

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO



**ESTUDIO HIDROLÓGICO Y  
CARACTERIZACIÓN DEL AGUA DE  
LA LAGUNA “EL CHAÑAR”,  
TEODELINA, SANTA FE**

---

**PROYECTO N° 49**

**DEMARCHI, MARÍA CECILIA – MEYER LIA CAREN**

AUTORES

**ING. CARLOS ALBERDI**

DIRECTOR ACADÉMICO

**ING. RICARDO BLANCO**

DIRECTOR TÉCNICO

**ING. ALBERTO ARMAS – ING. DANIEL ARRIETA**

**ING. OSCAR BRAUN**

ASESORES TÉCNICOS

**JULIO 2014**



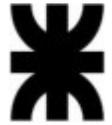
*No seas impaciente  
todo llega en un momento preciso*

*A nuestras madres  
quienes sin escatimar esfuerzos,  
sacrificaron gran parte de su vida para educarnos.*

*A nuestros hermanos  
quienes nos brindaron su apoyo y comprensión.*

*Y a todas las personas que compartan este triunfo.*

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO**



**ESTUDIO HIDROLÓGICO Y  
CARACTERIZACIÓN DEL AGUA DE  
LA LAGUNA “EL CHAÑAR”,  
TEODELINA, SANTA FE**

---

**PROYECTO N° 49**

**DEMARCHI, MARIA CECILIA – MEYER, LIA CAREN**

AUTORES

**ING. CARLOS ALBERDI**

DIRECTOR ACADÉMICO

**ING. RICARDO BLANCO**

DIRECTOR TÉCNICO

**ING. ALBERTO ARMAS – ING. DANIEL ARRIETA – ING. OSCAR  
BRAUN**

ASESORES TÉCNICOS

**JULIO 2014**

**INDICE****MÓDULO 1: *Introducción y objetivo de estudio***

1. Introducción y objetivo de estudio.....1

**MÓDULO 2: *Entorno de la Laguna El Chañar***

2. Descripción general del entorno de la Laguna El Chañar.....4

**MÓDULO 3: *Documentación Antecedentes***

3. Documentación antecedentes .....13

**MÓDULO 4: *Estudio Hidrológico***

4. Introducción al área de estudio..... 16
5. Cuenca.....26
6. Análisis de datos pluviométricos.....33
7. Precipitaciones de diseño.....41
8. Hietograma de diseño.....46
9. Clasificación hidrológica de suelos.....50
10. Hietograma neto.....57
11. Hidrograma unitario sintético.....61
12. Hidrograma de diseño.....64
13. Capacidad de almacenamiento de la laguna.....71

**MÓDULO 5: *Análisis Físico – Químico, Microbiológico y Bacteriológico***

14. Análisis físico – químico, microbiológico y bacteriológico.....89

**MÓDULO 6: *Situación Actual y Sugerencias***

15. Análisis de la situación actual.....105
16. Soluciones Sugeridas.....122
17. Plan de Gestión Integral para el control de inundaciones  
y protección del ecosistema .....123
18. Caudal admisible de ingreso Brazo Norte.....125

---

**MÓDULO 7: Conclusiones**

19. Conclusiones.....	136
-----------------------	-----

**MÓDULO 8: Planos y Gráficos**

PLANO 1: Divisoria sobre carta topográfica

PLANO 2: Cuenca sobre imagen satelital

PLANO 3: Clasificación de suelos de la cuenca según INTA

PLANO 4: Clasificación de cobertura de la cuenca

PLANO 5: Plan de Gestión Integral

PLANO 6: Proyección de protección de la localidad de Teodelina

**MÓDULO 9: Anexos**

ANEXO 1: Cuenca.....	146
----------------------	-----

ANEXO 2: Datos de pluviometría.....	151
-------------------------------------	-----

ANEXO 3: Estadística hidrológica.....	159
---------------------------------------	-----

ANEXO 4: Método hietograma triangular.....	161
--	-----

ANEXO 5: Clasificación taxonómica de suelos.....	163
--	-----

ANEXO 6: Clasificación hidrológica de suelos.....	188
---	-----

ANEXO 7: Escurrimiento directo.....	193
-------------------------------------	-----

ANEXO 8: Hidrograma unitario sintético.....	195
---	-----

ANEXO 9: Resultados de laboratorio del análisis del agua.....	198
---	-----

## **MODULO 1:**

### *Introducción y Objetivo de Estudio*

## 1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO DEL ESTUDIO

La Laguna El Chañar, se encuentra en el límite provincial de Santa Fe y Buenos Aires. Su cuenca de aporte forma parte del sistema del Río Salado (Provincia de Buenos Aires) y está comprendida por dos subcuencas: Brazo Norte y Brazo Sur. Los caudales del Brazo Sur provienen de la laguna La Picasa, estos descienden por el conjunto de lagunas que integran el Sistema Laguna La Pantanosa mediante obras de bombeo y canalizaciones. El aporte del Brazo Norte se inicia en la localidad de Venado Tuerto y transita el sistema de lagunas “Las Encadenadas”. Se detalla en CROQUIS.

La desembocadura de la Laguna “El Chañar” se encuentra en la Provincia de Buenos Aires, desde aquí el agua ingresa al curso del Río Salado y concluye en La Bahía de San Borombón. Tiene una obra de control precaria que interrumpe el fluir normal del curso de agua, que fue construida por la comuna de la localidad de Teodelina con el fin de aumentar el tirante de agua de la misma.

Sobre la canalización del Brazo Norte existen obras de obstrucción de cauce que fueron construidas por la Provincia de Buenos Aires como resultado de acciones judiciales que presentó ante la Corte Suprema de la Nación.

Actualmente la costa está constituida por campos donde se desarrolla la agricultura y la ganadería, por la localidad de Teodelina que posee actividades de recreación y turística, como la caza y pesca, los deportes acuáticos y el balneario “El Edén”. Debido a que el agua de la laguna erosionó la costa en todo su perímetro, en el sector donde se establece la urbanización se realizó una contención de viruta metálica, proveniente de la fábrica radicada en la localidad, y residuos de neumáticos.

En el punto de control, la obra de regulación está construida por viruta metálica, escombros de taperas y en el rebalse hormigón. Posee dos puntos de ingreso de caudal, en uno de ellos se vuelcan residuos provenientes de la actividad avícola y porcina.

Las problemáticas principales que ocasiona la Laguna “El Chañar” se presentan en épocas húmedas y de sequías. Durante el período de lluvias frecuentes las zonas costeras quedan anegadas como consecuencias del desborde lateral de la misma que inunda superficie de la costanera cuando crece; y en el periodo de sequías el tirante resulta escaso para el desarrollo de la vida acuática, lo que a la localidad de Teodelina le impide desarrollar las actividades recreativas.

El objetivo principal de nuestro estudio es definir el caudal que recibe de la cuenca en estudio, evaluar la operación del reservorio y analizar los impactos de la urbanización, hacia la laguna El Chañar mediante estudios hidrológicos, análisis visuales de imágenes satelitales y estudio de los componentes del agua.

El objetivo técnico es el cálculo hidrológico y determinación del crecimiento superficial de la laguna en función de los tirantes y evaluar la necesidad del vertedero; y con estudios físicos, químicos y microbiológicos del agua, se analizara el impacto de las actividades humanas.

Nuestro trabajo constará en la determinación del caudal que ingresa a la laguna El Chañar desde el sistema de lagunas Las Encadenadas (Brazo Norte), y considerando el caudal de ingreso del sistema de lagunas La Pantanosa (Brazo Sur) determinado por el Institución Nacional del Agua (Trabajo Estudio complementario para habilitación transitoria del Canal Alternativa Norte, 1° parte) y el caudal admisible de salida, aporte de agua al Río Salado bonaerense correspondiente al Plan Maestro para el manejo del mismo (Evaluación de las inundaciones y las obras de drenaje en la cuenca del Salado (Provincia Buenos Aires) mediante modelación numérica – Fuente: INA), se propondrá una altura de pelo de agua que deberá ser respetada por la obra de regulación con el fin de conservar un tirante para la recreación y turismo de la localidad de Teodelina y evitar las inundaciones respetando, en la medida que la situación así lo permita, el caudal condicionado a acuerdo que se debe volcar a la jurisdicción vecina (Bs. As.).



CROQUIS: *Indicación de ingreso y salida de caudales*

## **MODULO 2:**

*Entorno de la Laguna El Chañar*

## 2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ENTORNO DE LA LAGUNA EL CHAÑAR

### 2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La laguna El Chañar está situada al sur de la Provincia de Santa Fe en la localidad de Teodelina ( $34^{\circ}11'23''S$   $61^{\circ}31'35''O$ ). Aquí nace el Río Salado bonaerense que desemboca, tras atravesar por un gran número de pantanos y lagunas, en la Bahía de Samborombón, Buenos Aires ( $35^{\circ}56'0''S$   $57^{\circ}6'0''O$ ).



IMAGEN 1: Ubicación Laguna El Chañar



IMAGEN 2: Cuenca Río Salado

El Río Salado confluye hacia el final del Río de la Plata, por lo que la cuenca, que cubre 170.000 km<sup>2</sup> sin incluir la cuenca del Río Quinto, es una de las subcuencas de la Cuenca del Plata. El Río Quinto alcanza superficialmente al Río Salado durante épocas húmedas, mientras que en épocas secas lo hace de forma subterránea a través de una línea recta, por un sector que se denomina Brazo Norte, que comienza en los Baños de la Amarga y termina en la laguna El Chañar.



IMAGEN 3: *Cuenca del Plata*

El área de estudio corresponde a la región pampeana, área geográfica situada en el centro-este de la Argentina.



IMAGEN 4: Ecoregiones de Argentina – Región Pampeana – Teodelina

## 2.2 CACTERISTICAS DE LA ZONA

### 2.2.1 RELIEVE

La zona sur de Santa Fe corresponde a la Región Pampeana Ondulada, caracterizada por una llanura suavemente ondulada en donde se alternan lomas y bajos ocupados por cañadas y lagunas temporarias.

La inclinación de esta extensa superficie se da en dirección noroeste-sudeste. Topográficamente se caracteriza por estar a menos de 100 m sobre el nivel del mar; presentando ondulaciones suaves con desniveles inferiores a 5 metros. Las pendientes en esta región son del orden del 1%.

Las cuencas que se sitúan en este tipo de regiones en particular tienen un comportamiento hídrico dinámico que varía en función de la actividad pluvial. En este tipo de zonas de escasa pendiente el relieve está constituido por lomadas y bajos que dan lugar a la formación de redes de drenaje entrecortadas con superficies de almacenamiento superficiales que se conectan entre sí en épocas en donde la lluvia es abundante. Las lagunas y cañadas que forman el sistema actúan como reservorios de agua para el mismo.

Es necesario tener en cuenta las obras hidráulicas y viales construidas ya que modifican abruptamente el desagüe de las cuencas.

Hay canalizaciones de importancia que colectan excedentes hídricos y lo transportar hacia zonas controladas, y redes de comunicación vial y ferroviaria que constituyen obstrucciones significativas. Este efecto de obstrucción es aminorado por medio de obras como puentes y alcantarillas para permitir el paso de la escorrentía.

### 2.2.2 SUELOS

La formación de suelos: limo muy arenoso a arena muy fina limosa y loess superficial.

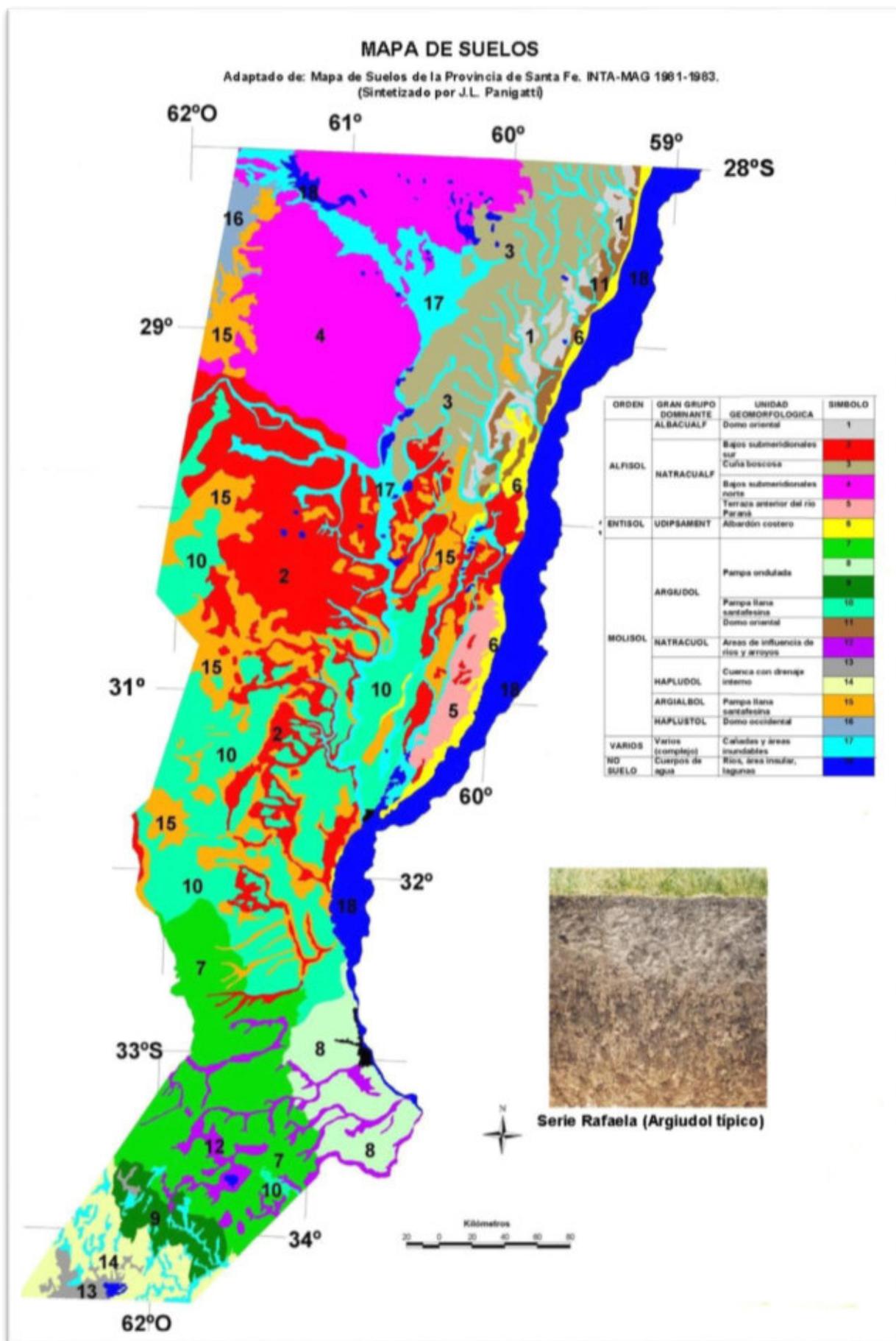


IMAGEN 5: Mapa de Suelos de Santa Fe – INTA

### 2.2.3 CLIMA

El factor climático en la pampa está formado por ciclos hidrológicos interanuales, es decir que varios años secos sucesivos son seguidos por otros húmedos, en un patrón irregular.

Presenta clima subtropical , siendo más húmedo hacia el este. Muestra varios fenómenos cíclicos, muy poco estudiados aún: un Pulso de Extinción de Árboles, cada 600 años, con bajísimas lluvias durante más de dos años consecutivos; hemicyclo húmedo y otro hemicyclo seco, de 50 años de duración. El diferencial de cantidad de precipitación anual podría estar en 200 mm entre ambos ciclos, lo que produce importantes cambios en las isohietas. Su temperatura promedio anual es de 19 grados °C.

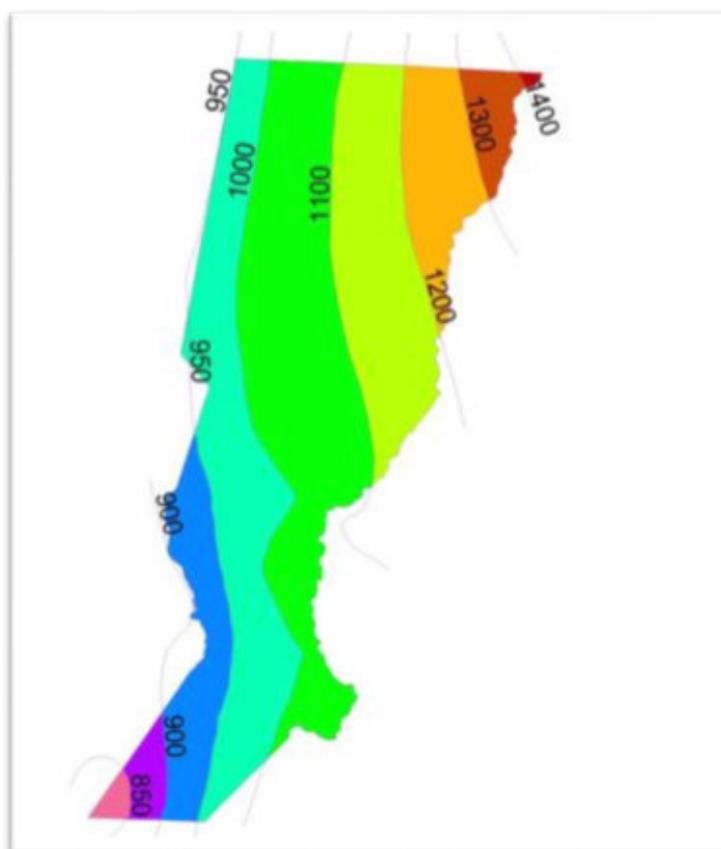


IMAGEN 6: *Precipitación media anual Pcia Santa Fe – INTA*

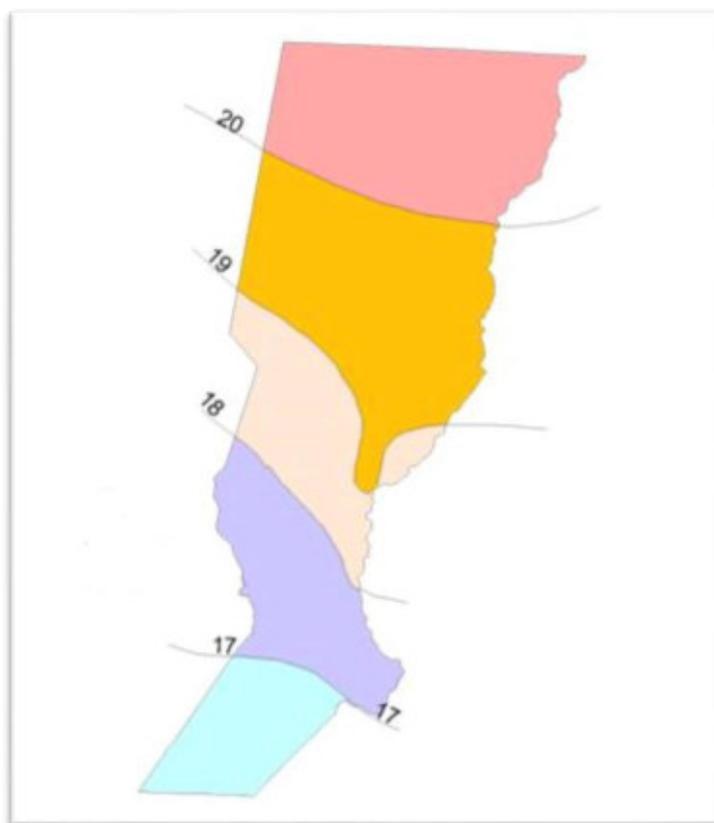


IMAGEN 7: *Temperatura media anual Pcia Santa Fe – INTA*

#### 2.2.4 FLORA Y FAUNA

La vegetación depende de la agricultura y ganadería de la zona y en áreas de agua temporaria posee pastizales pampeanos. El manto vegetal está casi seco en invierno, se aproxima verde en primavera y pasa al pajizo en verano.

Las condiciones autóctonas de la flora han sufrido cambios por la acción del avance de los cultivos, a lo que se ha sumado la introducción de árboles exógenos, como: paraíso, álamo, eucalipto, acacia, pino, plátano.

Reina el ombú interrumpiendo el interminable mar de pasturas verdes, mientras que a orillas de los ríos, crecen sauces, ceibales, aromitos, ombúes, laureles, aguaribayes y algarrobos. Entre las hierbas características de la región encontramos yuyo colorado, manzanilla, malva, verbena, alfilerillo, cepa caballo, abrojo, cicuta y cardo.

Los animales autóctonos, naturalmente escasos en número en esta región, fueron siendo raleados por la expansión agro-ganadera. Entre la casi extinta fauna autóctona se destacan el

venado, el zorrino, el ñandú, el peludo, la mulita, el zorro pampeano, la vizcacha, el puma y el gato de los pajonales. Al lado de los ríos pueden encontrarse serpientes yararará, lagartos, batracios y aves como el carancho, perdices, chorlos, lechuzas, búhos, colibríes, horneros, benteveos y tordos.

La fauna ictícola que se desarrolla está compuesta por diversas especies. De ellas se destacan clases de peces como la carpa, el pejerrey, bagre, mojarrón dienteado, mojarritas.

## 2.2.5 ECONOMÍA

La agricultura alcanza un papel indispensable. Los cultivos principales son soja, girasol, maíz y trigo.

La hierba verde de la zona es ideal para el ganado, que en la práctica no sólo es fuente de carne, sino de millones de litros de leche por día.

Se produce diferentes tipos de harinas, aceites, y otras industrias alimenticias, textiles y cuero, de hidrocarburos, refinerías de acero y la producción de metales, máquinas industriales y agrícolas, la industria del automóvil y otros.

El sector de servicios está bien desarrollado y muy diversificado, confiando poco en el turismo o el sector público. El turismo no es una actividad importante a pesar de la amplia gama de hoteles y restaurantes.

## **MODULO 3:**

### *Documentación Antecedente*

### 3 DOCUMENTACIÓN ANTECEDENTE

El ingreso de caudal del Brazo Sur (complemento de nuestro trabajo) y el egreso de caudal de agua que la laguna “El Chañar” debe realizar a la jurisdicción vecina, fueron datos tomados como antecedentes de los estudios llevados a cabo por el Instituto Nacional del Agua (INA).

#### 3.1 ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS PARA HABILITACIÓN TRANSITORIA DEL CANAL ALTERNATIVA NORTE – PRIMERA PARTE.(Brazo Sur) – SÍNTESIS Y CONCLUSIONES

- Las cuatro secciones de control propuestas, sumadas a las obras de alcantarillados existentes permiten establecer un razonable control de caudales en forma transitoria en el tramo La Picasa- El Chañar.
- La operación fue determinada para el tránsito de un caudal de bombeo de 5 m<sup>3</sup>/seg. Dado que para los aportes de la cañada El Indio no se plantean obras de regulación ni control en su ingreso al CAN, se consideró un caudal de operación de 8 m<sup>3</sup>/seg en el tramo La Pantanosa-El Chañar.
- En caso de que se produzcan precipitaciones que generen aportes de importancia al canal el bombeo de la laguna deberá discontinuarse, a efectos de evitar superposición de aportes y traslados de excedentes hacia aguas abajo, que puedan dar lugar a desbordes del canal
- En el tramo comprendido entre Ruta 14 y Lag. Martín García la pendiente del canal es de 1.19 m/km Estas generan velocidades erosivas, por lo que debe considerarse obras que permitan su atenuación.
- Se requiere una verificación de las condiciones actuales del CAN, a efectos de restablecer la situación del canal según planos conforme a fin de obra. Esto es debido a conexiones y canalizaciones no oficiales realizadas por particulares que pudieron alterar los terraplenes y paredes laterales del canal y que pueden dar a lugar a fugas laterales desde el canal hacia campos linderos.

- Desde el inicio de la operación del sistema bombeo se requiere tener implementado y operable en forma continua el monitoreo de niveles y caudales. La unidad Técnico-Administrativa encargada de la gestión, mantenimiento y operación del canal y sus obras de regulación deberá programar los caudales de bombeo y operación de compuertas en función de los escenarios hídricos y situaciones meteorológicas.

### 3.2 EVALUACIÓN DE LAS INUNDACIONES Y LAS OBRAS DE DRENAJE EN LA CUENCA DEL RIO SALADO (PROV. BUENOS AIRES) MEDIANTE MODELACIÓN NUMÉRICA - SINTESIS Y CONCLUSIONES

- Las inundaciones que duraron años pasarían a durar meses en las zonas drenadas por las obras; las de meses pasarían a días.
- En la medida en que los dos trasvases desde la laguna La Picasa (Prov. de Santa Fe) se ajusten a lo acordado (caudal máximo de 5 m<sup>3</sup>/s cada uno, en épocas de grandes excedentes hídricos), su efecto sobre las inundaciones será pequeño, tendiendo a ser irrelevante hacia el final de la subregión A1.

Además de estas conclusiones específicas, el estudio de modelación ha puesto en evidencia el funcionamiento hidrológico de la cuenca del Salado, que conduce a completar la visión histórica sobre este problema. La visión actualizada es la siguiente:

- Las crecidas extraordinarias evidencian la baja capacidad de drenaje de la cuenca. Es decir, la naturaleza no ha podido moldear una red de drenaje suficiente como para evacuar los excedentes hídricos extraordinarios. Desde una visión geomorfológica, gran parte de la cuenca puede caracterizarse como un “desierto con agua”, es decir, una región cuya topografía ha sido modelada por la acción de los vientos en una etapa evolutiva relativamente seca (generando una miríada de ‘bajos’), y sobre la que en la era presente se descargan precipitaciones que llegan a ser muy intensas (Edgardo Latrubese, comunicación personal).

- El agua de las precipitaciones se acumula en los bajos. Sólo al completarse su capacidad de almacenamiento el agua drena, buscando elevaciones más bajas (por la acción de la gravedad), lo cual se manifiesta en inundaciones de las zonas topográficamente menos elevadas. Eventualmente la lámina de agua alcanza cañadas o cursos de agua, a través de los cuales drena en forma lenta en dirección hacia el Río de la Plata.
- Para evacuar esos excedentes extraordinarios, mitigando las inundaciones, la acción antrópica se ha concentrado en la construcción de grandes canalizaciones, con el objetivo de conducir más rápidamente el agua hacia su destino final, el Río de la Plata (con almacenamientos temporarios reguladores en el camino, como las grandes lagunas). La eficiencia de esos canales es necesariamente baja (grandes dimensiones relativas para conducir los caudales de diseño) debido a la baja pendiente continental.
- Esta limitación de la estrategia de drenaje basada en canalizaciones ha hecho que, en la práctica, los esfuerzos de control de inundaciones se hayan dirigido mayormente a la defensa de pueblos y ciudades (es decir, donde hay gran concentración relativa de población), y sólo tangencialmente hayan atendido la problemática de la inundación de campos productivos.
- Ante la imposibilidad práctica de mitigar a gran escala las inundaciones de campos productivos mediante canalizaciones generalizadas, sólo quedan tres tipos de respuesta: la resignación, la adaptación (por ejemplo, hubo campos inundados que practicaron acuicultura durante el pico de inundación), y el desarrollo de estrategias de control alternativas.

**MODULO 4:**  
*Estudio Hidrológico*

## 4 INTRODUCCIÓN AL ÁREA DE ESTUDIO

### 4.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE APORTE DE LA LAGUNA EL CHAÑAR

El área de aporte de la laguna El chañar se extiende desde Venado Tuerto hacia el sur de la provincia de Santa Fe y está compuesta por dos sistemas de lagunas que desembocan al reservorio rodeando a la localidad de Teodelina.

La subcuenca denominada Brazo Norte pertenece al Departamento General López, Provincia de Santa Fe, tiene sus nacientes al norte de la localidad de Venado Tuerto y concluye al sur en las proximidades de Teodelina.

Está formada por un sistema de humedales que recibe el nombre Las Encadenadas, en las que se encuentran las lagunas más destacadas como El Hinojo, La Grigera, Las Encadenadas y Las María; y de otras cañadas, bajos y bañados, que fluyen en sentido noroeste-sureste. El escurrimiento se da por cursos agua naturales y por canales artificiales.

Desde la laguna Las Encadenadas, último reservorio del sistema, las aguas fluyen hacia la laguna el Chañar de Teodelina, donde nace el Río Salado de Buenos Aires que desemboca en la Bahía de Samborombón.

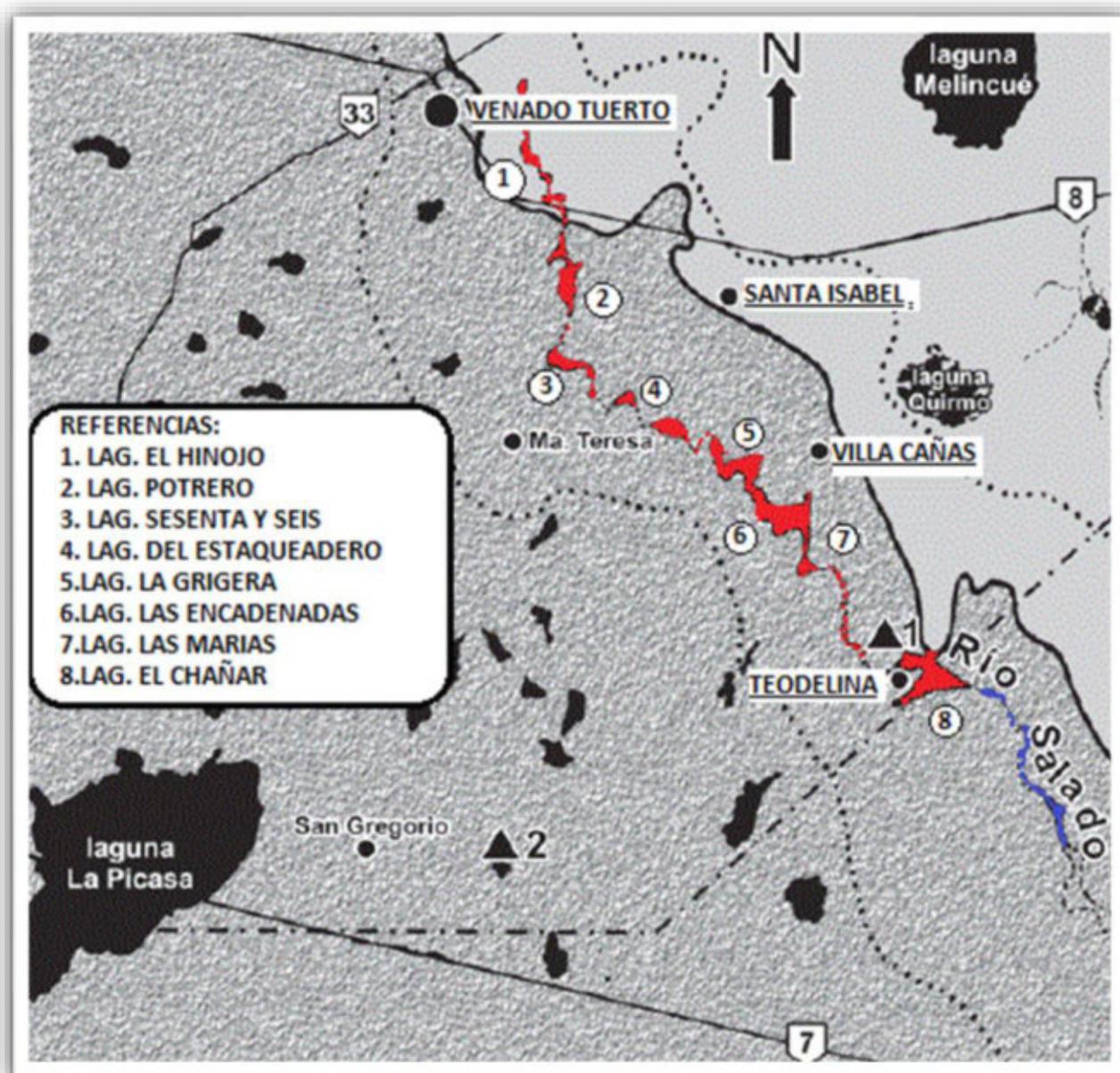
La Laguna El Chañar es alimentada por dos líneas principales de escurrimiento:

- i) Brazo Norte
- ii) Brazo sur

El brazo norte: sistema de laguna Las Encadenadas tiene sus nacientes al noreste de la ruta 33 en las proximidades de la localidad de Venado Tuerto.

El brazo sur está conformado por cuatro sub-áreas de aportes: Alternativa Norte La Picasa – Los Patos, Laguna La Salamanca y Laguna del Indio. Las tres sub-áreas anteriores confluyen en las proximidades de laguna La Pantanosa, localizada 15 km al sur-oeste de la laguna El Chañar. En el tramo comprendido entre ambas lagunas incorpora aportes directos.





*IMAGEN 2: Ubicación general de lagunas y Río Salado*

“La cuenca está fisiográficamente ubicada entre las áreas de modelamiento eólico, que en la provincia de Santa Fe abarca casi exclusivamente el Departamento Gral. López. Caracteriza este relieve una serie de lomadas dispuesta generalmente con rumbo Noreste-Sureste, separando bajos y a veces más o menos redondeadas y aisladas. En la zona sur de esta unidad el número de lagunas aumenta considerablemente y se nota una tendencia de agruparse.

El relieve es típico médanos de reciente consolidación, los que como un manto cubren el relieve anterior modelado sobre sedimentos loésicos.

La zona superior carece de vías de escurrimientos definidas, no existiendo cauce alguno y los bajos y cañadas colectoras se encuentran en algunos casos, entrecortados por lo que los controles naturales son más importantes.

La zona inferior posee una red más definida, las lagunas se encuentran más desarrolladas y las cañadas que los vinculan no presentan discontinuidades. Acompañado por incremento de pendientes aparecen cauces naturales en los bajos principales y en las cañadas afluentes.

El sistema está caracterizado por su baja pendiente, gran capacidad de almacenamiento superficial y elevada rugosidad. Estos elementos combinados producen una gran amortiguación de las crecidas, dando como resultados bajos caudales de ingreso a la laguna El Chañar e hidrogramas sin picos violentos”.

## 4.2 HIDROLOGIA

Las aguas superficiales de la provincia pertenecen a un sistema de Hidrología de Llanuras en casi toda su extensión, que compone un patrón claramente diferente al de la Hidrología clásica. El patrón resultante puede explicarse de manera secuencial, formando una serie de elementos hidrográficos:

1º Elemento – Divisorias – La naturaleza de las divisorias es probablemente el problema más complicado vinculado con los cuerpos de agua en llanuras. La escasa pendiente del terreno resulta a veces menor a la pendiente hidráulica, y el agua fluye en una u otra dirección de acuerdo a la dirección del viento o a la presencia de rugosidad tal como pajonales, terraplenes mínimos y obstáculos similares. En algunos casos es posible definir las divisorias hidrográficas de acuerdo con los métodos clásicos de la topografía y la geomorfología. En otros, las divisorias no están bien definidas en el terreno, porque no se trata de líneas sino de superficies horizontales, a veces de extensión considerable. Allí el agua fluye en una u otra dirección de acuerdo a la dirección del viento, tipo de vegetación o gradiente hidráulico producido por las diferencias en precipitación. Desde el punto de vista hidráulico, dichas áreas tienen una estructura

probabilística, es decir, el agua superficial en diferentes puntos va a fluir con mayor o menor frecuencia hacia una u otra cuenca de acuerdo a la distancia que hay a la superficie bien definida de cada cuenca. Se trata de condiciones de borde “borrosas”. Otro tipo de divisoria hídrica indefinida está compuesta por pendientes suaves que son independientes de los sistemas hídricos particulares; se trata de planos casi horizontales compartidos por dos cuencas adyacentes, que están inclinados en forma paralela a los colectores.

Dentro de este patrón hidrológico básico, un caso típico en las áreas arenosas del sur de la provincia es la rápida infiltración del agua de lluvia en las superficies relativamente elevadas, seguida por el flujo sub-superficial hacia las depresiones vecinas, donde se produce lentamente la surgencia. En estos casos, la superficie real de la cuenca hídrica no es completamente equivalente a la topografía del terreno. En ocasión de las grandes inundaciones del año 1982, cuando se anegaron miles de kilómetros cuadrados en toda la región pampeana, se identificaron tres tipos de divisoria (Iriondo, 1983):

- a) Segmentos lineales, claramente definidos.
- b) Áreas indefinidas, homogéneas, horizontales, sin ningún tipo de cañada u otras irregularidades. Están formadas básicamente por sedimentos loésicos, que son materiales permeables; debido a ello se produce una infiltración relativamente rápida.
- c) Áreas pequeñas y aisladas de origen tectónico reciente (neotectónico)

2° Elemento – Bañados – El drenaje en la llanura pampeana comienza con unos elementos conocidos desde hace siglos: los bañados. Son superficies horizontales, relativamente deprimidas, que se cubren temporariamente de agua de lluvia de tanto en tanto; pueden alcanzar superficies de miles de kilómetros cuadrados y durar semanas enteras hasta meses.

Sin embargo, no son áreas de naturaleza hídrica: No transporta sedimentos y su profundidad es menor a un metro. Una vez que desaparece el agua de un lugar, no quedan rastros en el paisaje; son ambientes naturalmente sub-aéreos.

La masa de agua de bañado es móvil; se desplaza lentamente pendiente abajo a lo largo del suave relieve en términos de días o semanas, cambiando la forma y ubicación del área inundada.

Se trata de un caso de “flujo no encauzado”. Este flujo tiene las siguientes fases sucesivas:

- a) Una fase de acumulación de agua, con un flujo extremadamente lento (generalmente centrípeto). El estancamiento predomina sobre el drenaje.
- b) Una primera fase de drenaje, que rebaja el nivel y reduce el área de acumulación.
- c) Una segunda fase de drenaje, que inunda áreas aguas abajo y desocupa el área original del bañado. Ocurre días después de la lluvia.
- d) Una fase de canalización, al llegar el agua a cañadas o cauces. Desaparece el bañado.

3° Elemento – Cañadas – Las cañadas son depresiones lineales, anchas y de escasa profundidad, en muchos casos rectas, que contienen agua en forma temporaria o permanente.

Algunas cañadas tienen un pequeño cauce en el centro, pero siempre se trata de un elemento menor, fuertemente subordinado al resto de la depresión en la hidrodinámica general.

En muchos casos de la provincia de Santa Fe, las cañadas son lineamientos tectónicos, localizados en forma paralela a intervalos regulares. En su mayoría son asimétricas; dichas formas, aunque resultan imperceptibles en la observación de campo, se refleja en los anchos diferentes que tienen las fajas de vegetación a ambos lados de la depresión central. Las cañadas más profundas o con menor pendiente suelen contener agua permanente y vegetación palustre. A ambos lados crece pajonal, una vegetación de humedal semipermanente.

Frecuentemente la faja de pajonal de una margen es dos o tres veces más ancha que la de la margen opuesta. Este patrón es producido por basculamiento de pequeños bloques tectónicos.

El tamaño de las cañadas es variable, la mayoría tiene entre 200 y 400 metros de ancho y 2 a 4 metros de profundidad. La longitud es de más de 5 Km, con máximos de hasta 35 Km. En la unidad geomorfológica Cañadas Paralelas de la Pampa Norte se suceden en intervalos de 1,5 a 2,5 Km. En otras áreas son escasas o inexistentes. En la cuenca del Salado las cañadas han

sufrido la influencia de procesos hídricos y eólicos de importancia variable. Se pueden definir tres tipos:

- a) Cañadas simples – Generadas por procesos neotectónicos muy recientes, sin influencia exógena.
- b) Cañadas con hoyas de deflación – Las cañadas fueron lugares favorables para la excavación de hoyas de deflación durante los climas áridos del Holoceno. Se trata de depresiones circulares de unos 200 metros de diámetro y pocos decímetros de profundidad, transformadas ahora en lagunas. Estas lagunas forman largas cadenas en la línea central de las cañadas.
- c) Cañadas con cauces centrales – Este tipo ha sufrido un incipiente modelado hídrico.

El canal es normalmente mucho más estrecho que la depresión general y tiene escasa influencia en la dinámica hídrica.

