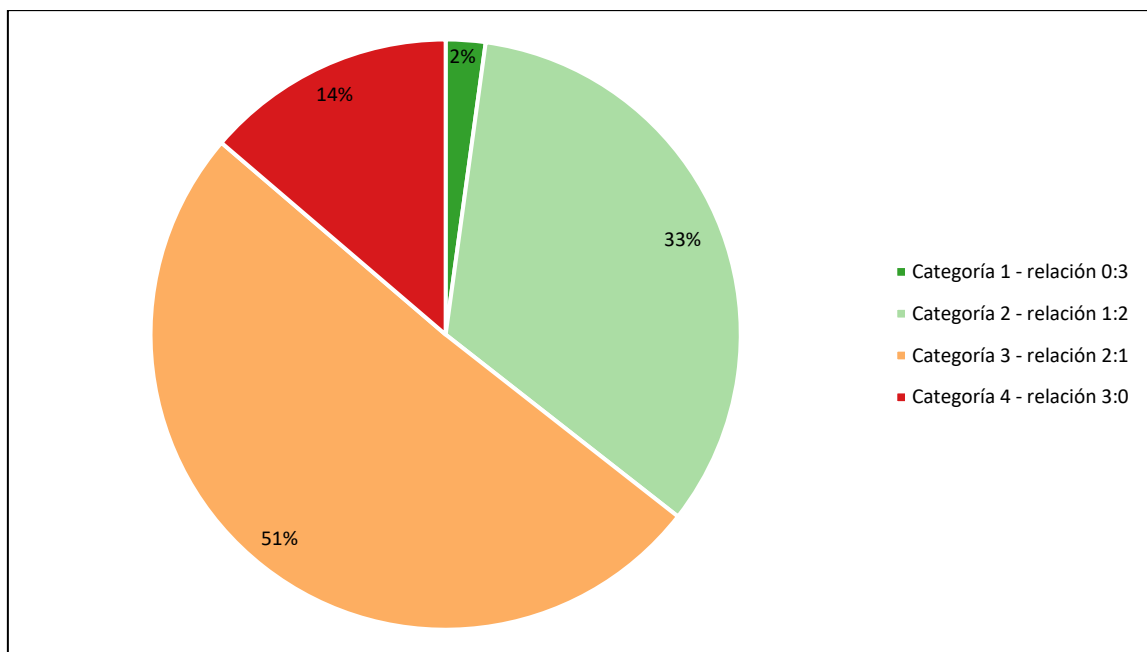


**Figura 28. Gráfico de porcentaje de participación de las secuencias de cultivos de la cuenca media del río Ctalamochita.**

Finalmente, de información analizada, las secuencias de cultivos quedaron agrupadas en cuatro categorías, definidas de la siguiente manera:

- Categoría 1 - relación 0:3: monocultivo de maíz.
- Categoría 2 - relación 1:2 una campaña de soja, dos de maíz.
- Categoría 3 - relación 2:1 dos campañas de soja, una de maíz.
- Categoría 4 - relación 3:0 monocultivo de soja.

En el gráfico de la Fig. 29 se puede observar la predominancia de la categoría de 3 y el grado de participación del resto de las secuencias de cultivos.



**Figura 29. Participación porcentual de secuencias de cultivos (relación soja:maíz) de la cuenca media del río Ctalamochita considerando las 4 categorías. Cat. 1 0:3; Cat. 2. 1:2; Cat. 3 2:1; Cat. 4 3:0.**

### 4.3. Erosión hídrica

La erosión hídrica es uno de los problemas más importante para la cuenca media de río Ctalamochita, dado existe una conjunción de factores que favorecen al origen del proceso, tales como las precipitaciones que se concentran durante el período estival, en forma de tormentas intensas, la alta erodabilidad del loess y un relieve ondulado.

Además, existen factores antrópicos que modifican el ecosistema y generan condiciones que aceleran el proceso, como el cambio de uso de suelo, donde se elimina o fragmenta la vegetación autóctona para ser utilizada como suelo de cultivo. En la cuenca media del río Ctalamochita se estima que solo existe un remanente del 6%. El manejo agrícola, fundamentalmente el intenso cultivo de soja es otro factor que favorece la erosión dado que genera poco volumen de

rastrajo (suelo desnudo) provocando un aumento de la acción de la gota de lluvia y aumento del escurrimiento por una disminución de la infiltración.

Los procesos y tipo de erosión que se presentan en la cuenca son: erosión laminar (mantiforme), erosión por surcos, en cárcavas, en cursos permanentes y por salpicadura. Las dos primeras manifestaciones son las más importantes por la cantidad de material que es removido de los suelos.

Las altas pendientes en el sector Oeste dan lugar a fenómenos erosivos con presencia de "mallines" mientras que, en el sector Este el terreno es más plano y se generan zonas de sedimentación. Todos estos procesos de degradación dan lugar a consecuencias irreversibles dado que el tiempo que tarda en originarse el suelo es muy grande en relación a la tasa de pérdida del suelo por año.

### **Ecuación Universal de Pérdida de Suelo**

Para determinar las zonas con mayor susceptibilidad a la erosión dentro de la cuenca y para cuantificar los sedimentos que se pueden desarrollar en la misma, se trabajó en base a la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE, por sus siglas en inglés) (Wischmeier y Smith 1965, 1978), la cual evalúa principalmente la erosión laminar y erosión "entre surcos" pero no así la erosión por escurrimiento o "flujo concentrado".

La ecuación básica del modelo USLE es la siguiente:

$$A = R K L S C P$$

Donde:

A: Pérdida de suelo actual (tn. ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>)

R: Erosividad de las lluvias (hJ cm/m<sup>2</sup> h)

K: Susceptibilidad del suelo a la erosión hídrica (tn m<sup>2</sup> h/ha hJ cm)

L S: Factor topográfico (adimensional)

L: Longitud de la pendiente(m)

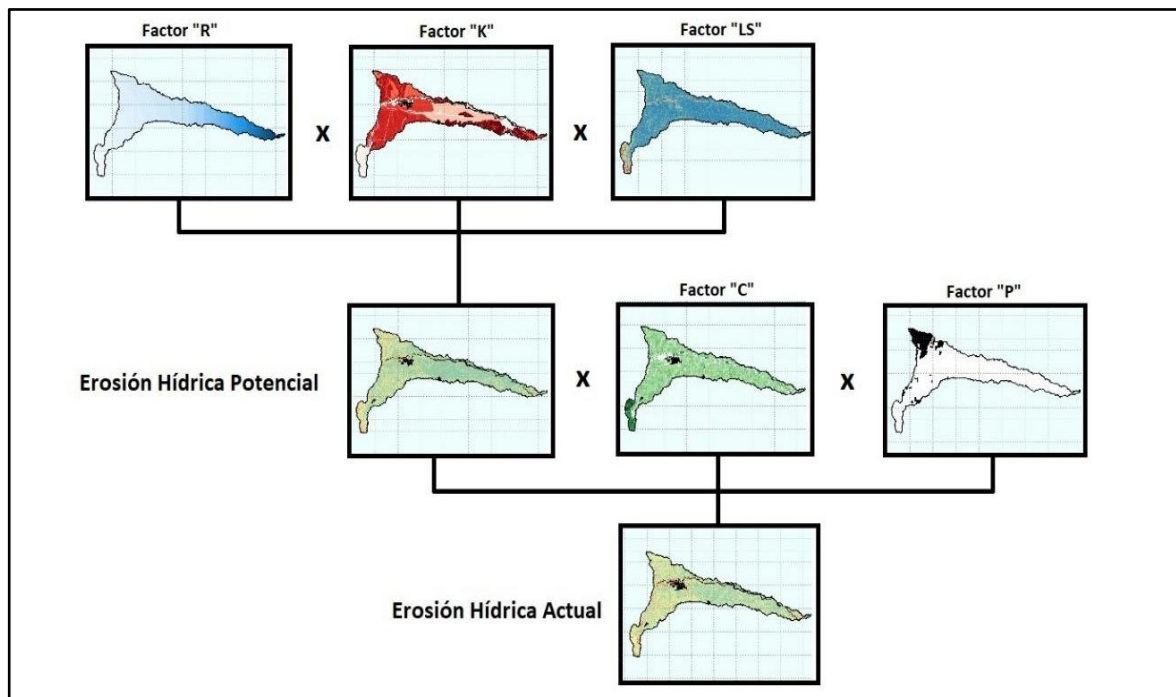
S: Pendiente (%)

A los factores L y S se los denomina factor topográfico (LS) y se los estima conjuntamente

C: Factor cultivo o cobertura (adimensional)

P: Factor práctica conservacionista (adimensional)

El principal factor es el de erosividad (factor R); que mide la potencialidad de las lluvias para provocar erosión. Su acción es regulada en función de las características del relieve (longitud y grado de la pendiente, factor LS), de las propiedades del suelo (erodabilidad del suelo, factor K), del tipo de cobertura (factor C) y de las prácticas conservacionistas (factor P). El valor de los tres primeros factores depende netamente de las condiciones naturales del lugar, en cambio, el valor de los factores C y P pueden ser manipulados por la acción del hombre. Los tres primeros factores (R, K y LS) determinan la Erosión Hídrica Potencial, si a estos se agregan los factores C y P proporcionan la Erosión Hídrica Actual (Gaitan et al, 2017).



