

PROYECTO INTEGRAL DE MANEJO DE CUENCAS EN 1.670 HECTÁREAS CON INFLUENCIA EN LA RUTA PROVINCIAL 23 - PROVINCIA DE SALTA

Fecha de envío: 13/05/2024

Fecha de aceptación: 01/07/2024

Marcelo Daniel Arzelán

Ing. Marcelo Arzelán y Asoc.
Salta, Argentina

https://drive.google.com/file/d/1Wdhp_hgqD5T-yWNknHQ4my4ubZRqUUUD/view?usp=sharing

Silvana Alejandra Castrillo

Universidad Nacional de Salta, argentina
<https://drive.google.com/file/d/1WdNC6aTuf-5GYon7dDyF27KM2eytCQD2/view?usp=sharing>

Javier Ramos Vernieri

YSATI, argentino
<https://drive.google.com/file/d/1WbrxXYcxDNJ6HftyQjLanjMnCyczErhu/view?usp=sharing>

aborda la gestión de los escurrimientos superficiales que afectan la infraestructura vial, particularmente la Ruta Provincial 23. Se propone la construcción de 7 represas de detención que funcionarán como laminadoras en verano y almacenarán agua para riego en el resto del año. Además, se plantea la creación de 14 terrazas colectoras de agua y terrazas secundarias, junto con medidas no estructurales. El estudio incluyó la recopilación de antecedentes, el relevamiento planialtimétrico, la separación en microcuencas, y el estudio hidrológico/hidráulico. Se identificaron 28 subáreas de escurrimiento y se realizó un diagnóstico de la situación actual de las microcuencas. Se propuso un anteproyecto con medidas para el manejo de cuencas y se desarrolló un estudio hidrológico/hidráulico para la situación con proyecto. El proyecto tiene como objetivo atenuar el hidrograma de entrada de los escurrimientos y atrasar el pico de escurrimiento, evitando así la erosión del suelo y disponiendo de agua para riego. Se destacan los acuerdos con los productores locales para mantener las represas abiertas en verano y cerradas desde abril para almacenar agua de riego. El proyecto fue desarrollado en colaboración con el Consejo Federal de Inversiones, la

RESUMEN: El “Proyecto Integral de Manejo de Cuencas en 1.670 hectáreas con Influencia en Ruta Provincial 23 – Provincia de Salta” se desarrolla en el Valle de Lerma, abarcando los Departamentos de Cerrillos y Rosario de Lerma en Salta, Argentina. Con un área de alrededor de 5.146 hectáreas, esta porción del valle es una llanura aluvial con una pendiente general del 1% en dirección NO-SE. El proyecto

Secretaría de Recursos Hídricos de la Provincia y la Dirección Provincial de Vialidad, y ha generado convenios beneficiosos para la comunidad y los productores locales.

PALABRAS CLAVE: Valle de Lerma, Escurrimientos, Ordenación hidrológica, Represas de detención, Impacto ambiental.

INTEGRAL WATERSHED MANAGEMENT PROJECT IN 1,670 HECTARES WITH INFLUENCE ON PROVINCIAL ROUTE 23 - PROVINCE OF SALTA

ABSTRACT: The “ INTEGRAL WATERSHED MANAGEMENT PROJECT IN 1,670 HECTARES WITH INFLUENCE ON PROVINCIAL ROUTE 23 - PROVINCE OF SALTA” is developed in the Lerma Valley, covering the Departments of Cerrillos and Rosario de Lerma in Salta, Argentina. With an area of around 5,146 hectares, the valley is an alluvial plain with a general slope of 1% in the NW-SE direction. The project addresses the management of surface runoff affecting the road infrastructure, particularly Provincial Route 23. It proposes the construction of 7 detention dams that will function as summer laminators and store water for irrigation throughout the rest of the year. Additionally, the creation of 14 water collecting terraces and secondary terraces, along with non-structural measures, is proposed. The study included background collection, planimetric surveying, separation into micro-watersheds, and hydrological/hydraulic study. 28 runoff sub-areas were identified, and a diagnosis of the current situation of the micro-watersheds was conducted. A preliminary project with measures for watershed management was proposed, and a hydrological/hydraulic study was developed for the project situation. The project aims to attenuate the inflow hydrograph of runoff and delay the runoff peak, thus avoiding soil erosion and providing water for irrigation. Agreements with local producers to keep the dams open in summer and closed from April to store irrigation water are highlighted. The project was developed in collaboration with the Federal Investment Council, the Provincial Water Resources Secretariat, and the Provincial Road Directorate, and has generated beneficial agreements for the community and local producers.

KEYWORDS: Lerma Valley, Runoff, Hydrological Management, Detention Dams, Environmental Impact.

INTRODUCCION

El área de estudio se encuentra en el Valle de Lerma, Departamentos de Cerrillos y Rosario de Lerma, provincia de Salta, Argentina. Comprenden alrededor de 5.146 ha.

El Valle de Lerma, es un valle abierto, ubicado a la salida del relieve montañoso, continuación topográfica de la Quebrada del Toro, que se ensancha y desarrolla en amplia llanura aluvial. Presenta una pendiente general del orden del 1 % con sentido NO-SE.