Las cañadas colectan el agua superficial y el escurrimiento subsuperficial. La mayoría de ellas tiene régimen temporario o intermitente, conteniendo agua solamente durante las épocas húmedas o después de tormentas importantes. Desde el punto de vista hidráulico, las cañadas están caracterizadas por alta rugosidad, causada por las densas matas de pajonal (*Panicum prionitis*) y de espartillar (*Spartina densiflora*) entre otras plantas. La alta rugosidad y la escasa pendiente longitudinal frenan el escurrimiento del agua. Dentro de estas características generales, existen visibles diferencias secundarias entre los diversos tipos de cañada; las del tipo c) permiten un drenaje comparativamente rápido, mientras que las de tipo a) tienen la capacidad mínima de escurrimiento, con mayores tiempos de retención y consecuentes altas tasas de infiltración y evapotranspiración. El tipo b) tiene el mayor potencial de evaporación directa.

En el clima húmedo actual las cañadas tienden a evolucionar hacia un paisaje fluvial, integrándose paulatinamente a las redes fluviales normales.

Frecuentemente las cañadas funcionan como cabeceras de los arroyos y ríos autóctonos de la llanura, lo que significa que son los cauces de primer orden de esas cuencas. El patrón de

avenamiento es paralelo, debido al origen tectónico de las depresiones. En general, la longitud total del conjunto de las cañadas menores es mucho mayor que la suma de las más importantes.

4º Elemento – Cauces fluviales – Un cauce fluvial propiamente dicho se distingue fácilmente de un cañada: es un canal o “zanja” excavado por el flujo del agua pendiente abajo. En un cauce activo la velocidad del agua varía desde pocos decímetros por segundo hasta más de dos metros por segundo. Los cauces fluviales en llanuras de agradación como la santafesina son dimensionados por el agua que fluye por ellos. La geometría hidráulica de los cauces fluviales (perfil transversal, profundidad, bancos de arena o barro, etc.) es claramente diferente a la de las cañadas, así también como su evolución. La naturaleza de un cauce de llanura es el producto del volumen de agua y sedimentos transportados por procesos de erosión y sedimentación en bajos gradientes.

Esta región conformada durante el Cuaternario Superior por procesos eólicos está sometida actualmente a un clima húmedo y en consecuencia a una dinámica hídrica de llanura.

El proceso sedimentario dominante es el transporte de sales en solución. En el paisaje generado por la secuencia de eventos descritos más arriba, las cabeceras del Salado conforman una típica cuenca de llanura, caracterizada por divisorias amplias y bajas (campos de arena holocenos, en este caso), numerosas lagunas y pantanos y una red hidrográfica formada por cañadas interconectadas (Iriondo, 2004). La dinámica hídrica actual está así definida por factores geológicos y climáticos.

La característica fundamental del factor climático en la Pampa es que está formado por ciclos hidrológicos interanuales, es decir que varios años secos sucesivos son seguidos por otros húmedos, en un patrón irregular. Durante los períodos hídricos normales y secos, el escurrimiento superficial en la región es de tipo endorreico hacia bajos y lagunas locales y el agua se evapora e infiltra desde estos cuerpos de agua. En estas condiciones predominan los procesos de transferencia de agua verticales sobre el escurrimiento (Paoli et al., 2005). En los períodos húmedos se produce una elevación generalizada del nivel freático que alcanza la

superficie en los lugares más bajos, provocando surgencia y formando bañados. Si los excesos hídricos superan la capacidad de almacenamiento de los bajos y lagunas, éstos desbordan y se concatenan formando líneas temporarias de flujo superficial relativamente concentrado.

El incremento de precipitaciones a partir del 1970-1971 ha producido anegamientos de gran magnitud y permanencia en la región. La proximidad de la freática a la superficie del terreno origina un aumento significativo del potencial de escurrimiento del terreno. Cuando la precipitación cae sobre un sistema saturado el porcentaje de la misma que se transforma en escurrimiento es mayor que el correspondiente a una condición de humedad antecedente normal. En consecuencia, el aumento del nivel freático, además de ser un efecto de la mayor generación de excesos hídricos, se ha convertido en una causa que potencia dicho aumento (Paoli et al., 2005).

Los cuerpos de agua en el sur de la provincia de Santa Fe son numerosos y pueden agruparse en leníticos (lagunas y pantanos) y lóticos (cañadas). Estos últimos forman una red integrada, que da origen al cauce fluvial normal del río Salado precisamente en el límite Santa Fe - Buenos Aires. La cañada más importante comienza junto a Venado Tuerto (Tuerto (33°45' lat. S y 61°55' long. O) y recorre unos 90 Km hacia el SE, desembocando en la laguna del Chañar (Teodelina), situada en el límite provincial. Tiene un ancho típico de 900 m y en la misma se han formado varias lagunas de gran tamaño, como Grigera y Las Encadenadas (junto a Villa Cañás). Esta cañada recibe como afluente principal en su margen izquierda a otra línea de depresiones.

Los bañados son cuerpos de agua transitorios que ocupan áreas normalmente sub-aéreas. Pueden abarcar superficies considerables, de hasta cientos de kilómetros cuadrados; fluyen lentamente pendiente abajo en forma de flujo no encauzado sumamente lento, sin transportar sedimentos ni dejar rastros ulteriores en el paisaje (Iriondo y Drago, 2004). La profundidad típica es de algunos centímetros. En la fase siguiente el agua se concentra lentamente en cañadas, depresiones lineales someras y muy anchas, cubiertas normalmente por pajonal y vegetación palustre, donde el agua alcanza una profundidad del orden de un metro y fluye en régimen

laminar. No hay transporte de sedimentos, aunque el caudal de sales disueltas (principalmente cloruros) es considerable. Las cañadas se extienden a lo largo de lineamientos tectónicos, parcialmente modificados por la dinámica fluvial del EIO 3.

Una característica frecuente en la hidrología de llanuras es la transfluencia temporaria entre cuencas vecinas en períodos húmedos (Iriondo, 1987). Este caso ocurre aquí en períodos extraordinarios, en los que la cuenca del Salado recibe agua de cuencas endorreicas adyacentes.

## 5 CUENCA

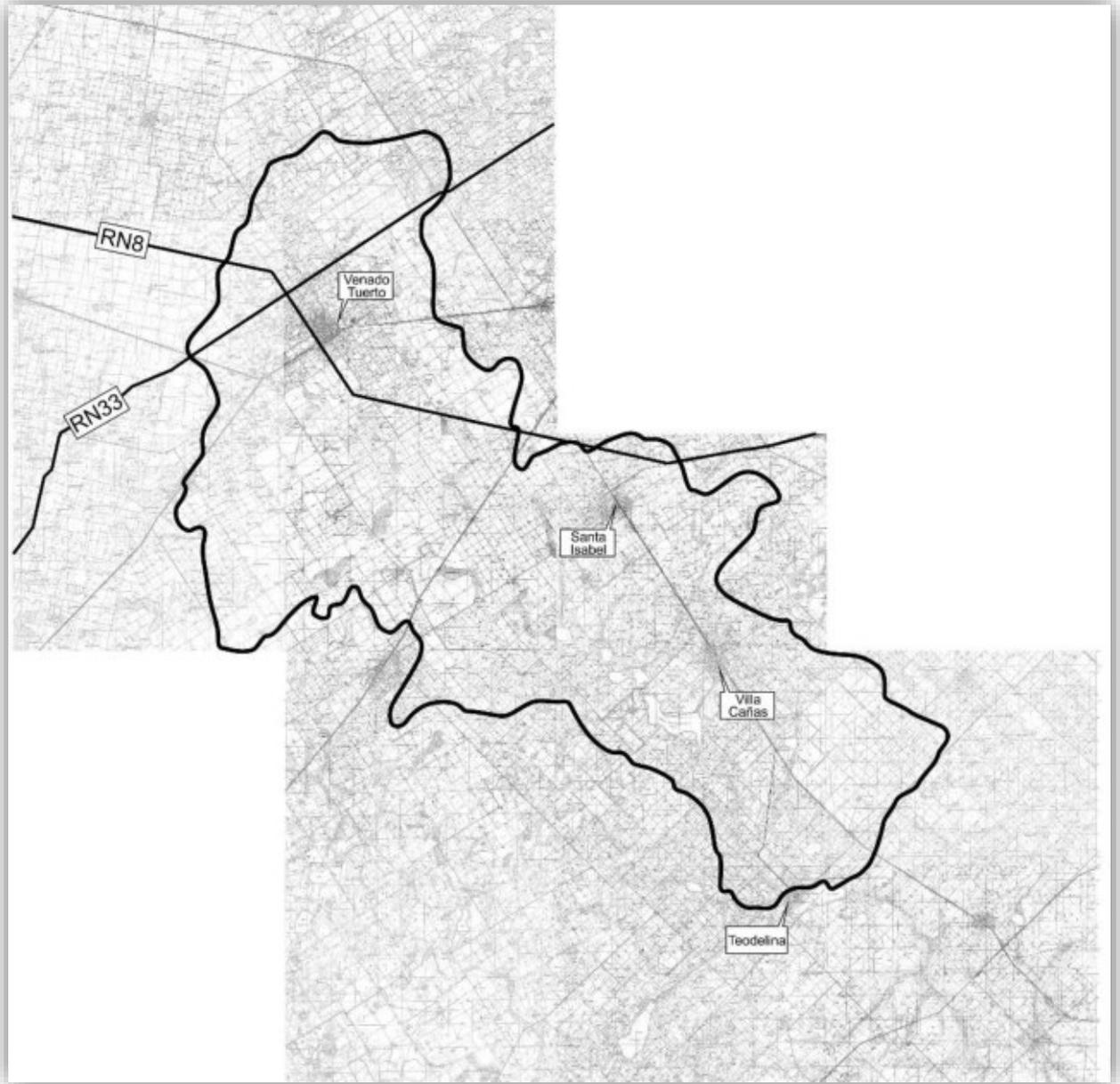
Se define como cuenca a la superficie por la cual el agua precipitada en una región escurre, se concentra y pasa por un punto determinado de cauce. Esta puede ser topográfica (cuando se define a partir de curvas de nivel sin considerar la permeabilidad del suelo) o de drenaje (cuando se considera para su delimitación la condiciones de escurrimiento del agua sobre ella). El comportamiento hídrico de la misma responde a las condiciones climatológicas del instante; a la forma, relieve y red de drenaje; a la cubierta vegetal y a la naturaleza del suelo.

### 5.1 DIVISORIA DE CUENCA

Para la determinación de la cuenca utilizamos las cartas topográficas de Instituto Geográfico Nacional en escala 1:50000 con curvas de equidistancias de 2,50 m e imágenes satelitales Landsat 5 TM obtenidas del Laboratorio de Imágenes UTN – FRVT.

Primeramente dibujamos sobre el mosaico de cartas topográficas una posible divisoria que se ajustó con las imágenes satelitales, en donde fue posible observar cursos de agua naturales y canalizaciones que revelan la dinámica del escurrimiento superficial.

El trazado sobre cartas topográficas lo realizamos mediante el estudio de los bajos, lomadas y posibles líneas de escurrimiento que se definen a través del nivel geográfico que se representan mediante las curvas de nivel. En la imagen 1 se muestra la divisoria obtenida.



**IMAGEN 1:** *Divisoria de la cuenca sobre cartas topográficas IGN.*

Debido a que se trata de una zona llana, las curvas de nivel solo aproximan al relieve del lugar, y considerando que el emplazamiento de cualquier tipo de obra hidráulica, modifica el comportamiento hídrico de la cuenca, fue necesario recurrir a imágenes satelitales para definir con más exactitud la cuenca.

A la imagen la modificamos en el software ENVI para resaltar sus coberturas. Esto lo logramos mediante índices de agua, suelo y vegetación que destacan: espejos de agua, suelos desnudos y follaje respectivamente.

A través de la combinación de estos resultados con el rojo, verde y azul, obtuvimos una imagen índice donde se manifiestan los contrastes entre las coberturas. A esta imagen le incorporamos la divisoria definida a través de las cartas topográficas y las modificamos incorporando superficie de aporte y descartando aquellas desaguan hacia otro lugar. El resulta de este proceso se muestra en la IMAGEN 2. La línea segmentada corresponde a la divisoria inicial. La línea continua corresponde a la divisoria ajustada.

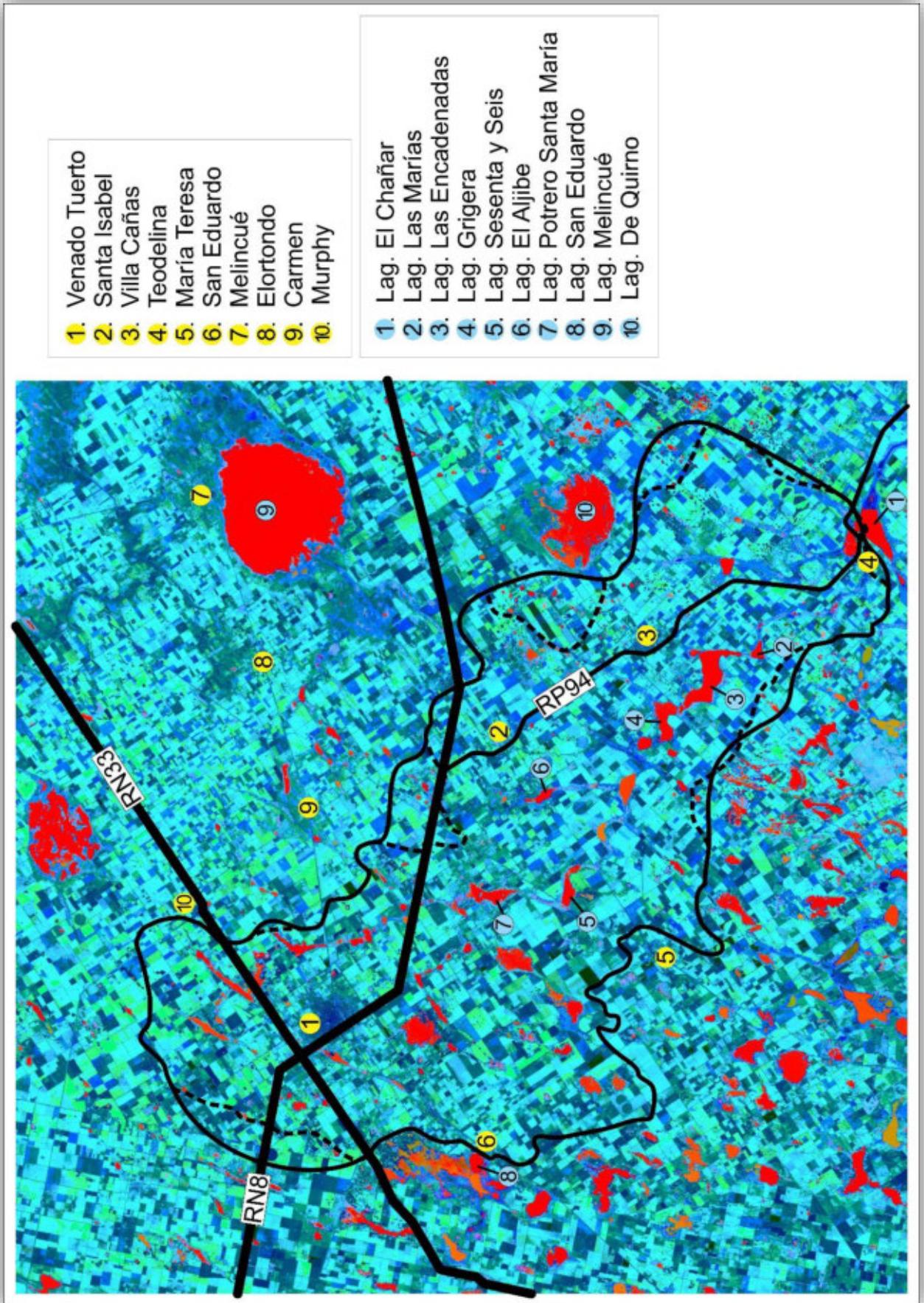


IMAGEN 2: Divisoria de la cuenca ajustada sobre imágenes satelitales.

En la IMÁGEN 3 se muestra la cuenca sobre la imagen satelital en falso color real, en donde se destaca la red drenaje, y en la IMÁGEN 4, la cuenca obtenida que de aquí en adelante será nuestra unidad hidrológica de estudio.

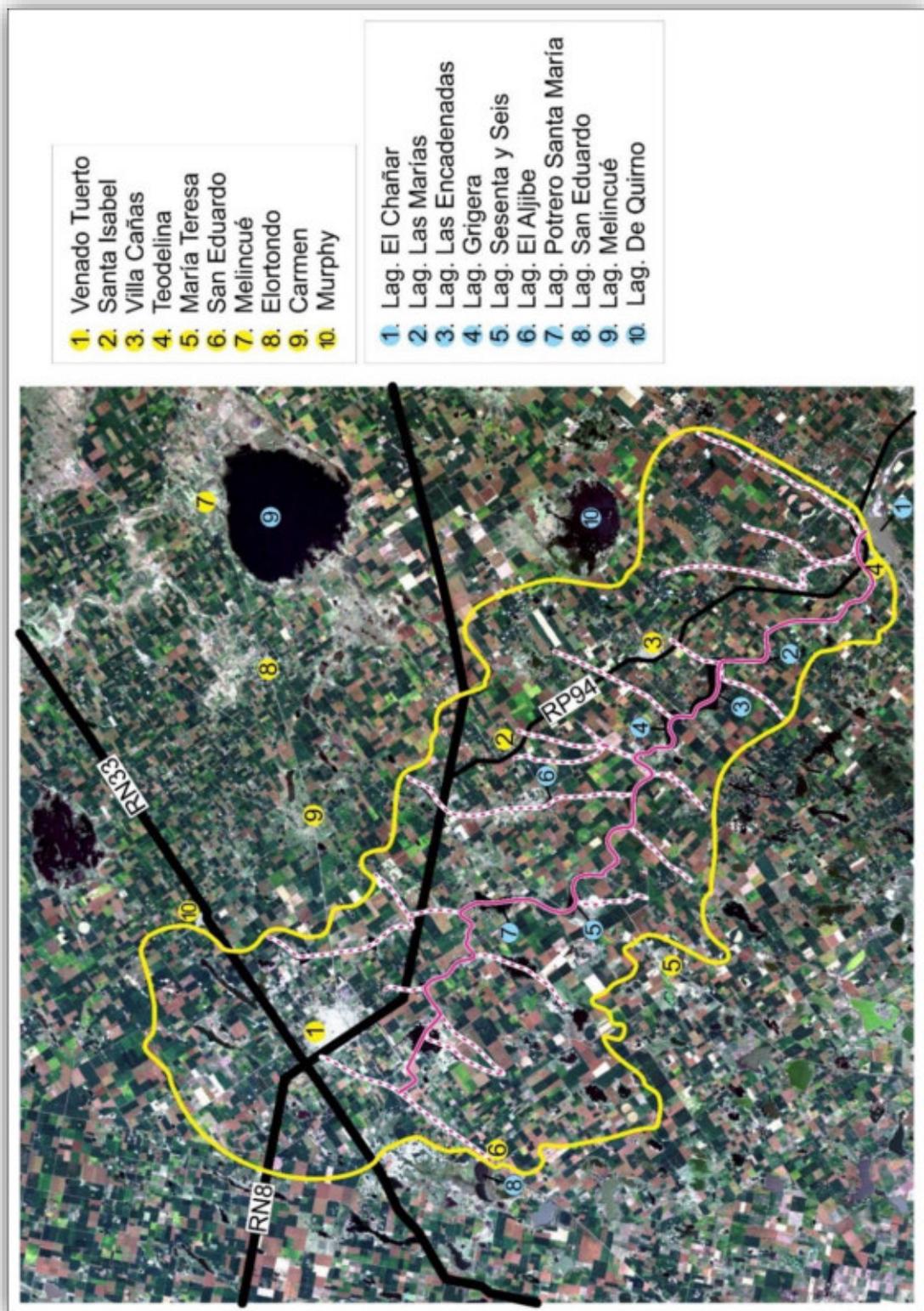


IMAGEN 3: Cuenca sobre imagen Landsat 5TM en falso color real. Red de drenaje.



IMAGEN 4: Unidad hidrológica

## 2.2. PARAMETROS TOPOGRAFICOS E HIDROGRAFICOS

Las características físicas de la cuenca tienen una importante influencia en el comportamiento hidrológico de la misma. Estas modifican el tiempo de concentración y los caudales picos.

La determinación del área y el perímetro de la cuenca, y la longitud de los cursos de agua la obtuvimos desde el software Autocad donde se realizó el trazado de la cuenca. Con estos datos, calculamos los demás parámetros. La TABLA 1 muestra los resultados.

PARÁMETROS TOPOGRÁFICOS E HIDROGRÁFICOS	Autocad	Escala			Real
		Autocad	Carta		
Área	753812,393	1629,890	4,000	km <sup>2</sup>	1849,971 km <sup>2</sup>
Perímetro	4737,393	40,250	2,000	km	235,398 km
Índice de compacidad	$P_c / (2\pi \cdot \text{raiz}(A_c/\pi))$				1,544
Longitud de cursos de agua	5608,856	40,250	2,000	km	278,701 km
Densidad de drenaje	Long. Total cursos de agua/area				0,1507 1/Km
Longitud del curso principal	1587,5575	40,250	2,000	km	78,885 km
Diferencia de nivel del curso principal	inicio (m)	107,500	final (m)	80	27,500 m
Pendiente del curso principal	diferencia nivel/longitu curso principal				0,000348609

**TABLA 1:** *Parámetros topográficos e hidrográficos de la cuenca*

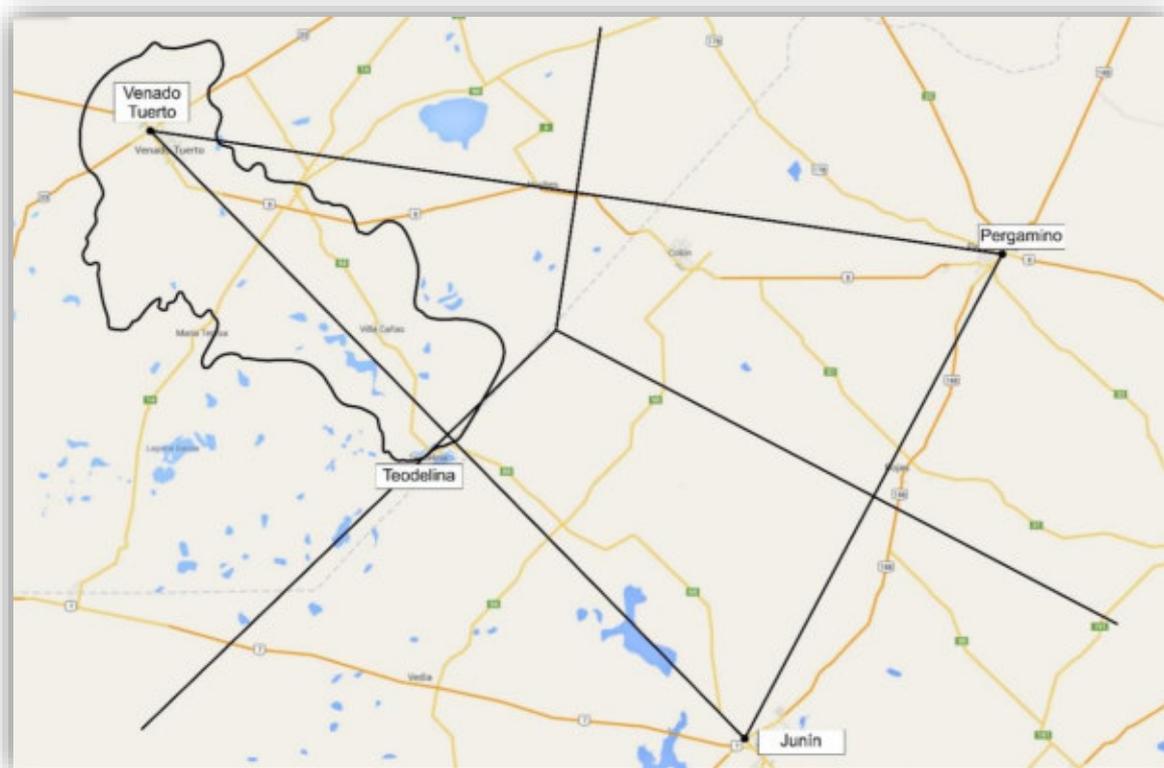
## 6 ANÁLISIS DE DATOS PLUVIOMÉTRICOS

### 6.1 ESTACIONES DE MEDICIÓN PLUVIAL

La base de datos pluviométricos consta de:

- Precipitaciones diarias del período 1970 – 2012 para las estaciones Pergamino y Junín obtenida de los municipios de las correspondientes localidades.
- Precipitaciones mensuales de Venado Tuerto, registradas durante 1990 - 2012 en el aeródromo de la localidad
- Precipitaciones diarias de Venado Tuerto para el mismo período que las mensuales, brindadas por el Servicio Meteorológico Nacional.

En la imagen 1 se muestra la ubicación de localidades de donde conseguimos los datos, y sobre el mapa el polígono de Thiesen para muestra del área afectada por cada estación pluviográfica. Pudimos observar que la mayor superficie que ocupa la cuenca está afectada por la precipitación de Venado Tuerto.



**IMAGEN 1:** Ubicación de las estaciones de mediciones pluviométricas

TABLA 1: ESTACIÓN JUNÍN

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	P ANUAL	P ANUAL ACUM
1970	138,8	21,1	152,3	37,2	35,6	10,7	13,1	11,7	95	101,1	34,4	47,8	698,8	698,8
1971	191,7	129,1	280,1	109,8	15,2	23,5	68,4	39,8	51,4	113,5	29,7	50,4	1102,6	1801,4
1972	126,6	28,5	45,1	30,7	28,9	69	42,7	46	82,6	60,5	60,1	74,5	695,2	2496,6
1973	213,2	146,9	230,3	79,3	35,6	110,6	45,9	2,7	15,1	102,6	39,5	23,7	1045,4	3542
1974	234,7	132	75,4	6,1	70,7	48,6	24,5	59,2	21,1	53,4	40,1	84,3	850,1	4392,1
1975	92,6	163,2	329,2	114,6	77,8	41,5	7,4	50,3	39,6	50,4	56,7	22,2	1045,5	5437,6
1976	228,4	210	65,9	91,9	35,6	11,1	32,6	151,4	8,4	146,7	128,4	273	1383,4	6821
1977	169,2	95	123	21,5	42,1	39,8	5,4	40,2	46,9	68,2	112,4	122,6	886,3	7707,3
1978	238,7	29,9	155,6	71,1	29,1	13,5	107,1	11,5	140,2	152,6	118,2	89,5	1157	8864,3
1979	104,5	69,3	122,9	33,1	29,9	35,6	33,5	43,2	6,8	49	116,5	191,7	836	9700,3
1980	43,5	99,7	339,3	178,8	35,7	33,1	44,4	21,1	41,4	113,5	149,8	54,6	1154,9	10855,2
1981	276,8	117,9	117,3	70,9	53,7	25,4	17,9	14,3	27,5	89,2	122,5	48,2	967,3	11822,5
1982	184,5	131,5	119,8	113,9	7,4	45,6	16,6	7,9	155,9	80	50,2	33,9	947,2	12769,7
1983	98,9	98,4	61,2	124,4	70,2	9	0,3	34,9	12,7	156,8	90,2	134,2	891,2	13660,9
1984	169,8	336,7	90,7	60,5	12,4	19,6	13	21,5	62,6	176,5	99,5	42	1104,8	14765,7
1985	82,1	77,4	33,2	111,4	86,2	1,9	53	22,2	90,8	164,8	240	59,5	1022,5	15788,2
1986	213,1	42,4	47,8	97,7	119,4	13,9	0,6	24,2	69,6	131	114,2	20,7	894,6	16682,8
1987	99,6	244,5	162,7	82,7	28	1,8	127,3	20,5	26,4	70,1	175,6	130,7	1169,9	17852,7
1988	56,2	33,2	283	54,7	0,5	11,6	36,5	2	68,4	56,7	36	82,8	721,6	18574,3
1989	112,8	130,2	174,3	77	93	49,2	31,3	35,5	20,3	46,5	46,9	193,5	1010,5	19584,8
1990	178,7	122,9	329,1	118,9	54,6	0,4	32,5	29,8	84,4	175,8	193,7	91,4	1412,2	20997
1991	111	93,8	115,9	155,2	47,2	75,2	32,2	62,7	63,3	161,2	90,7	244,1	1252,5	22249,5
1992	114,7	15,5	103,9	68,3	35,2	51,9	14,2	93,2	56,7	75,7	145,6	90,6	865,5	23115
1993	219,5	30,7	137,9	355,6	104,6	109,8	3,3	30,4	49,9	174,7	154,9	109,5	1480,8	24595,8
1994	51,8	29,9	11,9	125,5	71,5	74	36	33	20,4	134,3	48,5	122	758,8	25354,6
1995	92	53,1	94,4	296	54,6	19,5	18,1	0,3	12	111	55,7	69	875,7	26230,3
1996	66,2	103,9	28,1	171,3	35,6	1	12,2	41,5	48,2	93,6	198	195,6	995,2	27225,5
1997	189,8	55,9	77,9	70,8	48,9	69,1	12,8	8,1	34,1	146,2	82	202,4	998	28223,5
1998	91,7	169,1	57,2	110,2	93,3	3,3	36,1	9,6	21,3	65,8	118,6	130,4	906,6	29130,1
1999	124,9	139,3	169,2	38,6	9,9	16,8	14,6	34	67,7	44,8	47,7	54,2	761,7	29891,8
2000	57,1	134	110,7	142,7	307,1	23	1,8	14	33,6	254,6	122	14,2	1214,8	31106,6
2001	237,6	276,8	321,8	85,8	59,4	17,7	12	135	110,8	264,2	129,6	83,3	1734	32840,6
2002	115,2	44,6	349,4	65	116,6	3	17,6	82	20,5	187	149	169	1318,9	34159,5
2003	57,7	186,3	134	147	52,9	19,1	98,1	21,2	21,8	86	126,5	71	1021,6	35181,1
2004	128,3	20	54	134	93,5	1	44,1	67,5	11	66,2	111,9	229,7	961,2	36142,3
2005	173,9	46,2	149,4	45,5	5,2	7,4	40,7	88,6	64,4	35	119,4	45,9	821,6	36963,9
2006	211,5	91,1	97,8	138,5	9	46	23,1	0	31	269,1	67	141,9	1126	38089,9
2007	111,3	255,7	267,6	50,9	52,6	16,4	3,6	1,2	71,6	86,4	109,8	80,4	1107,5	39197,4
2008	100	161	175,5	1,8	0	26	36,9	3	39	89,5	63,3	47	743	39940,4
2009	33,4	70,3	35,5	112,7	24,2	3	114,8	14,3	147,7	111,3	203,8	312,3	1183,3	41123,7
2010	162	247,9	81,5	45	88,4	42	38,9	2,3	119	62,8	8,2	49,4	947,4	42071,1
2011	193,3	160	88,2	98	60,3	31,4	29	10	41,8	100	131,8	1,1	944,9	43016
<b>PM MENSUAL</b>	140,4	115,4	142,9	98,7	55,5	30,3	33,2	34,0	53,6	113,8	103,3	103,2	<b>1024</b>	<b>MODULO PLUVIOM</b>

TABLA 2: ESTACIÓN PERGAMINO

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	P ANUAL	P ANUAL ACUM
1970	69,2	129,8	133,1	24,7	97,7	6,4	61,7	45,8	100,4	111,8	37,8	54,9	873,3	873,3
1971	248,6	234,6	145,1	109,8	17,9	64,8	58,1	43,8	80,8	95,3	35,8	31,4	1166	2039,3
1972	126	35	71,8	27,2	18,7	93,3	41,7	74,7	102,7	105,1	98,6	73	867,8	2907,1
1973	179,1	253,6	173	197,9	6,9	118,5	79,7	0	2	156,1	112,9	62,1	1341,8	4248,9
1974	148,1	78,1	65,1	1,6	41,5	39,3	125,2	67,5	33,5	76,1	41,7	97,7	815,4	5064,3
1975	56,8	170,4	272,6	65,2	50,6	90,3	3,6	70,7	70,2	31	28,9	66,8	977,1	6041,4
1976	115	139,2	112,3	110,4	80,5	13,2	25,7	153,4	2,4	159,6	55,3	211,7	1178,7	7220,1
1977	84,8	179	89,7	15,6	36,7	33,8	18,3	30,1	22,3	157,9	111,2	129,9	909,3	8129,4
1978	318,6	65,9	202,8	45,8	13,9	12,1	101,9	6,9	271,4	151,4	86,6	145,3	1422,6	9552
1979	33,4	115,1	160,1	24,9	18,8	35,6	30	39,7	19,8	81,8	156,8	164,1	880,1	10432,1
1980	60	194,1	220,1	141	80,1	35,8	62	22,3	29,7	156,8	145,9	69	1216,8	11648,9
1981	207,5	67,5	74,9	102,9	69,1	28,2	36,4	2,8	51,1	60,3	78,9	40,3	819,9	12468,8
1982	169,3	89,3	91,8	113,8	65,8	17,5	21,7	0	155,2	82,9	112,4	18,8	938,5	13407,3
1983	40,9	71,5	86,4	16,9	55,4	7	0,2	31,8	50,1	148,1	103,6	71,7	683,6	14090,9
1984	157,1	504,1	54,1	67,2	22,2	18,9	7	13	63,1	234,5	83	33,3	1257,5	15348,4
1985	40,1	134,4	46,3	79,9	86,8	7,3	66,5	21,4	78,3	177,5	111,1	67,9	917,5	16265,9
1986	299	44,7	24,4	152,8	22,6	52,3	2,1	38,3	27,8	149,6	193,6	11,8	1019	17284,9
1987	91,6	175,2	206,5	72,9	9,4	1,5	104	21,5	12,9	120,7	129,5	86,3	1032	18316,9
1988	71,3	70,4	382,2	53,9	0,3	3,6	34,6	0	26	67,9	66,2	113	889,4	19206,3
1989	104,6	58,2	163,8	54,6	65,3	50,4	27,1	61,6	17,5	102,8	107,1	142,3	955,3	20161,6
1990	149,1	58,3	160,2	177,5	68,5	0,4	38,9	9,3	40,9	193,8	185,7	186,6	1269,2	21430,8
1991	112,1	46,8	139,2	184,9	103	77,2	27,7	54,7	77	84,3	91,1	307,2	1305,2	22736
1992	85,6	60,1	58,3	86,7	37,2	194,4	24,7	55,5	37,1	47,5	113,2	80	880,3	23616,3
1993	201,8	41,1	95,5	382,2	97,4	64	11,6	23,6	51,6	261,4	92,1	182	1504,3	25120,6
1994	62,5	70,7	39,4	107,2	52,8	25,4	17,1	25	10,8	173,5	22,8	69,9	677,1	25797,7
1995	103	43,9	183	482,1	10	15,4	7,7	0	25,5	119,9	125,8	25	1141,3	26939
1996	95,7	123,1	48,8	144,3	26,3	4,3	10,7	28,1	34,5	50,8	64,7	96,1	727,4	27666,4
1997	163,2	83,9	46,2	83,9	42,3	48,3	9,2	38,1	8,6	210,7	188,6	148,1	1071,1	28737,5
1998	109	94,4	77,2	68,9	69,3	1,3	25,5	2,7	3,4	84,8	151,9	140,9	829,3	29566,8
1999	91,9	85,2	199,8	40,2	12,1	10,9	12,5	42,4	35,9	65,4	22,8	67,3	686,4	30253,2
2000	70,3	217,7	50,1	171,8	210,4	18,2	1,5	9,3	102,2	198,5	181,8	28,3	1260,1	31513,3
2001	156,3	160,3	353,2	90,7	81,1	32,3	4	110,5	112,8	299,7	87,8	71,3	1560	33073,3
2002	231,4	16,4	263,2	104,1	146,9	1,6	9,1	60,9	30,5	250,9	138,4	238,2	1491,6	34564,9
2003	61,1	187	211,1	188,7	41,9	6,2	108,1	15,7	19,2	37,8	81,8	129	1087,6	35652,5
2004	112,7	30,4	32,5	138,4	81,1	3,7	22,8	62,1	1,5	61,9	91,8	132,9	771,8	36424,3
2005	96,6	113,6	115,8	65,5	4,5	20,3	24,4	41,9	45,8	59,9	114,2	35	737,5	37161,8
2006	131,3	103	90,9	92,5	2,9	33,9	12,6	0	22,3	191,1	89,3	190,3	960,1	38121,9
2007	144,8	150,6	274,3	57,6	17,2	16,9	14	4,7	101	105,6	51,9	87,9	1026,5	39148,4
2008	65	75	101,5	5	0	11	22,7	1,4	41,5	81,8	114	53,2	572,1	39720,5
2009	43	147	73	86	40	2	59	1	88,6	46	195,5	343,5	1124,6	40845,1
2010	151	215,5	35,5	60,5	75	8,2	24	0,3	87	84,5	27	48,5	817	41662,1
2011	234	193,5	64,5	81	36,5	24	15	2	36	76	52,5	0,5	815,5	42477,6
<b>PM MENSUAL</b>	126,0	122,0	130,7	104,2	50,4	32,1	33,58	31,7	53,12	124,1	99,5	103,6	<b>1011,4</b>	<b>MODULO PLUVIOM</b>

**TABLA 3: ESTACIÓN VENADO TUERTO – AERÓDROMO**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	P ANUAL	P ANUAL ACUM
1990	119	108,7	203	196,4	134,4	3,2	21,9	1,4	16,4	149,5	194	41,5	1189,4	1189,4
1991	194	100	182,2	63,4	81,8	84	23	41,2	30,8	112	84,4	221,1	1217,9	2407,3
1992	67,3	18	180	29,2	43,5	20	18,9	73,2	97,4	45,9	149,9	71,1	814,4	3221,7
1993	97	59,9	77	233,8	75,4	2	3	33,3	50,6	160,7	111,5	223,9	1128,1	4349,8
1994	150,5	64	120	75,6	93,4	37,4	16,6	18,2	25,9	112	56,4	124,5	894,5	5244,3
1995	56,9	50,2	158,4	72	42,3	0	5	0	21,3	91	144	79,5	720,6	5964,9
1996	88	146,2	88	96	17	0	2,5	4	10,9	23	49	76	600,6	6565,5
1997	129,5	99	65	90	35	71	15,6	8	8,5	173,8	173	109,1	977,5	7543
1998	164,5	158	77,5	119,8	67	13,1	7	7	5	45	170,8	129	963,7	8506,7
1999	74,2	149,7	192	83,6	8	17,7	2,2	14,8	26,3	44	45,5	75	733	9239,7
2000	142	82	93	157,8	139,9	9,3	1,2	5,5	18	154,8	176,5	43,7	1023,7	10263,4
2001	92	0	370,4	108	9,2	13,2	0,3	45,5	116,7	147,6	59	50	1011,9	11275,3
2002	120,5	55	202,1	88,1	57,7	6,4	11,6	43,6	19,3	203,7	68,5	157	1033,5	12308,8
2003	127	84	120	93,9	22,4	0	0	13,3	4,4	12	42,1	111,7	630,8	12939,6
2004	50	70,9	50,5	181,3	80,9	0	39	34,8	0	79,3	77,1	125,6	789,4	13729
2005	75,1	18,4	66,5	36	5	18,3	19	32,2	58	85,5	91,5	50	555,5	14284,5
2006	101	141,4	87,6	105	0,3	44	8,5	35,5	12,7	153	116	192	997	15281,5
2007	91,8	191,2	194,9	15	64	17	4,1	35,5	68,1	40	28	104	853,6	16135,1
2008	100,7	204	104	36,6	2	1,7	8,5	0	25,5	77,5	165,2	63,2	788,9	16924
2009	33,5	125	53,5	50	22	0	30,6	3	101,5	43,7	165,5	231,7	860	17784
2010	155,5	89,4	166,8	46	56	12,3	0,3	0,3	82,4	84,4	49,5	39,1	782	18566
2011	40,5	35	34,9	26,4	27,8	26,4	23,4	30,3	30	30,1	36	35,8	376,6	18942,6
2012	97,1	218	128	0	45,2	0	0	48,8	91	152,6	83,3	78	942	19884,6
<b>PM MENSUAL</b>	102,9	98,6	131,1	87,1	49,1	17,3	11,4	23,0	40,0	96,6	101,6	105,8	<b>864,55</b>	<b>MODULO PLUVIOM</b>

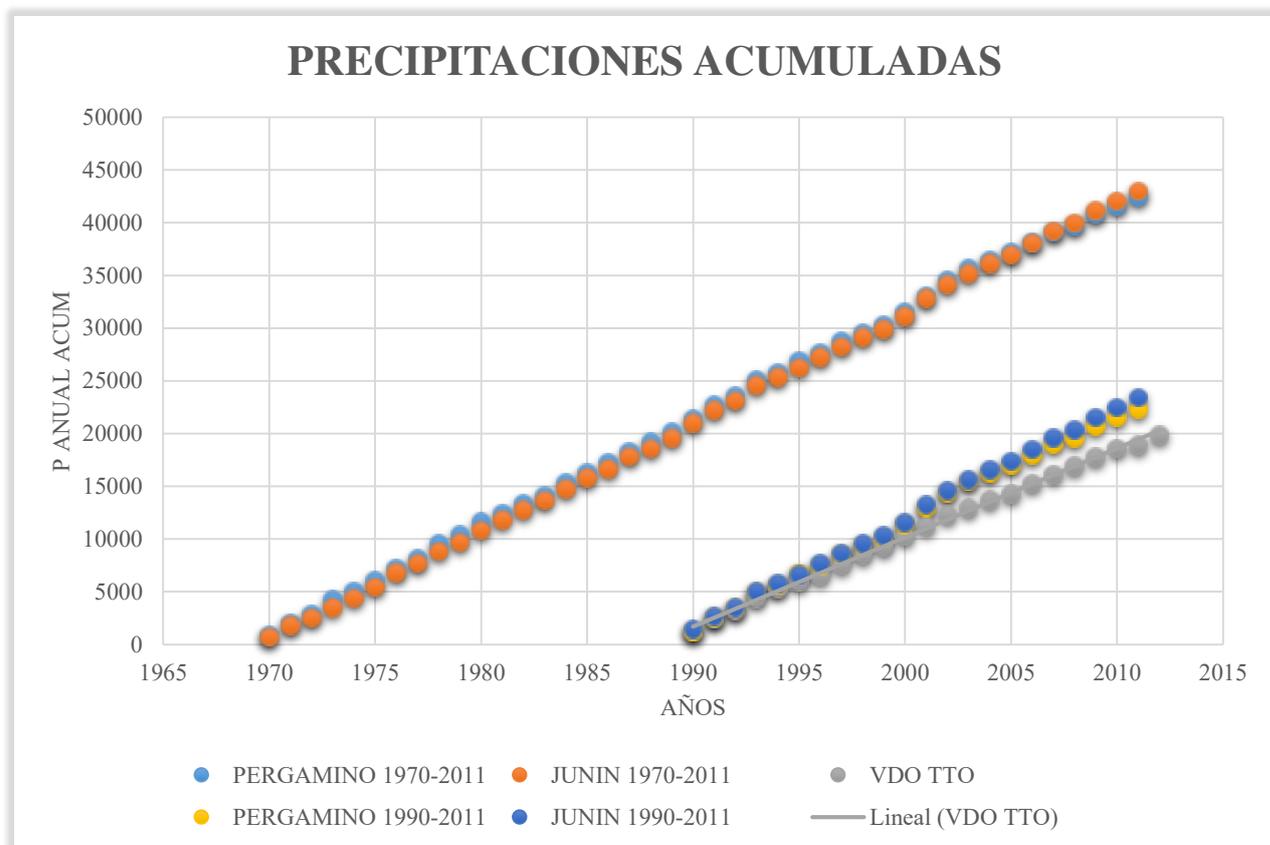
## 6.2 ANÁLISIS Y COMPARACIONES DE DATOS

Para verificar la confiabilidad de las estaciones o posibles alteraciones en los registros de lluvia, las comparamos mediante curvas doble másicas.