**Figura 30. Diagrama de la integración de los factores de la USLE.**

### **Erosión hídrica potencial**

Para la obtención del mapa de Erosión Potencial, en primer lugar, se estimaron los factores intervinientes en la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE) y luego haciendo uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y el álgebra matricial se integraron los factores.

### **Factor R**

Según Gaitan et al.(2017) se demostró que la precipitación media anual (PMA) es un buen estimador de R. Para obtener el mapa de Factor R se utilizó el mapa de PMA (Bianchi y Cravero, 2010) y la ecuación  $R = 0,2266 * PMA^{1,1289}$ , la cual fue obtenida a partir de la relación entre la PMA y el factor de erosividad de las lluvias (R) para 75 localidades de la República Argentina.

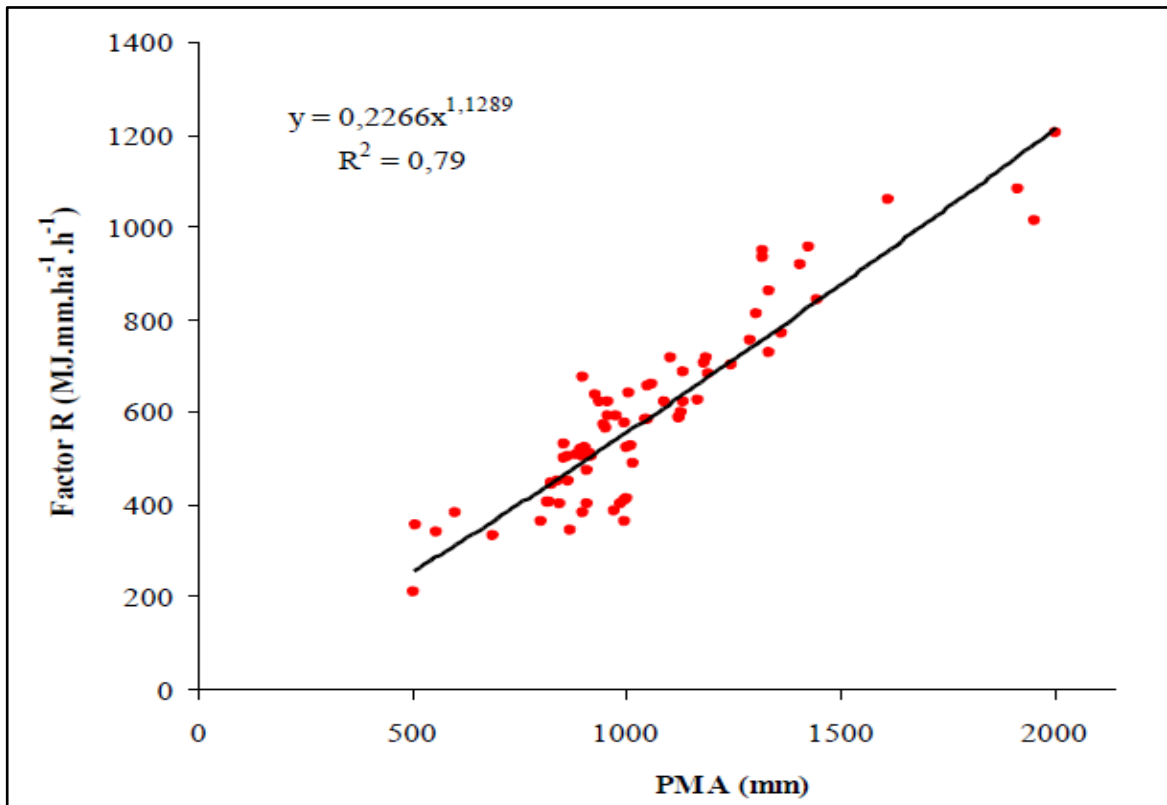


Figura 31. Relación entre la PMA y el factor R para 75 localidades de la República Argentina (Fuente: Gaitan et al, 2017).

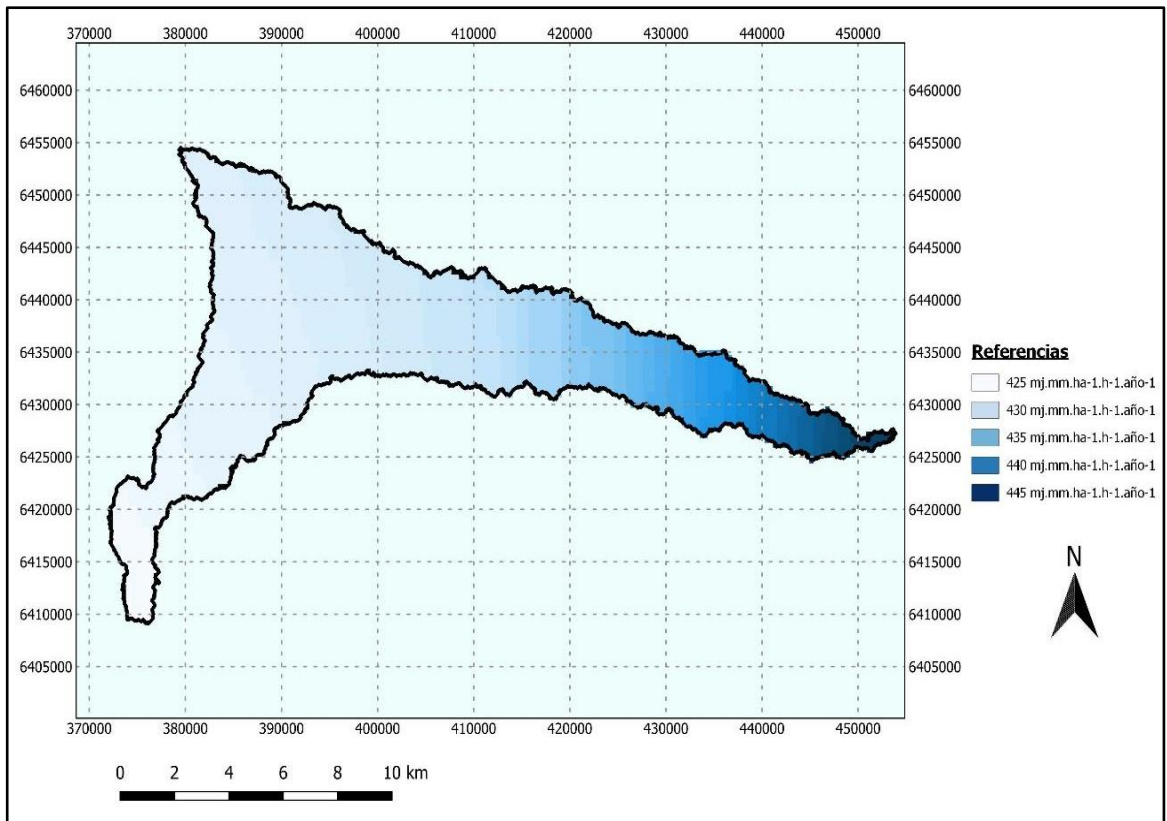
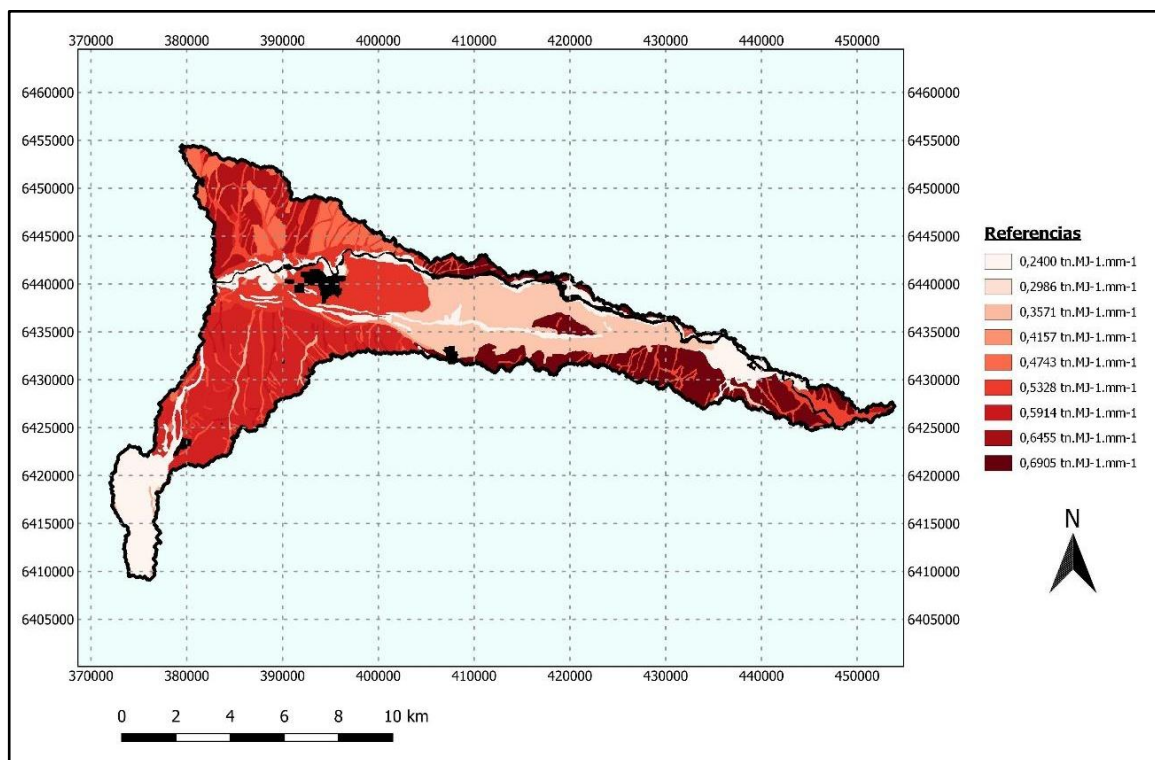


Figura 32. Mapa de Factor "R" de la USLE para los suelos de la cuenca media del río Ctalamochita.