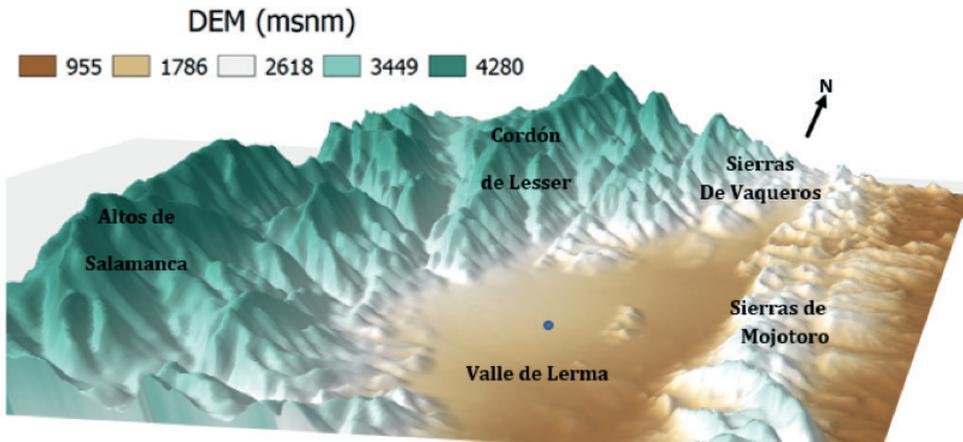


Figura 1. Valle de Lerma. Relieve exagerado. Modelo Digital de elevación. Elaboración propia a partir de datos NASA ASTER DEM (30 m de resolución)

Es un área compleja en donde las actividades productivas conviven con la alta presión de urbanización, sumado que se encuentra disectada por diversos escurrimientos superficiales, en dirección Oeste-Este los cuales tienen incidencia directa sobre la Ruta Provincial (RP)23 y consecuentemente en el Valle de Lerma. Por tratarse de un área densamente poblada, cuenta con una infraestructura vial desarrollada.

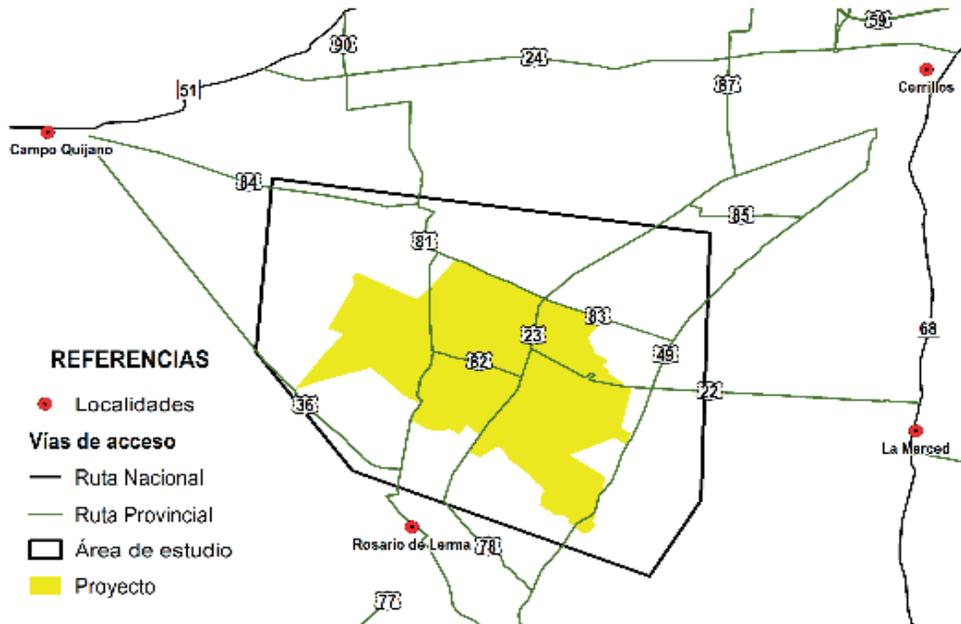


Figura 2. Valle de Lerma. Infraestructura vial.

Se recorrieron todas las obras de drenaje actual de la RP23, que corta en sentido Norte-Sur a la cuenca de estudio. El drenaje de esta obra vial se configura con Alcantarillas y canales en la zona de cunetas. El sentido del escurrimiento de cunetas se divide en dos direcciones, una divisoria de agua a partir de la cual drena en dirección Nor-Este hacia la localidad de Cerrillos, mientras que hacía progresivas mayores la dirección del drenaje de cunetas es en dirección Sur-Oeste.

En el presente Proyecto se propuso trabajar en la ordenación y laminación de los escurrimientos superficiales que afecta el normal funcionamiento de las rutas provinciales y nacionales que permiten recorrer el Valle de Lerma, como la RP23.

Teniendo en cuenta que las represas de detención permiten el almacenamiento temporario del agua pluvial, la cual es liberada a una tasa regulada a través de estructuras de descarga, se propone la disposición de 7 represas, que en verano funcionarán como laminadoras y desde abril en adelante almacenarán agua para riego de cultivos de alto valor de la provincia. Además, se plantea la construcción de 14 terrazas colectoras de agua y terrazas secundarias, como así también la implementación de medidas no estructurales, como rotación de cultivos y cobertura de suelos, entre otras. Las poblaciones vinculadas directamente al proyecto son Rosario de Lerma, Cerrillos y La Merced, aunque por la inserción zonal, tiene incidencia sobre todo el Valle de Lerma.

Participaron 15 técnicos y se trabajó con el Consejo Federal de Inversiones (CFI) en coordinación con la Secretaría de Recursos Hídricos de la Provincia y la Dirección Provincial de Vialidad.

OBJETIVO

Trabajar en la ordenación y laminación de los escurrimientos superficiales del área de estudio mediante la implementación de medidas estructurales (terrazas, canales y represas) y medidas no estructurales (medidas de manejo de los cultivos y sistematización de suelos para riego) para lograr atenuar el hidrograma de entrada de las unidades de escurrimiento y atrasar el pico de escurrimiento.