Partiendo de los datos de precipitación diaria construimos tablas de ordenamiento de datos con precipitaciones mensuales y calculamos (TABLA 1, 2 y 3):

- Promedio de precipitación mensual
- Precipitación anual
- Precipitación anual acumulada
- Modulo pluviométrico

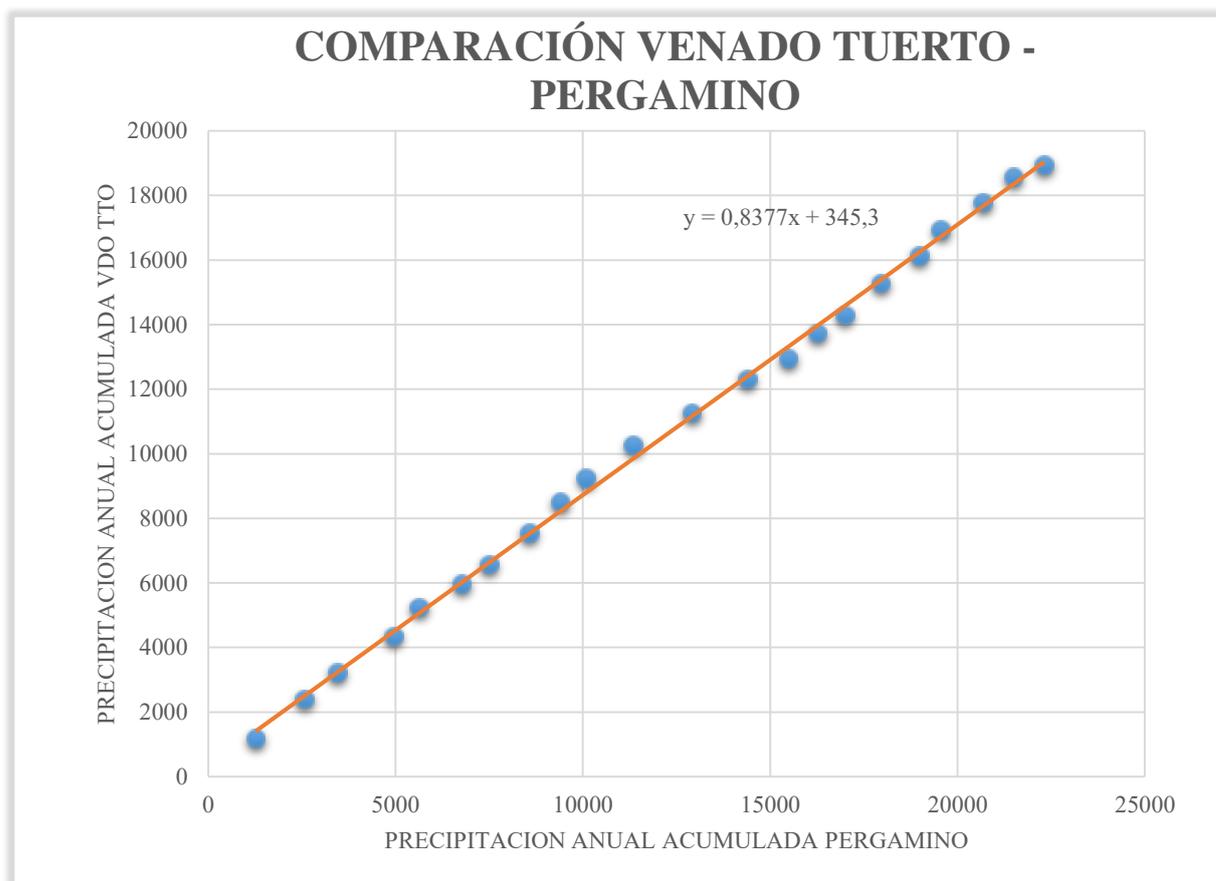
Graficando en el eje de abscisas los períodos de tiempo y en el eje de ordenas las precipitaciones anuales acumuladas, comparamos los datos de las tres estaciones (GRAFICO 1).



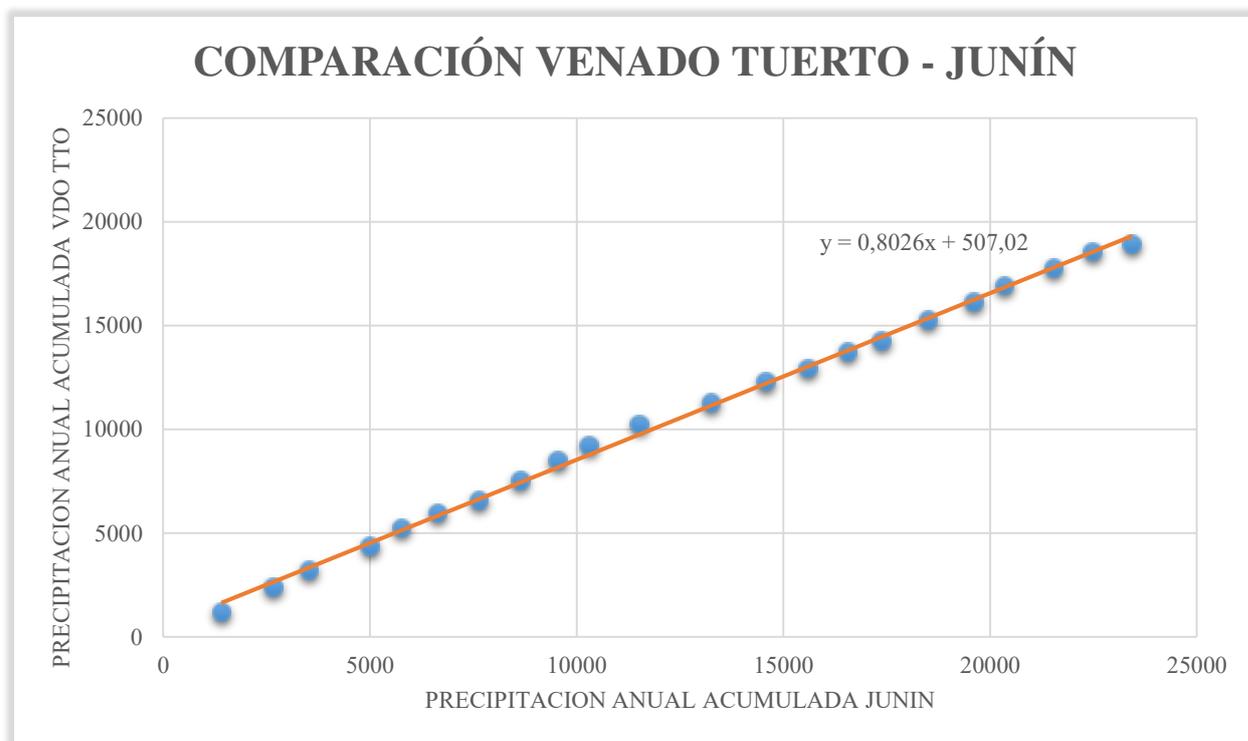
**GRAFICO 1:** Comparación de estaciones por precipitaciones acumuladas.

Observamos que en los primeros años las mediciones se asemejan entre sí. Al final del periodo los registros acumulados de Junín y Pergamino son mayores que los de Venado Tuerto y además varía la pendiente de la recta mostrando una sutil variación entre estaciones.

Para verificar inconsistencia comparamos las precipitaciones anuales acumuladas de Venado Tuerto con Pergamino y Junín graficando en el eje de abscisas las precipitaciones acumuladas de la estación de referencia y en el eje de ordenadas la estación de estudio (GRAFICOS 2 y 3).



**GRAFICO 2:** Análisis de consistencia Venado Tuerto – Pergamino



**GRAFICO 3:** Análisis de consistencia Venado Tuerto – Junín

Conclusión del estudio pluviométrico, no presentan quiebres en su pendiente, por lo que podemos decir que los datos son confiables.

### 6.3 COMPARACIÓN DE MÓDULOS PLUVIOMÉTRICOS

Se define como módulo pluviométrico al promedio de las precipitaciones anuales de una estación. Los módulos pluviométricos fueron calculados en el punto 3.1. Estos son:

- Estación Pergamino: 1 011,4 mm
- Estación Junín: 1 024,19 mm
- Estación Venado Tuerto: 864,55 mm

Si los referimos a un mapa de isoyetas (líneas de igual modulo pluviométrico) vemos que los valores de las mismas y los calculados corresponden, y se observa que Pergamino y Junín no poseen el mismo orden de isoyeta que Venado Tuerto.

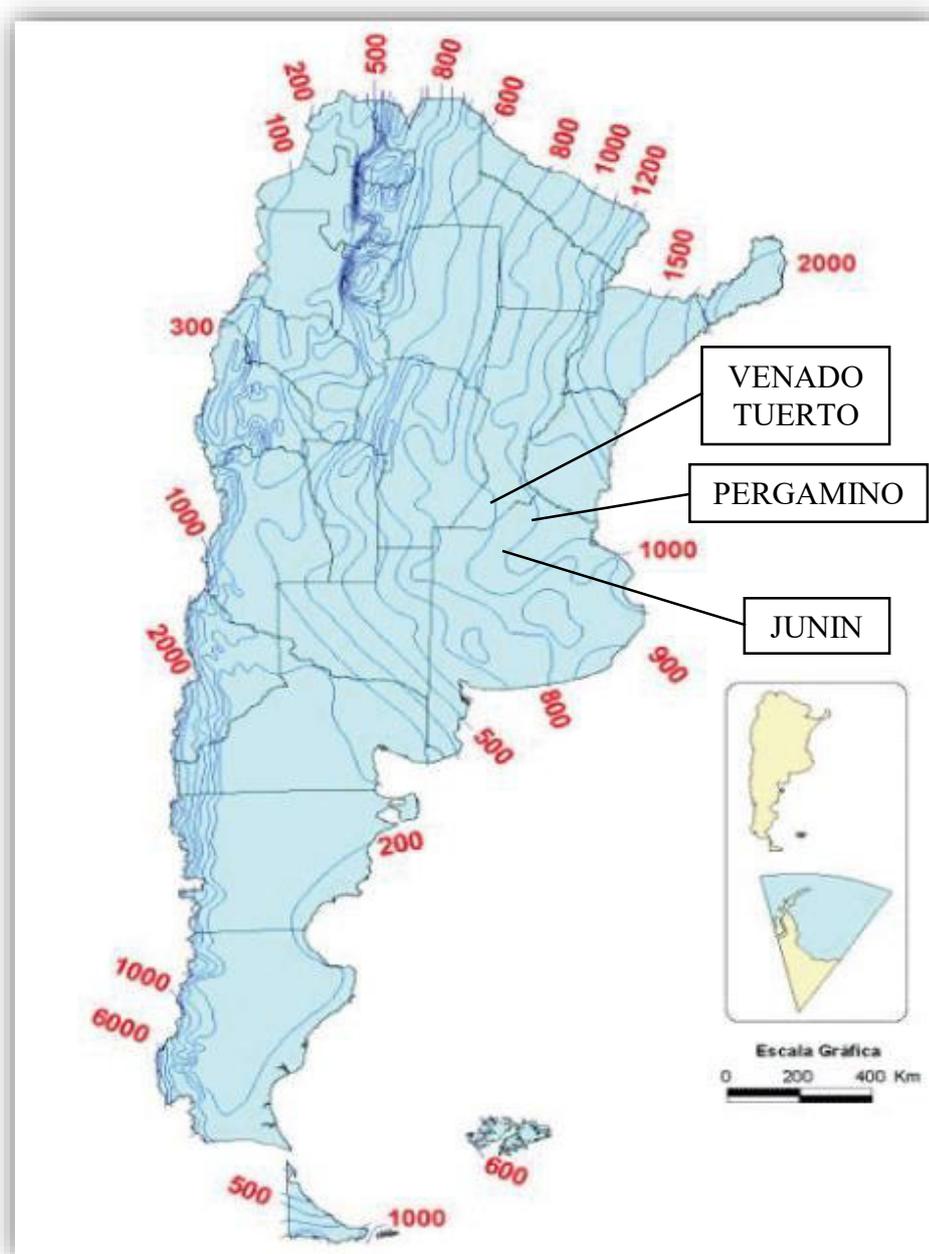


IMAGEN 2: Mapa de Isoyetas - Balance Hídrico de la República Argentina 1994

## 6.4 CONCLUSIONES

Con el procesamiento de datos realizado, decidimos rechazar las estaciones de Pergamino y Junín. Esto se puede observar en la diferencia de valores de los módulos pluviométricos y de las isoyetas. Otro motivo de descarte es el hecho que no pertenecen a la cuenca, por lo tanto no realizaremos la triangulación entre Pergamino, Junín y Venado Tuerto.

Decidimos tomar al Servicio Meteorológico Nacional como fuente fidedigna.

## 7 PRECIPITACIONES DE DISEÑO

El objetivo primario de aplicar la estadística en hidrología, es el análisis de la información hidrológica, a fin de inferir las características que debe tenerse en cuenta para definir en el futuro el fenómeno que se estudia.

Dada la variable aleatoria, interesa describir la probabilidad de ocurrencia de los distintos estados. Puede decirse que el modelo probabilístico permite conocer y manejar el comportamiento de la variable y sintetiza toda la información sobre probabilidades asociadas a cada estado.

### 7.1 FRECUENCIA EXPERIMENTAL Y DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD

En el estudio de consistencia, seleccionamos las precipitaciones máximas diarias de la serie del SMN, entre los años 1990 y 2012, a las que ordenamos de mayor a menor y le asignamos una probabilidad de excedencia. El término medio con mejor justificación estadística es la probabilidad experimental de Weibull.

Para estimar una precipitación de diseño asociada a un período de retorno dado es necesario ajustar el evento a una ley de distribución de probabilidad. De las distribuciones de valores extremos la Ley de Gumbel ha demostrado tener mayor aceptación al ajuste de este tipo de fenómenos.

A continuación se muestra el cálculo de los parámetros estadísticos de la muestra y la distribución de probabilidad de Weibull y Gumbel (TABLA 1):

Parámetros estadísticos:

$$\text{MEDIA ARITMETICA: } X_m = \frac{\sum X_i}{N} = 73.8261$$

$$\text{DESVIO ESTANDAR: } \sigma = \sqrt{\sum (X_i - X_m)^2 * \frac{1}{N}} = 23.6297$$

Parámetros de Gumbel:

$$\text{ESCALA: } \alpha = \frac{1}{0.78 \cdot \sigma} = 0.05426$$

$$\text{POSICIÓN: } X_0 = X_m - \frac{0.577}{\alpha} = 63.1913$$

m	Años	P anual (Xi)	Fei (Weibull)	(Xi-Xm) <sup>2</sup>	Fx (Gumbel)
1	mar-02	136,5	0,0417	3928,02	0,98144
2	ene-91	124	0,0833	2517,42	0,96376
3	nov-90	107,5	0,1250	1133,93	0,91361
4	mar-94	98	0,1667	584,38	0,85960
5	mar-95	88	0,2083	200,90	0,77084
6	oct-97	84	0,2500	103,51	0,72371
7	ene-92	80	0,2917	38,12	0,66916
8	mar-01	79,5	0,3333	32,19	0,66181
9	ene-98	78	0,3750	17,42	0,63905
10	abr-00	78	0,4167	17,42	0,63905
11	sep-12	67	0,4583	46,60	0,44339
12	ene-03	64,5	0,5000	86,97	0,39398
13	feb-99	64	0,5417	96,55	0,38402
14	mar-06	63	0,5833	117,20	0,36406
15	feb-08	62	0,6250	139,86	0,34412
16	mar-11	62	0,6667	139,86	0,34412
17	abr-04	60	0,7083	191,16	0,30451
18	ene-96	55	0,7500	354,42	0,21022
19	oct-05	53	0,7917	433,73	0,17581
20	mar-09	52	0,8333	476,38	0,15957
21	mar-07	51	0,8750	521,03	0,14405
22	mar-10	51	0,9167	521,03	0,14405
23	oct-93	40	0,9583	1144,20	0,02962

$\Sigma Xi$	1698	$\Sigma (Xi$	12842,30435
-------------	------	--------------	-------------

TABLA 1: Distribución de probabilidad de Weibull y Gumbel

## 7.2 TEST DE KOLMOGOROV

Una vez obtenida la probabilidad experimental de Weibull y definida la Ley de probabilidad de Gumbel, comparamos los resultados para contrastar la hipótesis de ajuste y decidir rechazarla o aceptarla. Esto lo realizamos mediante el Test de Kolmogorov.

Los valores correspondientes a los límites de aceptación son:

- 95% -----  $Z_1 = 1,36$
- 99% -----  $Z_2 = 1,63$
- 99,5%--  $Z_3 = 1,95$

La hipótesis se acepta si  $\Delta = \max |f_{ei} - f_{ti}| < \frac{Z}{\sqrt{N}}$

La TABLA 2 muestra la diferencia entre la probabilidad experimental y la ley de distribución de probabilidad adoptada.

m	Años	P anual (Xi)	Fei (Weibull)	1-Fei	Fx (Gumbel)	Px = 1-Fx	Fei - Px
1	mar-02	136,5	0,0417	0,9583	0,9814	0,01856	0,0231
2	ene-91	124	0,0833	0,9167	0,9638	0,03624	0,0471
3	nov-90	107,5	0,1250	0,8750	0,9136	0,08639	0,0386
4	mar-94	98	0,1667	0,8333	0,8596	0,14040	0,0263
5	mar-95	88	0,2083	0,7917	0,7708	0,22916	-0,0208
6	oct-97	84	0,2500	0,7500	0,7237	0,27629	-0,0263
7	ene-92	80	0,2917	0,7083	0,6692	0,33084	-0,0392
8	mar-01	79,5	0,3333	0,6667	0,6618	0,33819	-0,0049
9	ene-98	78	0,3750	0,6250	0,6390	0,36095	0,0140
10	abr-00	78	0,4167	0,5833	0,6390	0,36095	0,0557
11	sep-12	67	0,4583	0,5417	0,4434	0,55661	-0,0983
12	ene-03	64,5	0,5000	0,5000	0,3940	0,60602	<b>-0,1060</b>
13	feb-99	64	0,5417	0,4583	0,3840	0,61598	-0,0743
14	mar-06	63	0,5833	0,4167	0,3641	0,63594	-0,0526
15	feb-08	62	0,6250	0,3750	0,3441	0,65588	-0,0309
16	mar-11	62	0,6667	0,3333	0,3441	0,65588	0,0108
17	abr-04	60	0,7083	0,2917	0,3045	0,69549	0,0128
18	ene-96	55	0,7500	0,2500	0,2102	0,78978	-0,0398
19	oct-05	53	0,7917	0,2083	0,1758	0,82419	-0,0325
20	mar-09	52	0,8333	0,1667	0,1596	0,84043	-0,0071
21	mar-07	51	0,8750	0,1250	0,1440	0,85595	0,0190
22	mar-10	51	0,9167	0,0833	0,1440	0,85595	0,0607
23	oct-93	40	0,9583	0,0417	0,0296	0,97038	-0,0120

TABLA 2: Diferencia entre la probabilidad experimental de Weibull y la ley de probabilidad de Gumbel

Para un nivel de confianza del 95%  $\rightarrow Z_c = 1.36$

Desviación Crítica  $D_c = \frac{Z_c}{\sqrt{N}} \Rightarrow 0.2836$

La desviación  $D = (Fei - Px) = 0.1060 < D_c \rightarrow$  ACEPTACIÓN DE HIPÓTESIS

### 7.3 PAPEL PROBABILISTICO DE GUMBEL

El resulta de la comparación se visualiza en el papel probabilístico de Gumbel calculando dos puntos de probabilidad conocida de la recta.

Para trazar la recta:

$$F(x) = 0.99 \rightarrow x = \frac{-\text{Ln}(-\text{Ln}F_{(x)})}{\alpha} + X_0 \Rightarrow x = 47.98 \text{ mm}$$

$$F(x) = 0.40 \rightarrow x = \frac{-\text{Ln}(-\text{Ln}F_{(x)})}{\alpha} + X_0 \Rightarrow x = 64.80 \text{ mm}$$

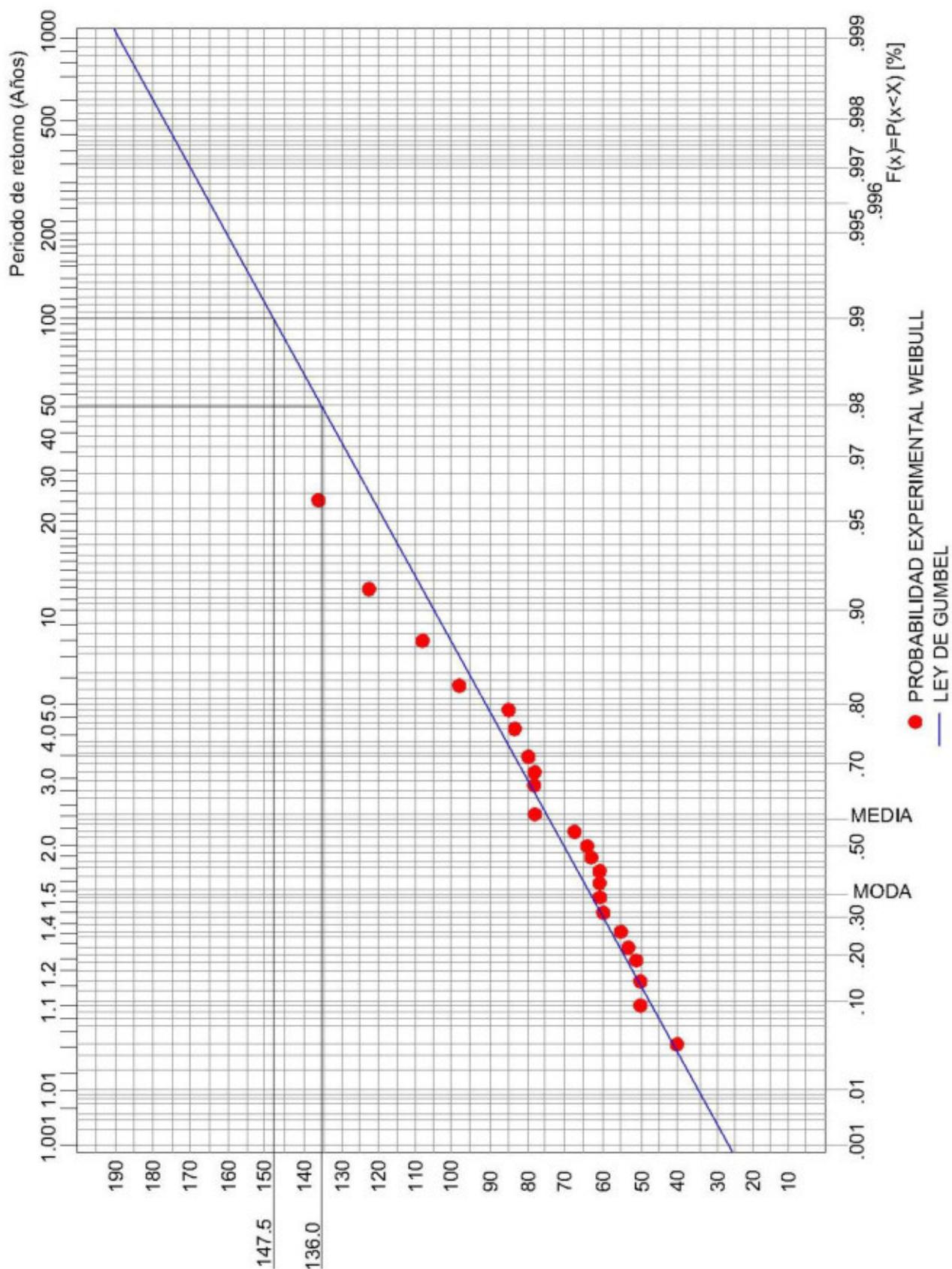


GRAFICO 1: *Papel probabilístico de Gumbel*

## 8 HIETOGRAMA DE DISEÑO

El hietograma de diseño refleja la distribución en el tiempo de la tormenta calculada en un determinado período de retorno con el que se pretende analizar situaciones o dimensionar y/o verificar obras hídricas.

En función al tipo de cuenca que estamos estudiando y la distribución de precipitaciones de la zona, se decide aceptar como precipitación de diseño para 50 años de recurrencia a 136 mm, y precipitación de verificación a 147.50 mm para 100 años de recurrencia.

El método usado para componerlo es el hietograma triangular, que calcula la intensidad máxima y el tiempo al pico mediante un valor de coeficiente de avance de lluvia.

### 8.1 HIETOGRAMA DE DISEÑO PARA 50 AÑOS DE RECURRENCIA

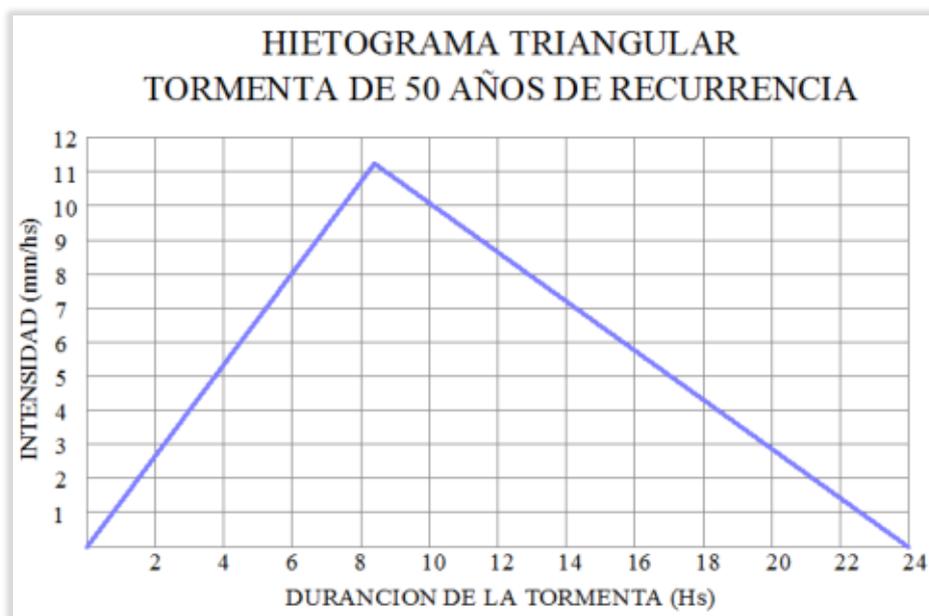
Para obtener el hietograma de diseño consideramos los siguientes parámetros:

- Coeficiente de avance de lluvia: 0,35
- Recurrencia: 50 años
- Tiempo de duración del aguacero: 24 hs
- Lluvia de diseño: 136 mm
- Intervalo de tiempo: 2 hs

Calculamos el tiempo al pico y la intensidad máxima, y con estos datos graficamos el hietograma triangular:

Tiempo al pico:	$R \cdot \text{Tiempo}$	8,4	Hs
Intensidad máxima:	$\text{Int tiempo} \cdot \text{LLd} / \text{Tiempo}$	11,333	mm/hs

TABLA 1: *Parámetros del hietograma triangular para 50 años de recurrencia*

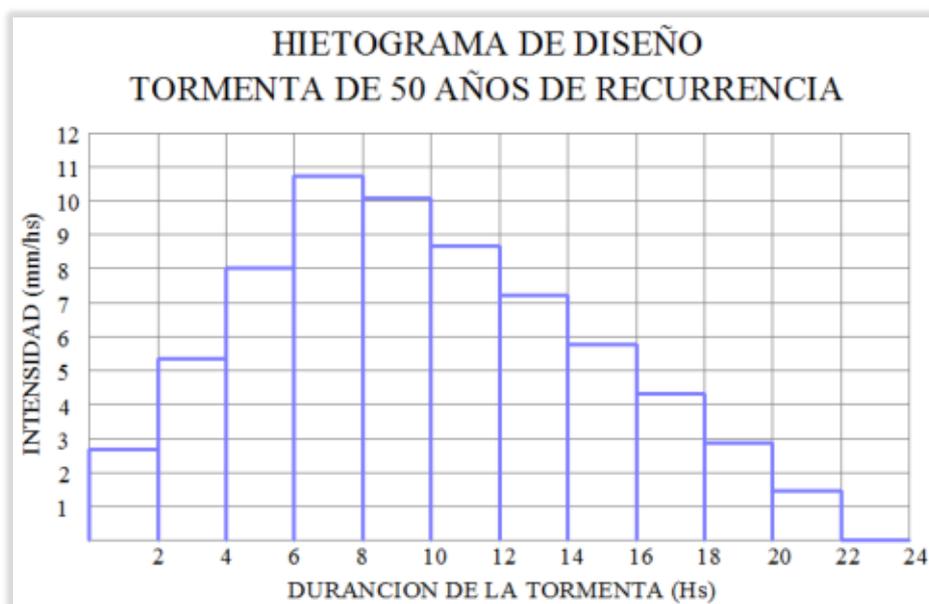


**GRAFICO 1:** *Hietograma triangular para 50 años de recurrencia*

A partir del hietograma triangular y con el intervalo de tiempo considerado calculamos las barras del hietograma siguiendo el concepto de igualdad de área bajo la curva. Obtuvimos lo siguiente:

Tiempo hs	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Intensidad (mm/hs)	0	2,70	5,40	8,10	10,79	10,17	8,72	7,27	5,81	4,36	2,91	1,45	0

**TABLA 2:** *Intensidad de lluvia para intervalos de 2 hs*



**GRAFICO 2:** *Hietograma para una tormenta de 50 años de recurrencia*

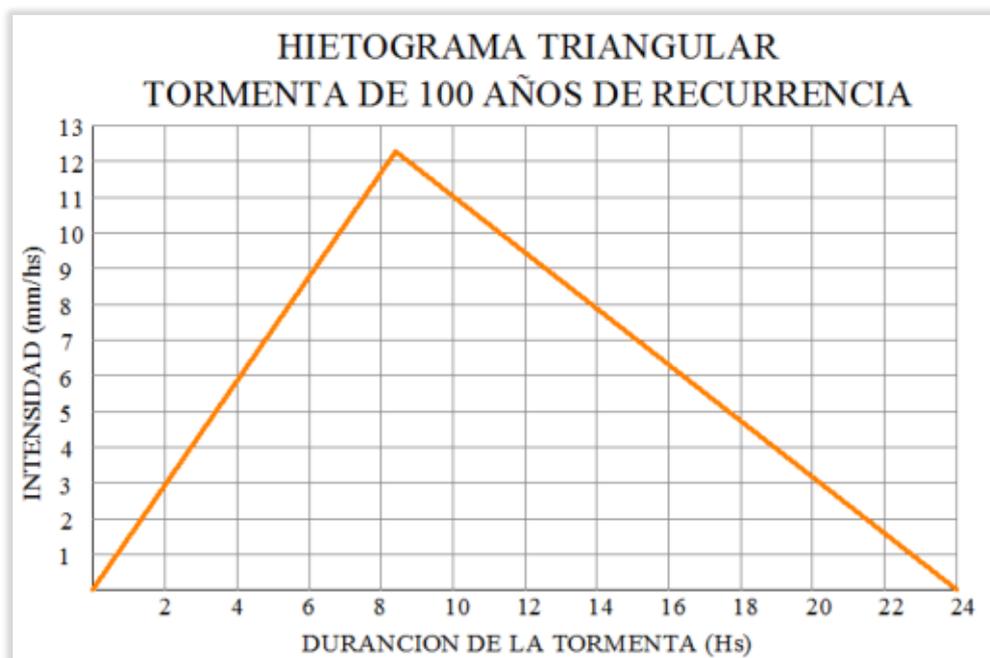
## 8.2 HIETOGRAMA DE DISEÑO PARA 100 AÑOS DE RECURRENCIA

Lo mismo que hicimos en el ítem anterior lo aplicamos para la lluvia de 100 años de recurrencia. Obtuvimos lo siguiente:

- Coeficiente de avance de lluvia: 0,35
- Recurrencia: 100 años
- Tiempo de duración del aguacero: 24 hs
- Lluvia de diseño: 147,50 mm
- Intervalo de tiempo: 2 hs

Tiempo al pico:	$R \cdot \text{Tiempo}$	8,4	Hs
Intensidad máxima:	$\text{Int tiempo} \cdot \text{LLd} / \text{Tiempo}$	12,2917	mm/hs

**TABLA 3:** *Parámetros del hietograma triangular para 50 años de recurrencia*



**GRAFICO 3:** *Hietograma triangular para 50 años de recurrencia*

Tiempo hs	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Intensidad (mm/hs)	0	2,93	5,85	8,78	11,7	11	9,46	7,88	6,3	4,73	3,15	1,58	0

TABLA 4: Intensidad de lluvia para intervalos de 2 hs

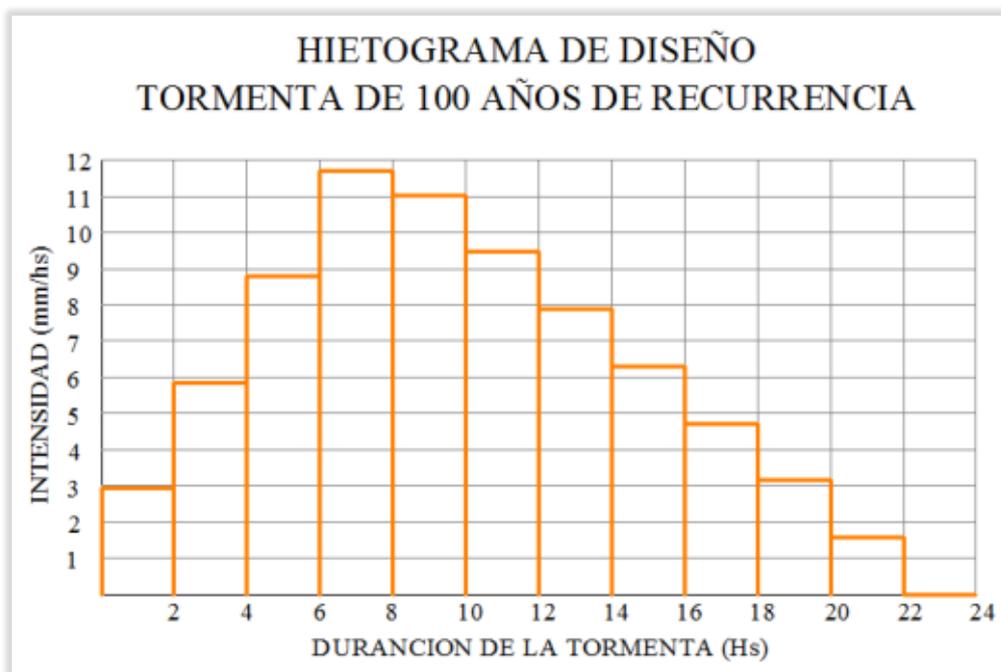


GRAFICO 4: Hietograma para una tormenta de 50 años de recurrencia

## 9 CLASIFICACION HIDROLÓGICA DE SUELOS

### 9.1 MAPA DE SUELOS

La geología y el tipo de suelo son importantes para la determinación de la infiltración. Esta información es útil para la estimar la escorrentía superficial de la cuenca.

A continuación se muestra un mapa de suelos correspondiente a la cuenca de estudio que realizamos basándonos en las cartas de suelo confeccionadas por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) en el año 1970 de Maggiolo, Venado Tuerto y Villa Cañas (IMAGEN 1).