## Factor K

A partir del mapa de unidades cartográficas (Fig. 7) la descripción de los perfiles típicos asociados a cada unidad cartográfica y el uso de la herramienta operativa INTA USLE-RUSLE, se procedió a calcular el factor K correspondiente, en el caso de las unidades cartográficas con más de una serie asociada se calculó un "K" ponderado. Cabe destacar que la herramienta fue utilizada para suelos con menos del 70% de limo, ya que INTA Paraná desarrolló la aplicación a partir de datos medidos en parcelas experimentales con suelos de esa característica textural. Para suelo de mayor contenido de limo, se procedió de manera tradicional con el nomograma para la obtención del factor K.



**Figura 33. Mapa de Factor "K" de la USLE para los suelos de la cuenca media del río Ctalamochita.**

## Factor LS

Para la obtención del factor LS se utilizó la ecuación de Moore et al. 1991, obtenido a partir de un DEM DE resolución 30x30m y el empleo del módulo “Índices Topográficos” del software SAGA GIS (System for Automated Geoscientific Análisis). Las ecuaciones utilizadas son:

$$L = 1,4 \frac{(As)^{0.4}}{22,13} \text{ y } S = \frac{(\sin \beta)^{1.3}}{0,0896}$$

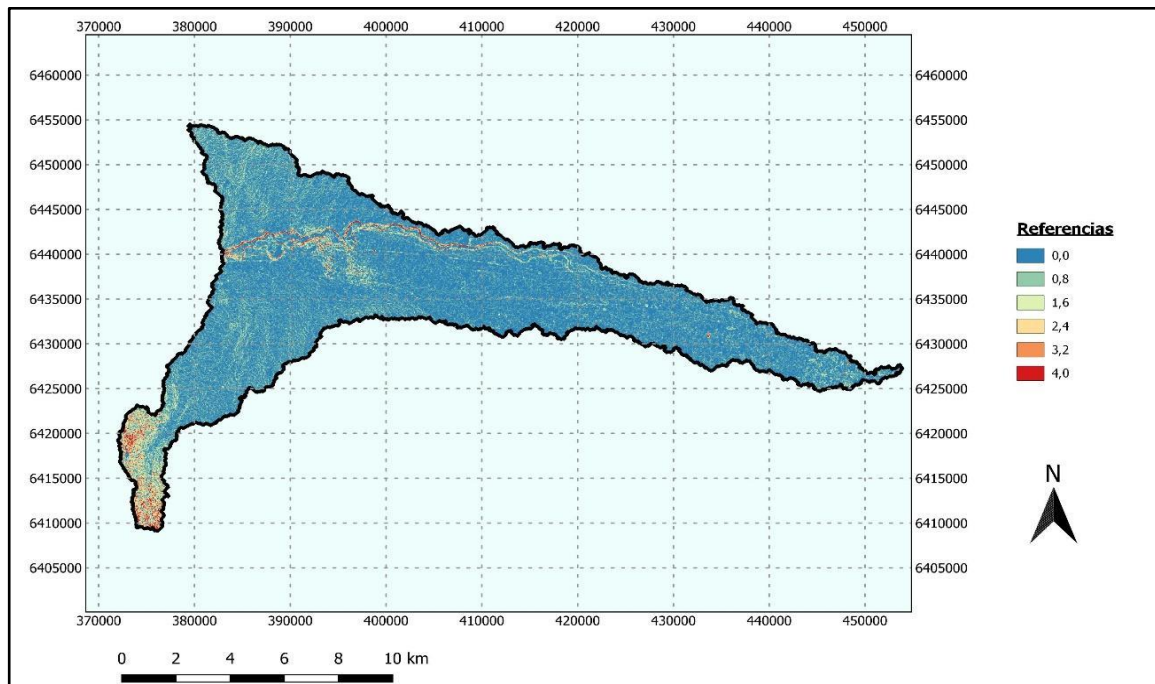
Donde:

As= Área de contribución específica

B= Ángulo de la pendiente

El área de contribución es la variable hidrológica que incorpora el área pendiente arriba, enriqueciendo a la ecuación para determinar la longitud de pendiente LS.

En el mapa de la Fig. 34, se puede observar que los valores máximos de LS coinciden con las pendientes mayores del piedemonte de la Sierra de las Peñas y en la zona de cañadas y valles.

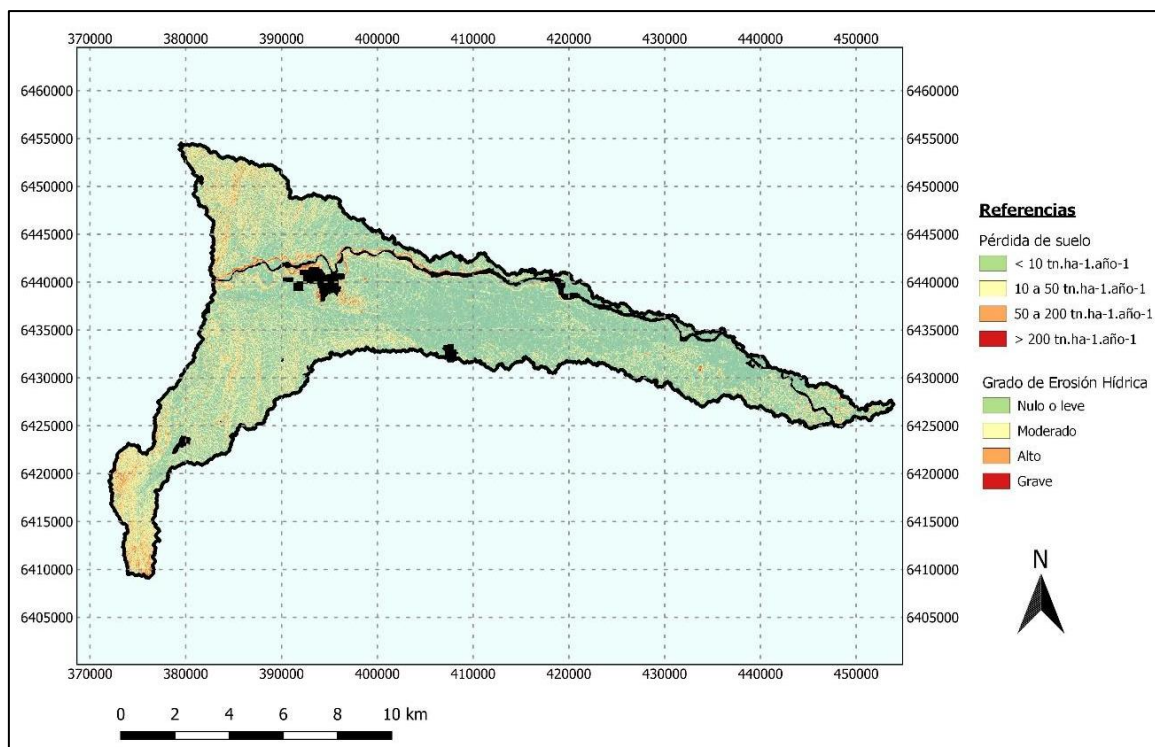


**Figura 34. Mapa de Factor “LS” de la USLE para los suelos de la cuenca media del río Ctlamochita.**

En el mapa de la Fig. 35, se puede observar el mapa de Erosión Hídrica Potencial, obtenido a partir del producto de los factores “K”, “R” y “LS”. Donde se evidencian los diferentes grados de erosión hídrica clasificado de acuerdo a la tabla 3 según FAO (1980). Claramente se puede ver como la pendiente es el factor que modela los diferentes grados de erosión. Las pérdidas de suelo máximas se observan en el sector Oeste y las márgenes del río Ctalamochita donde las pendientes son importantes.