METODOLOGÍA

La metodología y componentes del trabajo se mencionan a continuación:

- Recopilación de Antecedentes
- Aspectos del Medio Físico y Biótico
- Relevamiento Planialtimétrico tomando datos con dron de ala fija de precisión centimétrica y con GPS Geodésico de doble frecuencia RTK 220 canales en modo estático y cinemático.

- Separación en Microcuencas y Subáreas de Escurrimiento: Para poder identificar unidades hidrográficas a escala de microcuencas se descargaron 20 escenas correspondientes al Modelo Digital de Elevaciones (MDE) de la República Argentina (MDE-Ar). A partir del mosaico obtenido, se calcularon los límites de las microcuencas correspondiente al área de estudio. En la Figura 3 se presenta el Modelo Conceptual utilizado para la delimitación de microcuencas del área de estudio.

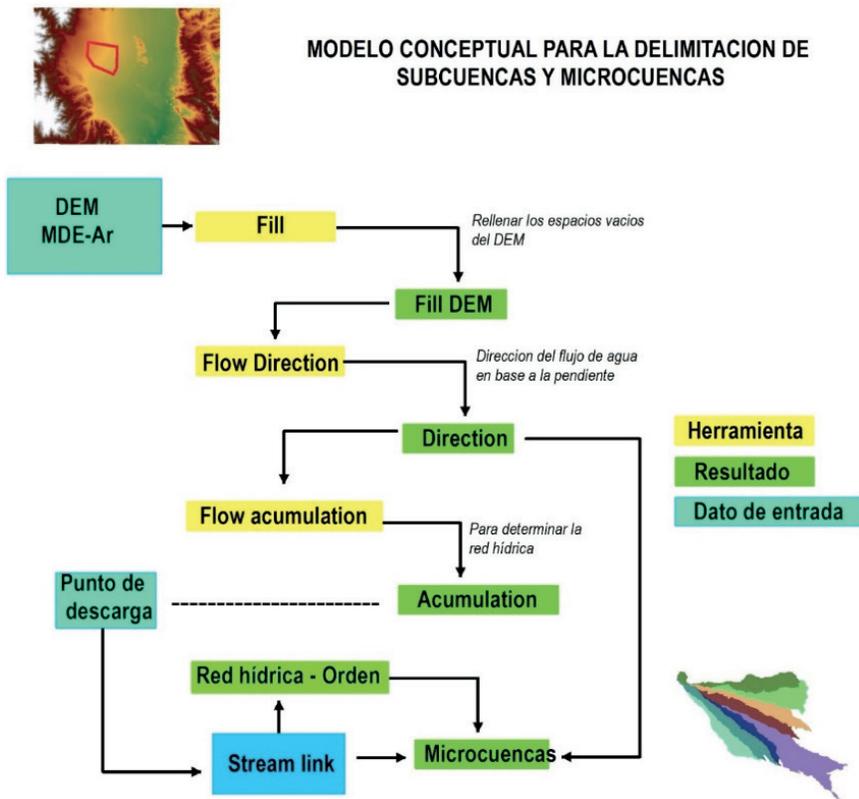


Figura 3. Modelo conceptual

Fuente: Elaboración propia

- Geomorfología de las Microcuencas: A continuación, se presenta la información referida a las geoformas de las microcuencas.

Parámetros de las microcuencas:

- Pendiente media de las microcuencas: Este parámetro influye entre otras cosas en el tiempo de concentración de las aguas en un determinado punto del cauce.

- Pendiente del Cauce principal: La pendiente de los cauces de las microcuencas influye sobre la velocidad de flujo, constituye un parámetro importante en el estudio del comportamiento del recurso hídrico en el tránsito de líneas de escurrimiento
- Altitud: valores de altitud media, máxima y mínima de las microcuencas
- Parámetros morfométricos: Determinación de los Parámetros morfométricos: Superficie (km²), Perímetro (km), Longitud del cauce principal (km), Ancho promedio (km), Forma (Kc) Factor de forma (FF).
- Estudio Hidrológico/Hidráulico para la Situación sin Proyecto.

Para la determinación de las cuencas se utilizó como base el MDE-Ar, considerando diversos puntos de control coincidentes con las obras de drenaje (Alcantarillas) del sector y considerando principalmente el A° San Martín, Chocobar y trama Urbana de La Merced.

A partir de la red de drenaje se definieron las microcuencas que luego se subdividieron en unidades hidrográficas menores de modo tal de considerar el esquema topológico del sistema lo más realista posible.

El modelo hidrológico utilizado para simular el sistema seleccionado fue el HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center's Hydrologic Modeling System). Este programa de simulación hidrológica tipo evento, lineal y semidistribuido, permite estimar las hidrografías de salida en una cuenca a partir de condiciones extremas de lluvias, aplicando métodos de cálculo de hietogramas de diseño, pérdidas por infiltración, flujo base y conversión en escorrentía directa.

El HEC-HMS se deriva del HEC-1 y conserva la misma filosofía de introducción de datos y secuencia de cálculos. Para definir la estructura de las cuencas, el programa considera elementos como subcuencas, tramos de tránsito, uniones, embalses, fuentes, sumideros y derivaciones.