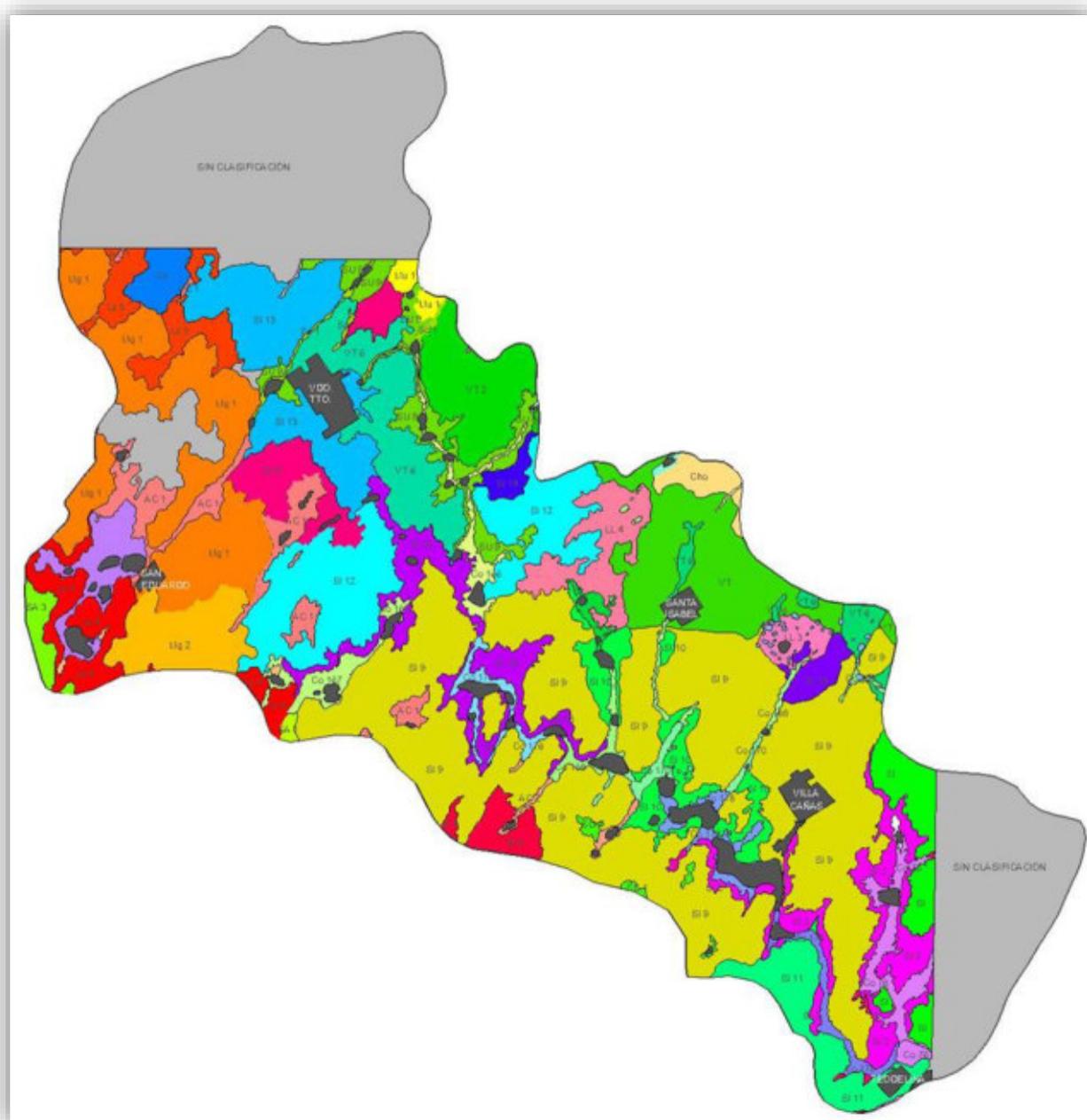


IMAGEN 1: Mapa de suelos de la cuenca

Los porcentajes de los distintos complejos de suelos son:

Simbología	Denominación	%
AC 1	Escorrimento superficial muy lento - Encharcamiento - Drenaje pobre - Peligro de anegamiento e inundaciones - Dificultad de eliminación de agua a través del perfil del suelos	2,52%
AC 2	Drenaje muy pobre - Encharcamientos e inundaciones - Nivel freático muy cerca de la superficie	0,25%
AC 4	Planos directamente conectados con lagunas y ejes de avenamientos - Elementos de drenaje tipo cerrado	0,06%
Cho	Drenaje bueno - Suelo desarrollado en lomadas	0,71%
Cho 1	Escorrimento lento - Anegamiento en época de abundantes precipitaciones	0,02%
Cn	Drenaje bueno	0,74%
Co 166	Suelos pobremente drenados inundados con frecuencia - Nivel freático muy cerca de la superficie - Corresponde a complejos de suelos que rodea los sistemas de lagunas	0,58%
Co 167	Bajos extensos o planos de inundación que circulan lagunas permanentes - Drenaje imperfecto	0,80%
Co 168	Complejo Laguna Aljibe I	0,64%
Co 169	Complejo Laguna Aljibe II	0,02%
Co 170	Cañadas próximas a lagunas - Drenaje muy pobre - Nivel freático muy cerca de la superficie	0,41%
Co 171	Complejo Laguna La Larga I	0,03%
Co 172	Complejo Laguna La Larga II	0,07%
Co 173	Complejo Laguna La Larga III	0,01%
Co 176	Complejo Laguna La Sesenta y Seis	0,50%
Co 177	Complejo Laguna La Dolores	0,11%
Co 178	Áreas inundables de lagunas - Cuerpos sujetos a frecuentes y prolongadas inundaciones	0,47%
Co 179	Áreas inundables de lagunas - Cuerpos sujetos a frecuentes y prolongadas inundaciones	0,51%
Co 180	Suelos próximos a lagunas - Complejo integrado por suelos inundables - Suelos aluviales desarrollados sobre suelos limosos	0,01%
Co 191	Planos directamente conectados con lagunas - Terrenos planos cóncavos inundables - Suelos aluviales - Anegamientos permanentes	1,50%
Co 76	Depresión que deriva agua hacia la laguna - Vías de drenaje definidas -	1,17%
DM 2	Pendientes amplias y suaves - Buen drenaje	0,00%
LL 3	Suelos en contacto con vías de drenaje - Drenaje deficiente - Encharcamientos periódicos en los sectores bajos	0,69%
LL 4	Encharcamientos periódicos en sectores bajos - Sequía en sectores altos	2,02%
Lz 4	Drenaje pobre - Encharcamientos en los sectores bajos	2,34%
Lz 5	Planos extendidos bajos	1,76%
Mg 1	Drenaje bueno	7,75%
Mg 2	Lomadas arenosas aisladas - Escasa retención de humedad - Sequía temporaria	2,37%
Mu 1	Drenaje bueno - Libre de anegamientos	0,36%
SA 1	Drenaje algo excesivo	0,10%
SA 3	Transición entre suelos limo arcillosos a arenosos - Baja retención de humedad	0,55%
SG 1	Drenaje bueno	0,22%
SI	Drenaje bueno - Libre de anegamientos	1,88%
SI 10	Sectores bajos, planos y planos-concavos - Drenaje pobre	2,44%
SI 11	Drenaje bueno - Textura franca	2,41%
SI 12	Suelos con muy buen drenaje - Textura franca a franca limosa	6,53%
SI 13	Planos altos con lomadas amplias y extendidas - Textura franca a franca limosa	5,42%
SI 14	Movimiento interno imperfecto del agua	0,41%
SI 15	Drenaje insuficiente - Anegamientos	0,65%
SI 16	Anegamientos en períodos de abundante precipitación - Nivel freático próximo a la superficie	3,12%
SI 2	Cauces de agua bien definidos	2,23%
SI 3	Buen drenaje - Libre de encharcamiento	0,05%
SI 4	Depresiones alargadas de relieve plano cóncavo	2,15%
SI 5	Suelos bien drenados - Eficiente escurrimiento superficial - Lomadas	0,92%
SI 9	Drenaje bueno - Textura franca	26,96%
So 1	Suelos con drenaje imperfecto - Napa freática muy cerca de la superficie	0,28%
SU 9	Drenaje pobre - Encharcamientos en los sectores bajos	2,42%
VT	Drenaje bueno - Suelo desarrollado en lomadas	8,13%
VT 2	Drenaje imperfecto - Peligro de anegamiento en bajos	0,09%
VT 3	Planos cóncavos - Riesgo de anegamiento	0,25%
VT 5	Drenaje imperfecto - Peligro de anegamiento	0,70%
VT 6	Suelos bien drenados - Libres de anegamiento	3,68%

**TABLA 1:** Porcentajes de complejos de suelos de la cuenca

## 9.2 MAPA DE COBERTURA

El tipo de cobertura es un factor importante a tener en cuenta a la hora de determinar la escorrentía superficial de la cuenca.

La cuenca en estudio cuenta casi en su totalidad con una vegetación que responde a la actividad agrícola y ganadera, quedando solo en los cursos de agua intermitentes flora autóctona del lugar. Dependiendo de la época del año, se encuentra sembradíos como soja, girasol, maíz, sorgo, trigo y pasturas. Una porción de superficie corresponde a suelos desnudos, que han sido cultivados o cosechados; y otra parte a cursos de agua intermitentes. También se destaca superficies correspondientes a urbanizaciones, en un porcentaje mucho menor a las mencionadas anteriormente.

A continuación se muestra el mapa de coberturas que obtuvimos a partir de una clasificación visual sobre una imagen LANDSAT 5TM de Marzo del 2001 en falso color real (IMAGEN 2).

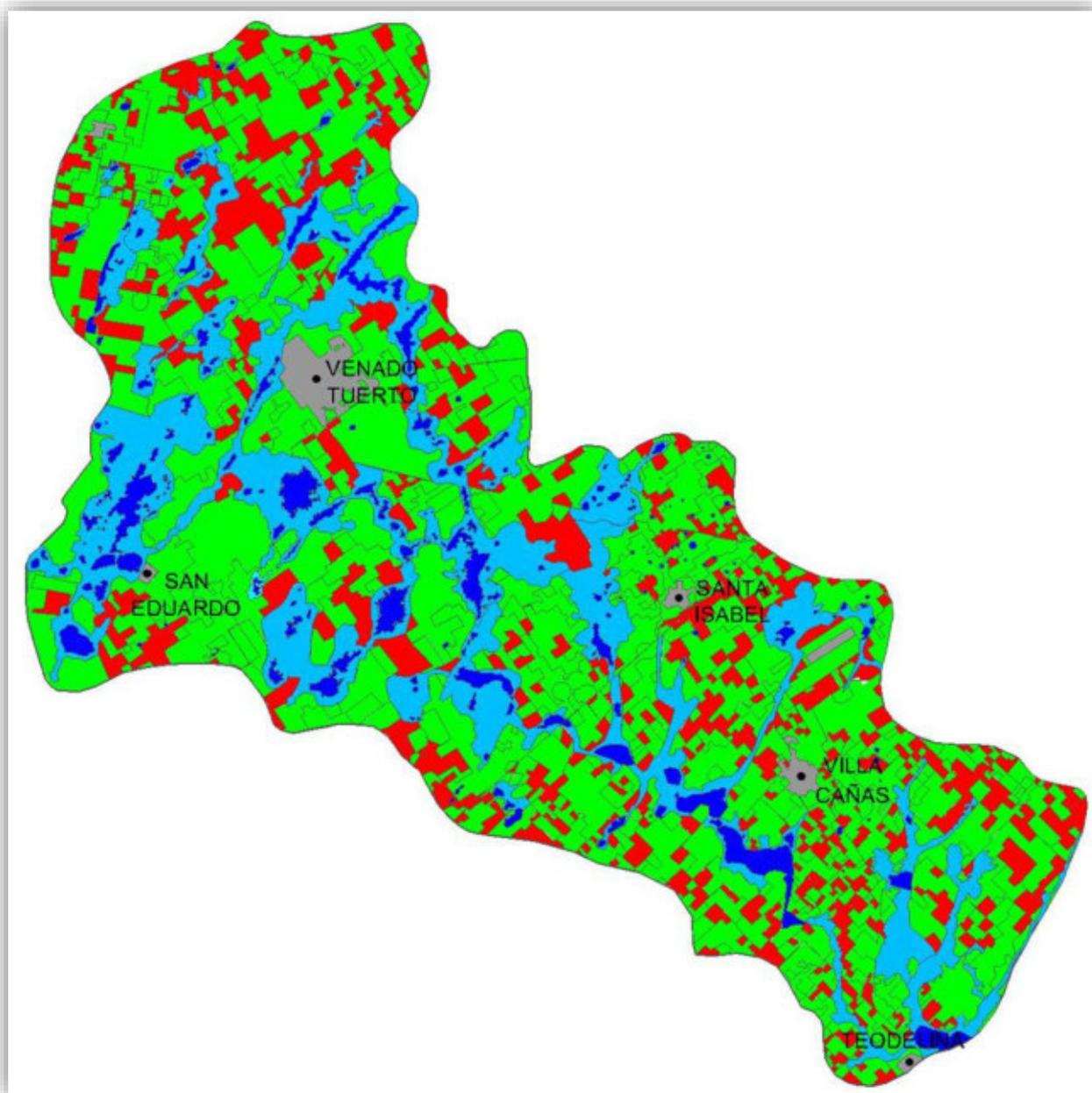


IMAGEN 2: Mapa de coberturas de la cuenca

De la clasificación realizada, calculamos el porcentaje de cada cobertura (TABLA 2).

CATEGORIAS	COLOR	%
CULTIVOS	Verde	54,67%
SUELOS DESNUDO	Rojo	18,34%
SUELOS INUNDABLES	Azul claro	20,51%
URBANIZACION	Gris	1,65%
LAGUNAS	Azul oscuro	4,83%

TABLA 2: Cantidad y tipo de coberturas de la cuenca.

### 9.3 CLASIFICACIÓN HIDROLOGICA DEL SUELO SEGÚN SCS

A los fines de establecer el complejo hidrológico suelo – vegetación, se clasifica a los suelos bajo ciertas condiciones (cubierta vegetal mínima, precipitación superior a la potencial infiltración y aumento de volumen máximo admitido por el suelo). Los distintos tipos de suelos así definidos y con características similares (espesor, textura, contenido de materia orgánica y capacidad de saturación) se comportan de forma semejante bajo un aguacero de larga duración y de intensidad significativa. Dentro de estos límites los suelos se clasifican en:

- TIPO A: *Suelos con potencial de escurrimiento mínimo.*

Comprende aquellos suelos arenosos sueltos, ligeramente limosos o con pequeña cantidad de arcilla. En caso de presencia de loess, este es profundo. Incluye también los suelos recién arados. En general la capacidad de infiltración es alta.

- TIPO B: *Suelos con potencial de escurrimiento bajo.*

Comprende los suelos arenosos menos profundos o medianos y ligeramente sueltos. La capacidad de infiltración es superior a la media aun después de humedecidos o mojados.

- TIPO C: *Suelos con potencial de escurrimiento medio.*

Comprende los suelos francos, franco – limosos, algunos franco arcillosos, etc; poco profundos en general. La capacidad de infiltración es menor a la media una vez humedecidos o mojados.

- TIPO D: *Suelos con potencial de escurrimiento alto.*

Comprende a la mayoría de los suelos denominados “compactos” o arcillosos, los rocosos de montaña y todos aquellos que presentan horizontes más o menos impermeables. La capacidad de infiltración es en general baja.

A continuación se muestra la clasificación que realizamos según el criterio antes mencionado y bajo las características hidráulicas rescatadas de la clasificación taxonómica de los suelos del INTA (TABLA 3).

Simbología	Denominación	%	Tipo de Suelo
AC 1	Escurrimiento superficial muy lento - Encharcamiento - Drenaje pobre - Peligro de anegamiento e inundaciones - Dificultad de eliminación de agua a través del perfil del suelos	2,52%	D
AC 2	Drenaje muy pobre - Encharcamientos e inundaciones - Nivel freático muy cerca de la superficie	0,25%	D
AC 4	Planos directamente conectados con lagunas y ejes de avenamientos - Elementos de drenaje tipo cerrado	0,06%	D
Cho	Drenaje bueno - Suelo desarrollado en lomadas	0,71%	B
Cho 1	Escurrimiento lento - Anegamiento en época de abundantes precipitaciones	0,02%	C
Cn	Drenaje bueno	0,74%	B
Co 166	Suelos pobremente drenados inundados con frecuencia - Nivel freático muy cerca de la superficie - Corresponde a complejos de suelos que rodea los sistemas de lagunas	0,58%	D
Co 167	Bajos extensos o planos de inundación que circulan lagunas permanentes - Drenaje imperfecto	0,80%	D
Co 168	Complejo Laguna Aljibe I	0,64%	D
Co 169	Complejo Laguna Aljibe II	0,02%	D
Co 170	Cañadas próximas a lagunas - Drenaje muy pobre - Nivel freático muy cerca de la superficie	0,41%	D
Co 171	Complejo Laguna La Larga I	0,03%	D
Co 172	Complejo Laguna La Larga II	0,07%	D
Co 173	Complejo Laguna La Larga III	0,01%	D
Co 176	Complejo Laguna La Sesenta y Seis	0,50%	D
Co 177	Complejo Laguna La Dolores	0,11%	D
Co 178	Áreas inundables de lagunas - Cuerpos sujetos a frecuentes y prolongadas inundaciones	0,47%	D
Co 179	Áreas inundables de lagunas - Cuerpos sujetos a frecuentes y prolongadas inundaciones	0,51%	D
Co 180	Suelos próximos a lagunas - Complejo integrado por suelos inundables - Suelos aráricos desarrollados sobre suelos limosos	0,01%	D
Co 191	Planos directamente conectados con lagunas - Terrenos planos cóncavos inundables - Suelos aluviales - Anegamientos permanentes	1,50%	D
Co 76	Depresión que deriva agua hacia la laguna - Vías de drenaje definidas -	1,17%	D
DM 2	Pendientes amplias y suaves - Buen drenaje	0,00%	B
LL 3	Suelos en contacto con vías de drenaje - Drenaje deficiente - Encharcamientos periódicos en los sectores bajos	0,69%	D
LL 4	Encharcamientos periódicos en sectores bajos - Sequía en sectores altos	2,02%	C
Lz 4	Drenaje pobre - Encharcamientos en los sectores bajos	2,34%	C
Lz 5	Planos extendidos bajos	1,76%	C
Mg 1	Drenaje bueno	7,75%	B
Mg 2	Lomadas arenosas aisladas - Escasa retención de humedad - Sequía temporaria	2,37%	B
Mu 1	Drenaje bueno - Libre de anegamientos	0,36%	B
SA 1	Drenaje algo excesivo	0,10%	B
SA 3	Transición entre suelos limo arcillosos a arenosos - Baja retención de humedad	0,55%	C
SG 1	Drenaje bueno	0,22%	B
SI	Drenaje bueno - Libre de anegamientos	1,88%	B
SI 10	Sectores bajos, planos y planos-concavos - Drenaje pobre	2,44%	C
SI 11	Drenaje bueno - Textura franca	2,41%	B
SI 12	Suelos con muy buen drenaje - Textura franca a franca limosa	6,53%	B
SI 13	Planos altos con lomadas amplias y extendidas - Textura franca a franca limosa	5,42%	B
SI 14	Movimiento interno imperfecto del agua	0,41%	C
SI 15	Drenaje insuficiente - Anegamientos	0,65%	D
SI 16	Anegamientos en periodos de abundante precipitación - Nivel freático próximo a la superficie	3,12%	C
SI 2	Cauces de agua bien definidos	2,23%	D
SI 3	Buen drenaje - Libre de encharcamiento	0,05%	B
SI 4	Depresiones alargadas de relieve plano cóncavo	2,15%	D
SI 5	Suelos bien drenados - Eficiente escurrimiento superficial - Lomadas	0,92%	B
SI 9	Drenaje bueno - Textura franca	26,96%	B
So 1	Suelos con drenaje imperfecto - Napa freática muy cerca de la superficie	0,28%	C
SU 9	Drenaje pobre - Encharcamientos en los sectores bajos	2,42%	C
VT	Drenaje bueno - Suelo desarrollado en lomadas	8,13%	B
VT 2	Drenaje imperfecto - Peligro de anegamiento en bajos	0,09%	C
VT 3	Planos cóncavos - Riesgo de anegamiento	0,25%	C
VT 5	Drenaje imperfecto - Peligro de anegamiento	0,70%	C
VT 6	Suelos bien drenados - Libres de anegamiento	3,68%	B

**TABLA 3:** Clasificación de suelos según el Servicio de Conservación de Suelos.

De la clasificación pudimos discriminar los siguientes complejos hidrológicos:

- Suelo TIPO B: 68.23%
- Suelo TIPO C: 16.40%
- Suelo TIPO D: 15.37%

Debido a que los suelos se encuentran entremezclados y la cuenca debe tomarse como unidades de suelos hidrológicos, adoptamos para el análisis SUELO TIPO C, que representa, a nuestro criterio, una condición media.

## 10 HIETOGRAMA NETO

### 10.1 ESCURRIMIENTO DIRECTO – METODO EMPIRICO DEL SERVICIO DE CONSERVACION DE SUELOS

La precipitación que escurre es función de la precipitación que cae, del complejo suelo – vegetación y las condiciones de humedad precedentes a la tormenta en estudio. Para la determinación de este valor utilizamos el método desarrollado por el Servicio de Conservación de Suelos, que consiste en estimar el escurrimiento directo, a partir de una precipitación conocida y un número N (número de escurrimiento) tabulado para distintas condiciones.

#### 10.1.1 DETERMINACIÓN DEL NUMERO DE ESCURRIMIENTO N

Considerando un complejo suelo – vegetación: TIPO C y CONDICIÓN III de humedad, obtuvimos el número de escurrimiento N promediándolo para las distintas coberturas de suelo. Esto se muestra en la TABLA 1.

CATEGORIA	CLASE Y USO DEL SUELO	%	N (Cond. II)	N (Cond. III)
CULTIVOS	Tipo cosecha fina con baja pendiente inferior a 5%.	54,67%	69	86,2
SUELOS DESNUDO	Suelo cultivado, arado y libre con topografía plana o muy baja menos de 5 por mil.	18,34%	59	78,2
SUELOS INUNDABLES	Suelos bajos, anegadizos y hoyas con escasa capacidad de infiltracion, tiende a hacerse almacenaje.	20,51%	65	83
URBANIZACION		1,65%	100	100
LAGUNAS		4,83%	100	100

N =	84,97
-----	-------

TABLA 1: Determinación del número de escurrimiento

#### 10.1.2 DETERMINACIÓN DEL ESCURRIMIENTO DIRECTO

El escurrimiento directo PE se determina mediante la siguiente relación:

$$PE = \frac{(P - Ia)^2}{(P - Ia + S)}$$

El Servicio de Conservación de Suelos estableció, de datos obtenidos de cuencas diferentes, con buena aproximación:  $I_a=0.20 S$ .  $I_a$  representa la lluvia que se almacena antes de que ocurra el escurrimiento directo. La TABLA 2 y 3 establecen la relación entre  $P$  e  $I_a$  para 50 y 100 años de recurrencia respectivamente.

CONDICIONES		
SUELO TIPO C - CONDICION III		
N	84,97	
S	44,93	
$I_a$	8,99	mm
$I_{min}$	1,2	mm/h
PE	93,83	mm

TABLA 2: PE para precipitación de 50 años de recurrencia

CONDICIONES		
SUELO TIPO C - CONDICION III		
N	84,97	
S	44,93	
$I_a$	8,99	mm
$I_{min}$	1,2	mm/h
PE	104,59	mm

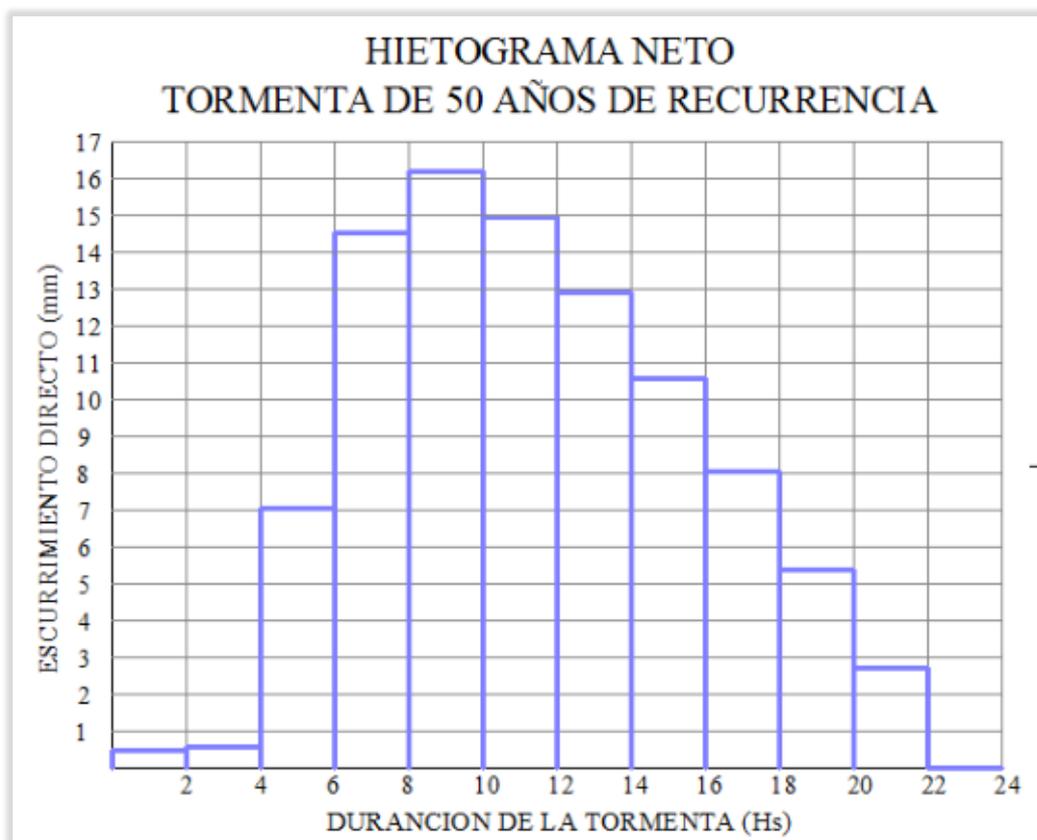
TABLA 3: PE para precipitación de 100 años de recurrencia

## 10.2 HIETOGRAMA NETO

A partir del cálculo del escurrimiento directo, determinamos el hietograma neto restando del hietograma de diseño el valor correspondiente a la infiltración, considerando la infiltración que ocurre al inicio de la tormenta y la que se mantiene en una constante mínima hasta que termine. Esto se muestra analíticamente en las TABLA 4 y 5, y gráficamente en las IMÁGENES 1 y 2. Se nota que la infiltración mínima es, según la sugerencia del Bureau of Reclamation, 1.2 mm/h para complejos TIPO C.

Tiempo	Intensidad	Prec. Acum	la	PE acum	F	PE
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2,00	2,70	5,40	2,70	0,45	2,25	0,45
4,00	5,40	16,19	8,99	0,99	6,21	0,55
6,00	8,10	32,38	8,99	8,01	15,38	7,02
8,00	10,79	53,97	8,99	22,50	22,48	14,49
10,00	10,17	74,31	8,99	38,70	26,62	16,20
12,00	8,72	91,75	8,99	53,64	29,12	14,94
14,00	7,26	106,28	8,99	66,55	30,74	12,91
16,00	5,81	117,90	8,99	77,11	31,81	10,55
18,00	4,36	126,62	8,99	85,12	32,51	8,01
20,00	2,91	132,43	8,99	90,50	32,94	5,38
22,00	1,45	135,34	8,99	93,21	33,14	2,70
24,00	0,00	135,34	8,99	93,21	33,14	0,00

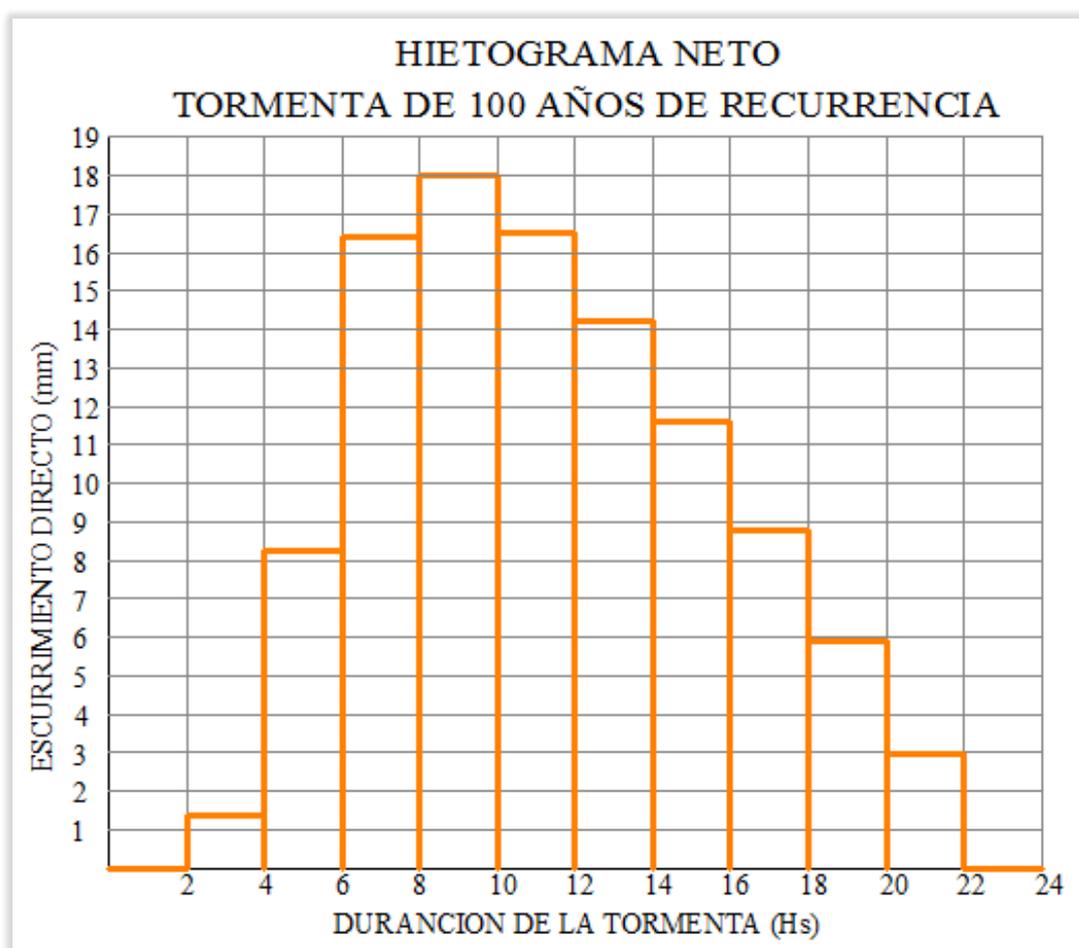
**TABLA 4:** Hietograma neto analítico para 50 años de recurrencia



**IMAGEN 1:** Hietograma neto para 50 años de recurrencia

Tiempo	Intensidad	Prec. Acum	la	PE acum	F	PE
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2,00	2,93	5,85	5,85	0,00	0,00	0,00
4,00	5,85	17,56	8,99	1,37	7,20	1,37
6,00	8,78	35,12	8,99	9,61	16,52	8,23
8,00	11,71	58,53	8,99	25,98	23,56	16,38
10,00	11,03	80,59	8,99	44,00	27,61	18,02
12,00	9,46	99,50	8,99	60,49	30,03	16,49
14,00	7,88	115,26	8,99	74,70	31,58	14,21
16,00	6,30	127,87	8,99	86,28	32,61	11,58
18,00	4,73	137,32	8,99	95,06	33,28	8,78
20,00	3,15	143,63	8,99	100,95	33,69	5,89
22,00	1,58	146,78	8,99	103,91	33,88	2,96
24,00	0,00	146,78	8,99	103,91	33,88	0,00

**TABLA 5:** Hietograma neto analítico para 100 años de recurrencia



**IMAGEN 2:** Hietograma neto para 100 años de recurrencia

## 11 HIDROGRAMA UNITARIO

El hidrograma unitario expresa la resultante de una precipitación efectiva uniforme de 1mm, distribuida uniformemente en la cuenca, con intensidad constante y duración unitaria.

Optamos por utilizar el método adimensional de SCS, con criterios de adaptación para nuestra cuenca en estudio que no se encuentra aforada. Se estimaron los valores  $T_p$  y  $Q_p$  para un tiempo de lluvia neta  $T_n$ , lo multiplicamos por el hidrograma unitario sintético adimensional y obtuvimos el hidrograma unitario de la cuenca.

Para obtener el tiempo de ocurrencia pico, calculamos el tiempo de concentración según la fórmula empírica de Ventura.

### 11.1 HIDROGRAMA UNITARIO SINTÉTICO

Los datos están calculados en apartado 2.2 y los valores para el cálculo son:

- Área (A) = 1849,97 Km<sup>2</sup>
- Altura de precipitación (Hpe) = 1 mm
- Longitud del curso principal (L) = 78,88 Km
- Pendiente curso principal (S) = 0,0003

Los parámetros calculados son:

- Tiempo de concentración ( $T_c$ ) = 372 hs (Según VENTURA con  $\alpha = 0,15$ )
- Tiempo al pico ( $T_p$ ) = 247,20 hs
- Tiempo de retardo ( $T_r$ ) = 412,82 hs
- Tiempo base ( $T_b$ ) = 660,02 hs
- Caudal pico ( $Q_p$ ) = 1,56 m<sup>3</sup>/seg

## 11.2 HIDROGRAMA UNITARIO

El hidrograma unitario de nuestra cuenca, producirá una esorrentía directa en la salida de la cuenca causada por una precipitación neta, 1 mm en 1 hora. Esta precipitación se produce con intensidad constante a lo largo del período considerado y repartida homogéneamente sobre la superficie total de la cuenca.

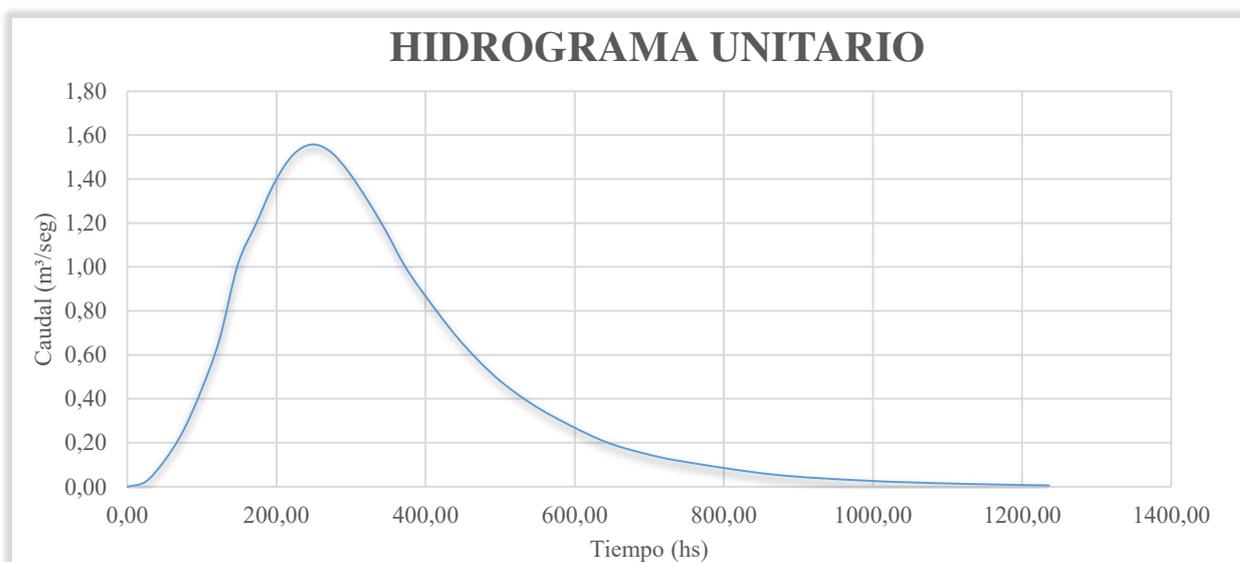
Al disponer de los parámetros  $T_p$  y  $Q_p$ , mediante la tabulación del hidrograma adimensional se puede representar hidrograma unitario resultante en toda su extensión y con una forma similar a la que se espera en una cuenca real.

En la TABLA 1, se dispone en la primer columna cada hora de precipitación  $t^*$  que se multiplican por el  $T_p$  y los resultados se incluyen en la tercer columna  $T$ , siendo estas las ordenas del hidrograma unitario. Y los caudales tabulados por el método adimensional en la columna  $Q^*$  se multiplican por  $Q_p$  obteniendo los valores que se ordenan en la cuarta columna  $Q$ , que pertenece a las abscisas del hidrograma unitario.

HIDROGRAMA ADIMENSIONAL		HIDROGRAMA UNITARIO	
$t^*=t/T_p$	$Q^*=Q/Q_p$	T (hs)	Q (m <sup>3</sup> /seg)
0	0	0,00	0,00
0,1	0,015	24,72	0,02
0,2	0,075	49,44	0,12
0,3	0,16	74,16	0,25
0,4	0,28	98,88	0,44
0,5	0,43	123,60	0,67
0,6	0,65	148,32	1,01
0,7	0,77	173,04	1,20
0,8	0,89	197,76	1,39
0,9	0,97	222,48	1,51
1	1	247,20	1,56
1,1	0,98	271,92	1,53
1,2	0,92	296,64	1,43
1,3	0,84	321,36	1,31
1,4	0,75	346,08	1,17
1,5	0,65	370,80	1,01
1,6	0,57	395,52	0,89
1,8	0,43	444,96	0,67
2	0,32	494,40	0,50
2,2	0,24	543,84	0,37
2,4	0,18	593,28	0,28
2,6	0,13	642,72	0,20
2,8	0,098	692,16	0,15
3	0,075	741,60	0,12
3,5	0,036	865,20	0,06
4	0,018	988,80	0,03
4,5	0,009	1112,40	0,01
5	0,004	1236,00	0,01

**TABLA 1:** Valores de tiempo y caudal para hidrogramas adimensional y unitario

En el GRÁFICO 1, se muestra los resultados del cálculo para el hidrograma unitario.



**GRÁFICO 1:** Hidrograma unitario

## **12 HIDROGRAMA DE DISEÑO**

En el hidrograma de diseño se trabaja con una tormenta de diseño, para obtener los caudales teóricos que calculamos para las precipitaciones que se generan una vez en 50 años y a los 100 años.

El comienzo de la escorrentía superficial se armoniza con el comienzo de la precipitación (también se puede identificar con el comienzo de la curva ascendente del hidrograma) y finaliza aproximadamente, a tres veces el tiempo de retraso, contado a partir del final de la precipitación. El tiempo de retraso es un parámetro que se obtiene del hidrograma y representa el tiempo transcurrido entre el "centro de gravedad" de la precipitación y la punta del hidrograma.

De este análisis se obtiene una aproximación del valor que puede tomar la escorrentía superficial que es evacuada por la red hidrográfica en el tiempo tras la tormenta.

Partiendo del principio de superposición de la teoría de hidrograma, combinamos los hidrogramas de las tormentas de diseño y determinamos los hidrogramas de diseño. A continuación se especifican los cálculos.