**Tabla 3. Clases de Erosión Hídrica Potencial según FAO (1980).**

Grado de Erosión	Tn/ha/año
Leve	10
Moderada	10 - 50
Alta	50 - 200
Muy Alta	> 200



**Figura 35. Mapa de Erosión Hídrica Potencial para los suelos de la cuenca media del río Ctalamochita.**

La cuenca media del río Ctalamochita tiene un alto grado de erosión hídrica potencial, con una pérdida de suelo promedio de 80 Tn.ha-1.año-1. Las pérdidas de suelo máximas se observan en el sector Oeste donde las pendientes son importantes.

### **Erosión hídrica actual**

#### **Factor C**

En función de tablas, se determinaron los factores C de ordenación de los cultivos, a partir de la interpretación de los datos de cobertura y secuencia de cultivos presentados en la Fig. 36. Los valores adoptados de C, según tablas de Marelli et al., 2012 y Gaspari et al., 2010, se presentan en la Tabla 4 y Tabla 5.

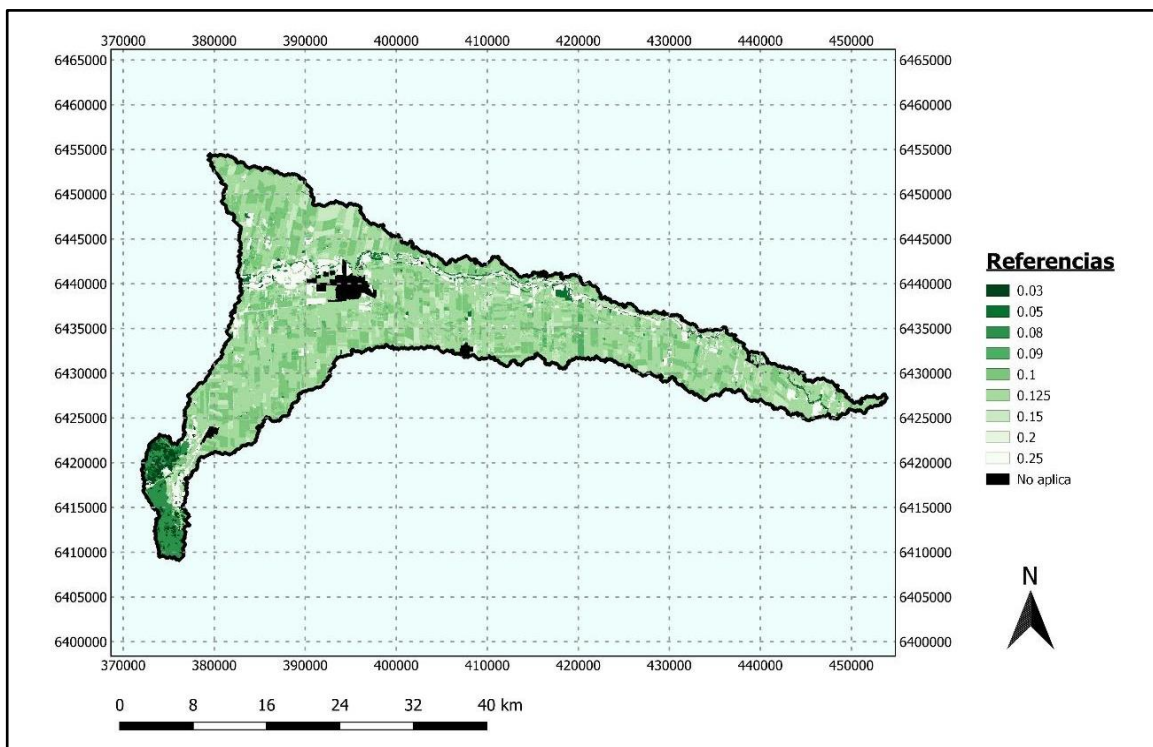
**Tabla 4. Valores de factor C de la USLE para diferentes rotaciones de cultivos bajo el sistema de siembra directa (Marelli et al., 2012).**

<b>Cultivo- Secuencia</b>	<b>Factor C</b>
Trigo - Soja 2 <sup>a</sup>	0,09
Soja 1 <sup>a</sup> - Trigo	0,07
Soja - Maíz	0,10
Soja - Soja	0,15
Girasol - Girasol	0,10

**Tabla 5. Factores C adoptados para las distintas coberturas o usos del terreno. (Gaspari et al., 2010).**

<b>Tipo de Cobertura o Uso de Suelo</b>	<b>C</b>
Arbustal abierto	0,05
Arbustal cerrado	0,03
Áreas urbanas de densidad baja	0,05
Áreas urbanas de densidad media	0,042
Bañados	0,039
Bosques en galería	0,08
Bosques abiertos	0,05
Cañadas	0,1
Cuerpos de agua	1
Cultivos de especies arbóreas	0,05

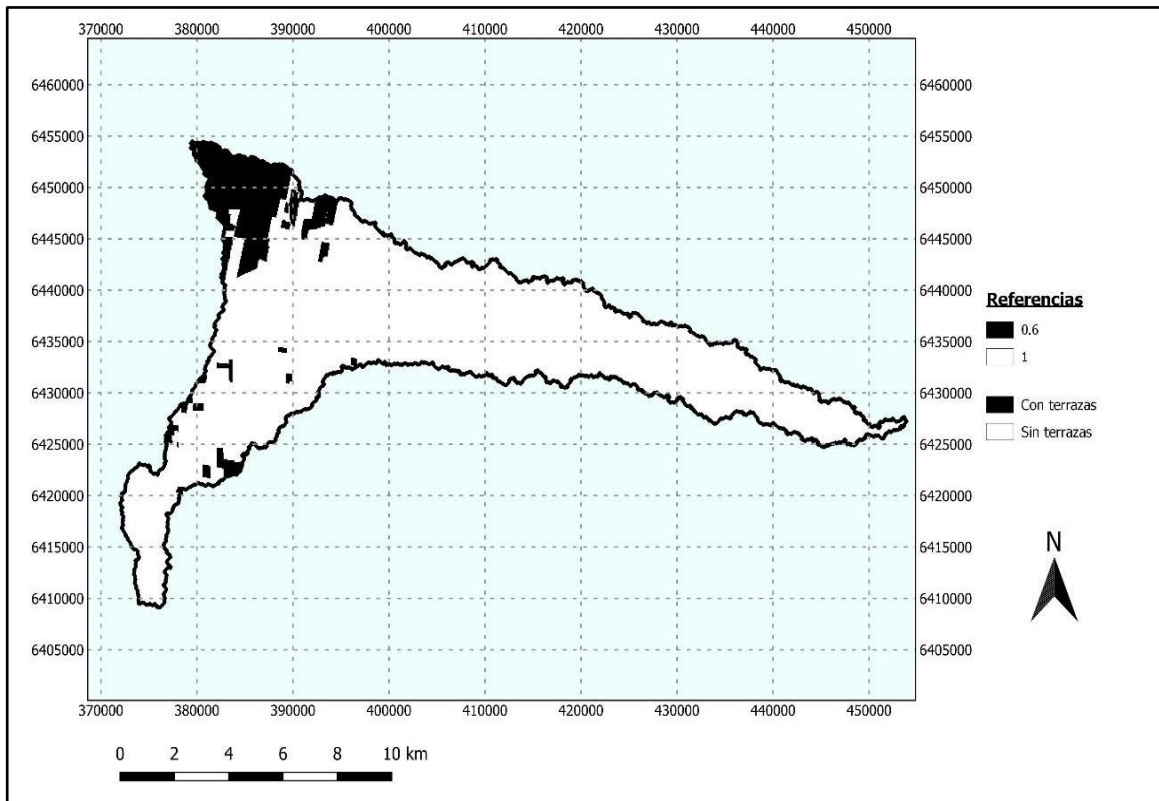
Cultivos de herbáceas graminoideas	0,25
Cultivos de herbáceas no graminoideas	0,25
Herbáceas cerradas	0,25
Paleocauce o cauce abandonado	0,11
Pastizal abierto	0,2
Pastizal cerrado	0,08
Plantaciones Perennes	0,045
Pasturas con cultivos	0,25