El programa trabaja con tres módulos básicos:

- Módulo de precipitación: Permite seleccionar un patrón de precipitación del evento de tormenta que se ajuste a las condiciones de la cuenca.
- Módulo de la cuenca: Permite representar el sistema físico con los elementos mencionados y la inclusión de características morfométricas y de condición del suelo.
- Módulo de control: Incluye las fechas de inicio y culminación de los datos de lluvia y caudal para la simulación, y los intervalos de tiempo para realizar los cálculos.
- El modelo se desarrolló definiendo la topología del sistema y se cargaron los datos necesarios para la simulación del evento de 25 años de recurrencia.
- Diagnóstico de la Situación Actual de las Microcuencas
- Anteproyecto. Propuesta de las Medidas para el Manejo de Cuencas
- Estudio Hidrológico/Hidráulico Situación con Proyecto.

El procedimiento para diseñar embalses de amortiguamiento de crecida se basa en cálculos de crecidas de diseño de 5 y 25 años de recurrencia para condiciones de predesarrollo (cuando la cuenca está en su estado natural) y posdesarrollo no controlado (cuando la cuenca ha sido modificada pero no controlada). Luego, se calcula la diferencia de volúmenes escurridos entre estas dos condiciones para la crecida de 5 años, y se utiliza para determinar un valor inicial de la altura del embalse. Se diseña un orificio de salida para que el caudal máximo en posdesarrollo controlado sea similar al de predesarrollo para la crecida de 5 años. Se ajusta este diseño preliminar del orificio y se determina el valor final de la altura del embalse mediante iteraciones, considerando la diferencia relativa de caudales y el tiempo de drenaje mínimo requerido. Finalmente, se calcula un valor preliminar del volumen de almacenamiento requerido para controlar la crecida de 25 años y se determina la altura del embalse correspondiente.

- Estudio de Suelos y Agua Particulares de las Obras a Realizar
- Licitatorios de las Obras Componentes del Proyecto Integral
- Organización del Sistema de Información Geográfica del Proyecto Licitatorio de Manejo de Cuencas

RESULTADOS

A partir de la metodología planteada se obtuvieron los siguientes resultados:

Aspectos del Medio Físico y Biótico

Geología y Geomorfología: El Valle de Lerma, ubicado en la provincia geológica Cordillera Oriental, es una depresión tectónica rellena por sedimentos de ríos descendientes del relieve montañoso. Se destacan tres formaciones geológicas cuaternarias, siendo la Formación Calvimonte la más relevante para el área de estudio, caracterizada por gravas, arenas y fangolitas.

La geomorfología del valle está marcada por relieves positivos resultado de ascensos tectónicos. Predominan las geoformas de acumulación fluvial, especialmente abanicos aluviales de ríos como el Toro-Rosario y Arenales, que transportan una gran carga sólida hacia el valle, formando extensos cuerpos sedimentarios. Estos abanicos, producto de crecientes estivales, configuran la pendiente general hacia el este del valle.

El ingreso de los ríos a la depresión disminuye su capacidad de transporte, depositando la carga sólida y formando materiales gruesos en el ápice del cono aluvial. La granulometría de los depósitos disminuye hacia la pendiente. El cono aluvial del río Arenales presenta una geometría anómala limitada por otros cuerpos sedimentarios y con pendientes cambiantes.

El área de estudio se sitúa en la porción media del cono aluvial del río Toro-Rosario, en su extremo norte, cerca del límite con el cono aluvial del río Arenales.

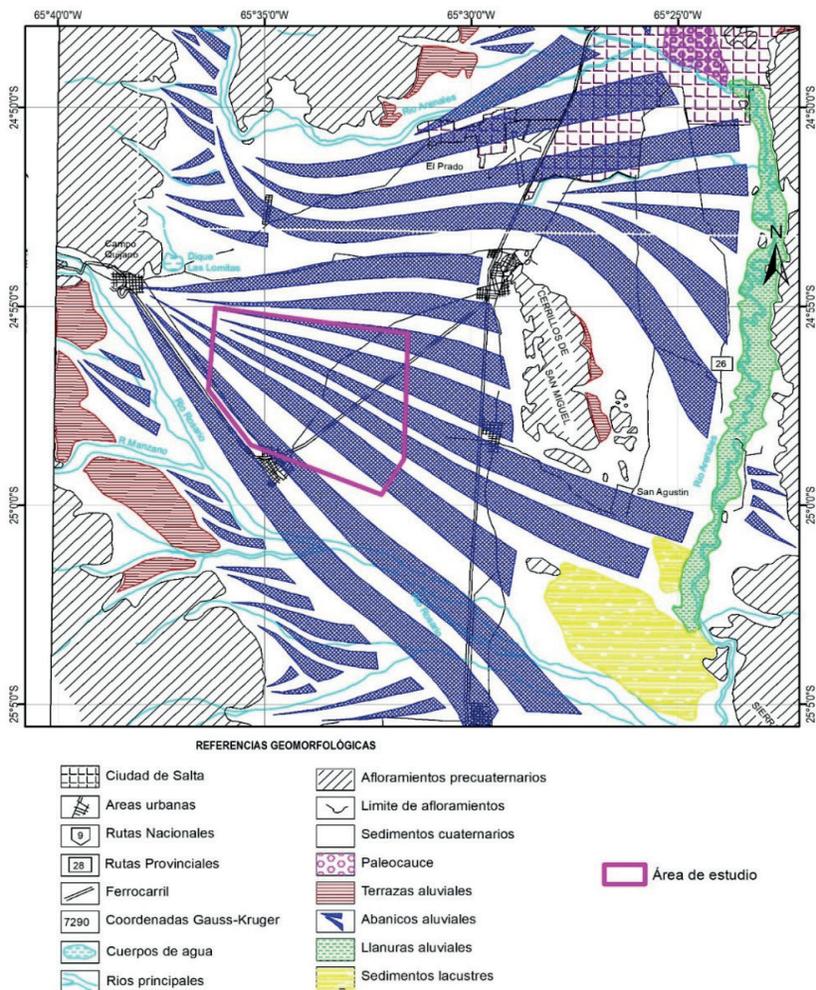


Figura 4. Geomorfología

Fuente: Baudino, 1996.