## 12.1 HIDROGRAMA DE DISEÑO 50 AÑOS DE RECURRENCIA

Hidrograma unitario		Hidrograma de diseño 50 años													
Tiempo	Qu	0,45	0,55	7,02	14,49	16,19	14,93	12,91	10,55	8,01	5,38	2,7	0	Q total	
0,00	0,00	0,000												0,000	
25,20	0,02	0,011	0,013											0,024	
50,40	0,12	0,053	0,065	0,826										0,943	
75,60	0,25	0,113	0,138	1,761	3,636									5,648	
100,80	0,44	0,198	0,242	3,083	6,363	7,109								16,994	
126,00	0,67	0,303	0,371	4,734	9,771	10,918	10,068							36,165	
151,20	1,02	0,459	0,561	7,156	14,771	16,504	15,219	13,160						67,829	
176,40	1,21	0,543	0,664	8,477	17,497	19,550	18,029	15,590	12,740					93,090	
201,60	1,40	0,628	0,768	9,798	20,224	22,597	20,838	18,019	14,725	11,180				118,778	
226,80	1,52	0,685	0,837	10,679	22,042	24,628	22,712	19,639	16,049	12,185	8,184			137,639	
252,00	1,57	0,706	0,863	11,009	22,724	25,390	23,414	20,246	16,545	12,562	8,437	4,234		146,130	
277,20	1,54	0,692	0,845	10,789	22,270	24,882	22,946	19,841	16,214	12,310	8,268	4,150	0,000	143,207	
302,40	1,44	0,649	0,794	10,128	20,906	23,359	21,541	18,626	15,221	11,557	7,762	3,896	0,000	134,440	
327,60	1,32	0,593	0,725	9,248	19,088	21,328	19,668	17,007	13,898	10,552	7,087	3,557	0,000	122,749	
352,80	1,18	0,529	0,647	8,257	17,043	19,043	17,561	15,185	12,409	9,421	6,328	3,176	0,000	109,597	
378,00	1,02	0,459	0,561	7,156	14,771	16,504	15,219	13,160	10,754	8,165	5,484	2,752	0,000	94,984	
403,20	0,89	0,402	0,492	6,275	12,953	14,472	13,346	11,540	9,431	7,160	4,809	2,414	0,000	83,294	
453,60	0,67	0,303	0,371	4,734	9,771	10,918	10,068	8,706	7,114	5,402	3,628	1,821	0,000	62,836	
504,00	0,50	0,226	0,276	3,523	7,272	8,125	7,492	6,479	5,294	4,020	2,700	1,355	0,000	46,762	
554,40	0,38	0,169	0,207	2,642	5,454	6,094	5,619	4,859	3,971	3,015	2,025	1,016	0,000	35,071	
604,80	0,28	0,127	0,155	1,982	4,090	4,570	4,215	3,644	2,978	2,261	1,519	0,762	0,000	26,303	
655,20	0,20	0,092	0,112	1,431	2,954	3,301	3,044	2,632	2,151	1,633	1,097	0,550	0,000	18,997	
705,60	0,15	0,069	0,085	1,079	2,227	2,488	2,295	1,984	1,621	1,231	0,827	0,415	0,000	14,321	
756,00	0,12	0,053	0,065	0,826	1,704	1,904	1,756	1,518	1,241	0,942	0,633	0,318	0,000	10,960	
882,00	0,06	0,025	0,031	0,396	0,818	0,914	0,843	0,729	0,596	0,452	0,304	0,152	0,000	5,261	
1008,00	0,03	0,013	0,016	0,198	0,409	0,457	0,421	0,364	0,298	0,226	0,152	0,076	0,000	2,630	
1134,00	0,01	0,006	0,008	0,099	0,205	0,229	0,211	0,182	0,149	0,113	0,076	0,038	0,000	1,315	
1260,00	0,01	0,003	0,003	0,044	0,091	0,102	0,094	0,081	0,066	0,050	0,034	0,017	0,000	0,585	

TABLA 1: Hidrograma de diseño a 50 años

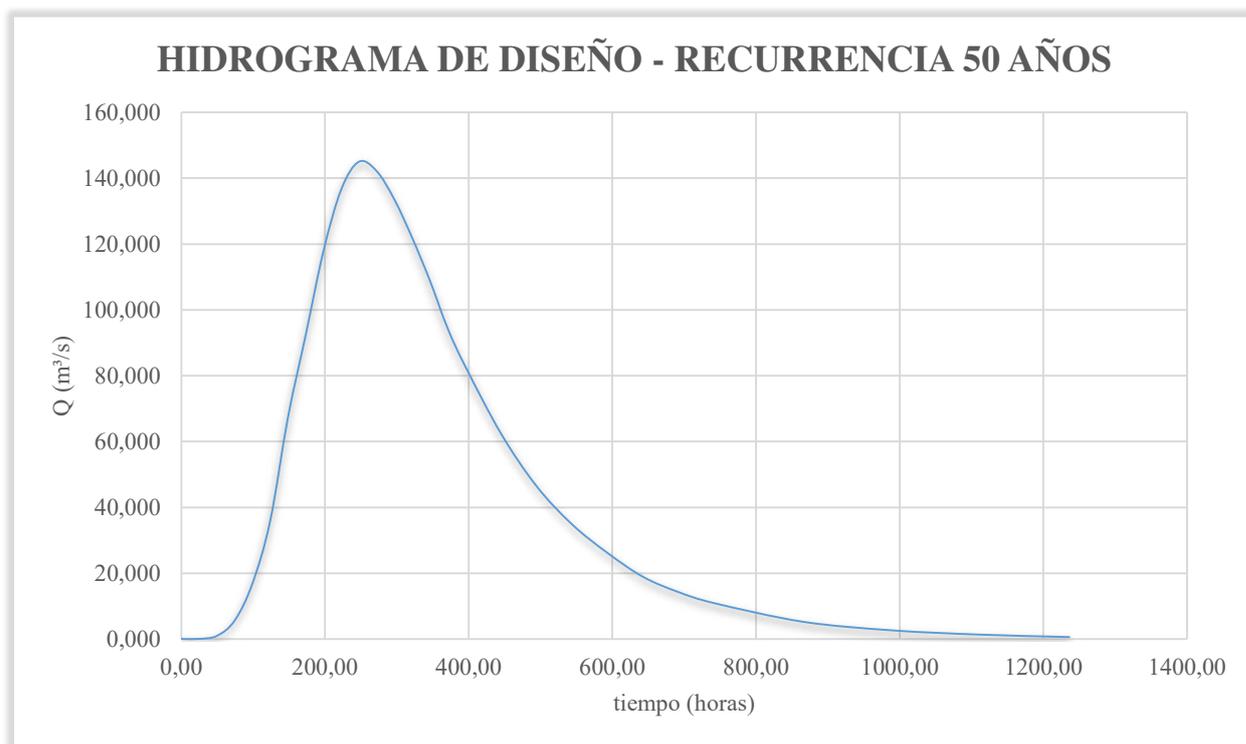
## **12 HIDROGRAMA DE DISEÑO**

En el hidrograma de diseño se trabaja con una tormenta de diseño, para obtener los caudales teóricos que calculamos para las precipitaciones que se generan una vez en 50 años y a los 100 años.

El comienzo de la escorrentía superficial se armoniza con el comienzo de la precipitación (también se puede identificar con el comienzo de la curva ascendente del hidrograma) y finaliza aproximadamente, a tres veces el tiempo de retraso, contado a partir del final de la precipitación. El tiempo de retraso es un parámetro que se obtiene del hidrograma y representa el tiempo transcurrido entre el "centro de gravedad" de la precipitación y la punta del hidrograma.

De este análisis se obtiene una aproximación del valor que puede tomar la escorrentía superficial que es evacuada por la red hidrográfica en el tiempo tras la tormenta.

Partiendo del principio de superposición de la teoría de hidrograma, combinamos los hidrogramas de las tormentas de diseño y determinamos los hidrogramas de diseño. A continuación se especifican los cálculos.



**GRAFICO 1:** *Hidrograma de diseño – Tormenta de 50 años de recurrencia*

## 12.2 HIDROGRAMA DE DISEÑO 100 AÑOS DE RECURRENCIA

Hidrograma unitario		Hidrograma de diseño 50 años														Q total
tiempo	Qu	0	1,37	8,23	16,37	18,01	16,49	14,2	11,57	8,78	5,89	2,95	0	Q total		
0,00	0,00	0,000											0	0,000		
25,20	0,02	0,000	0,032											0,032		
50,40	0,12	0,000	0,161	0,968										1,129		
75,60	0,25	0,000	0,344	2,065	4,108									6,516		
100,80	0,44	0,000	0,602	3,614	7,188	7,908								19,312		
126,00	0,67	0,000	0,924	5,550	11,039	12,145	11,120							40,778		
151,20	1,02	0,000	1,397	8,389	16,687	18,359	16,809	14,475						76,116		
176,40	1,21	0,000	1,654	9,938	19,768	21,748	19,913	17,147	13,971					104,140		
201,60	1,40	0,000	1,912	11,487	22,848	25,137	23,016	19,820	16,149	12,255				132,624		
226,80	1,52	0,000	2,084	12,520	24,902	27,397	25,085	21,601	17,600	13,356	8,960			153,505		
252,00	1,57	0,000	2,149	12,907	25,672	28,244	25,861	22,269	18,145	13,769	9,237	4,626		162,879		
277,20	1,54	0,000	2,106	12,649	25,159	27,679	25,343	21,824	17,782	13,494	9,052	4,534	0,000	159,621		
302,40	1,44	0,000	1,977	11,874	23,619	25,985	23,792	20,488	16,693	12,668	8,498	4,256	0,000	149,849		
327,60	1,32	0,000	1,805	10,842	21,565	23,725	21,723	18,706	15,242	11,566	7,759	3,886	0,000	136,818		
352,80	1,18	0,000	1,611	9,680	19,254	21,183	19,395	16,702	13,609	10,327	6,928	3,470	0,000	122,159		
378,00	1,02	0,000	1,397	8,389	16,687	18,359	16,809	14,475	11,794	8,950	6,004	3,007	0,000	105,871		
403,20	0,89	0,000	1,225	7,357	14,633	16,099	14,740	12,693	10,342	7,848	5,265	2,637	0,000	92,841		
453,60	0,67	0,000	0,924	5,550	11,039	12,145	11,120	9,576	7,802	5,921	3,972	1,989	0,000	70,038		
504,00	0,50	0,000	0,688	4,130	8,215	9,038	8,275	7,126	5,806	4,406	2,956	1,480	0,000	52,121		
554,40	0,38	0,000	0,516	3,098	6,161	6,779	6,207	5,345	4,355	3,305	2,217	1,110	0,000	39,091		
604,80	0,28	0,000	0,387	2,323	4,621	5,084	4,655	4,008	3,266	2,478	1,663	0,833	0,000	29,318		
655,20	0,20	0,000	0,279	1,678	3,337	3,672	3,362	2,895	2,359	1,790	1,201	0,601	0,000	21,174		
705,60	0,15	0,000	0,211	1,265	2,516	2,768	2,534	2,182	1,778	1,349	0,905	0,453	0,000	15,962		
756,00	0,12	0,000	0,161	0,968	1,925	2,118	1,940	1,670	1,361	1,033	0,693	0,347	0,000	12,216		
882,00	0,06	0,000	0,077	0,465	0,924	1,017	0,931	0,802	0,653	0,496	0,333	0,167	0,000	5,864		
1008,00	0,03	0,000	0,039	0,232	0,462	0,508	0,465	0,401	0,327	0,248	0,166	0,083	0,000	2,932		
1134,00	0,01	0,000	0,019	0,116	0,231	0,254	0,233	0,200	0,163	0,124	0,083	0,042	0,000	1,466		
1260,00	0,01	0,000	0,009	0,052	0,103	0,113	0,103	0,089	0,073	0,055	0,037	0,019	0,000	0,652		

TABLA 2: Hidrograma de diseño a 100 años

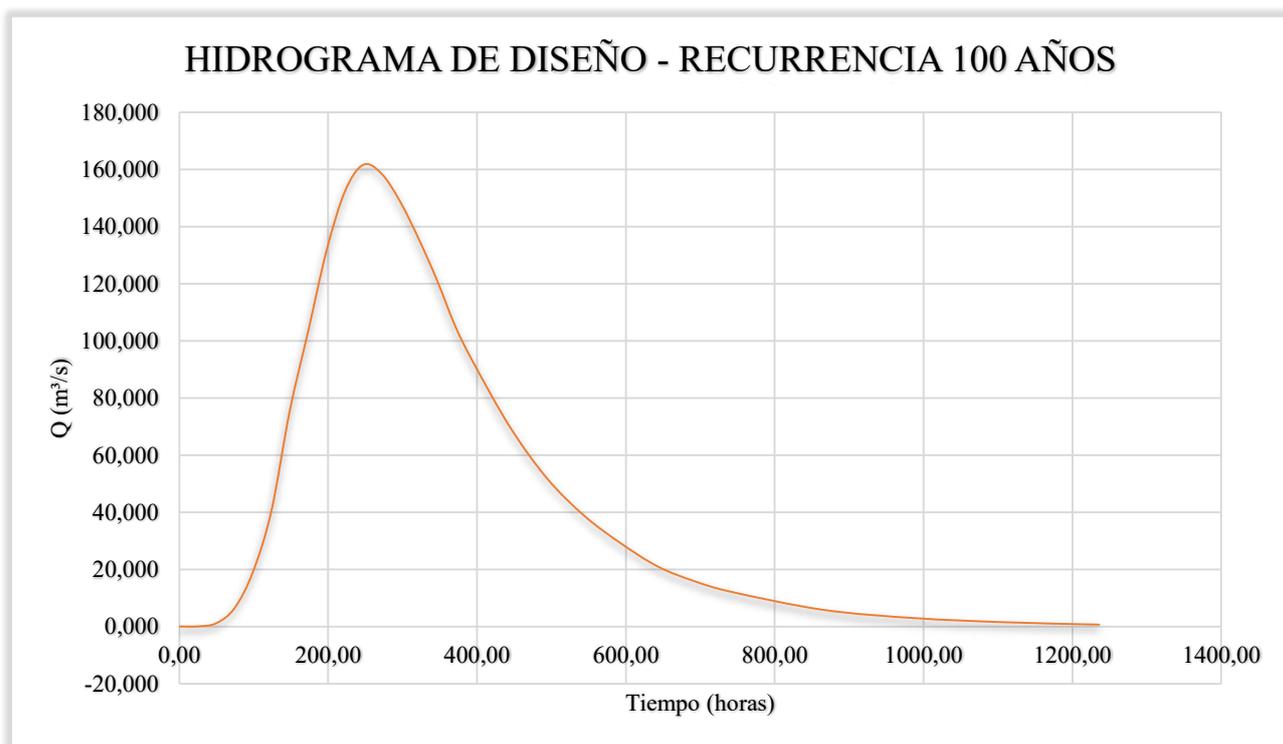


GRAFICO 2: *Hidrograma de diseño – Tormenta de 50 años de recurrencia*

## 13 CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE LA LAGUNA

### 13.1 INTRODUCCION A LA LAMINACIÓN DE CRECIDAS EN EMBALSES

Los propósitos fundamentales de los embalses de control de crecidas son disminuir el caudal máximo y retrasar el tiempo de llegada del mismo. A este proceso se lo denomina laminación de crecidas. Ocurre que el hidrograma de entrada de la creciente cambia su forma, se reduce el caudal pico y se amortigua la creciente por el aumento del tiempo base.

El cambio se define mediante una ecuación de continuidad que relaciona el caudal de ingreso, la capacidad y forma de almacenamiento del embalse y el caudal de salida del mismo. En la FIGURA 1 explica gráficamente.

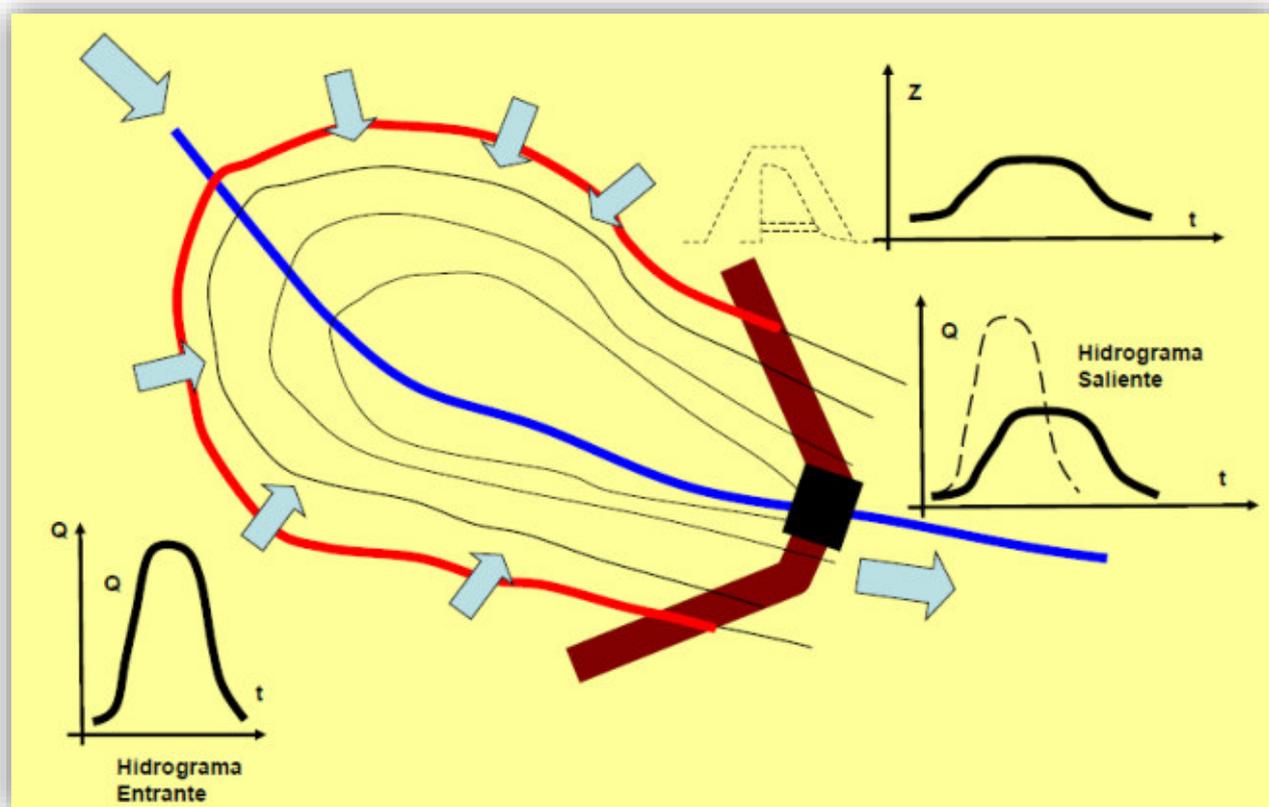


IMAGEN 1: *Laminación de crecidas en embalses*

Se puede observar que:

- El caudal de ingreso es función de la cuenca de aporte, la lluvia y las condiciones hidrológicas del lugar.

- El almacenamiento responde a la topografía del embalse.
- El caudal de salida responde a la forma de la obra al final del embalse.

### 13.2 CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE LA LAGUNA

Como se ha mencionado anteriormente, la laguna El Chañar tiene dos ingresos de corrientes de agua, uno proveniente del sistema de lagunas Las Encadenadas (Brazo Norte) cuyo caudal no está regulado, y el otro proveniente del sistema de lagunas La Pantanosa (Brazo Sur) regulado por canalizaciones y bombeo que no excede los  $5\text{m}^3/\text{seg}$ .

La salida esta obstruida por una obra de retención precaria cuyo caudal no está aforado. El caudal que sale de la laguna ingresa al sistema del Rio Salado Bonaerense, y por acuerdo entre provincias no debe ser mayor a  $5\text{m}^3/\text{seg}$ .



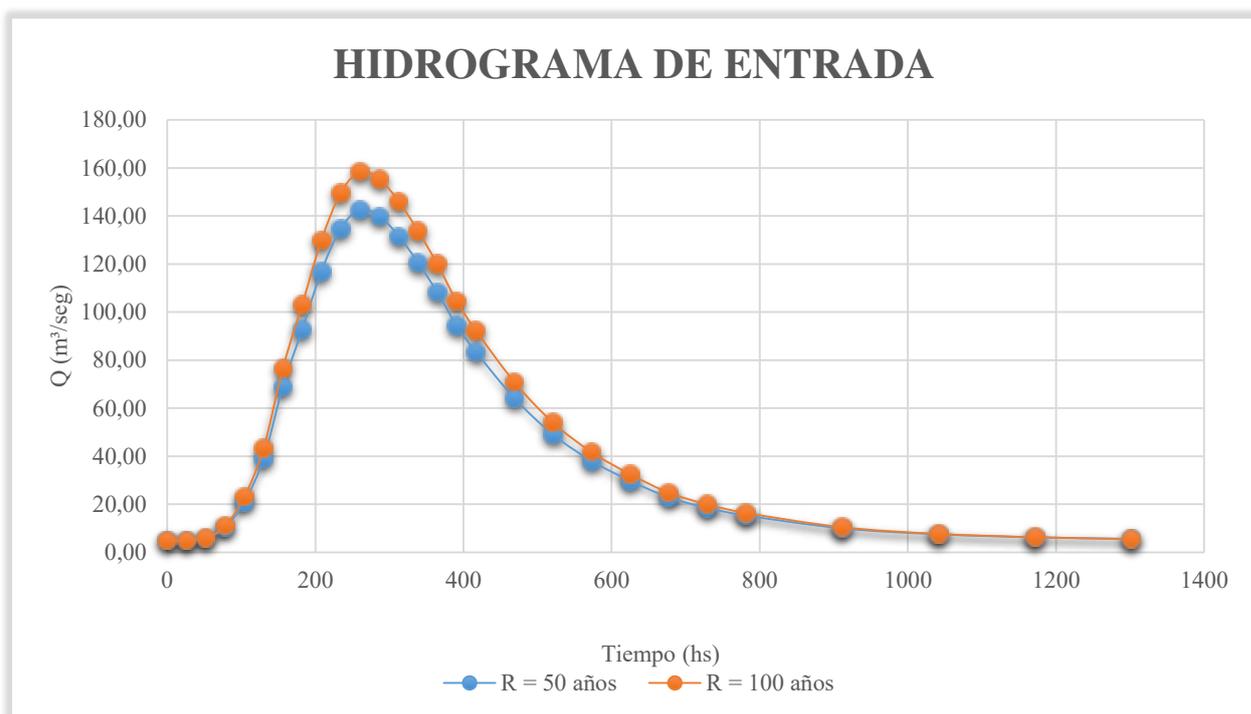
IMAGEN 2: Corrientes de ingreso y egreso de la laguna El Chañar

### 13.3 VOLUMEN DE ENTRADA

La canalización del sistema La Pantanosa entrega un caudal regulado que varía entre 5 y 8 m<sup>3</sup>/seg, por lo que para nuestro análisis supusimos que este es una constante en el tiempo. Al hidrograma de ingreso del sistema Las Encadenadas los estimamos en el Capítulo 9 del Módulo 3 del correspondiente trabajo. En la Tabla 1 se muestra el resultado de la suma de ambos ingresos.

Tiempo	Ingreso norte		Ingreso sur	Ingreso total	
	Caudal (m <sup>3</sup> /seg)		Caudal	Caudal (m <sup>3</sup> /seg)	
	R = 50 años	R = 100 años	(m <sup>3</sup> /seg)	R = 50 años	R = 100 años
0	0,00	0,00	5	5,00	5,00
26,04	0,02	0,03	5	5,02	5,03
52,08	0,89	1,06	5	5,89	6,06
78,12	5,32	6,14	5	10,32	11,14
104,16	16,01	18,20	5	21,01	23,20
130,2	34,08	38,42	5	39,08	43,42
156,24	63,91	71,72	5	68,91	76,72
182,28	87,72	98,13	5	92,72	103,13
208,32	111,92	124,97	5	116,92	129,97
234,36	129,69	144,64	5	134,69	149,64
260,4	137,69	153,47	5	142,69	158,47
286,44	134,94	150,40	5	139,94	155,40
312,48	126,68	141,20	5	131,68	146,20
338,52	115,66	128,92	5	120,66	133,92
364,56	103,27	115,11	5	108,27	120,11
390,6	89,50	99,76	5	94,50	104,76
416,64	78,48	87,48	5	83,48	92,48
468,72	59,21	65,99	5	64,21	70,99
520,8	44,06	49,11	5	49,06	54,11
572,88	33,05	36,83	5	38,05	41,83
624,96	24,78	27,63	5	29,78	32,63
677,04	17,90	19,95	5	22,90	24,95
729,12	13,49	15,04	5	18,49	20,04
781,2	10,33	11,51	5	15,33	16,51
911,4	4,96	5,53	5	9,96	10,53
1041,6	2,48	2,76	5	7,48	7,76
1171,8	1,24	1,38	5	6,24	6,38
1302	0,55	0,61	5	5,55	5,61

TABLA 1: Hidrograma de ingresos



**GRAFICO 1:** *Hidrogramas de ingreso para 50 y 100 años de recurrencia*

Para determinar el volumen de ingreso, que no es más que el área bajo la curva del hidrograma, multiplicamos al caudal por el intervalo de tiempo. La sumatoria es el volumen ingresante. La Tabla 2 muestra el resultado para 50 años de recurrencia y la Tabla 3 para 100 años de recurrencia.

<b>R = 50 años</b>					
Tiempo	$\Delta t$		Caudal	Volumen	Vol. Acum.
hs	hs	seg	m <sup>3</sup> /seg	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
0,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
26,04	26,04	93.744,00	5,02	470.797,89	470.797,89
52,08	26,04	93.744,00	5,89	552.043,24	1.022.841,13
78,12	26,04	93.744,00	10,32	967.634,35	1.990.475,48
104,16	26,04	93.744,00	21,01	1.969.785,07	3.960.260,55
130,20	26,04	93.744,00	39,08	3.663.248,55	7.623.509,10
156,24	26,04	93.744,00	68,91	6.460.097,37	14.083.606,47
182,28	26,04	93.744,00	92,72	8.691.511,77	22.775.118,23
208,32	26,04	93.744,00	116,92	10.960.522,05	33.735.640,28
234,36	26,04	93.744,00	134,69	12.626.515,88	46.362.156,17
260,40	26,04	93.744,00	142,69	13.376.549,72	59.738.705,89
286,44	26,04	93.744,00	139,94	13.118.393,13	72.857.099,01
312,48	26,04	93.744,00	131,68	12.343.923,34	85.201.022,35
338,52	26,04	93.744,00	120,66	11.311.296,97	96.512.319,32
364,56	26,04	93.744,00	108,27	10.149.592,29	106.661.911,61
390,60	26,04	93.744,00	94,50	8.858.809,32	115.520.720,93
416,64	26,04	93.744,00	83,48	7.826.182,94	123.346.903,87
468,72	52,08	187.488,00	64,21	12.038.173,56	135.385.077,43
520,80	52,08	187.488,00	49,06	9.198.451,02	144.583.528,45
572,88	52,08	187.488,00	38,05	7.133.198,27	151.716.726,72
624,96	52,08	187.488,00	29,78	5.584.258,70	157.300.985,41
677,04	52,08	187.488,00	22,90	4.293.475,73	161.594.461,14
729,12	52,08	187.488,00	18,49	3.467.374,63	165.061.835,77
781,20	52,08	187.488,00	15,33	2.873.614,46	167.935.450,23
911,40	130,20	468.720,00	9,96	4.667.009,35	172.602.459,58
1.041,60	130,20	468.720,00	7,48	3.505.304,67	176.107.764,25
1.171,80	130,20	468.720,00	6,24	2.924.452,34	179.032.216,59
1.302,00	130,20	468.720,00	5,55	2.601.756,59	181.633.973,18

TABLA 2: Volumen de ingreso – Recurrencia 50 años

R = 100 años					
Tiempo	$\Delta t$		Caudal	Volumen	Vol. Acum.
hs	hs	seg	m <sup>3</sup> /seg	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
0,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
26,04	26,04	93.744,00	5,03	471.566,70	471.566,70
52,08	26,04	93.744,00	6,06	568.458,54	1.040.025,25
78,12	26,04	93.744,00	11,14	1.044.322,21	2.084.347,46
104,16	26,04	93.744,00	23,20	2.174.581,54	4.258.929,00
130,20	26,04	93.744,00	43,42	4.070.680,50	8.329.609,50
156,24	26,04	93.744,00	76,72	7.192.136,71	15.521.746,21
182,28	26,04	93.744,00	103,13	9.667.494,96	25.189.241,17
208,32	26,04	93.744,00	129,97	12.183.538,23	37.372.779,40
234,36	26,04	93.744,00	149,64	14.027.994,78	51.400.774,18
260,40	26,04	93.744,00	158,47	14.856.004,77	66.256.778,95
286,44	26,04	93.744,00	155,40	14.568.259,07	80.825.038,02
312,48	26,04	93.744,00	146,20	13.705.021,99	94.530.060,01
338,52	26,04	93.744,00	133,92	12.554.039,21	107.084.099,22
364,56	26,04	93.744,00	120,11	11.259.183,58	118.343.282,79
390,60	26,04	93.744,00	104,76	9.820.455,10	128.163.737,89
416,64	26,04	93.744,00	92,48	8.669.472,32	136.833.210,21
468,72	52,08	187.488,00	70,99	13.310.504,90	150.143.715,11
520,80	52,08	187.488,00	54,11	10.145.302,25	160.289.017,36
572,88	52,08	187.488,00	41,83	7.843.336,69	168.132.354,05
624,96	52,08	187.488,00	32,63	6.116.862,52	174.249.216,57
677,04	52,08	187.488,00	24,95	4.678.134,04	178.927.350,61
729,12	52,08	187.488,00	20,04	3.757.347,81	182.684.698,42
781,20	52,08	187.488,00	16,51	3.095.532,72	185.780.231,14
911,40	130,20	468.720,00	10,53	4.933.311,26	190.713.542,40
1.041,60	130,20	468.720,00	7,76	3.638.455,63	194.351.998,03
1.171,80	130,20	468.720,00	6,38	2.991.027,81	197.343.025,84
1.302,00	130,20	468.720,00	5,61	2.631.345,70	199.974.371,54

TABLA 3: Volumen de ingreso – Recurrencia 100 años

Como resultado de lo calculado obtuvimos que el volumen de ingreso para una tormenta de 50 años de recurrencia es de 18.163,97 Hm<sup>3</sup>, y para una tormenta de 100 años de recurrencia es de 19.997,44 Hm<sup>3</sup>.

### 13.4 CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO EN FUNCION DE LA TOPOGRAFIA

De las curvas de nivel de la laguna pudimos estimar el volumen de almacenamiento y superficie inundada en el tiempo. A continuación mostramos en la TABLA 4 los resultados logrados para la cota 82.50 m, que es la cota que consideramos acorde para que la localidad de Teodelina no sufra anegamientos prolongados.

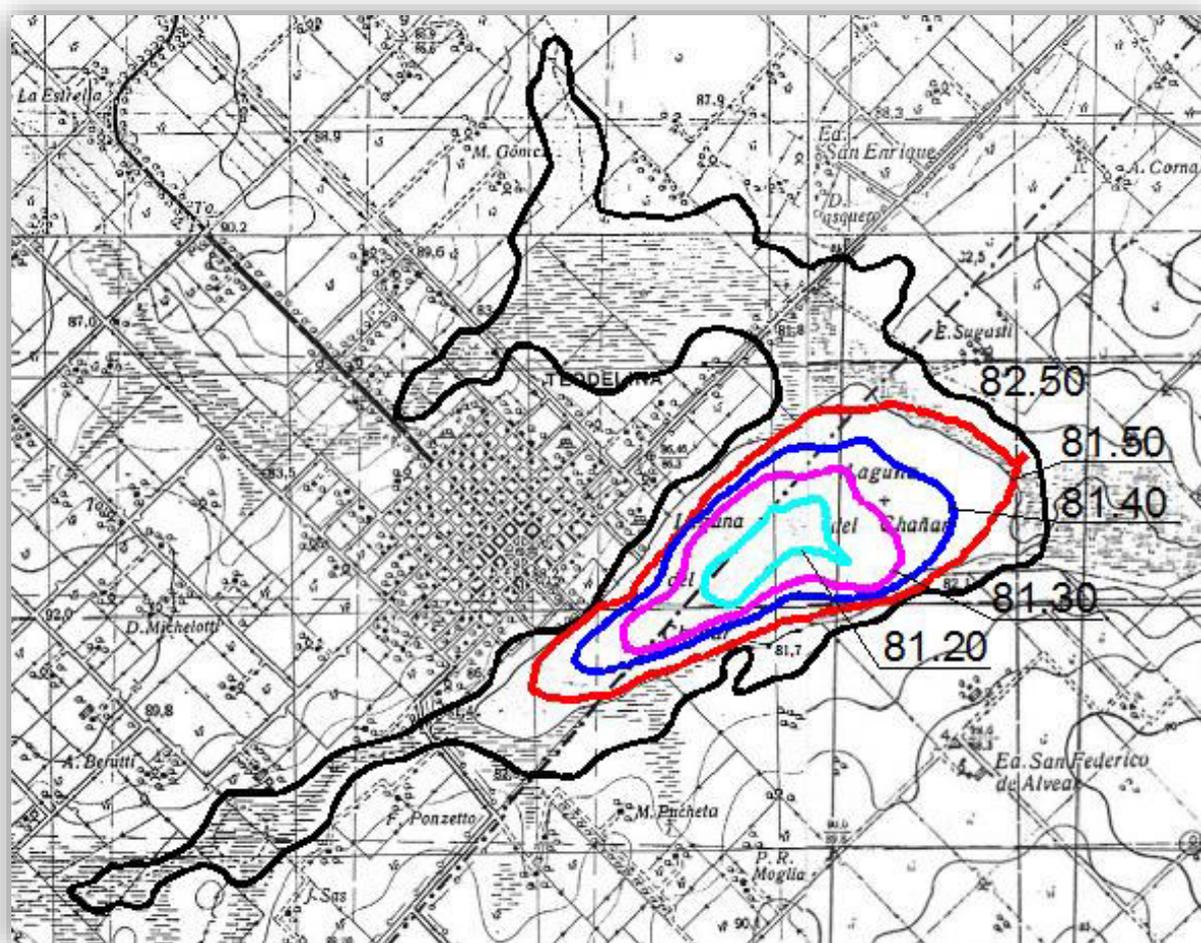
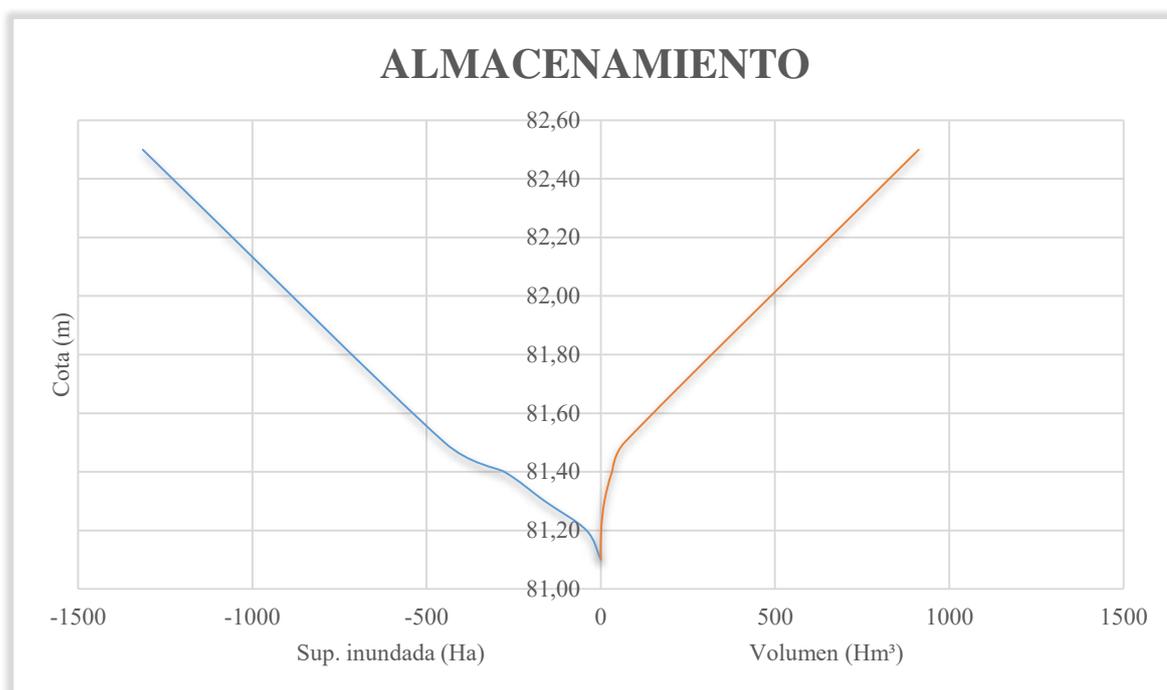


IMAGEN 3: Curvas de nivel de la laguna El Chañar

ALMACENAMIENTO				
COTA	SUP.		VOL.	VOL. ACUM.
m	km <sup>2</sup>	Ha	Hm <sup>3</sup>	Hm <sup>3</sup>
81,10	0,00	0	0	0
81,20	0,42	41,69	1,390	1,39
81,30	1,62	161,65	9,514	10,90
81,40	2,78	277,63	21,704	32,61
81,50	4,49	448,61	35,972	68,58
82,50	13,14	1314,44	843,652	912,23

**TABLA 4:** Superficie inundada y volumen almacenado según niveles



**GRAFICO 2:** Relación superficie inundada y volumen almacenado en función de los niveles de agua

Podemos observar que el volumen máximo que puede almacenar la laguna sin que afecte negativamente a la localidad es de 912.23 Hm<sup>3</sup>.

### 13.5 VOLUMEN DE SALIDA

En función del Plan Maestro que gestiona al Río Salado Bonaerense, el caudal de salida no debe superar los 5m<sup>3</sup>/seg. Considerando este caudal constante para el mismo tiempo en que se

produce el ingreso de agua de las tormentas consideradas, determinamos el volumen de evacuación de la laguna. El cálculo se detalla en la Tabla 5.

Tiempo	$\Delta$		Caudal (m <sup>3</sup> /seg)	Volumen m <sup>3</sup>	Volumen Acum m <sup>3</sup>
	hs	seg			
0,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
26,04	26,04	93.744,00	5,00	468.720,00	468.720,00
52,08	26,04	93.744,00	5,00	468.720,00	937.440,00
78,12	26,04	93.744,00	5,00	468.720,00	1.406.160,00
104,16	26,04	93.744,00	5,00	468.720,00	1.874.880,00
130,20	26,04	93.744,00	5,00	468.720,00	2.343.600,00
156,24	26,04	93.744,00	5,00	468.720,00	2.812.320,00
182,28	26,04	93.744,00	5,00	468.720,00	3.281.040,00
208,32	26,04	93.744,00	5,00	468.720,00	3.749.760,00
234,36	26,04	93.744,00	5,00	468.720,00	4.218.480,00
260,40	26,04	93.744,00	5,00	468.720,00	4.687.200,00
286,44	26,04	93.744,00	5,00	468.720,00	5.155.920,00
312,48	26,04	93.744,00	5,00	468.720,00	5.624.640,00
338,52	26,04	93.744,00	5,00	468.720,00	6.093.360,00
364,56	26,04	93.744,00	5,00	468.720,00	6.562.080,00
390,60	26,04	93.744,00	5,00	468.720,00	7.030.800,00
416,64	26,04	93.744,00	5,00	468.720,00	7.499.520,00
468,72	52,08	187.488,00	5,00	937.440,00	8.436.960,00
520,80	52,08	187.488,00	5,00	937.440,00	9.374.400,00
572,88	52,08	187.488,00	5,00	937.440,00	10.311.840,00
624,96	52,08	187.488,00	5,00	937.440,00	11.249.280,00
677,04	52,08	187.488,00	5,00	937.440,00	12.186.720,00
729,12	52,08	187.488,00	5,00	937.440,00	13.124.160,00
781,20	52,08	187.488,00	5,00	937.440,00	14.061.600,00
911,40	130,20	468.720,00	5,00	2.343.600,00	16.405.200,00
1.041,60	130,20	468.720,00	5,00	2.343.600,00	18.748.800,00
1.171,80	130,20	468.720,00	5,00	2.343.600,00	21.092.400,00
1.302,00	130,20	468.720,00	5,00	2.343.600,00	23.436.000,00

**TABLA 5:** Volúmenes de salida para 50 y 100 años de recurrencia

Del cálculo obtuvimos que de la laguna evacuan 2.343,60 Hm<sup>3</sup> en un tiempo de 55 días.