**Figura 36. Mapa de Factor “C” de la USLE para los suelos de la cuenca media del río Ctalamochita.**

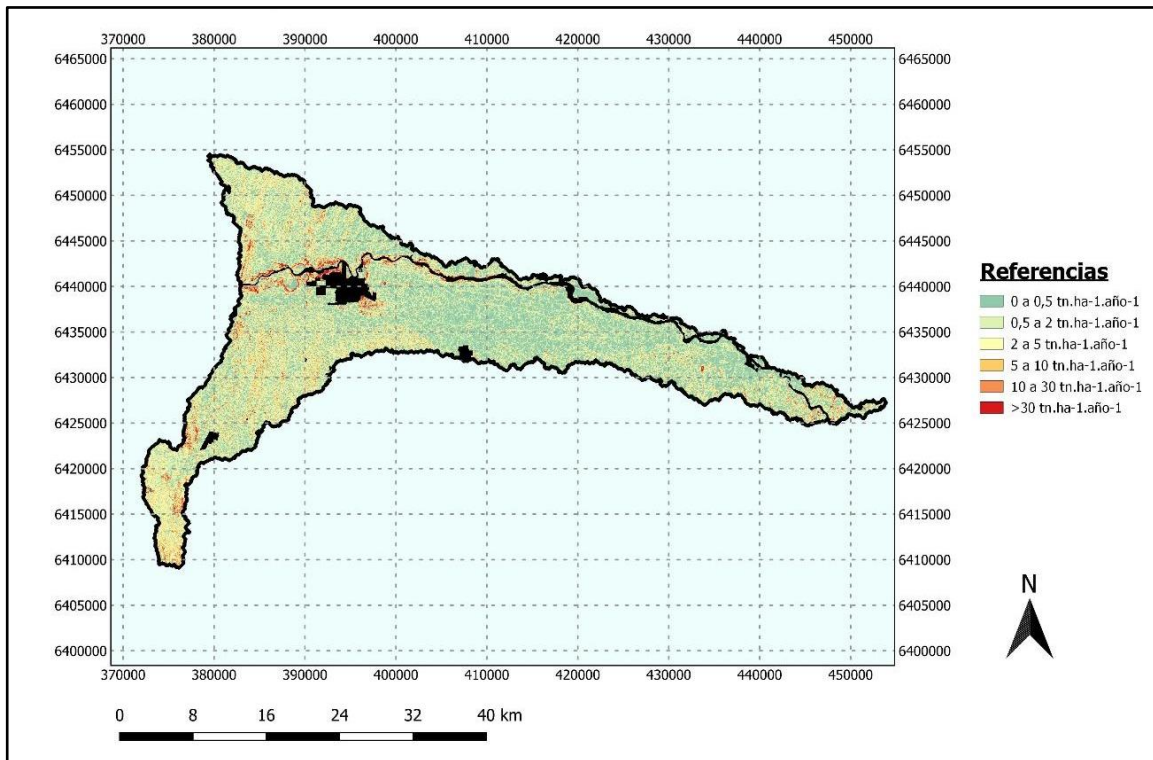
### Factor P

Para la obtención del factor P, se procedió a la identificación visual de parcelas con terrazas y sin terrazas haciendo uso de la herramienta informática Google Earth y luego se le asignó un coeficiente de acuerdo al grado de conservación, 1 sin terrazas y 0.6 con terrazas (Fig. 37).



**Figura 37. Mapa de Factor “P” de la USLE para los suelos de la cuenca media del río Ctalamochita.**

Finalmente, en el mapa de la Fig. 38, se puede observar el mapa de Erosión Hídrica Actual, obtenido a partir del producto de los factores “C” y ”P” con el mapa de Erosión Hídrica Potencial, donde se evidencian los diferentes grados de erosión. La cuenca media del río Ctalamochita tiene una pérdida de suelo promedio de 3,74 Tn. ha-1. año-1. Lo cual equivale a una pérdida de una capa de aproximadamente 0,3 mm de suelo por año (considerando una densidad aparente promedio de 1,2 t/m<sup>3</sup>).



**Figura 38. Mapa de Erosión Hídrica Actual de la cuenca media del río Ctlamochita.**

#### **4.4. Tolerancia a la pérdida de suelo**

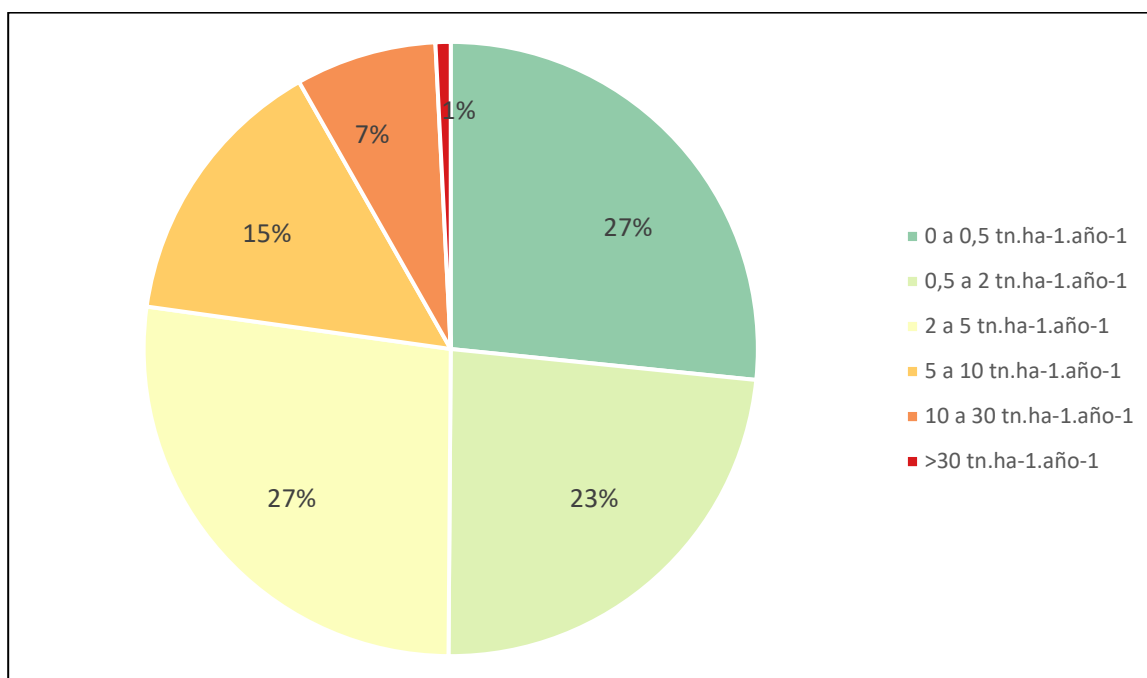
Actualmente, no existe una convención sobre cuál es la tasa de erosión tolerable. Según Kirby y Morgan, 1994 esta pérdida se encuentra fluctuando entre 4 y 20 Tn. ha-1. año-1, aunque otros autores proponen una pérdida menor: 2 a 10 t Tn. ha-1. año-1 (Troeh, et al., 1991), o 1-2 t Tn. ha-1. año-1 (Walter y Stützel, 2009).

En términos pragmáticos, la tolerancia de pérdida de suelo es la tasa máxima de erosión de suelo que permite que se sostenga un alto nivel de productividad. (Cisneros et al., 2012).

De acuerdo a la génesis del suelo, el enfoque principal para establecer un valor de tolerancia de pérdida de suelo, compara la tasa de pérdida de suelo a la tasa de creación de nuevo suelo a partir de materiales terrestres sólidos. La revisión más extensa de las tasas de producción de suelo fue realizada por Montgomery

(2007), quien presenta un valor medio de 0,173 mm año-1 (2,2 t ha-1 año-1) a lo largo de 188 artículos (FAO, 2019).

Tomando como referencia el valor de 2 Tn. ha-1. año-1 como pérdida de suelo tolerable, se observa en la Fig. 39, que el 50 por ciento del área de la cuenca tiene valores por encima del admisible, poniendo en riesgo la sostenibilidad del ambiente y los sistemas productivos.



**Figura 39. Participación porcentual del territorio afectado según el grado de erosión hídrica en la cuenca media.**

#### **4.5. Pérdidas productivas/económicas**

Una aproximación para estimar la pérdida económica debido a la disminución de la productividad del suelo a causa de la erosión es determinar la tasa de erosión del suelo, la disminución del rendimiento de los cultivos por unidad de pérdida de suelo y finalmente, ponderar la pérdida de rendimiento por el precio de los granos (Cotler et al., 2011).



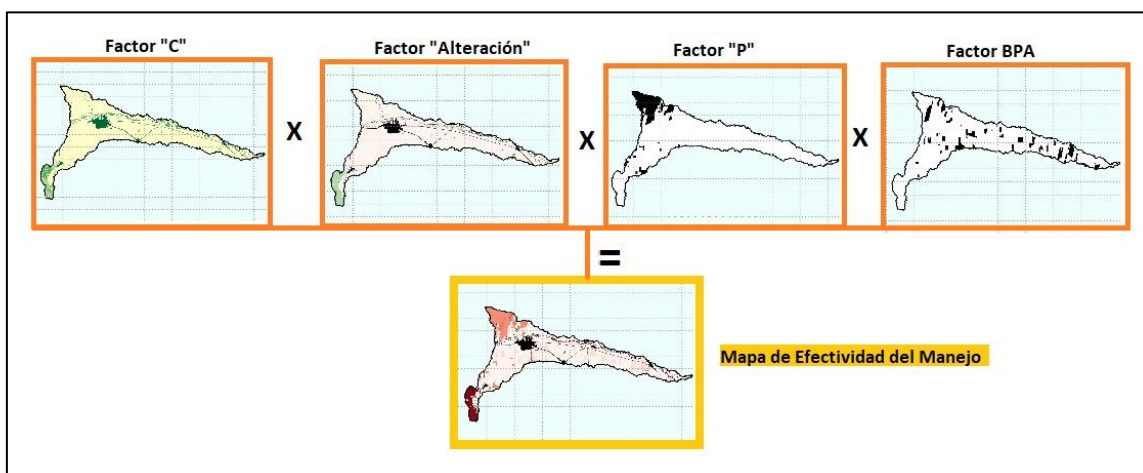
De acuerdo a Apezteguia et al,1987 la pérdida de rendimiento de la soja es de 35 kg/ha/cm, dicho estudio fue realizado en un campo cercano a la localidad de Almafuerte, cuyo tipo suelo es un Haplustol Éntico de la Serie El Salto.