Suelos: La zona de estudio presenta dos asociaciones de suelos: La Merced y Quijano. La Asociación La Merced se encuentra en áreas montañosas y valles intermontanos, con suelos de perfil incipiente, texturas medianamente gruesas a medias, moderadamente bien drenados, neutros a moderadamente alcalinos, con bajo contenido de materia orgánica y presencia de carbonatos. Son suelos con limitaciones ligeras a moderadas que se corrigen con prácticas culturales sencillas.

La Asociación Quijano, ubicada en el Valle de Lerma, presenta suelos de incipiente desarrollo, texturas gruesas, excesivamente drenados, moderadamente ácidos, con contenido medio de materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico media. Estos suelos tienen limitaciones moderadas a algo severas, pero aún son arables.

Ambas asociaciones presentan perfiles característicos con horizontes y características específicas, como pendientes, erosión y pedregosidad.

Caracterización climática: El clima del valle de Lerma se clasifica como Subtropical serrano con estación seca, caracterizado por veranos cálidos, lluvias regulares y concentradas entre noviembre y marzo, e inviernos moderados y secos, con amplitud térmica diaria y anual pronunciada. Las temperaturas medias mensuales varían entre 22.2°C y 20°C en verano, con máximas medias que superan los 28°C, y entre 11.6°C y 13.7°C en invierno.

El balance hidrológico climático de la estación meteorológica de Rosario de Lerma muestra una precipitación media anual de 734 mm, siendo enero el mes más lluvioso y junio y julio los más secos. La distribución de las precipitaciones es irregular a lo largo del año y entre los distintos años, con el 80% de las lluvias concentradas en verano. La evapotranspiración potencial media anual es de 776 mm. El índice de aridez es de 14, lo que indica un clima semiárido, y el índice de humedad es de 8,47, lo que indica condiciones de sequedad. La situación hídrica muestra deficiencias en la mayor parte del año, con excepción de algunos meses con excesos.

Relevamiento Planialtimétrico tomando datos RTK en modo estático y cinemático y GPS Geodésico de doble frecuencia RTK 220 canales.

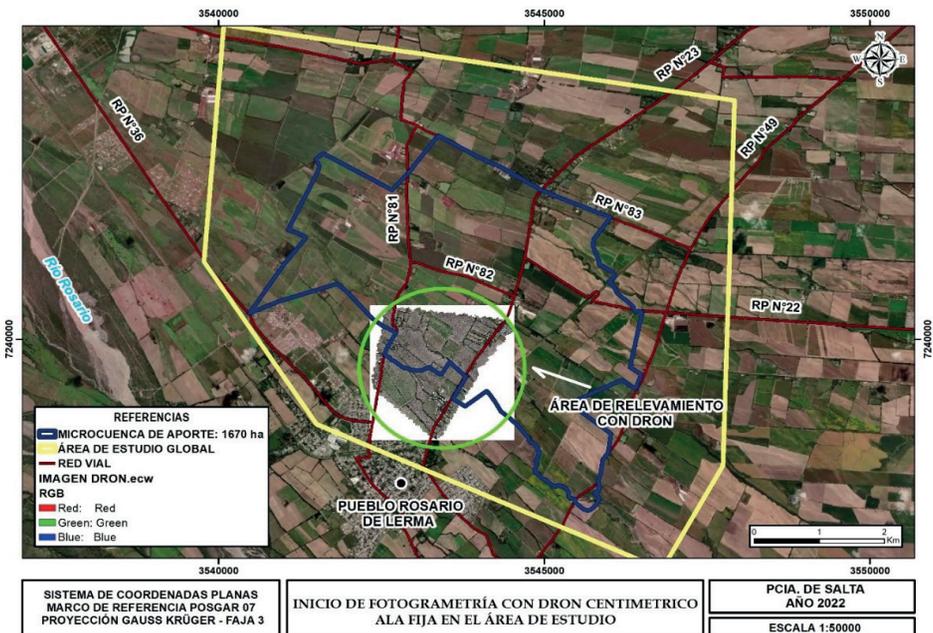


Figura 5. Relevamiento planialtimétrico general del área de estudio.