### 13.6 VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO NECESARIO

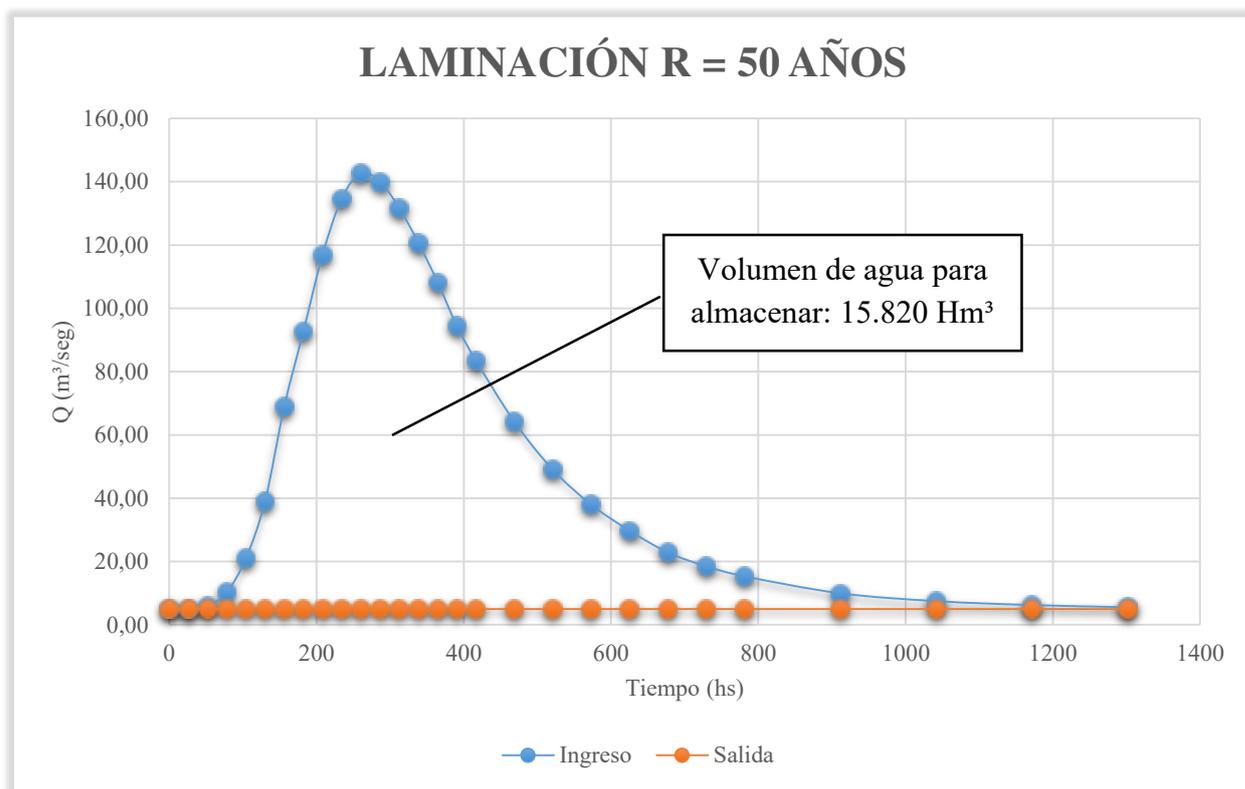
Mediante la comparación del volumen de agua entrante y saliente para tormentas de 50 y 100 años de recurrencia, pudimos hacer una estimación gruesa del volumen de agua que se debería almacenar. Las diferencias se encuentran en las siguientes tablas:

Recurrencia 50 años				
	Entrada		Salida	
Tiempo	Caudal	Vol. Acum.	Caudal	Vol. Acum.
0	5,00	0,00	5,00	0,00
26,04	5,02	47,08	5,00	46,87
52,08	5,89	102,28	5,00	93,74
78,12	10,32	199,05	5,00	140,62
104,16	21,01	396,03	5,00	187,49
130,2	39,08	762,35	5,00	234,36
156,24	68,91	1.408,36	5,00	281,23
182,28	92,72	2.277,51	5,00	328,10
208,32	116,92	3.373,56	5,00	374,98
234,36	134,69	4.636,22	5,00	421,85
260,4	142,69	5.973,87	5,00	468,72
286,44	139,94	7.285,71	5,00	515,59
312,48	131,68	8.520,10	5,00	562,46
338,52	120,66	9.651,23	5,00	609,34
364,56	108,27	10.666,19	5,00	656,21
390,6	94,50	11.552,07	5,00	703,08
416,64	83,48	12.334,69	5,00	749,95
468,72	64,21	13.538,51	5,00	843,70
520,8	49,06	14.458,35	5,00	937,44
572,88	38,05	15.171,67	5,00	1.031,18
624,96	29,78	15.730,10	5,00	1.124,93
677,04	22,90	16.159,45	5,00	1.218,67
729,12	18,49	16.506,18	5,00	1.312,42
781,2	15,33	16.793,55	5,00	1.406,16
911,4	9,96	17.260,25	5,00	1.640,52
1041,6	7,48	17.610,78	5,00	1.874,88
1171,8	6,24	17.903,22	5,00	2.109,24
1302	5,55	18.163,40	5,00	2.343,60

Almacenamiento necesario	15.819,80	Hm <sup>3</sup>
--------------------------	-----------	-----------------

Tabla 6: Volumen de agua a almacenar para una tormenta de 50 años de recurrencia

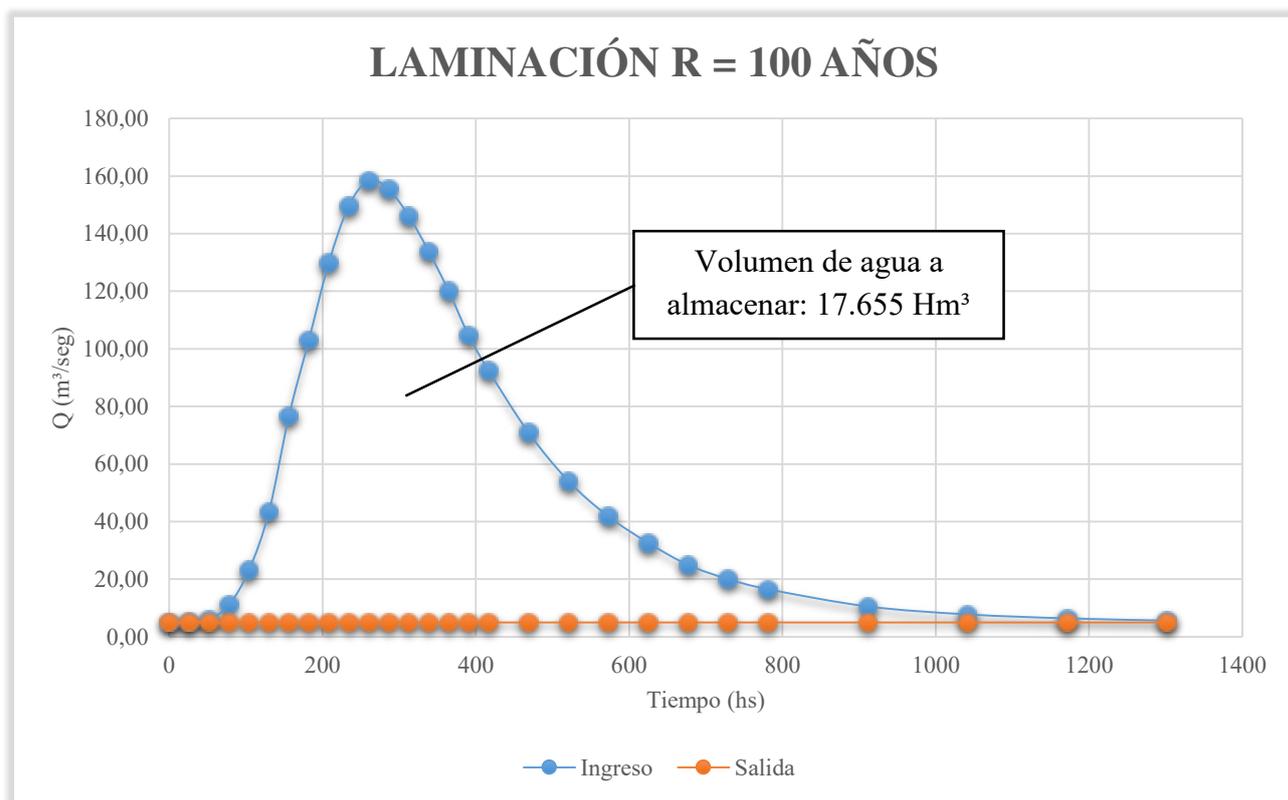


**GRAFICO 3:** *Volumen de agua a almacenar para una tormenta de 50 años de recurrencia*

Recurrencia 100 años				
	Entrada		Salida	
Tiempo	Caudal	Vol. Acum.	Caudal	Vol. Acum.
0	5,00	0,00	5,00	0,00
26,04	5,03	47,16	5,00	46,87
52,08	6,06	104,00	5,00	93,74
78,12	11,14	208,43	5,00	140,62
104,16	23,20	425,89	5,00	187,49
130,2	43,42	832,96	5,00	234,36
156,24	76,72	1.552,17	5,00	281,23
182,28	103,13	2.518,92	5,00	328,10
208,32	129,97	3.737,28	5,00	374,98
234,36	149,64	5.140,08	5,00	421,85
260,4	158,47	6.625,68	5,00	468,72
286,44	155,40	8.082,50	5,00	515,59
312,48	146,20	9.453,01	5,00	562,46
338,52	133,92	10.708,41	5,00	609,34
364,56	120,11	11.834,33	5,00	656,21
390,6	104,76	12.816,37	5,00	703,08
416,64	92,48	13.683,32	5,00	749,95
468,72	70,99	15.014,37	5,00	843,70
520,8	54,11	16.028,90	5,00	937,44
572,88	41,83	16.813,24	5,00	1.031,18
624,96	32,63	17.424,92	5,00	1.124,93
677,04	24,95	17.892,74	5,00	1.218,67
729,12	20,04	18.268,47	5,00	1.312,42
781,2	16,51	18.578,02	5,00	1.406,16
911,4	10,53	19.071,35	5,00	1.640,52
1041,6	7,76	19.435,20	5,00	1.874,88
1171,8	6,38	19.734,30	5,00	2.109,24
1302	5,61	19.997,44	5,00	2.343,60

Almacenamiento necesario	17.653,84	Hm <sup>3</sup>
--------------------------	-----------	-----------------

Tabla 7: Volumen de agua a almacenar para una tormenta de 100 años de recurrencia



**GRAFICO 4:** *Volumen de agua a almacenar para una tormenta de 100 años de recurrencia*

### 13.7 ANÁLISIS DE ANEGAMIENTO

Del análisis de volúmenes de agua entrante y saliente, y la capacidad natural de almacenamiento de la laguna, pudimos distinguir que no es capaz de almacenar el volumen de agua de las tormentas de diseño consideradas.

Es necesario notar que el cálculo del volumen ingresante lo obtuvimos a partir de un hidrograma sintético ya que no contamos con mediciones de caudales, esto limita la exactitud de lo calculado.

En función de esto tomamos las cartas topográficas del IGN con las que trabajamos anteriormente y delimitamos las superficies inundadas para las cotas 82.50 y 85 m de altura. El volumen de agua para estos niveles es aproximadamente de 900 y 7300 Hm<sup>3</sup> respectivamente. En la Imagen 1 se encuentran las manchas de inundación y cómo estas envuelven a la localidad de Teodelina.

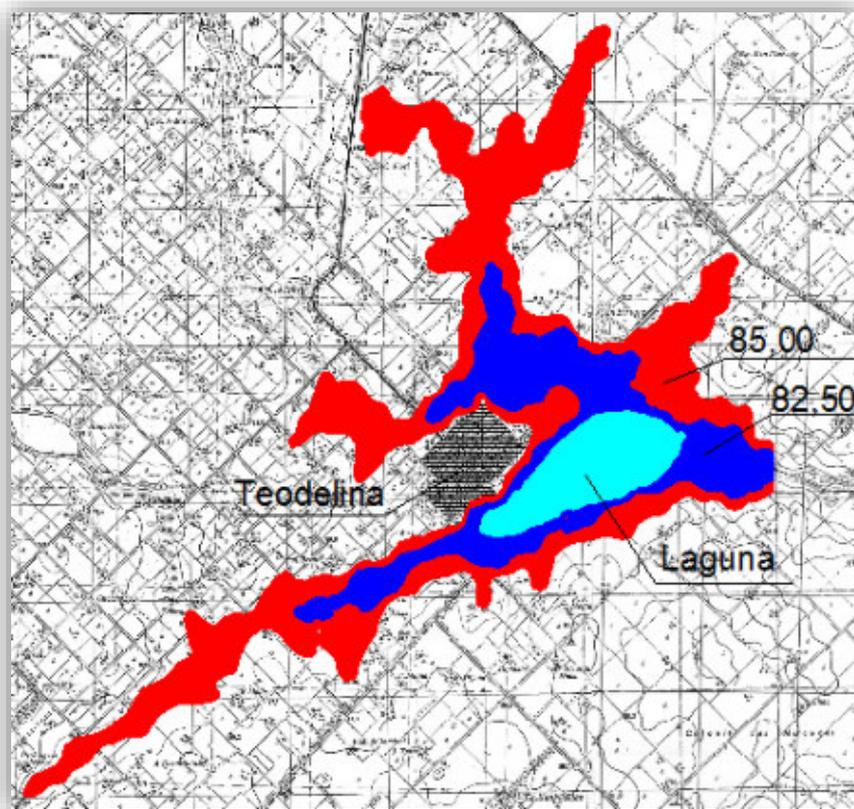


IMAGEN 4: Manchas de inundación según cartas topográficas del IGM

Para cotejar esto con la realidad y evidenciar que la localidad queda anegada durante los periodos lluviosos obtuvimos las siguientes imágenes de la zona:



IMAGEN 5: Croquis de ubicación de imágenes



IMAGEN 6: *Imagen referencia a punto 1*

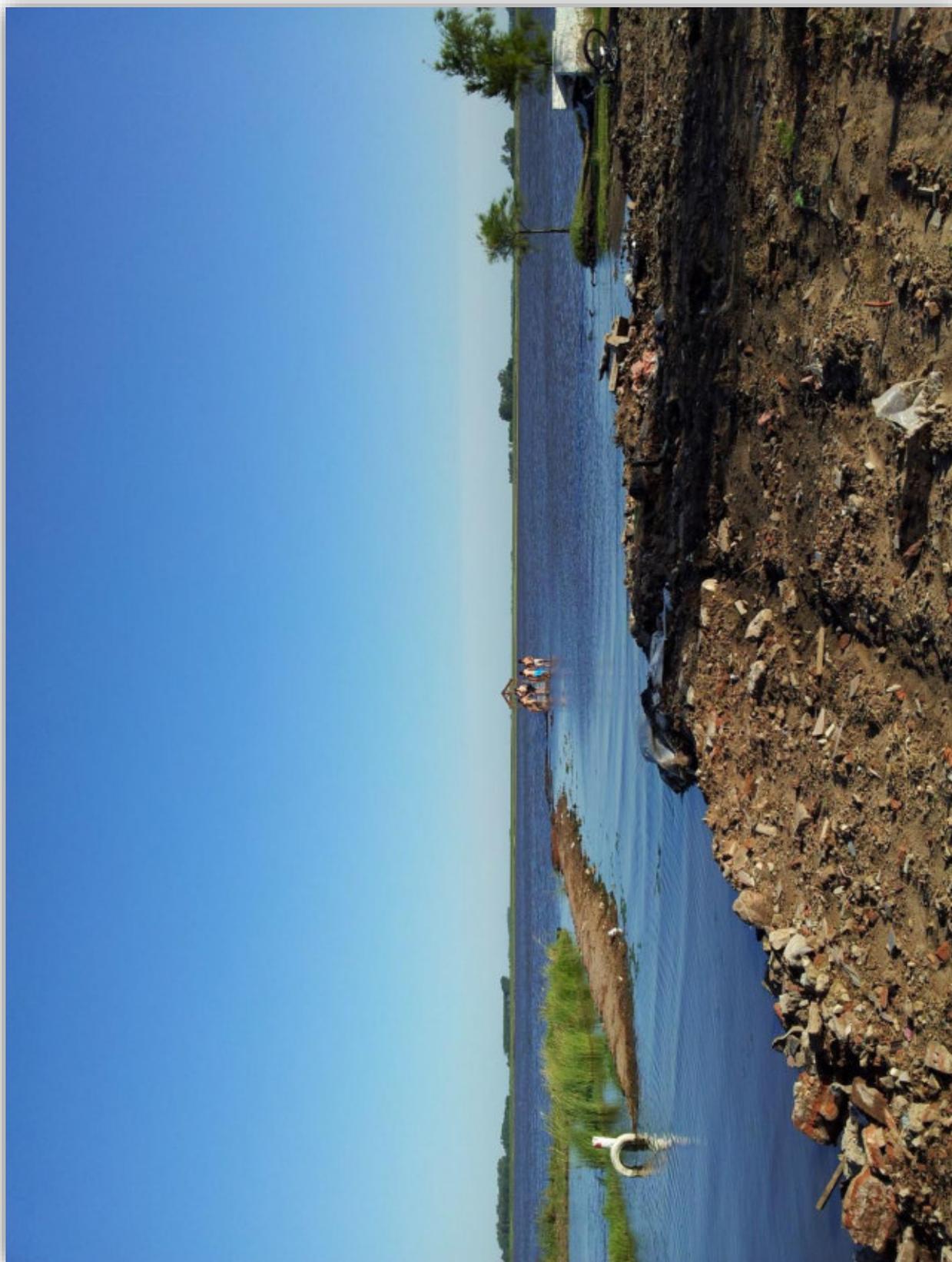


IMAGEN 7: *Imagen referencia a punto 2*

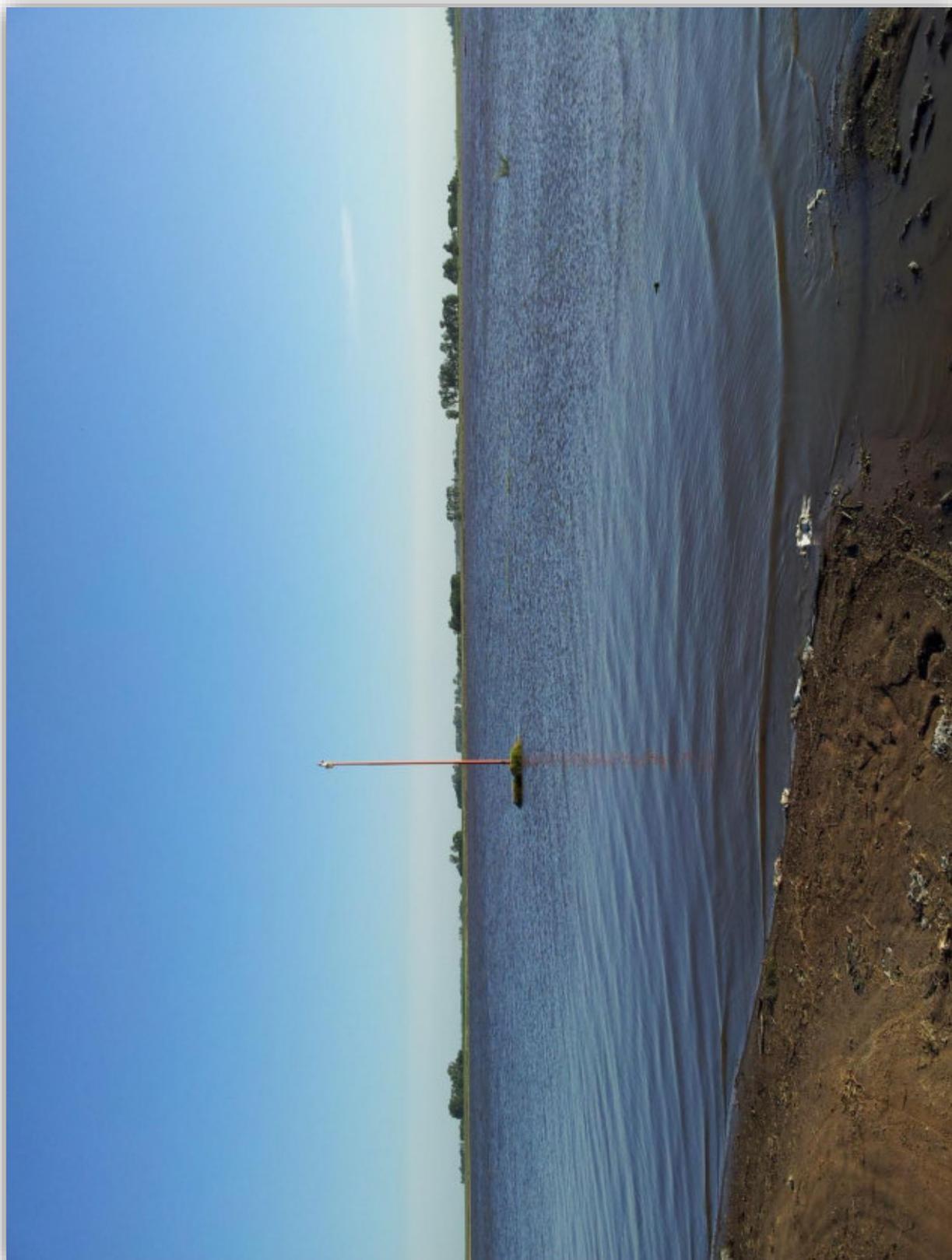


IMAGEN 8: Imagen referencia a punto 3



IMAGEN 9: *Imagen referencia a punto 2*

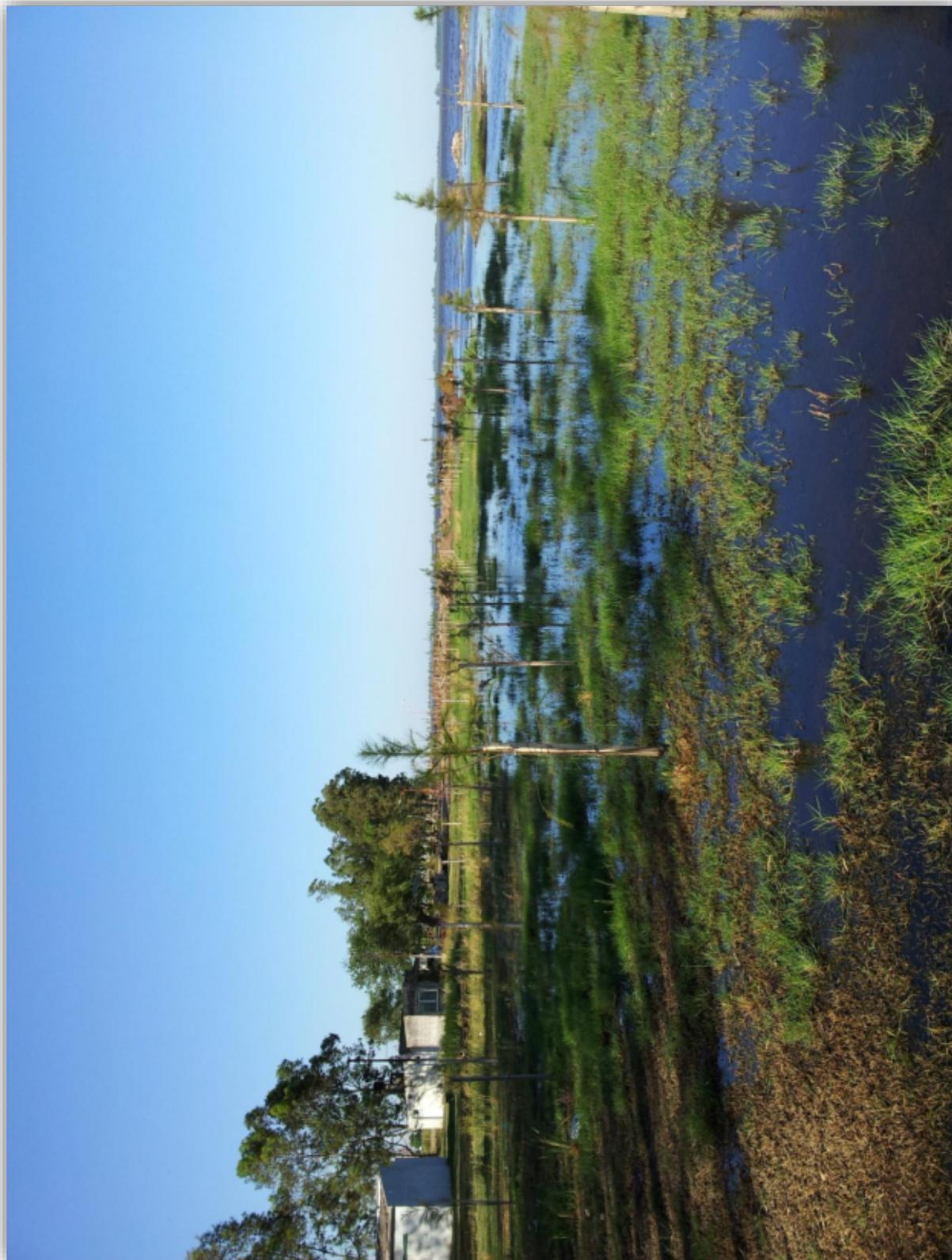


IMAGEN 10: *Imagen referencia a punto 1*

**MODULO 5:**

*Análisis Físico – Químico, Microbiológico y Bacteriológico  
del Agua*

## 14 ANALISIS FISICO – QUIMICO, MICROBIOLÓGICO Y BACTERIOLÓGICO DEL AGUA

El día 8 de marzo de 2014, efectuamos muestreo en cuatro puntos definidos en la laguna El Chañar para analizar la calidad de agua superficial y su impacto en el medio ambiente. Además tener en cuenta los aspectos que hacen a la biota acuática.

El cuerpo de agua analizado recibe efluentes pluviales y explotación agrícola ganadera, de la localidad de Teodelina.

De cada punto se obtuvieron tres muestras en envases plásticos. Cada muestra fue cerrada sin burbujas de aire y sellado el cierre del envase con cinta y papel film, esto recaudo fue para evitar la alteración de las muestras. Además se rotularon e identificaron con: fecha, hora, número de punto, nombre de la laguna y el tipo de estudio. (DBO, DQO, Análisis correspondientes).

Croquis de ubicación de los puntos donde se tomaron las muestras:



## 14.1 RESULTADOS DE LAS MUESTRAS DE AGUA, LAGUNA EL CHAÑAR

A continuación haremos un informe de los resultados que arrojaron las muestras para los cuatro puntos.

### MUESTRA N° 1

UBICACIÓN: Salida de caudal de la laguna, obra de regulación.

DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO: obra de regulación existente, construida con escombros y viruta metálica, y el vertedero realizado de hormigón.

### ASPECTOS AMBIENTALES:

- Color del agua: marrón-verde clara; sin olor;
- Vegetación: pastizales y juncos;
- Entorno de la costa: orilla con barro, pastizales y juncos ;
- Flora y fauna: PECES: pejerrey. Son sembrados cada año para mantener una población alta que permita la pesca deportiva. Bagre de laguna, Tararira. El mojarrón dienteado, vieja del agua que sorben los desechos del fondo. La anguila criolla que se entierra en los barros de la orilla. REPTILES: culebra verdinegra, Iguana obero. MAMIFEROS: falsa nutria y la comadreja colorada, que cazan las aves entre los juncos. AVES: **Nadadoras**: Gallareta, Ganso salvaje y el cisne de cuello negro. **Zancudas**: Garzas blanca y mora, Garcitas, Flamencos y cuervillos de cañada. **Otras**: Teros, Chajáes, Golondrinas, Tordos.

### ESTUDIO ANALÍTICO:

#### I. Organolépticos:

- Color: marrón - verde
- Turbiedad: si
- Sabor: si
- Olor: no
- Sedimentos: si

II. Datos físico-químicos:

DATOS FISICOS QUIMICOS	UNIDAD	RESULTADO
pH		9,38
Conductividad	μS/cm	3109
Residuos secos	mg/l	2020,85
Alcalinidad Total	mg/l	1214,03
Dureza Total	mg/l	237,6

Comentario: se corresponden valores típicos para la zona, por lo que se puede concluir que no existen indicadores de contaminación o alguna singularidad de los valores obtenidos.

III. Balance químico:

CATIONES	RESULTADO
Unidad	mg/l
Calcio	19,2
Magnesio	14,5
Sodio	645
Potasio	63
Amonio	0
Arsénico	0,075

ANIONES	RESULTADO
Unidad	mg/l
Cloruros	490,82
Sulfatos	16,00
Carbonatos	182,86
Bicarbonatos	683,20
Fluoruros	1,20
Nitratos	4,00
Nitritos	0,01

Comentario: se corresponden valores típicos para la zona, por lo que se puede concluir que no existen indicadores de contaminación o alguna singularidad de los valores obtenidos.

IV. Ensayo orgánico:

DQO = 229 mg/l

DBO = 80 mg/l

Comentario: se corresponden con los valores típicos para cuerpos lacustres de la zona, aunque levemente aumentados. No se observan singularidad relevante en los valores obtenidos.

V. Observación de zooplancton y fitoplancton:

Valor:  $7,5 \times 10^6$  u/ml

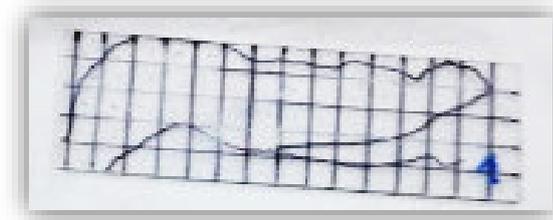


IMAGEN 1: *Muestra observada en microscopio*

Nota: microorganismos alargados con poca cantidad de anacystis.

Comentario: los valores determinados corresponden a estándares propios del área de estudio.

No se detectan desvíos relevantes en los parámetros analizados.

## MUESTRA N° 2

UBICACIÓN: Punto medio de la laguna.

DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO: Se puede observar al *norte* arboleda y el ingreso de caudal; al *sur*: campo; *oeste*: la costanera y la localidad de Teodelina: y en el *este*: obra de regulación.

### ASPECTOS AMBIENTALES:

- Color del agua: marrón-verde clara; sin olor;
- Vegetación: pastizales y juncos;
- Entorno de la costa: orilla con barro, pastizales y juncos ;
- Flora y fauna: PECES: pejerrey. Son sembrados cada año para mantener una población alta que permita la pesca deportiva. Bagre de laguna, Tararira. El mojarrón dientudo, vieja del agua que sorben los desechos del fondo. La anguila criolla que se entierra en los barros de la orilla. REPTILES: culebra verdinegra, Iguana obero. MAMIFEROS: falsa nutria y la comadreja colorada, que cazan las aves entre los juncos. AVES: **Nadadoras**: Gallareta, Ganso salvaje y el cisne de cuello negro. **Zancudas**: Garzas blanca y mora, Garcitas, Flamencos y cuervillos de cañada. **Otras**: Teros, Chajáes, Golondrinas, Tordos.

### ESTUDIO ANALÍTICO:

#### I. Organolépticos:

- Color: marrón - verde
- Turbiedad: si
- Sabor: si
- Olor: no
- Sedimentos: si

II. Datos físico-químicos:

DATOS FISICOS QUIMICOS	UNIDAD	RESULTADO
pH		9,47
Conductividad	μS/cm	3790
Residuos secos	mg/l	2463,50
Alcalinidad Total	mg/l	839,90
Dureza Total	mg/l	374

Comentario: se corresponden valores típicos para la zona, por lo que se puede concluir que no existen indicadores de contaminación o alguna singularidad de los valores obtenidos

III. Balance químico:

CATIONES	RESULTADO
Unidad	mg/l
Calcio	16,032
Magnesio	31,59
Sodio	760
Potasio	65
Amonio	0
Arsénico	0,075

ANIONES	RESULTADO
Unidad	mg/l
Cloruros	919,69
Sulfatos	10,00
Carbonatos	114,29
Bicarbonatos	488,00
Fluoruros	1,00
Nitratos	4,00
Nitritos	0,02

Comentario: se corresponden valores típicos para la zona, por lo que se puede concluir que no existen indicadores de contaminación o alguna singularidad de los valores obtenidos.

IV. Ensayo orgánico:

DQO = 252 mg/l

DBO = 80 mg/l

Comentario: se corresponden con los valores típicos para cuerpos lacustres de la zona, aunque levemente aumentados. No se observan singularidad relevante en los valores obtenidos.

V. Observación de zooplancton y fitoplancton:

Valor:  $1,87 \times 10^7$  u/ml

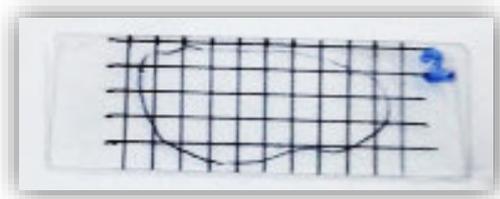


IMAGEN 2: Muestra observada en microscopio

Nota: Se encuentran anacystis (3-4  $\mu\text{m}$ ), en abundante cantidad.

Comentario: los valores determinados corresponden a estándares propios del área de estudio.

No se detectan desvíos relevantes en los parámetros analizados.

### **MUESTRA N° 3**

**UBICACIÓN:** Ingreso de caudal por el norte.

**DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO:** ingreso de caudal cuenca Brazo Norte, Ruta Provincial N° 94, banquinas y orillas de la laguna con barracas.

#### **ASPECTOS AMBIENTALES:**

- Color del agua: marrón-verde clara; sin olor;
- Vegetación: pastizales y juncos;
- Entorno de la costa: orilla con barracas;
- Flora y fauna: PECES: pejerrey. Son sembrados cada año para mantener una población alta que permita la pesca deportiva. Bagre de laguna, Tararira. El mojarrón dientudo, vieja del agua que sorben los desechos del fondo. La anguila criolla que se entierra en los barros de la orilla. REPTILES: culebra verdinegra, Iguana obero. MAMIFEROS: falsa nutria y la comadreja colorada, que cazan las aves entre los juncos. AVES: ***Nadadoras:*** Gallareta, Ganso salvaje y el cisne de cuello negro. ***Zancudas:*** Garzas blanca y mora, Garcitas, Flamencos y cuervillos de cañada. ***Otras:*** Teros, Chajáes, Golondrinas, Tordos.

#### **ESTUDIO ANALITICO:**

##### **I. Organolépticos:**

- Color: marrón - verde
- Turbiedad: si
- Sabor: si
- Olor: no
- Sedimentos: si

II. Datos físico-químicos:

DATOS FISICOS QUIMICOS	UNIDAD	RESULTADO
pH		9,04
Conductividad	μS/cm	2380
Residuos secos	mg/l	1547
Alcalinidad Total	mg/l	1191,15
Dureza Total	mg/l	154

Comentario: se corresponden valores típicos para la zona, por lo que se puede concluir que no existen indicadores de contaminación o alguna singularidad de los valores obtenidos.

III. Balance químico:

CATIONES	RESULTADO
Unidad	mg/l
Calcio	9,6192
Magnesio	11,18
Sodio	485
Potasio	43
Amonio	0
Arsénico	0,075

ANIONES	RESULTADO
Unidad	mg/l
Cloruros	276,38
Sulfatos	10,00
Carbonatos	91,43
Bicarbonatos	780,80
Fluoruros	0,90
Nitratos	6,00
Nitritos	0,01

Comentario: se corresponden valores típicos para la zona, por lo que se puede concluir que no existen indicadores de contaminación o alguna singularidad de los valores obtenidos.

IV. Ensayo orgánico:

DQO = 192 mg/l

DBO = 70 mg/l

Comentario: se corresponden con los valores típicos para cuerpos lacustres de la zona, aunque levemente aumentados. No se observan singularidad relevante en los valores obtenidos.

V. Observación de zooplancton y fitoplancton:

Valor:  $4,5 \times 10^6$  u/ml

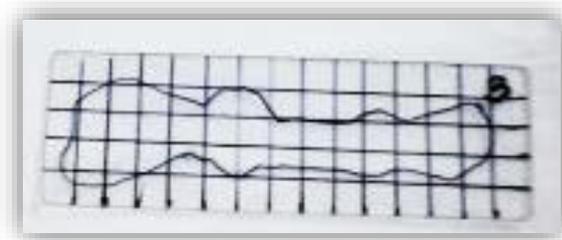


IMAGEN 3: Muestra observada en microscopio

Nota: Poca cantidad de anacystis. Muchos microorganismos circulares y expandidos

Comentario: los valores determinados corresponden a estándares propios del área de estudio.

No se detectan desvíos relevantes en los parámetros analizados.

## **MUESTRA N° 4**

**UBICACIÓN:** Ingreso de caudal de la laguna, suroeste.

**DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO:** Desecho de residuales de actividad porcina y avícola.

### **ASPECTOS AMBIENTALES:**

- Color del agua: marrón oscuro; con olor;
- Vegetación: pastizales;
- Entorno de la costa: orilla con barro, pastizales y juncos, sedimentos flotantes ;
- Flora y fauna: PECES: pejerrey. Son sembrados cada año para mantener una población alta que permita la pesca deportiva. Bagre de laguna, Tararira. El mojarrón dientado, vieja del agua que sorben los desechos del fondo. La anguila criolla que se entierra en los barros de la orilla. REPTILES: culebra verdinegra, Iguana obero. MAMIFEROS: falsa nutria y la comadreja colorada, que cazan las aves entre los juncos. AVES: ***Nadadoras:*** Gallareta, Ganso salvaje y el cisne de cuello negro. ***Zancudas:*** Garzas blanca y mora, Garcitas, Flamencos y cuervillos de cañada. ***Otras:*** Teros, Chajáes, Golondrinas, Tordos.

### **ESTUDIO ANALÍTICO:**

#### I. **Organolépticos:**

- Color: marrón oscura
- Turbiedad: si
- Sabor: si
- Olor: si
- Sedimentos: si en gran cantidad en superficie.

II. Datos físico-químicos:

DATOS FISICOS QUIMICOS	UNIDAD	RESULTADO
pH		9,60
Conductividad	μS/cm	4686
Residuos secos	mg/l	3045,90
Alcalinidad Total	mg/l	759,71
Dureza Total	mg/l	528

Comentario: se corresponden valores típicos para la zona, por lo que se puede concluir que no existen indicadores de contaminación o alguna singularidad de los valores obtenidos.

III. Balance químico:

CATIONES	RESULTADO
Unidad	mg/l
Calcio	21,6432
Magnesio	45,20
Sodio	920
Potasio	80
Amonio	0
Arsénico	0,050

ANIONES	RESULTADO
Unidad	mg/l
Cloruros	1229,43
Sulfatos	10,00
Carbonatos	182,86
Bicarbonatos	341,60
Fluoruros	0,60
Nitratos	6,00
Nitritos	0,20

Comentario: se corresponden valores típicos para la zona, por lo que se puede concluir que no existen indicadores de contaminación o alguna singularidad de los valores obtenidos.

IV. Ensayo orgánico:

DQO = 237 mg/l

DBO = 75 mg/l

Comentario: se corresponden con los valores típicos para cuerpos lacustres de la zona, aunque levemente aumentados. No se observan singularidad relevante en los valores obtenidos.

Observación de zooplancton y fitoplancton:

Valor:  $4,9 \times 10^6$  u/ml

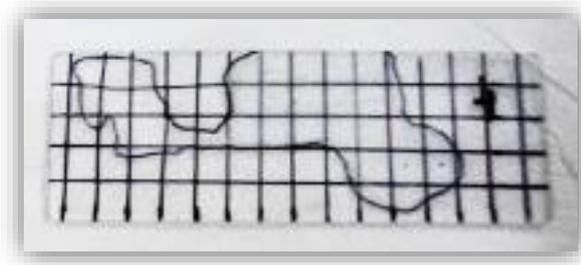


IMAGEN 4: *Muestra observada en microscopio*

Nota: Manchones negros de varios tamaños. Suciedad.

Comentario: Los valores determinados corresponden a estándares propios del área de estudio. No se detectan desvíos relevantes en los parámetros analizados.

## 14.2 CONCLUSIÓN DEL ANÁLISIS DEL AGUA SUPERFICIAL

Los aspectos ambientales de las actividades rurales y urbanas relacionadas con la laguna “El Chañar”, en términos generales no alteran el estándar (propio de las zonas lacustres de la región) de la misma de manera significativa.

En lo particular se ve aumentada en forma leve a mediana los valores de DQO que corresponden a aportes antrópicos de zona urbana (desagües pluviales) y residuos de la explotación agrícola ganadera.

Los valores de sales disueltas son propias de la naturaleza de la zona y no hay indicios de aportes industriales.

La característica biológica se encuentra en un marco de equilibrio ecológico corroborado por la presencia de especies del zooplancton y fitoplancton lacustre habituales en ese tipo de formaciones. También se observa el desarrollo sostenido de macroespecies.