De esta manera, tomando de referencia el valor de pérdida de 35 kg/ha/cm, considerando una pérdida promedio de 0,3 mm en toda la cuenca y suponiendo que toda la superficie está sembrada con Soja, la pérdida de producción anual es de 120 tn, lo que representa una pérdida económica 50.000 usd (considerando una cotización promedio de 500 USD/tn).

#### **4.6. Eficiencia de manejo**

Los sistemas de producción son las formas en que la sociedad hace uso de los recursos naturales de una cuenca, especialmente en este caso nos interesa la relación sociedad-naturaleza vinculada al uso y manejo de las tierras. Deben incluirse en este caso las interacciones del sistema agropecuario con el resto de los sectores de una sociedad (urbano, suburbano, industrial, extractivo, etc.) ya que es la interacción del conjunto la que define las formas de uso en un momento determinado de la evolución social. Cada sistema de producción incide de manera distinta sobre los demás componentes del sistema, pudiendo responder a las condiciones ecológicas del área, o estar definido por otros factores: económicos, de mercados, gustos personales, asesoramiento técnico, etc., que pueden hacer que la intensidad del proceso de erosión se vea modificada (Cisneros et al., 2012). Para poder analizar la influencia de los actores sociales y los sistemas de producción en la erosión hídrica se realizó una zonificación que propone establecer en forma preliminar un “Factor de Manejo”. Para ello, se realiza un

análisis multicriterio donde se integran dos variables ambientales y dos socioproductivas (Fig.40).



**Figura 40. Diagrama de la integración de los factores del análisis multicriterio para la obtención del Factor de Manejo.**

La ecuación del análisis es:

$$Em = C P Bpa At$$

Donde:

Em: Eficiencia de manejo (adimensional)

C: Factor cultivo o cobertura (adimensional)

P: Factor práctica conservacionista(adimensional)

Bpa: Factor adhesión a las buenas prácticas agrícolas (adimensional)

At: Factor de alteración (adimensional)

### Descripción de los factores

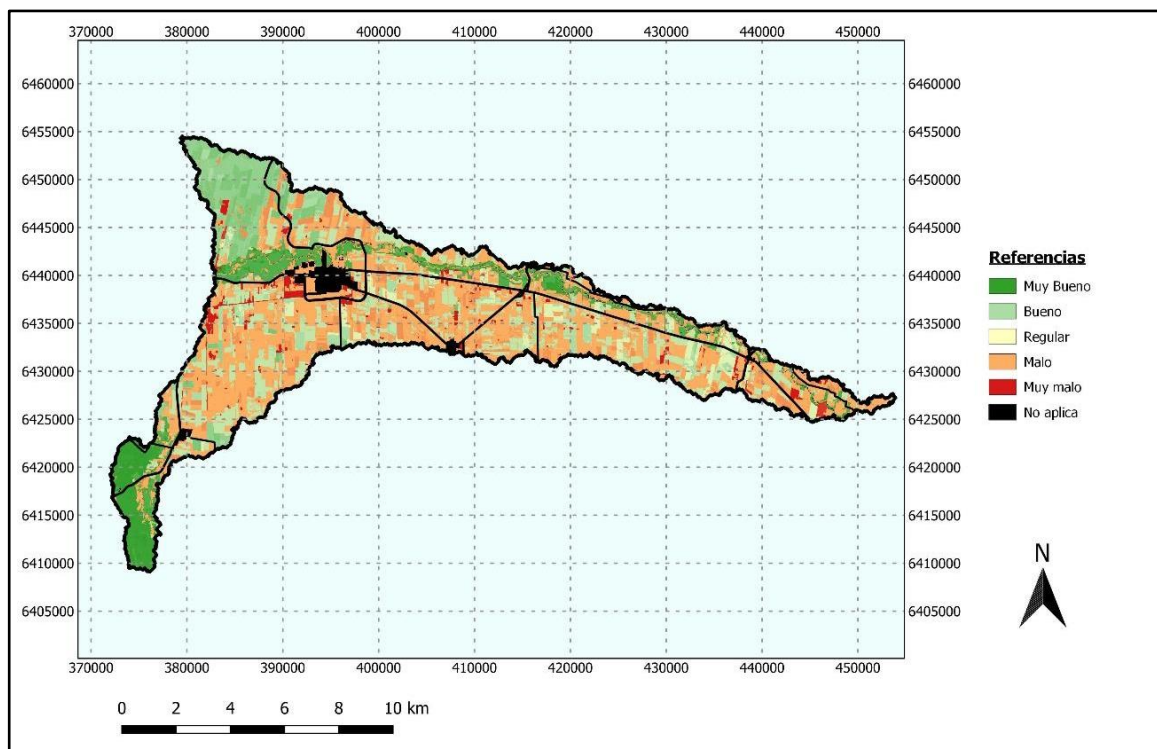
Factor C y Factor P: son coincidentes con los establecidos en la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo USLE.

Factor BPA: Las Buenas Prácticas Agropecuarias (BPA) son un conjunto de principios, normas y recomendaciones técnicas que se aplican en las etapas primarias de la producción agropecuaria para garantizar una producción sana e

inocua, contemplando la seguridad del personal involucrado, la protección del ambiente y de la sociedad en su conjunto. Con este factor se busca contemplar la capacidad que posee el productor de adoptar medidas sustentables, que generen un menor impacto negativo al ecosistema.

Factor Grado de Alteración: Se define como un factor corrector que trata de representar el efecto de conservación frente a la erosión de los suelos provistos de cubierta vegetal no antropizada (principalmente bosques).

La Fig. 41 presenta el mapa de eficiencia de manejo de la cuenca media del río Ctlamochita, pudiéndose observar en términos generales en toda el área de la cuenca, un mal manejo asociado a secuencias de cultivos degradantes, sumado a la no adopción de prácticas estructurales y la baja predisposición a prácticas agronómicas conservacionistas.



**Figura 41. Mapa de Eficiencia de manejo en función de variables ambientales y socioproductivas para la cuenca media del río Ctlamochita.**

#### **4.7. Consecuencias de la erosión hídrica y la sedimentación.**

En el área de la cuenca las consecuencia de la erosión hídrica que podemos distinguir son las que están directamente vinculadas a la erosión hídrica y las que están vinculadas a la sedimentación. A continuación, se nombran algunas de ellas:

##### Consecuencias por Erosión:

- Pérdida de capacidad productiva del suelo debido a la eliminación de estrato más fértil por erosión laminar y en surcos.
- Destrucción de tierras productivas debido a la formación de cárcavas.
- Reducción de la productividad asociada a una menor disponibilidad de agua para los cultivos debido a la reducción de la infiltración.
- Destrucción de infraestructura vial y urbana (puentes, alcantarillas, caminos, rutas, etc).
- Deterioro de ecosistemas de ribera (bordes de ríos y arroyos).

##### Consecuencia por Sedimentación:

- Pérdida de capacidad productiva de los suelos por deposición de sedimentos.
- Pérdida de infiltración con su consecuente aumento de escurrimiento y riesgo de erosión.
- Tapado y desborde de canales por obturación con sedimentos.
- Pérdida de la calidad visual y paisajística

## 5. PROPUESTA DE MANEJO

De acuerdo al diagnóstico de la cuenca media del río Ctalamochita, es notable la necesidad de un cambio de paradigma, donde los esfuerzos de los diferentes actores intervinientes (públicos y privados) deben estar orientados a un ordenamiento integrado del territorio en busca de una sostenibilidad ambiental y productiva.

A raíz del diagnóstico, se puede observar que la problemática de mayor importancia es la erosión hídrica, dado que compromete a una gran proporción del territorio en cuanto a la conservación de los recursos.

La protección del territorio frente a la erosión hídrica es una responsabilidad que compromete fundamentalmente a los productores, dado que son los que hacen uso del territorio en mayor medida. Por ello, es necesario que los productores adopten prácticas conservacionistas a nivel predial, sumado a una tarea conjunta que involucre a todos los actores sociales que influyen en la toma de decisiones sobre el uso y el manejo del suelo y del agua.

A partir del análisis del mapa de erosión hídrica actual se destaca que en al menos el 33% del área de la cuenca es necesario intervenir de manera urgente.