Fuente: Elaboración propia

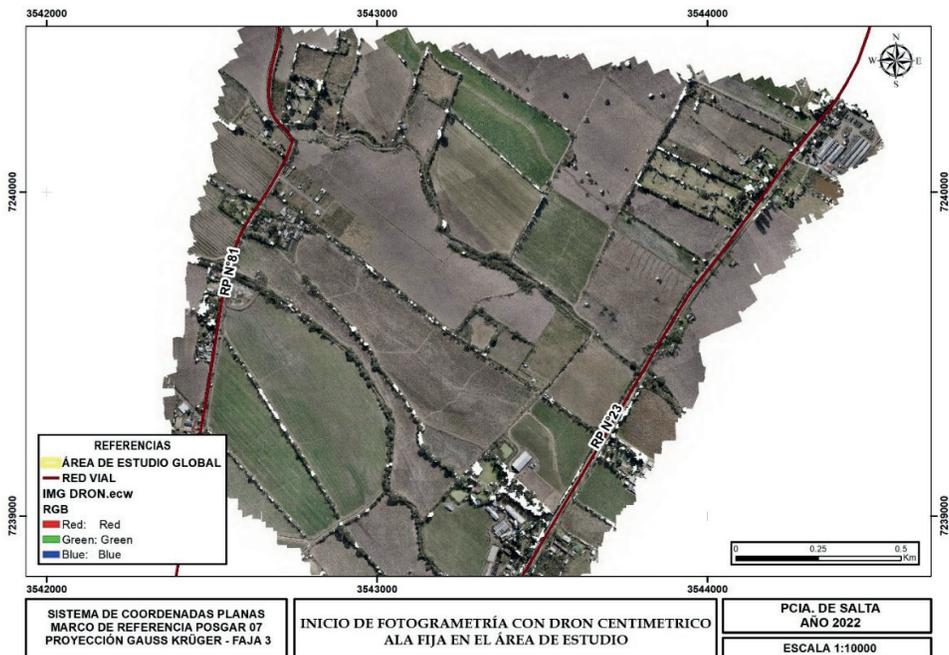


Figura 6. Relevamiento planialtimétrico general del área de estudio.

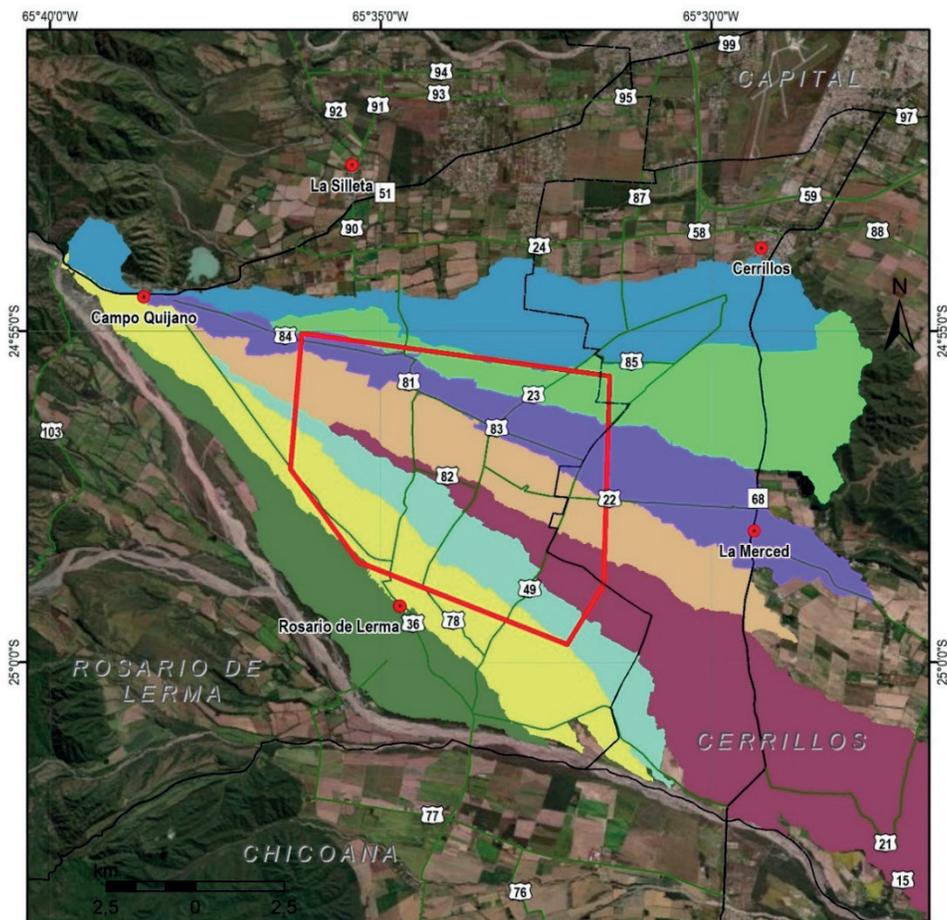
Fuente: Elaboración propia

Separación en Microcuencas y Subáreas de Escurrimiento: En la siguiente tabla y figura se presentan las superficies (ha) de las microcuencas dentro del área de estudio.

Microcuencas	Superficie (ha)	Superficie del Área de estudio (ha)
1	2.914,1	9,5
2	2.655,4	444,0
3	2.463,5	888,8
4	2.341,9	1.375,6
5	1.918,6	7,0
6	2.744,2	826,4
7	1.493,5	979,8
8	5.155,1	615,4

Tabla 1. Superficies de las microcuencas del área de estudio.

Fuente: Elaboración propia



- REFERENCIAS**
- Localidades
 - Límite departamental
 - ▭ Área de estudio
- Vías de acceso**
- Ruta Nacional
 - Ruta Provincial
- Microcuencas identificadas**
- | | | |
|---|---|---|
| 1 | 4 | 7 |
| 2 | 5 | 8 |
| 3 | 6 | |

Figura 7. Microcuencas
Fuente: Elaboración propia

Geomorfología de las Microcuencas: A continuación, se presenta la información referida a las geoformas de las microcuencas.

En la siguiente tabla se presentan los valores estimados de las pendientes medias de las microcuencas y las Pendientes de los Cauces principales.