No se observan síntomas de eutrofización ni químicos ni biológicos.

A continuación, imágenes representativas de lo expuesto.

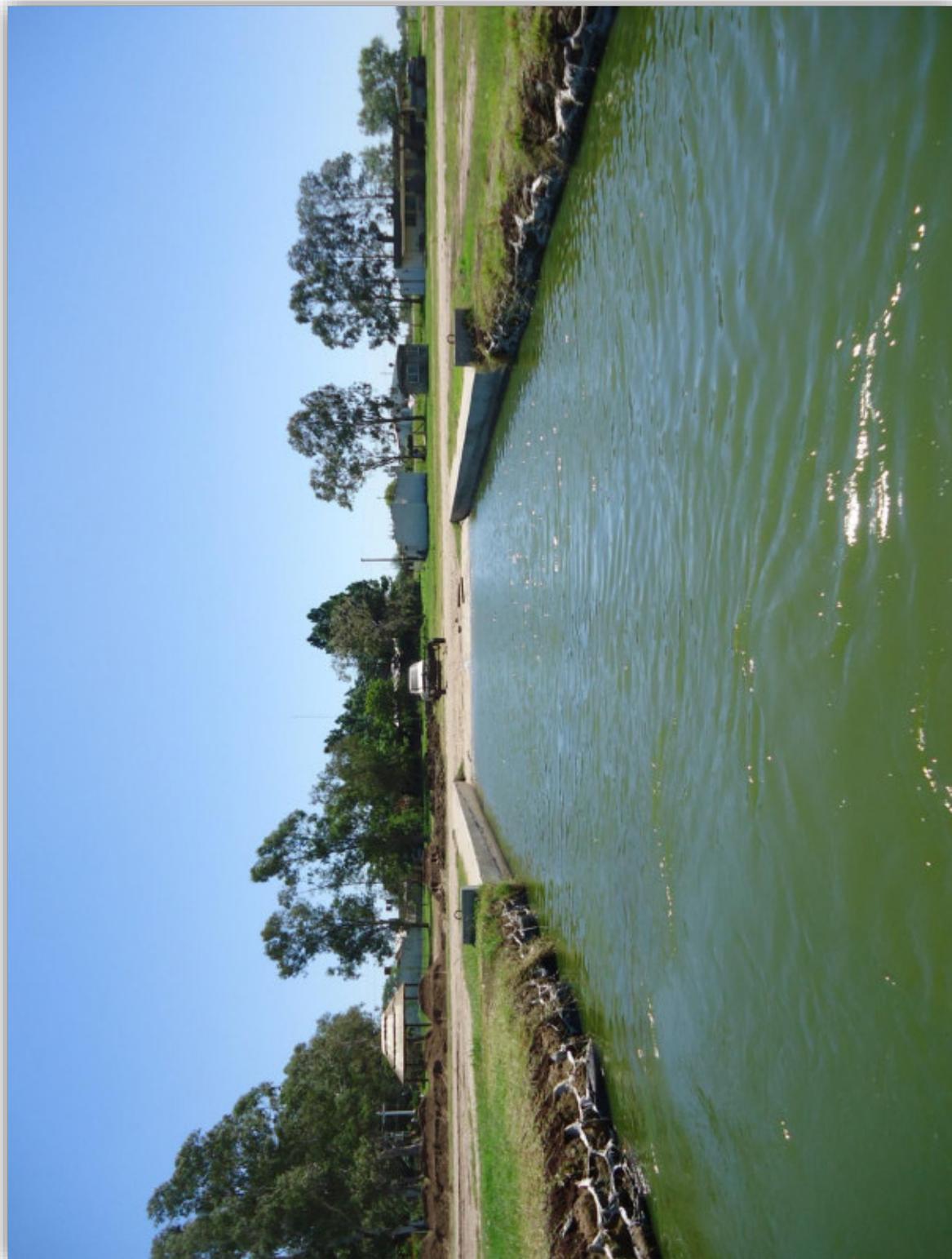


IMAGEN 5: Visual del color del agua

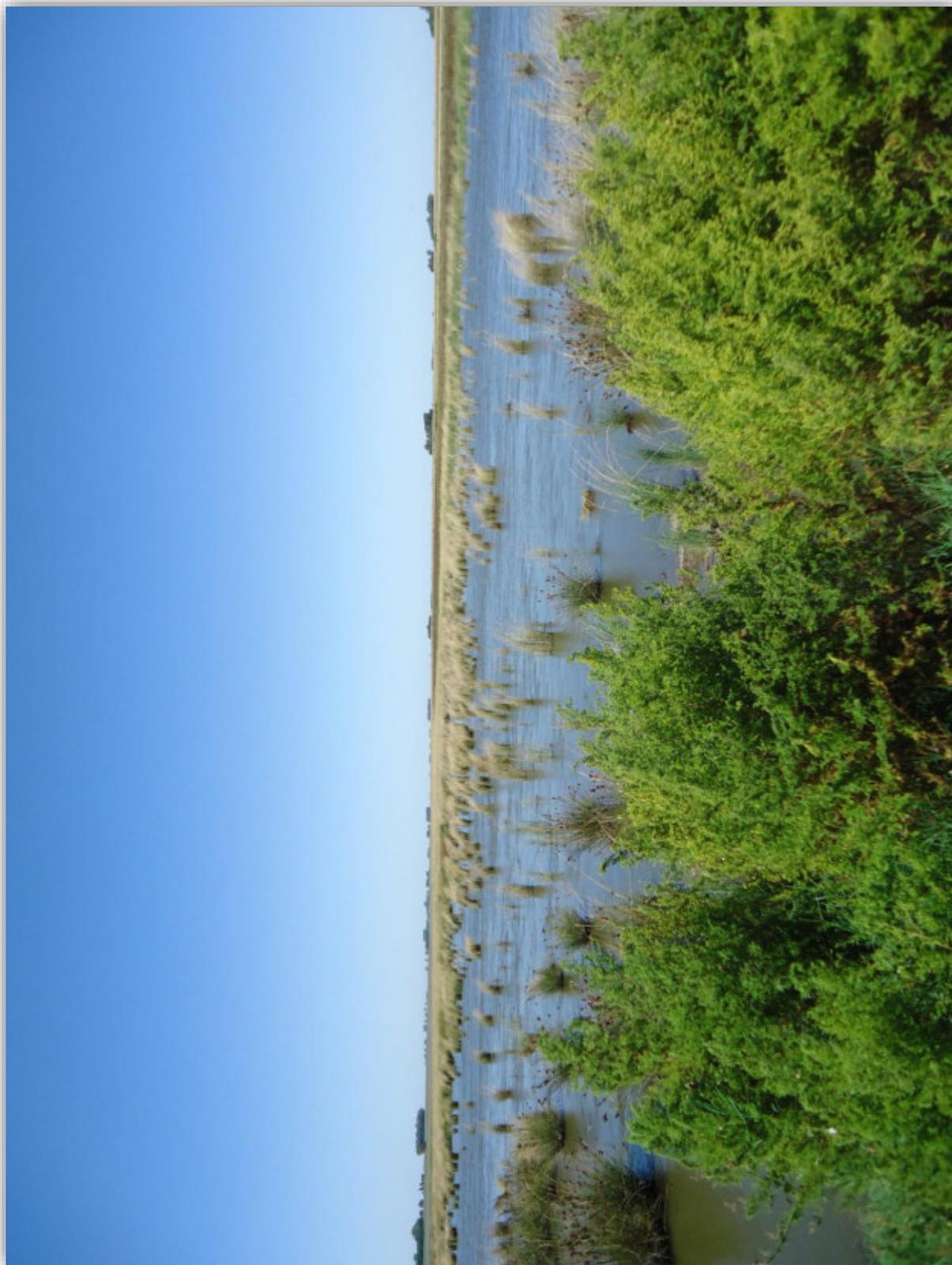


IMAGEN 6: *Vista del ecosistema desde la obra de control*

## **MODULO 6:**

*Situación Actual y Sugerencias*

## 15 ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL

En función de lo que estudiamos observamos que en la zona existe un gran conflicto hidrológico que deriva, no solo del relieve plano de poca pendiente que implica inundaciones de grandes superficies ante el aumento de la altura de agua, sino que también responde a una ineficiente gestión del recurso hídrico.

Los escurrimientos que recibe la cuenca ingresan mediante canalizaciones reguladas por alcantarillado de las localidades de La chispa, Maggiolo y San Eduardo, incorporando un aporte extra al calculado en este trabajo. La sub cuenca de Venado Tuerto, entre la ruta Nacional N° 33 y ruta Nacional N° 8, por Laguna del Hinojo, conserva obras de desconexión sin finalizar que derivan por el Canal San Urbano hacia Carmen y tienen por objetivo descomprimir los aportes de las canalizaciones ya mencionadas. Por el momento todos los aportes de escurrimiento convergen sobre el curso principal a la altura de la ruta Provincial N°14 (María Teresa) ingresando por la Laguna Sesenta y seis, continuando por el sistema de lagunas Las Encadenadas, finalizando como ingreso de caudal en El Chañar.



IMAGEN 1: Ubicación de subcuencas

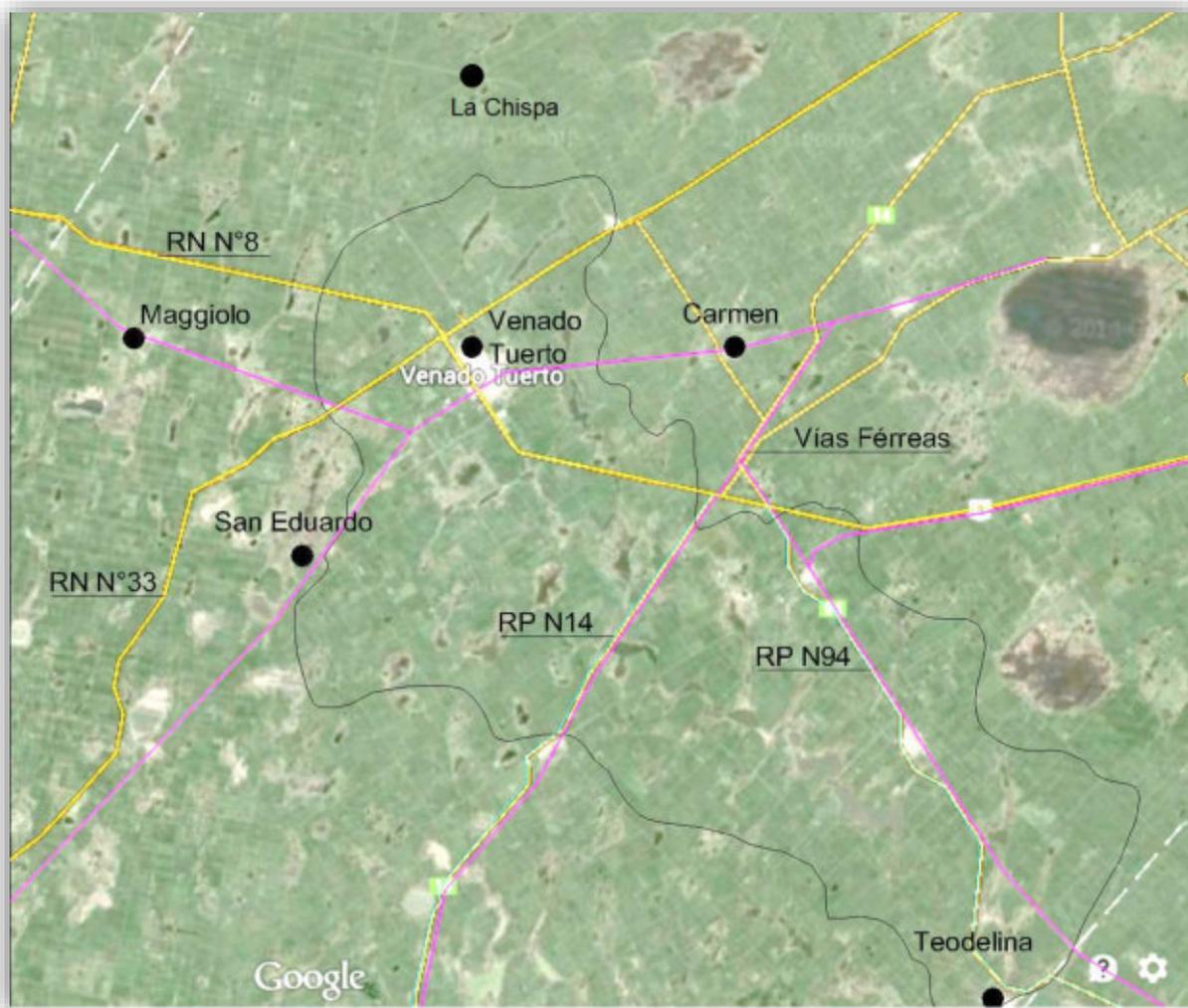


IMAGEN 2: Ubicación red vial y ferroviaria, escurrimientos

El punto de control de la cuenca Brazo Norte corresponde con el límite provincial entre Santa Fe y Buenos Aires. Naturalmente el agua superficial escurre de norte a sur, atravesando el límite, siendo la naciente del Río Salado bonaerense. La provincia de Buenos Aires por su parte, por inundaciones en el territorio ejecuto un Plan Maestro Integral Cuenca del Río Salado, con una Auditoria General de la Nación (2003-2006), examen de la gestión ambiental que fue llevada a cabo por la Dirección Nacional de Planificación Hídrica y Coordinación Federal (Plan Federal de Control de Inundaciones), dejando asentado que el rango admitido por la provincia de Buenos Aires, es un caudal de salida que no puede exceder los  $5 \text{ m}^3/\text{seg}$ .

Se encontró dificultad en el desarrollo de la obra Módulo III: Obras de vinculación laguna La Picasa – Cañada La Horqueta, debido a que no se pudo liberar la traza por la falta de expropiaciones en terrenos afectados por la obra. Como alternativa se planteó sobre la cuenca del Brazo Sur, el Canal Alternativa Norte con el fin de descender los niveles de la laguna La Picasa, mediante obras de bombeo y canalizaciones, área de aportes que ingresan a la laguna El Chañar de  $5 \text{ m}^3/\text{seg}$ , y en épocas de exceso hídrico se consideró un caudal de operación de ingreso de  $8 \text{ m}^3/\text{seg}$ .

El recorrido del curso de agua del Brazo Norte que ingresa a la Laguna El Chañar, posee la problemática en épocas húmedas, afectando a la zona rural y urbana de la localidad de Teodelina y de las localidades vecinas, anegando todos los accesos y dejando como único ingreso a la ruta provincial N° 94.



IMAGEN 3: Vista aérea de la zona donde fueron tomadas las imágenes



IMAGEN 4: Vista sur de la localidad de Teodelina.



IMAGEN 5: Vista sur de la localidad de Teodelina, por ruta angosta

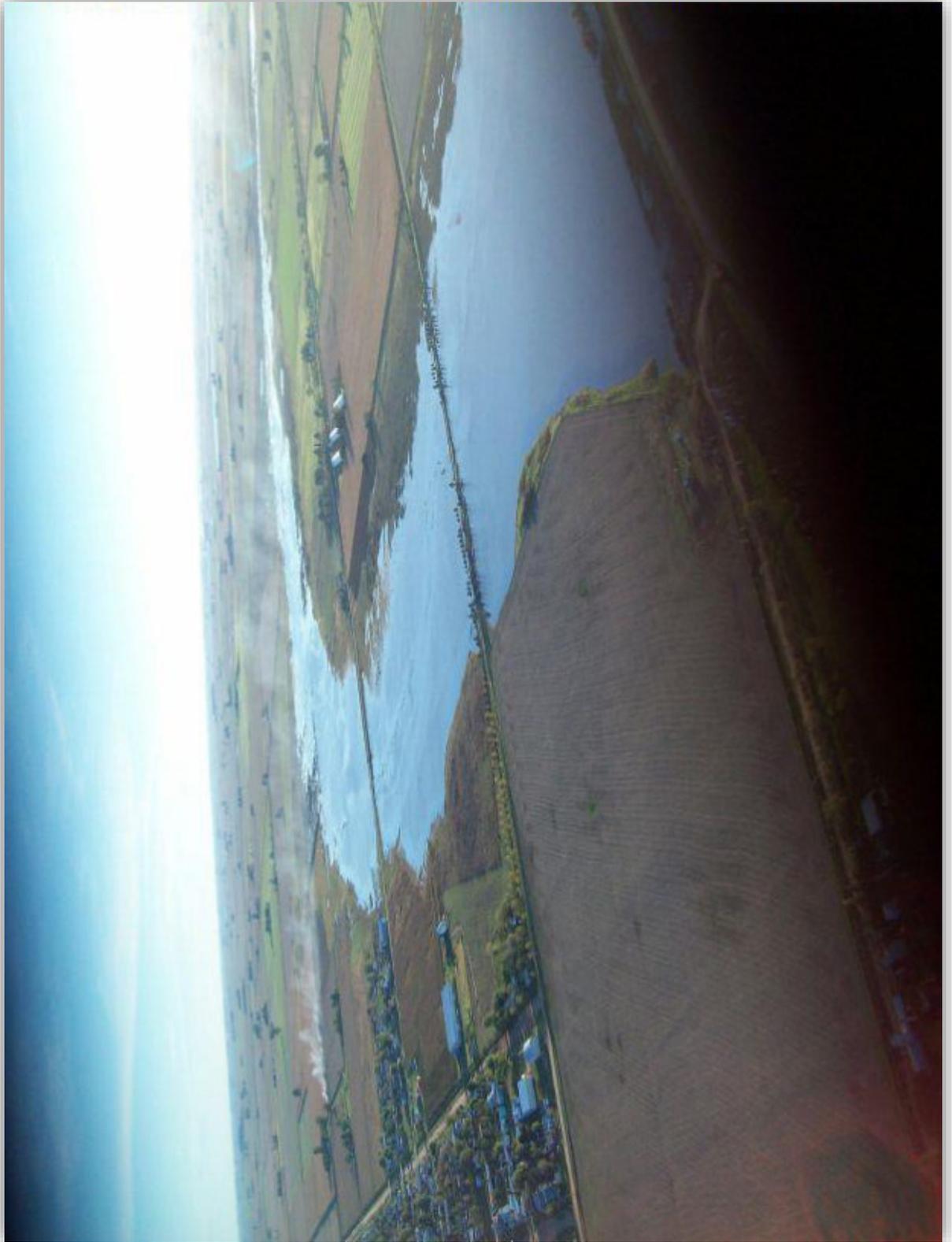


IMAGEN 6: Vista general del curso del agua ingreso Brazo Norte..

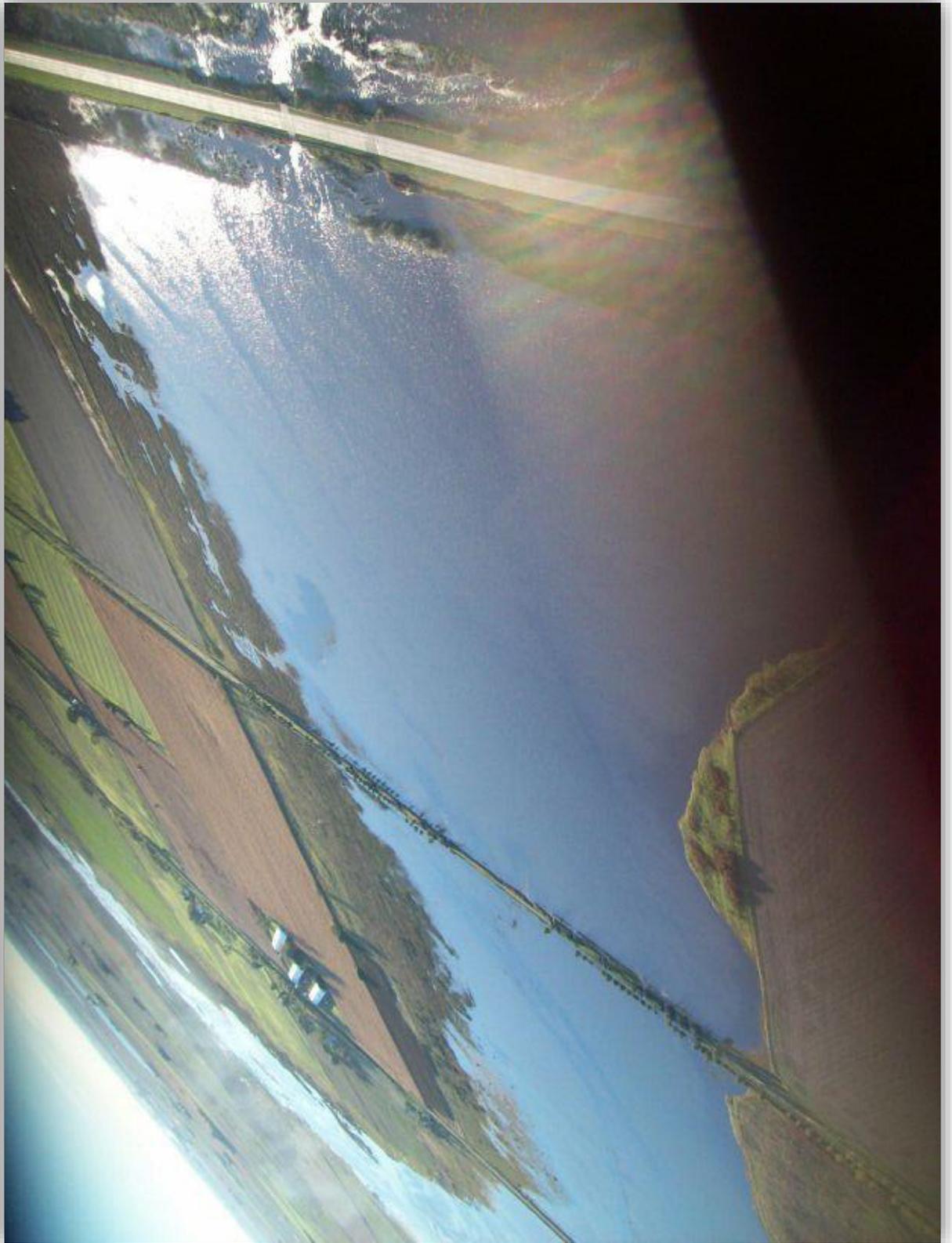


IMAGEN 7: Vista sobre ruta provincial N° 94 lado izquierdo se encuentra Teodelina.

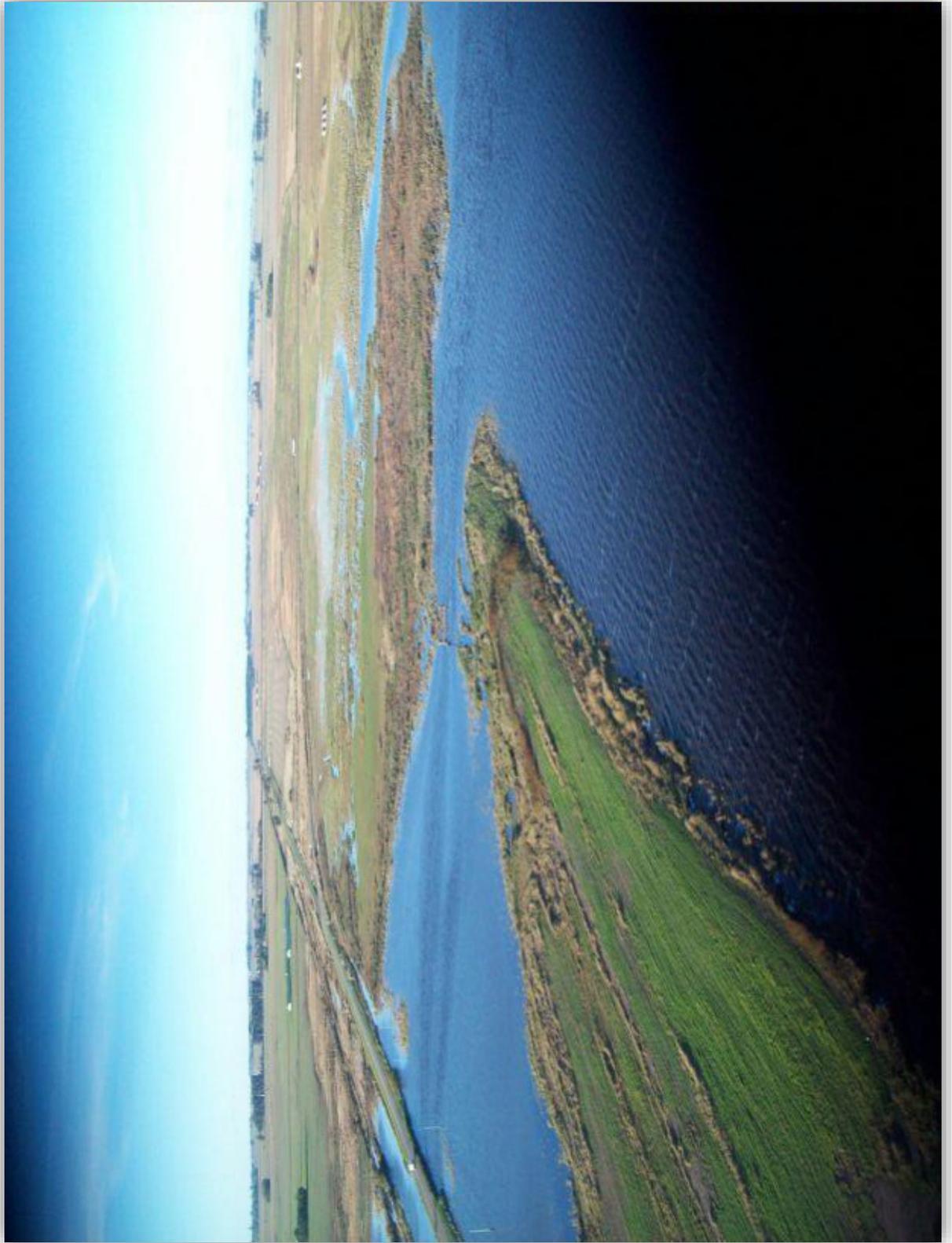


IMAGEN 8: Vista sobre ruta provincial N° 94 lado derecho se encuentra ingreso del caudal a la Laguna El Chañar.

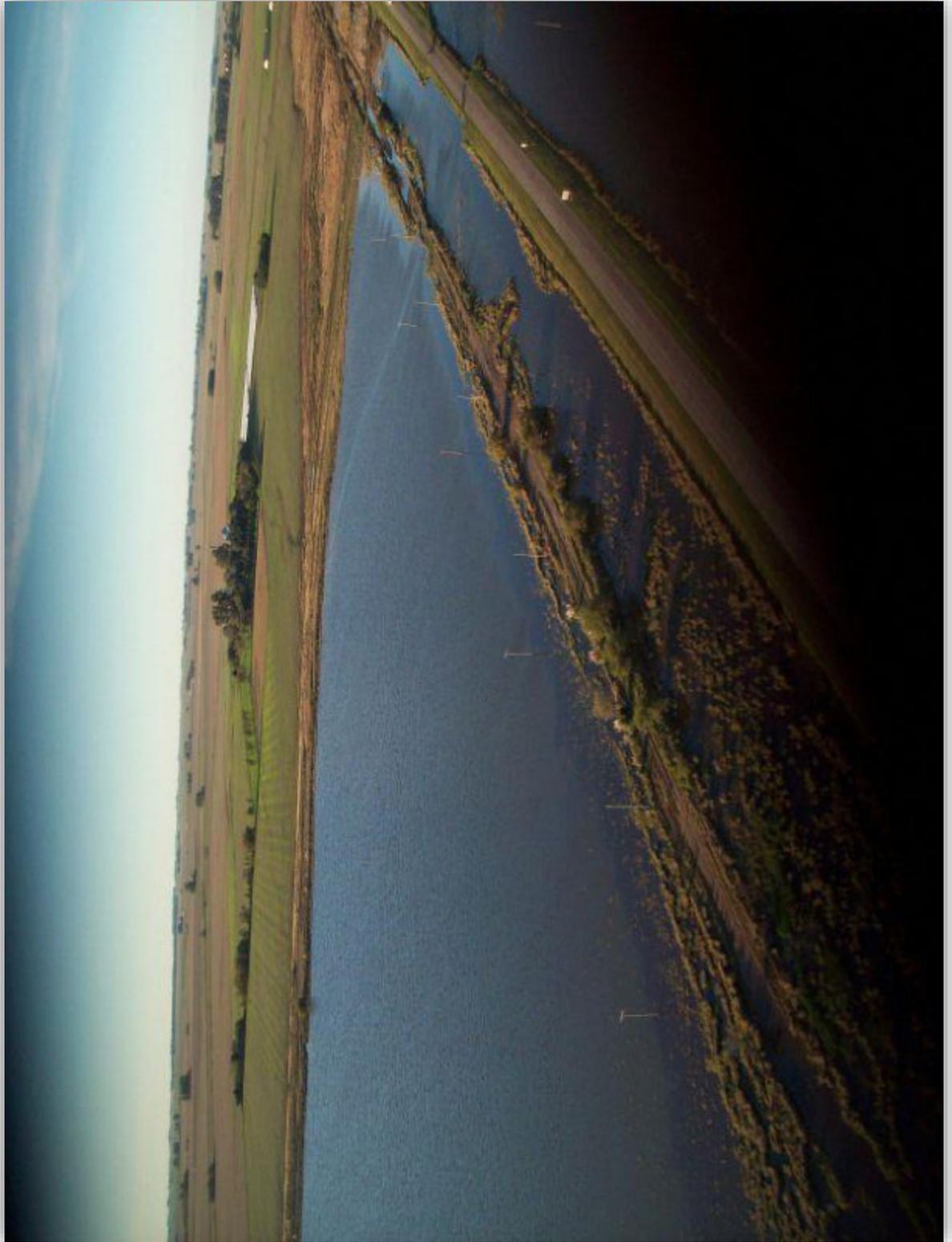


IMAGEN 9: Vista oeste sobre ruta provincial N° 94 lado derecho se encuentra ingreso del caudal a la Laguna El Chañar.

Respecto a la obra de regulación existente, vimos que está construida precariamente con escombros y viruta metálica. Tiene cuatro descargas reguladas, sin asesoramiento profesional ni legal. Son losas de hormigón reconstruidas, luego de que en las inundaciones de 2001 y por falta de mantenimiento sufran rupturas. Se observa que a medida que aumenta el nivel de agua, comienza a desbordar por los extremos de la obra, (no tiene márgenes de protección). Luego el agua atraviesa la contención de forma irregular. En todo su largo se encuentra cubierto de pastizales y vegetación. No se observan obras de disipación de energía ni canalizaciones definidas aguas debajo de la obra mencionada. A continuación se muestran fotos del lugar.



IMAGEN 10: *Obra de regulación.*

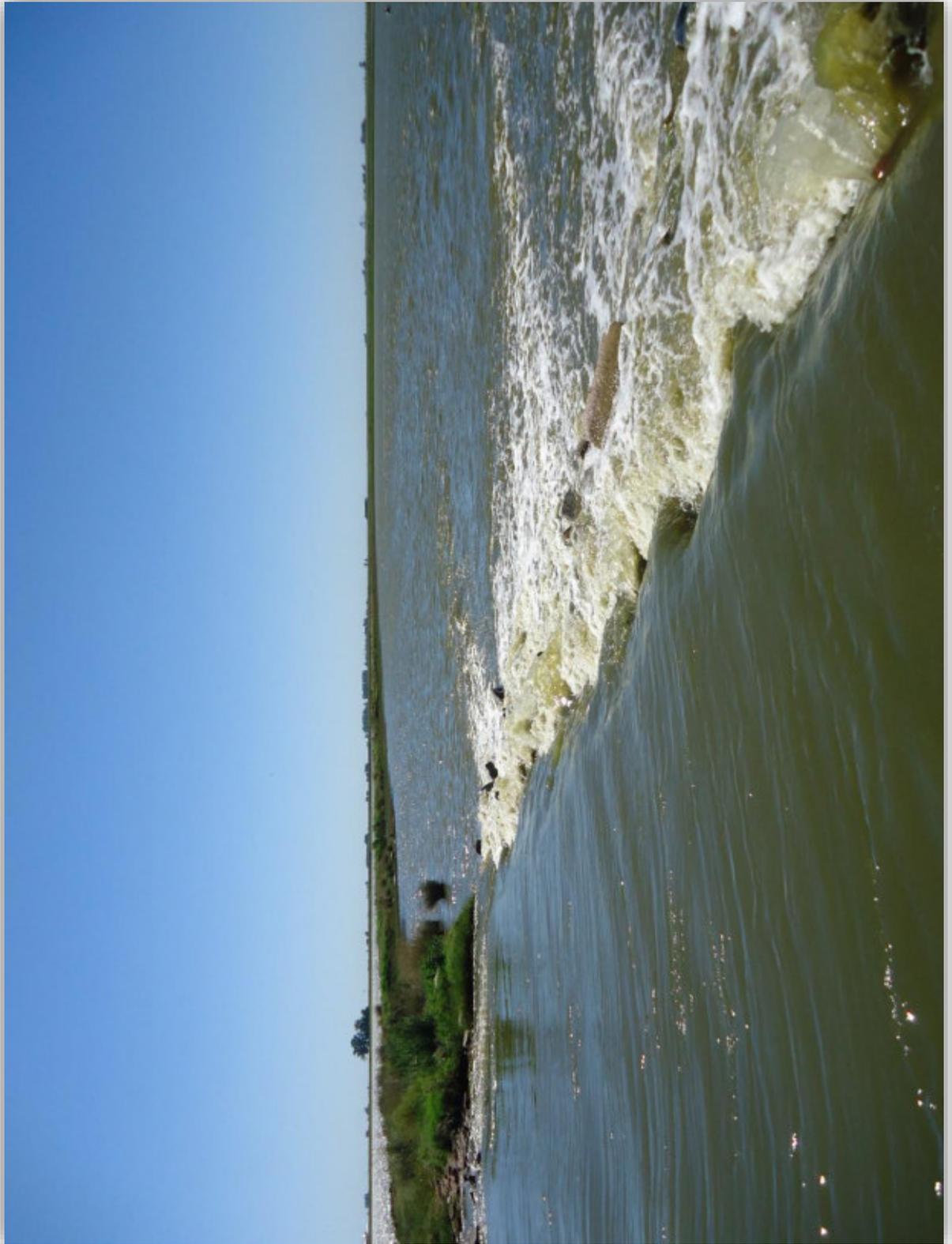


IMAGEN 11: *Losa de descarga en el medio de la laguna.*



IMAGEN 12: *Losa de descarga en el extremo.*



IMAGEN 13: *Orilla de la obra de regulación lado Santa Fe.*



IMAGEN 14: *Desborde de los extremos.*

El impacto del agua en la costa erosiono naturalmente los suelos. En consecuencia, la mancha de agua fue conquistando espacio de tierra. Por este motivo, la comisión comunal opto por rellenar con viruta metálica, neumáticos y escombros para darle forma a la costanera de la localidad de Teodelina.



IMAGEN 15: *Costanera de la Laguna El Chañar y Balneario El Eden.*

Ecológicamente existe una gran variedad de comunidades de animales y vegetación, se puede destacar:

- Peces: pejerrey, son sembrados cada año para mantener una población alta que permita la pesca deportiva. Bagre de laguna, Tararira. El mojarrón dienteado, vieja del agua que sorben los desechos del fondo. La anguila criolla que se entierra en los barroes de la orilla.
- Reptiles: culebra verdinegra, Iguana overa.

- Mamíferos: falsa nutria y la comadreja colorada, que cazan las aves entre los juncos.
- Aves: **Nadadoras:** Gallareta, Ganso salvaje y el cisne de cuello negro. **Zancudas:** Garzas blanca y mora, Garcitas, Flamencos y cuervillos de cañada. **Otras:** Teros, Chajáes, Golondrinas, Tordos.

## **16 SOLUCIONES SUGERIDAS**

Anteriormente estimamos que el volumen que ingresa al reservorio ronda entre los 18.000 y 20.000 Hm<sup>3</sup>, y que la capacidad máxima de retención inundado a cota de nivel 85 m del IGN es de 7300 Hm<sup>3</sup>. También calculamos que el volumen que debería evacuar según el acuerdo con la provincia de Buenos Aires es de 2350 Hm<sup>3</sup> para el tiempo del pico de crecida. Aclaremos que los cálculos se realizaron a partir de un hidrograma sintético y en capítulos anteriores mencionamos sobre el comportamiento de las lagunas que integran el sistema. En función de todo esto observamos que la laguna El Chañar no puede almacenar el agua que escurre en la cuenca para las tormentas de diseño consideradas, y que posiblemente los reservorios que forman la red de escurrimiento actúen como reservorios parciales, por lo que una posible solución al problema sea, además de diseñar la obra de regulación a la salida de la laguna y la protección de la rivera, un plan de gestión integrada en donde se considere embalsar volumen de agua en las lagunas aguas arriba para disminuir el caudal pico y aumentar el tiempo base del hidrograma, con lo que se lograría atenuar la crecida aguas abajo.

Respecto a la obra de arte de la ribera construida por la gente de lugar, consideramos la posibilidad de diseñar y ejecutar una obra que brinde más seguridad y al mismo tiempo la posibilidad de parquear la costanera, ocultando los desechos con que fue construida. De esta manera se torna un ambiente cálido y adecuado para la recreación.

Del análisis realizado del agua, apreciamos que la actividad socio económica del hombre no tiene un impacto peligroso al ecosistema de la laguna, motivo por el cual solo dejamos asentado la posibilidad de elaborar políticas de protección ambientales, para que el desarrollo futuro de las actividades recreativas y económicas no afecten negativamente ni degraden la ecología lugar. Indicamos que es de suma importancia considerarlo ya que se estaría previniendo futuros conflictos cuidando el lugar debidamente.

## **17 PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES Y PROTECCIÓN DEL ECOSISTEMA**

Un plan de gestión integrada significa que todos los usos diferentes del recurso hídrico deben ser considerados en conjunto. La distribución del agua y las decisiones de gestión consideran los efectos de cada uno de los usos sobre los otros. Son capaces de tomar en cuenta de forma global, las metas sociales y económicas, incluyendo la búsqueda del desarrollo sostenible. En el concepto básico de gestión integral de recurso hídrico ha sido ampliado para incorporar la toma de decisiones participativas. Diferentes grupos de usuarios (agricultores, comunidades, ambientalistas) pueden tener influencia en las estrategias para el desarrollo y la gestión del recurso hídrico. Esto genera beneficios adicionales, como usuarios informados que aplican autorregulación local con relación a cuestiones tales como conservación del agua y protección de sitios de captación de una manera mucho más efectiva que las que puede lograrse con regulación y vigilancia centralizada.

Según nuestra observación respecto a lo estudiado el plan deberá considerar los siguientes aspectos:

- Ubicación y emplazamientos de estaciones de medición pluviográfica que estén distribuidas uniformemente en toda la superficie de la cuenca para que brinden información cierta y segura del agua precipitada y generen una base de dato que cubra adecuadamente la distribución real de la precipitación.
- Establecimiento de estaciones de aforo de caudal en puntos críticos que brinden un panorama acertado del escurrimiento superficial de la cuenca y el tiempo de concentración real de la misma.
- Ejecución de obras de retención y regulación en las siguientes lagunas: Laguna Sesenta y seis, Laguna la Grigera, Laguna Las Encadenas y Laguna Las Marías, para que tengan la capacidad de evacuar el agua de manera lenta para aumentar el tiempo de concentración y disminuir el impacto de la crecida aguas abajo.

- Estudio minucioso del ciclo de periodos húmedos y secos que caracteriza a la región como punto de partida para la elaboración de políticas de gestión.
- Políticas y planes de gestión que regulen el escurrimiento superficial en función del ciclo antes mencionado de modo que las lagunas funcionen sistemáticamente coordinadas a este régimen natural de la zona.
- Sabiendo que se trata de una zona plana, los responsables de la evaluación de la situación y el estudio y diseño del plan deben ser criteriosos con la toma de decisiones y la fijación de caudales admisibles para evitar anegamientos importantes de cualquier zona de la cuenca, estableciendo fundamentos, objetivos, metas y metodología de implementación.
- Definición de caudales admisibles de evacuación de las lagunas reservorios.
- Estudios continuos de impacto ambiental y políticas de protección ambientales.
- Adecuación del modelo a normas vigentes aplicables.