<b>GRADO DE EROSIÓN</b>	<b>RANGO DE PÉRDIDAS</b>	<b>INTERVENCIÓN</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Nula	0 a 0.5 tn.ha-1.año-1	No requiere intervención.	27%
Muy Baja	0.5 a 2 tn.ha-1.año-1	Mantener prácticas de manejo.	23%
Baja	2 a 5 tn.ha-1.año-1	Monitoreo y mejoras de manejo.	27%
Media	5 a 10 tn.ha-1.año-1	Urgente a medio plazo.	25%
Alta	10 a 30 tn.ha-1.año-1	Urgente a corto plazo.	7%
Muy Alta	30 a 50 tn.ha-1.año-1	Inmediata.	1%

A continuación, se especifican prácticas para el tratamiento de la erosión hídrica. Estas prácticas se pueden agrupar en dos grandes categorías, las prácticas agronómicas y las prácticas estructurales. Las primeras son de sencilla aplicación y de bajos costos, lo que permite que sean fácilmente aceptadas por el productor en comparación con las prácticas estructurales, las cuales suelen ser más costosas y de una necesidad técnica más compleja.

### **5.1. Prácticas agronómicas**

Las prácticas agronómicas son aquellas tendientes a generar condiciones superficiales e internas del perfil de suelo que permitan aumentar la infiltración del agua de lluvia. Estas responden a tres principios básicos como son: la protección mecánica de la superficie del suelo, el incremento de la estabilidad estructural y la homogeneización de la condición física interna del perfil de suelo y disminución de la compactación (Cisneros et al., 2012).

#### *Rotaciones de cultivo*

La rotación de cultivos influye sobre la estabilidad de la estructura, asociado fundamentalmente a su efecto sobre el contenido orgánico del suelo. En rotaciones agrícolas, el contenido de carbono orgánico en el suelo es función del aporte de carbono que realizan los cultivos. En este sentido, cuando en la rotación se incorporan cultivos que producen elevada proporción de biomasa aérea y radicular, con relaciones C/N elevadas (e.g. maíz, sorgo, trigo), se realiza fertilización, que incrementa la producción de biomasa o se incluye más de un cultivo en el año, el aporte de compuestos orgánicos puede generar un balance positivo en el carbono orgánico al superar las pérdidas por mineralización de la materia orgánica del suelo (Cisneros et al., 2012).

Actualmente el área de la cuenca se maneja en promedio con una rotación 2:1 (gramíneas/leguminosa), la cual se recomienda aumentar a 1:1.

#### *Manejo del canopeo*

El canopeo de los cultivos es capaz de interceptar la gota de lluvia, disminuyendo su energía cinética. Esta interceptación será mayor a medida que el vegetal crece y se desarrolla. En relación a la época de crecimiento del cultivo, es importante la coincidencia entre el periodo de mayor cantidad e intensidad de precipitaciones con las etapas del cultivo en la que ofrezca cobertura al suelo, de modo de disminuir la incidencia de los agentes erosivos (Cisneros et al., 2012).

#### *Siembra directa*

La siembra directa consiste en sembrar los cultivos sin realizar la labranza convencional, asegurando un menor riesgo a la erosión hídrica por un menor laboreo del suelo y una cobertura permanente con cultivos o residuos de los mismos. Además, contribuye a aumentar el desarrollo microbiológico del suelo, ya que promueve el secuestro de carbono y reduce sus emisiones.

#### *Cultivos de cobertura*

Son cultivos que se instalan en el periodo de barbecho entre dos cultivos de cosecha con el objetivo de mantener cobertura, incorporar carbono al suelo, evitar la pérdida de nutrientes móviles, mejorar la eficiencia del uso del agua y disminuir los riesgos de erosión (Cisneros et al., 2012).

Gramíneas de invierno tales como centeno (*Secale cereale*), avena (*Avena sativa*) o raigrás anual (*Lolium multiflorum*) son utilizadas como cultivos de coberturas para la protección de los suelos contra la erosión debido a su elevada acumulación

de biomasa. Podrían incluirse entre cultivos consecutivos de soja para incrementar los aportes de carbono orgánico a los sistemas productivos y así contribuir al mantenimiento de la materia orgánica del suelo, (Wander y Traina 1996, Ding et al.,2005).

### *Prácticas Forestales*

La implantación de especies arbóreas a nivel predial ayuda a prevenir, controlar y evitar los procesos de erosión eólica o hídrica, favoreciendo la infiltración, reducción de los escurrimientos, además de mejorar la calidad del aire y del agua. Las presencias de masas arbóreas contribuyen a la conservación y restauración de la biodiversidad a los fines de preservar los beneficios ecosistémicos, tales como hábitat de polinizadores naturales y refugio de fauna nativa.

Para el área de la cuenca se proponen las siguientes medidas:

- Forestación predial de al menos el 2% de la superficie con especies nativas del espinal.
- La conservación e implantación de vegetación en las márgenes del río Ctalamochita.
- Cortinas rompevientos en dirección Noroeste a Sudeste para la protección de la infraestructura vial.
- Forestación de cárcavas con especies herbáceas y arbustivas para el control de la erosión hídrica.
- Empastado de canales de desagüe para control de la erosión hídrica.

Fajas buffer para control de descarga de sedimentos y contaminantes en las márgenes de los caminos y canales de desagüe.



### *Descompactación mecánica de costras*

El encostramiento o sellado superficial es un proceso mediante el cual el suelo pierde su capacidad de infiltración, producto de las partículas desprendidas por la gota de lluvia que migran hacia los poros superficiales del suelo. Este fenómeno se da en suelos con baja estabilidad de agregados, con coberturas deficientes que no protegen al suelo y escasez de raíces que incrementen la estabilidad de los agregados superficiales.

Las labores para descompactar se agrupan en lo que se denomina “labranzas de corte vertical”, las herramientas utilizadas en ellas son el cincel o el paratill.

### *Cultivos cortando la pendiente*

Esta práctica consiste en trazar una línea perpendicular a la pendiente principal de un lote con el fin de aumentar la retención y detención superficial, incrementando de esta manera el agua que se infiltra y reduciendo los escurrimientos superficiales.

## **5.2. Prácticas estructurales**

Las técnicas de manejo del relieve (también llamadas prácticas de conservación, prácticas estructurales o de sistematización), son un conjunto de técnicas que abarcan desde la simple ordenación de las líneas de cultivo, hasta prácticas muy complejas como la nivelación completa de terrenos muy inclinados, con fines de implementar el uso agrícola. Son técnicas milenarias en algunos casos utilizadas por casi todas las antiguas civilizaciones para realizar sus cultivos, tanto en seco como bajo riego (Cisneros et al., 2012).

## *Terrazas*

Esta práctica consiste en la construcción de bordos de tierra que cruzan la pendiente, disminuyendo el trayecto del agua y favoreciendo su infiltración. Los excedentes de agua son conducidos hacia canales parabólicos empastados, los cuales conducen el agua a una velocidad no erosiva. Esta práctica no solo disminuye las pérdidas, sino que, al dejar más cantidad de agua en los lotes, aumenta los rendimientos.

Existen diferentes tipos de terrazas, las cuales se adaptan a las distintas condiciones del relieve. De acuerdo a su geometría se clasifican en terrazas de base ancha o angosta; según su funcionamiento pueden ser de desagüe o absorción y según su disposición en el terreno, pueden ser paralelas o no paralelas.

- *De base ancha*: También llamadas terrazas cultivables, ya que el diseño de la terraza es lo suficientemente ancha como para que puedan ser cultivadas en su totalidad.
- *De base angosta*: también llamadas terrazas empastadas, debido a que, al ser de sección más angosta, no pueden ser cultivadas, y terminan empastándose en la porción del camellón. Este tipo de terraza es más segura, ya que hay menores riesgos de rotura del bordo al estar empastado. Se utiliza en condiciones de mayor potencial de escurrimiento (Cisneros et al., 2012).
- *De desagüe*: se basan en la construcción de pequeños bordos con canales de desagüe para drenar cada paño. El objetivo de esta sistematización es

que el escurrimiento circule lentamente por la porción cóncava de la terraza (canal de la terraza) y descarga en un canal de desagüe planificado a tal fin (Scotta et al., 1989).

- *De absorción*: al igual que las de desagüe su construcción se basa en la construcción de pequeños bordos, con el fin de acumular los escurrimientos y el consecuente aumento del agua infiltrada.
- ✓ *Paralelas*: su diseño se debe a un relieve uniforme en dirección y gradiente. Esta configuración facilita las labores de labranza, siembra y cosecha.
- ✓ *No paralelas*: su diseño se debe a la complejidad del relieve, en dirección y gradiente.

### *Microembalses*

Los microembalses son presas de suelo compactado que sirven para regular y ordenar los escurrimientos hídricos en zonas con excedentes hídricos, con el objeto de impedir el anegamiento y flujos concentrados erosivos. El funcionamiento se basa en laminar el escurrimiento por medio del almacenamiento del mismo y regular la salida, obteniendo un caudal atenuado.

### *Control de cárcavas*

El control de cárcavas es una medida prioritaria al momento de proteger la cuenca frente a la erosión hídrica ya que es el signo más grave de la erosión y conlleva la pérdida completa e irreversible del suelo. Estas medidas de control buscan principalmente controlar el ingreso de agua a la cárcava, técnicas de la bioingeniería para la protección del suelo y el tránsito del flujo a velocidades no

erosivas con el objeto de aprovechar esa superficie para cultivo, forestación o vía de escurrimiento. Algunas de las medidas de control son: forestación del piso y laterales de la cárcava, fajas buffer, aislamiento de la parte superior de la cabecera con canales de guarda y bordos y la construcción de estructuras de protección en la cabecera.