Microcuenca	Pendiente media (%)	Subcuenca
1	1	Arias - Arenales
2	0,8	
3	0,9	
4	0,9	
5	0,9	
6	1	
7	1,3	Rosario
8	1,5	
9	1,5	
10	1,4	

Tabla 2. Pendiente media de las microcuencas

Microcuenca	Pendiente media (%)	Subcuenca
1	0,9	Arias - Arenales
2	0,9	
3	1	
4	1	
5	0,9	
6	1,1	
7	1	Rosario
8	1	
9	0,9	
10	0,9	

Tabla 3. Pendiente media del cauce principal de las microcuencas

La siguiente tabla presenta los valores de altitud media, máxima y mínima de las microcuencas

Microcuenca	Altitud Valor Mínimo	Altitud Valor Máximo	Altitud Valor Medio	Subcuenca
1	1.249,20	1.452,84	1.347,65	Arias - Arenales
2	1.228,21	1.356,81	1.264,64	
3	1.228,21	1.458,78	1.325,51	
4	1.112,73	1.455,22	1.260,33	
5	1.121,20	1.426,23	1.259,38	
6	1.121,20	1.308,75	1.200,42	
7	1.132,26	1.491,53	1.272,34	Rosario
8	1.173,32	1.351,95	1.265,48	
9	1.228,30	1.564,17	1.383,10	
10	1.237,94	1.457,24	1.333,97	

Tabla 3. Pendiente media del cauce principal de las microcuencas

Parámetros morfométricos: Se presentan los parámetros calculados y su información de referencia, junto con el Cauce principal y centroide, generados en las microcuencas del área de estudio.

Microcuenca	Superficie (km ²)	Perímetro (km)	Longitud del CP* (km)	Ancho promedio (km)	Kc	Forma (Kc)	FF	Foma (FF)
1	12,1	33,7	16,9	0,7	2,7	<i>Casi rectangular (alargada)</i>	0,0	<i>Muy alargada</i>
2	7,9	18,2	8,4	0,9	1,8	<i>Casi rectangular (alargada)</i>	0,1	<i>Muy alargada</i>
3	14,3	36,4	18,3	0,8	2,7	<i>Casi rectangular (alargada)</i>	0,0	<i>Muy alargada</i>
4	25,6	58,9	30,9	0,8	3,3	<i>Casi rectangular (alargada)</i>	0,0	<i>Muy alargada</i>
5	24,3	52,1	18,8	1,3	3,0	<i>Casi rectangular (alargada)</i>	0,1	<i>Muy alargada</i>
6	21,9	34,8	18,8	1,2	2,1	<i>Casi rectangular (alargada)</i>	0,1	<i>Muy alargada</i>
7	20,7	57,0	30,8	0,7	3,5	<i>Casi rectangular (alargada)</i>	0,0	<i>Muy alargada</i>
8	14,6	31,3	16,0	0,9	2,3	<i>Casi rectangular (alargada)</i>	0,1	<i>Muy alargada</i>
9	20,1	43,2	22,9	0,9	2,7	<i>Casi rectangular (alargada)</i>	0,0	<i>Muy alargada</i>
10	17,4	31,6	16,5	1,1	2,1	<i>Casi rectangular (alargada)</i>	0,1	<i>Muy alargada</i>

*CP: Cauce principal

Tabla 5. Parámetros morfométricos de las microcuencas del área de estudio

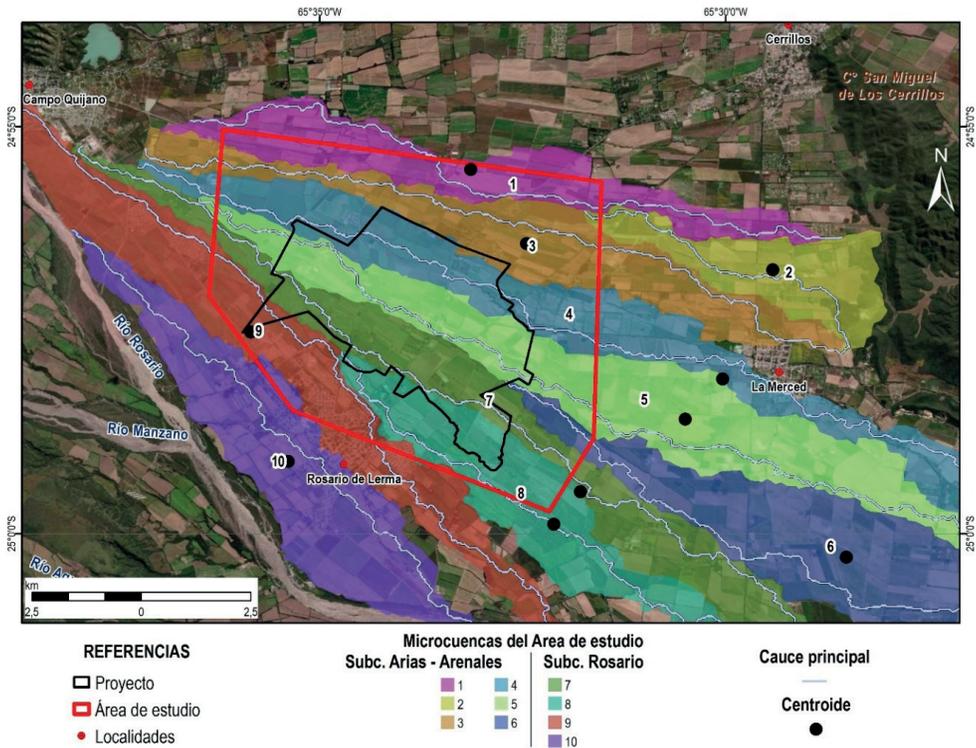


Figura 8. Microcuencas del área de estudio, cauce principal y centroides.