### *Canales de desagüe empastados*

Son estructuras hidráulicas encargadas de conducir los excesos de escurrimiento en forma no erosiva. Su función es la de consolidar las vías naturales o artificiales de escurrimiento e impedir la erosión lineal (surcos o cárcavas) (Cisneros et al., 2012).

- ✓ Canal de Bordos: consiste en la construcción de bordos en las márgenes de un escurrimiento natural. Este tipo de conducción es una alternativa económica ya que se evitan los movimientos excesivos de suelo.
- ✓ Canal Parabólico: Son canales que sirven para conducir los excedentes hídricos que por lo general coinciden con el curso natural de las aguas. Los beneficios de este tipo de conducciones es la estabilidad por su distribución de tensiones y velocidades y que no requieren transición para aportes laterales de esorrentía.
- ✓ Canal de guarda: Es un tipo de conducción cuyo principal objetivo es interceptar aguas de zonas más altas y conducirla a velocidades no erosivas. Su principal función es la de aislar zonas para evitar que se erosionen o que ingrese agua. Sus principales lugares de ubicación son: las cabeceras de los campos, cabeceras de cárcavas y al margen de estructuras y caminos.

## **6. CONSIDERACIONES FINALES**

De acuerdo con el objetivo general del presente trabajo se ha cumplido de manera muy satisfactoria. Se han descrito las características naturales y antrópicas de la cuenca, se recopiló y generó información georeferenciada valiosa, para el diseño de planes de acción específicos para el control de erosión hídrica y el manejo sustentable del agua y el suelo de la cuenca media del río Ctalamochita.

Cabe destacar que este trabajo es solo el punto de partida. Para lograr un eficiente manejo de los recursos, será necesario el establecimiento de políticas que consideren las vulnerabilidades y propuestas de manejo aquí señaladas, como también, profundizar el análisis con estudios de campo (topográficos, edafológicos, sedimentológicos, hidrológicos, etc.) que contemplen las particularidades del territorio que no han sido analizadas por cuestión de escala y alcance de este trabajo.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Abril, E.; Arguello, L.; Báez, S y otros. (2003). Regiones naturales de la provincia de Córdoba. Dirección de ambiente de la provincia de Córdoba. Pp 50, 103. 2003.

Agencia Córdoba Ambiente – INTA. (2003). Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba. Los Suelos. Nivel de reconocimiento 1:500.000. Córdoba. 2003.

Apezteguia, H. P.; Amaya, H.; Crusta L. (1987). Medición de pérdidas de suelo y disminución de los rendimientos de soja debidos a la erosión hídrica en la región semiárida central de Córdoba - Manejo de Suelos - Departamento de Recursos Naturales - Facultad de Ciencias Agropecuarias - UNC - CC 509 (5000). Córdoba.

Ateca, M. R. P., (2004). Aspectos Agrometeorológicos de la Dinámica del Agua del Suelo en una Microcuenca de la Región Central de Córdoba.

Barbeito, O. y Ambrosino, S. (2014 a). Estudio hidrogeomorfológico y amenaza de inundación, ciudades de Villa María y Villa Nueva, provincia de Córdoba. Secretaria de Recursos Hídricos y Coordinación. Provincia de Córdoba. 16 pp.

Bianchi, A. R.; Cravero, S. A. C. (2010). Atlas climático digital de la República Argentina. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Salta, Argentina.

Blarasin M.; Cabrera A.; Matteoda E. (2014). Aguas subterráneas de la Provincia de Córdoba. Río Cuarto: UniRío Editora, 2014.

Cisneros J., C. Cholasky, A. Cantero Gutierrez, J. González, M. Reynero, A. Diez y L. Bergesio. (2012). Erosión hídrica. Principios y técnicas de Manejo. UNIRIO Ed. Río Cuarto, Córdoba. 287 p.

Cotler H.; López C.; Martínez-Trinidad, S. (2011). ¿Cuánto nos cuesta la erosión de suelos? Aproximación a una valoración económica de la pérdida de suelos agrícolas en México. *Investigación ambiental* 3(2): 31-43.

FAO (2019). Soil erosion: the greatest challenge to sustainable soil management. Rome. 100 pp.

FAO (2007). La nueva generación de programas y proyectos de gestión de cuencas hidrográficas. Estudio FAO Montes 150. Roma. pp 142.

FAO (1980). Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos. Roma, Italia. 86 p.

Gaitan, J. J., Navarro, M. F., Tenti Vuegen, L. M., Pizarro, M. J., Carfagno, P. (2017). Estimación de la pérdida de suelo por erosión hídrica en la República Argentina. Buenos Aires: Ediciones INTA, 2017.

Gaspari, F. J.; Delgado, M. I.; Denegri, G.A. (2009). Estimación espacial, temporal y económica de la pérdida de suelo por erosión hídrica superficial. *Terra Latinoamericana*, 27: 43-51.

Hang S.; Negro G.; B A. ; Rampoldi A. (2015) Suelos de Córdoba: Variabilidad de las propiedades del horizonte superficial. Oncativo: MAITA. 2015. pag. 90. isbn 978-987-96657-4-9.

Kirkby, M. J., y Morgan, R. P. C. (1994). Erosión de suelos. Grupo Noriega Editores. México. D.F. 132 p.

Köppen, W. (1931). Grundriss der Klimakunde, Walter de Gruyter Co, Berlin und Leipzig.

Luti R.; Bertran De Solis M. A.; Galera F.M.; Muller N.; Berzal M.; Nores M.; Herrera M. A.; Barrera J.C. (1979). Vegetación. En: Vázquez JB, Miatello RA & ME Roqué (Directores). Geografía Física de la Provincia de Córdoba, 297-368. Banco de la Provincia de Córdoba. Editorial Boldt, Buenos Aires, Argentina.

Marelli, J. H. (2012). Estimación del potencial erosivo en la provincia de Córdoba a través de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (USLE). Publicación INTA Marcos Juárez.

Maass Moreno, J. M. (2015). El manejo de cuencas desde un enfoque socioecosistémico. Cuencas de México / Revista trimestral / abril - junio 2015.

Morello J.; Matteucci S.; Rodríguez A. (2012) Ecorregiones y complejos ecosistémicos argentinos. Orientación Gráfica Editora. Buenos Aires, 2012.

Oyarzabal, M.; Clavijo, J.; Oakley, L.; Biganzoli, F.; Tognetti, P.; Barberis, I.; Maturo, H. M.; Aragón, R.; Campanello, P. I.; Prado, D.; Oesterheld, M.; León, R. J.C. (2018) "Unidades de vegetación de la Argentina" Ecología Austral. 028(01):040-063.

Paoli, H. I. (2009). Diseño, construcción y puesta a punto de un simulador de lluvia portátil para la determinación in situ de parámetros hidrológicos. Trabajo final de Ingeniería Civil – U.T.N. – F.R.C. noviembre de 2009.

Ramírez León, J. M. (2009). Producción de sedimentos en cuencas: revisión de criterios y aplicabilidad a la cuenca del río Apulco. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México. 2009.

Sanabria, J. A.; Argüello, G. L.; Dasso, C. M. (2004). Erosión hídrica en el centro de la provincia de Córdoba. Caracterización general. Sinergia 2004, Primer Congreso de Geotecnia, Presas y Geología. Córdoba, 18 al 23 de octubre de 2004. Resumen en actas y trabajo completo en CD 2005.

Scotta, E., Nanni, L.A., Conde, A.A., Rojas, A.C., Castañeira H. Y O. Papparotti. (1989). Manual de sistematización de tierras para el control de erosión hídrica y aguas superficiales excedentes. Serie didáctica 17. EEA Paraná INTA. En: <http://anterior.inta.gob.ar/parana/info/documentos/suelos/perdidas/calcPerdidasmanual.pdf> acceso en Marzo de 2012.

Sereno, R. (1997). Manual de control de erosión hídrica. Programa de evaluación y control de la erosión hídrica. Secretaria de Ciencias y Técnica. Universidad Nacional de Córdoba. 1997.

Troeh, F. R.; Hobbs, J.A. y R.L. Donahue. (1991). Soil and Water Conservation. Second Edition. Prentice Hall, Inc. 530 pp.

United States Department of Agriculture (USDA). Soil Conservation Service (SCS). (1975). SOIL TAXONOMY. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Handbook N°436. 2º Edición 1999.

Walter, C.; Stutzel, H. (2009). A new method for assessing the sustainability of land-use systems (II): Evaluating impact indicators. Ecological Economics 68: 1288-1300.

Wander, M.M. y S.J. Traina. (1996). Organic fractions from organically and conventionally managed soils: I. Carbon and nitrogen distribution. Soil Sci. Soc. Am. J. 60:1081-1087.

Wischmeier, W. H.; Smith, D. D. (1978). Predicting Rainfall Erosion Losses – A Guide to Conservation Planning, Agriculture Handbook No. 537, USDA- 40 Agricultural Research Service, Washington, DC.