Fuente: Elaboración propia.

Estudio Hidrológico/Hidráulico para la Situación sin Proyecto: Los resultados obtenidos se presentan a continuación:



Figura 9. Hidrograma de salida Tr.: 25 – Salidas



Figura 10. Hidrograma de salida Tr.: 50 – Salidas

Estudio hidrológico /hidráulico. situación con proyecto: En base a la modelación se obtuvieron los parámetros de diseño de las 7 (siete) estructuras de regulación (represas).

En base a la información lograda y al diagnóstico, se estableció la Propuesta de las Medidas para el Manejo de Cuencas se plantea la realización de 7 represas y 14 terrazas colectoras de agua. Lo anterior se complementará con terrazas secundarias, cuya función será que el agua infiltre en el lugar y se genere menos escurrimiento. También se propone una estrategia de doble uso de las represas laminadoras de caudales pico de escurrimiento, primero amortiguando los altos caudales de escurrimiento que, por mal manejo, causan daño y luego almacenando agua que posibilitará incrementar el riego y la producción.



Figura 11. Subcuencas de aporte. Obras estructurales.

Fuente: Elaboración propia

Se caracterizaron los suelos sobre los que se construirán las represas correspondientes al Proyecto de Manejo de Escurrimientos con influencia en la Ruta provincial N° 23, utilizando criterios Geotécnicos.

Se elaboraron los Pliego de Bases y Condiciones para la Contratación de Obras Civiles y se establecieron los Términos de Referencia para la ejecución de los proyectos licitatorios.

Se organizó la información (alfanumérica y georreferenciada), en una Base de Datos asociada a un Sistema de Información Geográfica (SIG).

El Proyecto presentado, propició que la provincia de Salta, a través de la Secretaría de Recursos Hídricos, realice convenios con los productores donde se construyen represas en sus campos, comprometiéndolos a mantener abiertas las represas durante el verano para laminar el escurrimiento y que las cierren desde abril para almacenar agua de riego que utilizarán durante los meses de invierno y primavera.

CONCLUSIONES

- El estudio de vegetación, ambiente y el diagnóstico de la situación actual de las microcuencas permitió concluir que el drenaje general del área de estudio es en dirección Oeste-Este y que se emplaza sobre cono aluvial muy antropizado.
- La dinámica de gran cantidad de cauces menores fue modificada para su incorporación agrícola y urbana haciendo que los caudales se concentren en algunos cursos que, además, deben captar y conducir mayores caudales debido a la modificación del uso de suelo que incrementó los caudales escurridos por la reducción de las pérdidas al escurrimiento y la reducción de los tiempos de concentración.
- Las acciones de cambio de uso de suelo referidas (agrícola y urbano), generaron que la dinámica hídrica se modificara drásticamente.
- El incremento de caudales y las elevadas pendientes les confirieron a estos nuevos cursos un alto poder erosivo, generando zanjones rectos con profundización media y ensanchamiento con formas meándricas en muchos casos, tal como se observa en el A° San Martín y Chocobar.
- Muchas veces no existe continuidad en los cauces aguas debajo de las alcantarillas, lo que genera que el agua se canalice por las cunetas generando concentración de flujo y por consiguiente una erosión de las mismas.
- Para mitigar lo anterior, se realizó este proyecto que contempla la construcción de 7 represas laminadoras de caudales pico de escurrimiento y 14 km de terrazas.
- El estudio de suelos en los lugares de emplazamiento de las futuras represas concluye que son aptos para la construcción de dichas Obras.

- La construcción y puesta en funcionamiento de estas medidas estructurales (represas y terrazas), sumadas a las no estructurales (manejo de cultivos, cobertura de suelos y sistematización de suelos para riego), atenuará el hidrograma de entrada de las unidades de escurrimiento y retrasará el pico de escurrimiento.
- Como consecuencia de lo anterior, se evitará erosión de suelos y se podrá disponer de agua para riego.

REFERENCIAS

Arias, M. Y A. R. Bianchi. 1996. *Estadísticas climatológicas de la Provincia de Salta. Dirección de Medio Ambiente y Recursos Naturales.* Gobierno de la Provincia de Salta – I.N.T.A, E.E.A. Salta. 189 págs.

Bianchi, A. R. (1996). *Temperaturas medias estimadas para la región noroeste de Argentina.* S.A.G.P. y A. de la Nación - INTA, Centro Regional Salta-Jujuy. E.E.A. Salta. 14 págs.

Bianchi, A. R. (1996).. *Las precipitaciones en el Noroeste Argentino.* INTA. Centro Regional Salta-Jujuy. E.E.A. Salta

Cabrera, A. L (1994). *Regiones Fitogeográficas Argentinas. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería.* Primera reimpresión, tomo 2, fascículo 1. Editorial ACME S.A.C.I. Buenos Aires, 85 págs.

Instituto Geográfico Nacional (IGN). (2023). *Modelo Digital de Elevaciones (MDE) de la República Argentina (MDE-Ar)* [Datos ráster].

Nadir, A. Y T. Chafatinos. (1990). *Los suelos del NOA (Salta y Jujuy), Tomos I y II. Salta, Argentina*

NASA LP DAAC. (2009). *ASTER Global Digital Elevation Model Versión 3* [Datos ráster].

Pontussi, E. P. (1993). *Geografía del noroeste argentino. Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Salta. Salta,*

U.S. Army Corps of Engineers. (2021). *HEC-HMS (Versión 4.9)* [Software].