## 18 CAUDAL ADMISIBLE DE INGRESO BRAZO NORTE

Del comportamiento nivel de agua – superficie inundada – volumen almacenado analizados para la laguna el Chañar (Capítulo 13 – Módulo 4), el comportamiento hidrológico de la cuenca y el clima cíclico de la zona sugerimos la elaboración de un plan de gestión integrada que regule y controle el escurrimiento superficial de toda la cuenca (Capítulo 17 – Módulo 6). A partir de esto decidimos analizar el caudal que debería ingresar a la laguna para evitar el anegamiento.

El cálculo lo realizamos proponiendo distintos tiempos de concentración. Con este obtuvimos el hidrograma unitario sintético adimensional, el hidrograma de diseño y el volumen de agua que ingresaría a la laguna para esa condición.

La propuesta fue aumentar el tiempo de concentración (teniendo en cuenta la implementación de retención parciales aguas arriba) para reducir el caudal pico y suavizar la curva del hidrograma.

El criterio con el que definimos el caudal de ingreso fue el de considerar un volumen de embalse tal que el aumento de la superficie del espejo de agua inunde lo suficiente para no aislar a la localidad de Teodelina, pero sea la necesaria para amortiguar la crecida, debido a la restricción de caudal aguas debajo de la misma.

### 18.1 HIDROGRAMA UNITARIO SINTÉTICO:

La iteración la concluimos con los siguientes valores:

- Tiempo de concentración: 3.600 hs
- Tiempo al pico: 2.520 hs
- Tiempo de retardo: 4.208,40 hs
- Tiempo base: 6.728,40 hs

A continuación se detalla el hidrograma unitario obtenido.

Hidrograma adimensional		Hidrograma unitario	
t/tp	q/qp	t (hs)	Qp (m <sup>3</sup> /s)
0	0	0,00	0,00
0,1	0,015	252,00	0,00
0,2	0,075	504,00	0,01
0,3	0,16	756,00	0,02
0,4	0,28	1008,00	0,04
0,5	0,43	1260,00	0,07
0,6	0,65	1512,00	0,10
0,7	0,77	1764,00	0,12
0,8	0,89	2016,00	0,14
0,9	0,97	2268,00	0,15
1	1	2520,00	0,15
1,1	0,98	2772,00	0,15
1,2	0,92	3024,00	0,14
1,3	0,84	3276,00	0,13
1,4	0,75	3528,00	0,11
1,5	0,65	3780,00	0,10
1,6	0,57	4032,00	0,09
1,8	0,43	4536,00	0,07
2	0,32	5040,00	0,05
2,2	0,24	5544,00	0,04
2,4	0,18	6048,00	0,03
2,6	0,13	6552,00	0,02
2,8	0,098	7056,00	0,01
3	0,075	7560,00	0,01
3,5	0,036	8820,00	0,01
4	0,018	10080,00	0,00
4,5	0,009	11340,00	0,00
5	0,004	12600,00	0,00

TABLA 1: *Hidrograma unitario de ingreso estimado para evitar inundaciones*

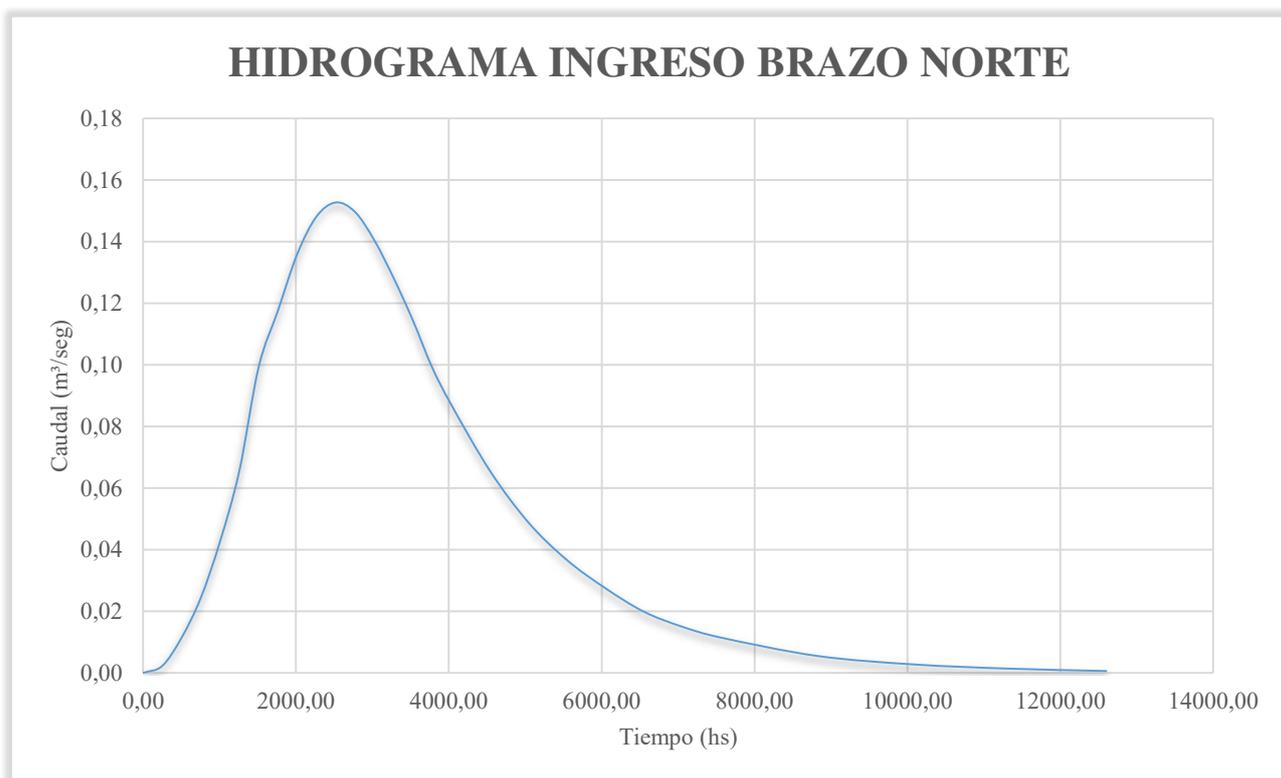


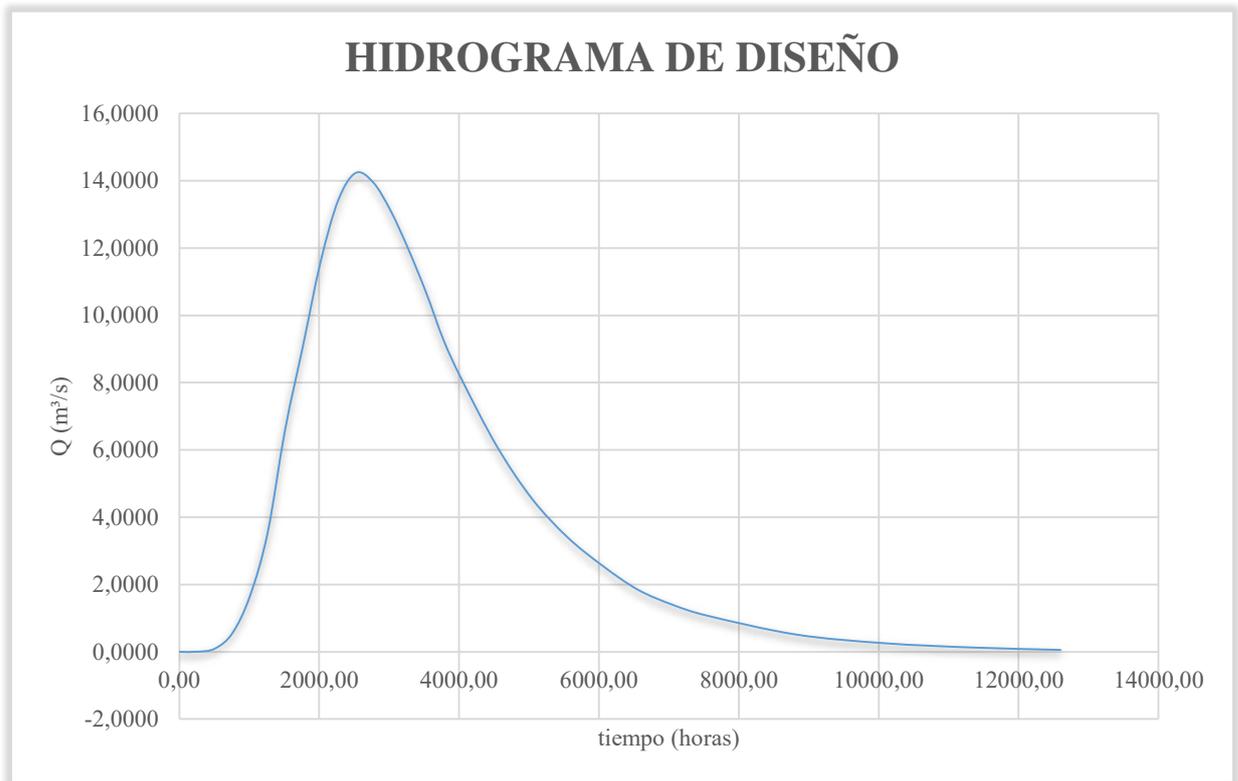
GRAFICO 1: *Hidrograma unitario de ingreso estimado para evitar inundaciones*

## 18.2 HIDROGRAMA DE DISEÑO

Combinamos el hidrograma unitario con el hietograma de diseño y obtuvimos el siguiente hidrograma de diseño, que indica que el caudal pico ingreso Brazo Norte es de 14.23 m<sup>3</sup>/seg.

Hidrograma unitario		Hidrograma de diseño															Q total
tiempo	Qu	0,45	0,55	7,02	14,49	16,19	14,93	12,91	10,55	8,01	5,38	2,7	0	Q total			
0,00	0,00	0,0000												0,0000			
252,00	0,00	0,0010	0,0013											0,0023			
504,00	0,01	0,0052	0,0063	0,0804										0,0918			
756,00	0,02	0,0110	0,0134	0,1715	0,3540									0,5499			
1008,00	0,04	0,0192	0,0235	0,3001	0,6195	0,6922								1,6546			
1260,00	0,07	0,0295	0,0361	0,4609	0,9514	1,0630	0,9803							3,5213			
1512,00	0,10	0,0447	0,0546	0,6968	1,4382	1,6069	1,4818	1,2813						6,6043			
1764,00	0,12	0,0529	0,0647	0,8254	1,7037	1,9036	1,7554	1,5179	1,2404					9,0639			
2016,00	0,14	0,0612	0,0747	0,9540	1,9692	2,2002	2,0290	1,7545	1,4337	1,0886				11,5650			
2268,00	0,15	0,0667	0,0815	1,0398	2,1462	2,3980	2,2114	1,9122	1,5626	1,1864	0,7969			13,4015			
2520,00	0,15	0,0687	0,0840	1,0719	2,2126	2,4721	2,2798	1,9713	1,6109	1,2231	0,8215	0,4123		14,2282			
2772,00	0,15	0,0673	0,0823	1,0505	2,1683	2,4227	2,2342	1,9319	1,5787	1,1986	0,8051	0,4040	0,0000	13,9436			
3024,00	0,14	0,0632	0,0773	0,9862	2,0356	2,2744	2,0974	1,8136	1,4821	1,1252	0,7558	0,3793	0,0000	13,0900			
3276,00	0,13	0,0577	0,0705	0,9004	1,8586	2,0766	1,9150	1,6559	1,3532	1,0274	0,6901	0,3463	0,0000	11,9517			
3528,00	0,11	0,0515	0,0630	0,8039	1,6594	1,8541	1,7098	1,4785	1,2082	0,9173	0,6161	0,3092	0,0000	10,6712			
3780,00	0,10	0,0447	0,0546	0,6968	1,4382	1,6069	1,4818	1,2813	1,0471	0,7950	0,5340	0,2680	0,0000	9,2483			
4032,00	0,09	0,0392	0,0479	0,6110	1,2612	1,4091	1,2995	1,1236	0,9182	0,6972	0,4683	0,2350	0,0000	8,1101			
4536,00	0,07	0,0295	0,0361	0,4609	0,9514	1,0630	0,9803	0,8477	0,6927	0,5259	0,3532	0,1773	0,0000	6,1181			
5040,00	0,05	0,0220	0,0269	0,3430	0,7080	0,7911	0,7295	0,6308	0,5155	0,3914	0,2629	0,1319	0,0000	4,5530			
5544,00	0,04	0,0165	0,0202	0,2573	0,5310	0,5933	0,5471	0,4731	0,3866	0,2935	0,1972	0,0989	0,0000	3,4148			
6048,00	0,03	0,0124	0,0151	0,1929	0,3983	0,4450	0,4104	0,3548	0,2900	0,2202	0,1479	0,0742	0,0000	2,5611			
6552,00	0,02	0,0089	0,0109	0,1394	0,2876	0,3214	0,2964	0,2563	0,2094	0,1590	0,1068	0,0536	0,0000	1,8497			
7056,00	0,01	0,0067	0,0082	0,1050	0,2168	0,2423	0,2234	0,1932	0,1579	0,1199	0,0805	0,0404	0,0000	1,3944			
7560,00	0,01	0,0052	0,0063	0,0804	0,1659	0,1854	0,1710	0,1478	0,1208	0,0917	0,0616	0,0309	0,0000	1,0671			
8820,00	0,01	0,0025	0,0030	0,0386	0,0797	0,0890	0,0821	0,0710	0,0580	0,0440	0,0296	0,0148	0,0000	0,5122			
10080,00	0,00	0,0012	0,0015	0,0193	0,0398	0,0445	0,0410	0,0355	0,0290	0,0220	0,0148	0,0074	0,0000	0,2561			
11340,00	0,00	0,0006	0,0008	0,0096	0,0199	0,0222	0,0205	0,0177	0,0145	0,0110	0,0074	0,0037	0,0000	0,1281			
12600,00	0,00	0,0003	0,0003	0,0043	0,0089	0,0099	0,0091	0,0079	0,0064	0,0049	0,0033	0,0016	0,0000	0,0569			

TABLA 2: Hidrograma de ingreso Brazo Norte para evitar anegamientos de la Localidad de Teodelina



**GRAFICO 2:** *Hidrograma de ingreso Brazo Norte para evitar anegamientos de la Localidad de Teodelina*

## 18.3 VOLUMEN DE INGRESO

Para el hidrograma de diseño obtenido determinamos el volumen de ingreso total.

VOLUMEN TOTAL DE INGRESO					
Tiempo	$\Delta t$		Caudal	Volumen	Vol. Acum.
hs	hs	seg	m <sup>3</sup> /seg	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
0,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
252,00	252,00	907.200,00	5,00	4.538.077,89	4.538.077,89
504,00	252,00	907.200,00	5,09	4.619.323,24	9.157.401,13
756,00	252,00	907.200,00	5,55	5.034.914,35	14.192.315,48
1.008,00	252,00	907.200,00	6,65	6.037.065,07	20.229.380,55
1.260,00	252,00	907.200,00	8,52	7.730.528,55	27.959.909,10
1.512,00	252,00	907.200,00	11,60	10.527.377,37	38.487.286,47
1.764,00	252,00	907.200,00	14,06	12.758.791,77	51.246.078,23
2.016,00	252,00	907.200,00	16,57	15.027.802,05	66.273.880,28
2.268,00	252,00	907.200,00	18,40	16.693.795,88	82.967.676,17
2.520,00	252,00	907.200,00	19,23	17.443.829,72	100.411.505,89
2.772,00	252,00	907.200,00	18,94	17.185.673,13	117.597.179,01
3.024,00	252,00	907.200,00	18,09	16.411.203,34	134.008.382,35
3.276,00	252,00	907.200,00	16,95	15.378.576,97	149.386.959,32
3.528,00	252,00	907.200,00	15,67	14.216.872,29	163.603.831,61
3.780,00	252,00	907.200,00	14,25	12.926.089,32	176.529.920,93
4.032,00	252,00	907.200,00	13,11	11.893.462,94	188.423.383,87
4.536,00	504,00	1.814.400,00	11,12	20.172.733,56	208.596.117,43
5.040,00	504,00	1.814.400,00	9,55	17.333.011,02	225.929.128,45
5.544,00	504,00	1.814.400,00	8,41	15.267.758,27	241.196.886,72
6.048,00	504,00	1.814.400,00	7,56	13.718.818,70	254.915.705,41
6.552,00	504,00	1.814.400,00	6,85	12.428.035,73	267.343.741,14
7.056,00	504,00	1.814.400,00	6,39	11.601.934,63	278.945.675,77
7.560,00	504,00	1.814.400,00	6,07	11.008.174,46	289.953.850,23
8.820,00	1.260,00	4.536.000,00	5,51	25.003.409,35	314.957.259,58
10.080,00	1.260,00	4.536.000,00	5,26	23.841.704,67	338.798.964,25
11.340,00	1.260,00	4.536.000,00	5,13	23.260.852,34	362.059.816,59
12.600,00	1.260,00	4.536.000,00	5,06	22.938.156,59	384.997.973,18

**TABLA 3:** Volumen total ingresante al reservorio considerando caudal admisible de ingreso por Brazo Norte de 14.23 m<sup>3</sup>/seg

## 18.4 VOLUMEN DE SALIDA

Al aumentar el tiempo base del hidrograma, el volumen que egresa del reservorio es mayor. En la siguiente tabla se muestra la capacidad de evacuación para el tiempo de concentración considerados.

Tiempo	$\Delta$		Caudal (m <sup>3</sup> /seg)	Volumen m <sup>3</sup>	Vol acum m <sup>3</sup>
	hs	seg			
0,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
252,00	252,00	907.200,00	5,00	4.536.000,00	4.536.000,00
504,00	252,00	907.200,00	5,00	4.536.000,00	9.072.000,00
756,00	252,00	907.200,00	5,00	4.536.000,00	13.608.000,00
1.008,00	252,00	907.200,00	5,00	4.536.000,00	18.144.000,00
1.260,00	252,00	907.200,00	5,00	4.536.000,00	22.680.000,00
1.512,00	252,00	907.200,00	5,00	4.536.000,00	27.216.000,00
1.764,00	252,00	907.200,00	5,00	4.536.000,00	31.752.000,00
2.016,00	252,00	907.200,00	5,00	4.536.000,00	36.288.000,00
2.268,00	252,00	907.200,00	5,00	4.536.000,00	40.824.000,00
2.520,00	252,00	907.200,00	5,00	4.536.000,00	45.360.000,00
2.772,00	252,00	907.200,00	5,00	4.536.000,00	49.896.000,00
3.024,00	252,00	907.200,00	5,00	4.536.000,00	54.432.000,00
3.276,00	252,00	907.200,00	5,00	4.536.000,00	58.968.000,00
3.528,00	252,00	907.200,00	5,00	4.536.000,00	63.504.000,00
3.780,00	252,00	907.200,00	5,00	4.536.000,00	68.040.000,00
4.032,00	252,00	907.200,00	5,00	4.536.000,00	72.576.000,00
4.536,00	504,00	1.814.400,00	5,00	9.072.000,00	81.648.000,00
5.040,00	504,00	1.814.400,00	5,00	9.072.000,00	90.720.000,00
5.544,00	504,00	1.814.400,00	5,00	9.072.000,00	99.792.000,00
6.048,00	504,00	1.814.400,00	5,00	9.072.000,00	108.864.000,00
6.552,00	504,00	1.814.400,00	5,00	9.072.000,00	117.936.000,00
7.056,00	504,00	1.814.400,00	5,00	9.072.000,00	127.008.000,00
7.560,00	504,00	1.814.400,00	5,00	9.072.000,00	136.080.000,00
8.820,00	1.260,00	4.536.000,00	5,00	22.680.000,00	158.760.000,00
10.080,00	1.260,00	4.536.000,00	5,00	22.680.000,00	181.440.000,00
11.340,00	1.260,00	4.536.000,00	5,00	22.680.000,00	204.120.000,00
12.600,00	1.260,00	4.536.000,00	5,00	22.680.000,00	226.800.000,00

**TABLA 4:** *Volumen de salida del reservorio considerando el aumento del tiempo de concentración de la cuenca*

## 18.5 VOLUMEN NETO

En la siguiente tabla se muestra la relación de volumen entrante y saliente para el tiempo de concentración de 150 días.

Tiempo Hs	Vol Ingresante m <sup>3</sup>	Vol Saliente m <sup>3</sup>	Volumen neto m <sup>3</sup>	Volumen neto Hm <sup>3</sup>
0	0,00	0,00	0,00	0,00
252	4538077,89	4536000,00	2077,89	0,21
504	4619323,24	4536000,00	83323,24	8,33
756	5034914,35	4536000,00	498914,35	49,89
1008	6037065,07	4536000,00	1501065,07	150,11
1260	7730528,55	4536000,00	3194528,55	319,45
1512	10527377,37	4536000,00	5991377,37	599,14
1764	12758791,77	4536000,00	8222791,77	822,28
2016	15027802,05	4536000,00	10491802,05	1049,18
2268	16693795,88	4536000,00	12157795,88	1215,78
2520	17443829,72	4536000,00	12907829,72	<b>1290,78</b>
2772	17185673,13	4536000,00	12649673,13	1264,97
3024	16411203,34	4536000,00	11875203,34	1187,52
3276	15378576,97	4536000,00	10842576,97	1084,26
3528	14216872,29	4536000,00	9680872,29	968,09
3780	12926089,32	4536000,00	8390089,32	839,01
4032	11893462,94	4536000,00	7357462,94	735,75
4536	20172733,56	9072000,00	11100733,56	1110,07
5040	17333011,02	9072000,00	8261011,02	826,10
5544	15267758,27	9072000,00	6195758,27	619,58
6048	13718818,70	9072000,00	4646818,70	464,68
6552	12428035,73	9072000,00	3356035,73	335,60
7056	11601934,63	9072000,00	2529934,63	252,99
7560	11008174,46	9072000,00	1936174,46	193,62
8820	25003409,35	22680000,00	2323409,35	232,34
10080	23841704,67	22680000,00	1161704,67	116,17
11340	23260852,34	22680000,00	580852,34	58,09
12600	22938156,59	22680000,00	258156,59	25,82

El volumen máximo que debería almacenar es de 1300 Hm<sup>3</sup>. De la relación nivel de agua – superficie inundada – volumen de almacenamiento calculadas anteriormente, vemos que inunda una superficie aproximada de 1700 Ha, que corresponde con cota de nivel 82,60 m. Para

esta cota, el avance de agua sobre la costanera es importante, pero no suficiente para recluir a la localidad.

ALMACENAMIENTO				
COTA	SUP.		VOL.	VOL. ACUM.
m	km <sup>2</sup>	Ha	Hm <sup>3</sup>	Hm <sup>3</sup>
81,10	0,00	0	0	0
81,20	0,42	41,69	1,390	1,39
81,30	1,62	161,65	9,514	10,90
81,40	2,78	277,63	21,704	32,61
81,50	4,49	448,61	35,972	68,58
82,50	14,90	1490,00	918,730	987,31
85,00	40,63	4063,00	6677,884	7665,19

TABLA 4: Capacidad de almacenamiento de la laguna

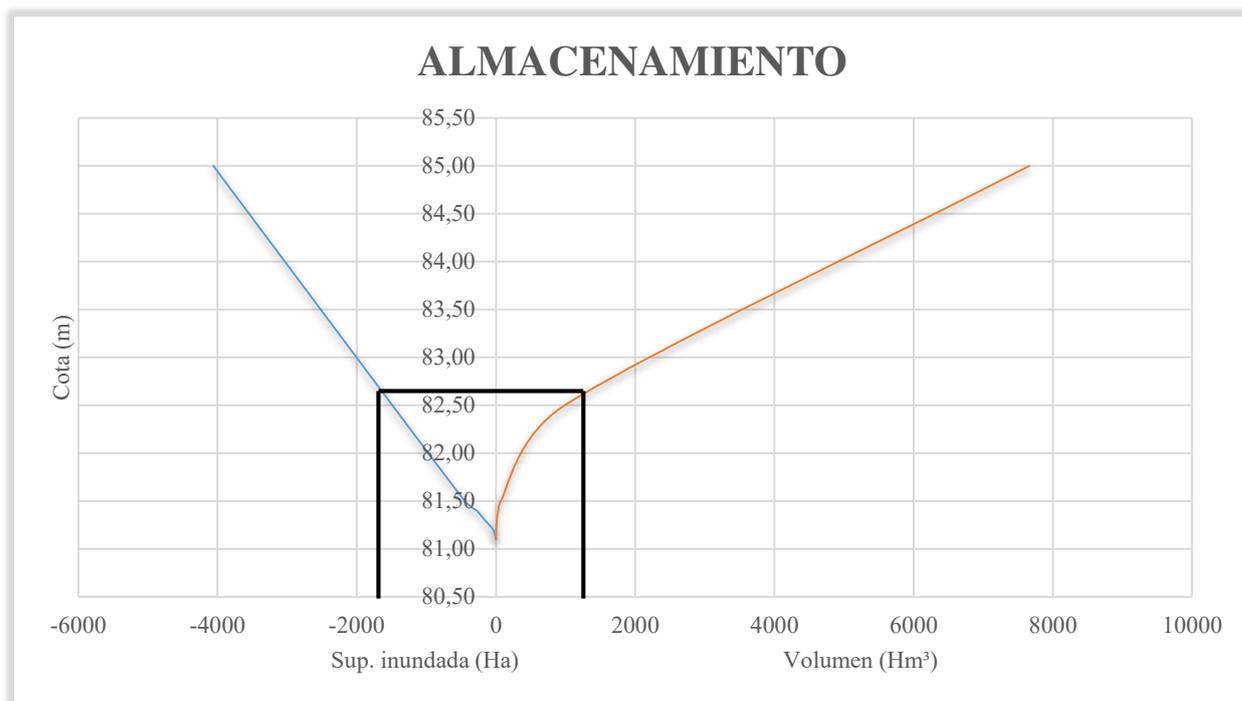


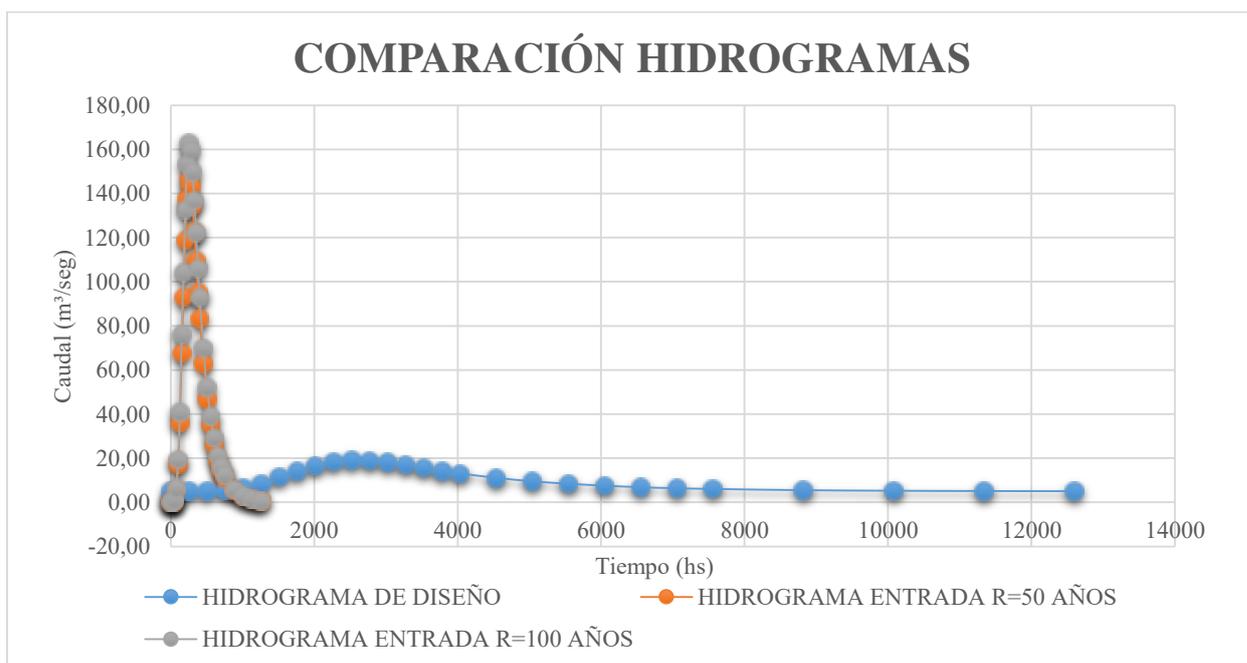
GRAFICO 3: Relación nivel de agua – superficie inundada – volumen almacenado

En la siguiente imagen se detallan las cotas relevadas, que verifican lo antes mencionado.



## 18.6 EFECTO SOBRE LA CURVA DEL HIDROGRAMA PARA LAS TORMENTAS ADOPTADAS

En el siguiente gráfico se muestra la relación de hidrogramas y el efecto que produce el aumento del tiempo de concentración.



## 18.7 OBSERVACIONES

Debido a que nuestro análisis está limitado por la falta de aforos y un estudio más aproximado a la complejidad de la realidad, sugerimos una modelización hidrológica más profunda que lo verifique.

**MODULO 7:**

*Conclusiones*

## 19 CONCLUSIONES

El desarrollo de nuestro proyecto final nos puso ante dos hechos que consideramos relevantes, el primero desde el punto de vista académico y el segundo aquel que es el de dar una respuesta concreta a un problema técnico-social.

En cuanto a lo académico debemos decir que pudimos concretar la aplicación directa de los conocimientos que se nos brindara en la carrera y verificar las dificultades de trabajo en campo.

De nuestro estudio que realizamos sobre la Laguna El Chañar resaltamos que nos permitió conocer y profundizar sobre la problemática hidrológica, que preocupa y mantiene en alerta a la localidad de Teodelina. Nuestro análisis permite ver claramente que lo asociado al aspecto hidrológico, hidráulico, estructural y calidad de aguas es solo una parte de un fenómeno que abarca una serie de aspectos de gran relevancia que apuntarían a una gestión integral de la cuenca vista.

Si bien nuestro proyecto es un estudio completo en sí mismo y brinda respuestas concretas sobre las cuestiones y objetivos planteados al inicio de nuestra tarea, citamos algunas limitaciones y condiciones con las que nos encontramos durante el proceso, a saber:

- Escasa base de datos pluviograficos confiables.
- Lagunas con caudales no aforados.
- Restricciones por parte de la provincia de Bueno Aires en el caudal de aporte al Río Salado Bonaerense (caudal de salida de la laguna en estudio)
- Acuerdos entre las provincias de Santa Fe y Buenos Aires sobre el trasvasamiento de cuenca.
- Obras de derivaciones sin terminar para la desconexión de la cuenca alta (Venado Tuerto) al Canal San Urbano.



IMAGEN 1: *Obra de desconexión al Canal San Urbano*

Como sabemos, tener datos confiables y en cantidad suficientes de precipitaciones, es de suma importancia. Para nuestro trabajo solo logramos obtener datos de precipitaciones de la localidad de Venado Tuerto para un período de 20 años, esto nos hizo estar condicionadas a estimar una precipitación de diseño con un período de datos un poco acotado y considerarla uniforme en toda la extensión de la cuenca para el estudio hidrológico.

Otro aspecto asociado a un estudio de las presentes características es la de tener aforos que registren caudales. En la actualidad en nuestra cuenca analizada no existen registros de caudales en las lagunas que forman el sistema, esta gran limitación hizo que resolviéramos establecer el hidrograma de diseño a partir del hidrograma unitario sintético adimensional del Servicio de Conservación de Suelos, tal decisión permite llevar adelante nuestro trabajo pero con restricciones propias de dicho método haciendo que el grado de exactitud sea inferior al deseado para un trabajo de diseño integral del área en estudio.

La falta de aforos también nos trajo un problema en la determinación del tiempo de concentración de la cuenca, a los efectos que este hecho no nos impidiese concluir nuestro análisis decidimos calcularlo mediante la ecuación de Ventura y lo ajustamos por iteraciones del

coeficiente  $\alpha$  tomando como parámetro el comportamiento del Arrollo Ludueña. Así logramos acercarnos a la estimación de 12 días que registra Hidráulica de la Provincia.

El hidrograma de diseño lo ajustamos con la relación respuesta – tiempo aforada en la desembocadura de la laguna el Chañar durante los años 2000 y 2003 por el Instituto Nacional del Agua para la gestión del Río Salado Bonaerense.

Considerando todo lo mencionado hasta aquí, podemos dar a manera de conclusiones del trabajo las siguientes:

- El resultado del análisis arrojó que para tormentas de 50 a 100 años de recurrencia, y en función de las peores condiciones hidrológicas del lugar, el caudal pico de ingreso del Brazo Norte oscila entre 140 y 160 m<sup>3</sup>/seg.
- Contemplando los ingresos de caudal de ambos brazos mencionados anteriormente y la salida regulada de 5m<sup>3</sup>/seg, caudal acordado entre las Pcias de Santa Fe y Buenos Aires, pudimos evaluar la capacidad de almacenamiento del reservorio, y esto nos permitió concluir que es incapaz de almacenar semejante cantidad de agua inundando gran superficie y anegando la localidad de Teodelina para las recurrencias consideradas.
- No existe obra de defensa para la localidad de Teodelina, que pueda controlar la situación de colapso en épocas de inundaciones, de acuerdo a los valores obtenidos y sus limitaciones.
- Respecto a la situación del ecosistema, a partir de los valores arrojados por los estudios físicos - químicos del agua y la observación de zooplacton y fitoplacton, concluimos que corresponde al ecosistema natural de una laguna lacustre y observamos el hecho de que, si bien la influencia de la actividad del hombre es escasa, hay evidencia de ella. Notamos que es importante elaborar políticas de gestión de la ciudad (desagües cloacales, pluviales, industriales) que contemplen el cuidado del ecosistema de la laguna para no dañarla.

Tal lo expuesto precedentemente, proponemos la evaluación medidas estructurales y no estructurales:

- Se finalicen las obras de derivaciones de los aportes de la parte superior de la cuenca hacia el Canal San Urbano, controlando los aporte externos que recibe la cuenca.
- Realización de terraplenes que rodeen la localidad de Teodelina que actúen como defensa y puedan mitigar los impactos de inundaciones.



IMAGEN 2: *Protección con terraplenes de la localidad de Teodelina*

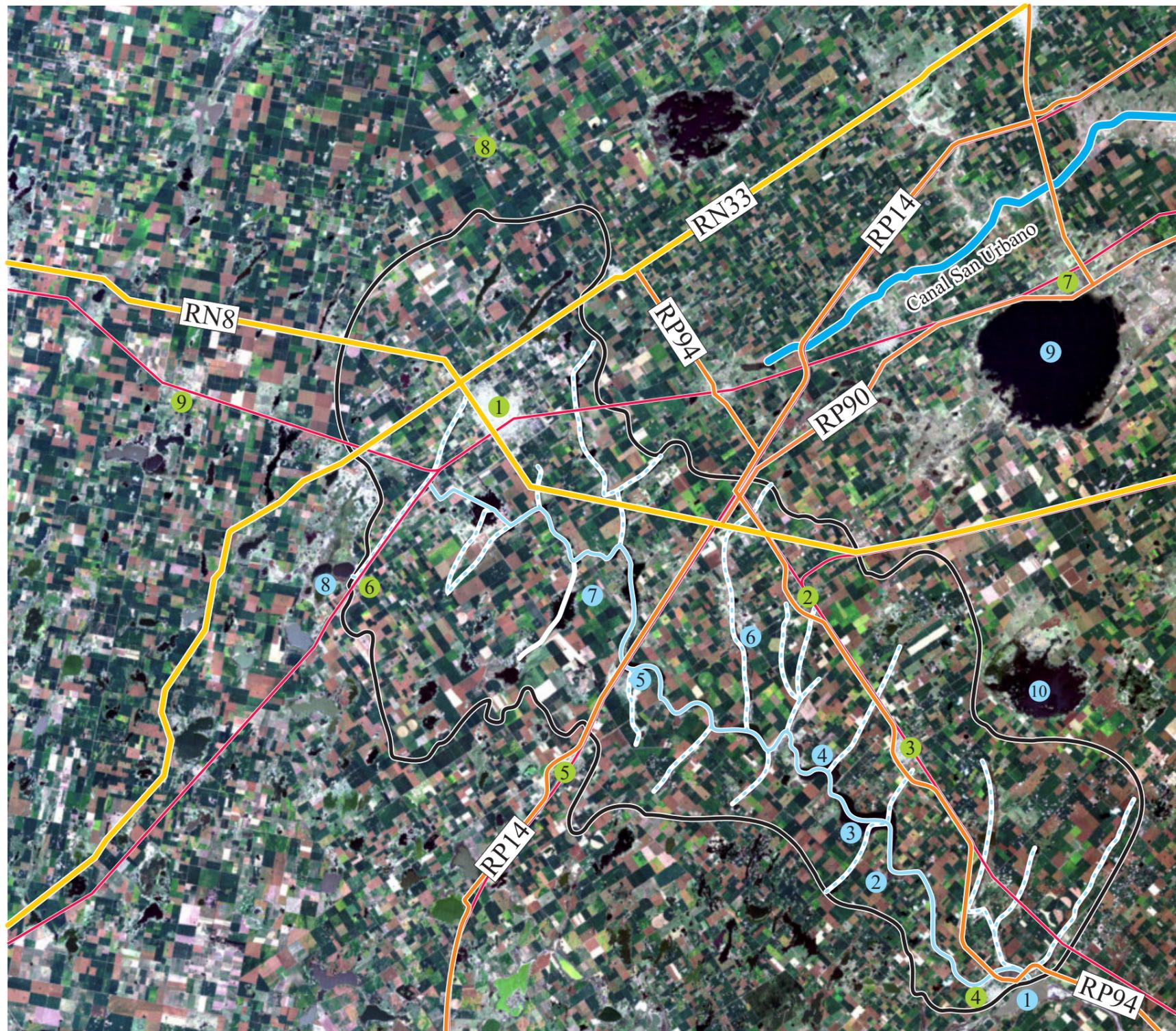
- A través de la implementación del Plan de Gestión integral lograr que el caudal de ingreso del Brazo Norte sea de 15 m<sup>3</sup>/seg., logrando así un tiempo de concentración mayor y atenuando el pico del hidrograma.
- Aforos en puntos críticos de la cuenca para tener conocimiento real del tiempo de concentración y niveles de agua de la misma
- Realización de un plan integral (distribución del agua, sus usos, controles) que gestione el sistema como un conjunto, en donde se resuelva el problema de mediante obras de retención desde la Laguna Sesenta y seis a la Laguna Las Marías, aguas arriba de Teodelina.

**MODULO 8:**  
*Planos y Gráficos*



3363 - 29 - 4 San Francisco de Asís	3363 - 30 - 3 Chatenubriand		
3363 - 35 - 2 Maggiolo	3363 - 36 - 1 Venado Tuerto		
3363 - 35 - 4 San Eduardo	3363 - 36 - 3 Estación Runciman	3363 - 36 - 4 Santa Isabel	
	3563 - 6 - 1 María Teresa	3563 - 6 - 2 Villa Cañas	3560 - 1 - 1 Estación Teodelina
	3563 - 6 - 3 Colonia Morgan	3563 - 6 - 4 Teodelina	3560 - 1 - 3 General Arenales

- Referencias
- Línea divisoria de cuenca
  - Ruta nacional
  - Via ferroviaria
  - ① Venado Tuerto
  - ② Santa Isabel
  - ③ Villa Cañas
  - ④ Teodelina



Referencias

- Ruta nacional
- Ruta provincial
- Vía ferroviaria
- Divisoria de cuenca
- Curso de Agua
- - - Cursos afluentes

- 1 Venado Tuerto
- 2 Santa Isabel
- 3 Villa Cañas
- 4 Teodelina
- 5 María Teresa
- 6 San Eduardo
- 7 Melincué
- 8 La Chispa
- 9 Maggiolo

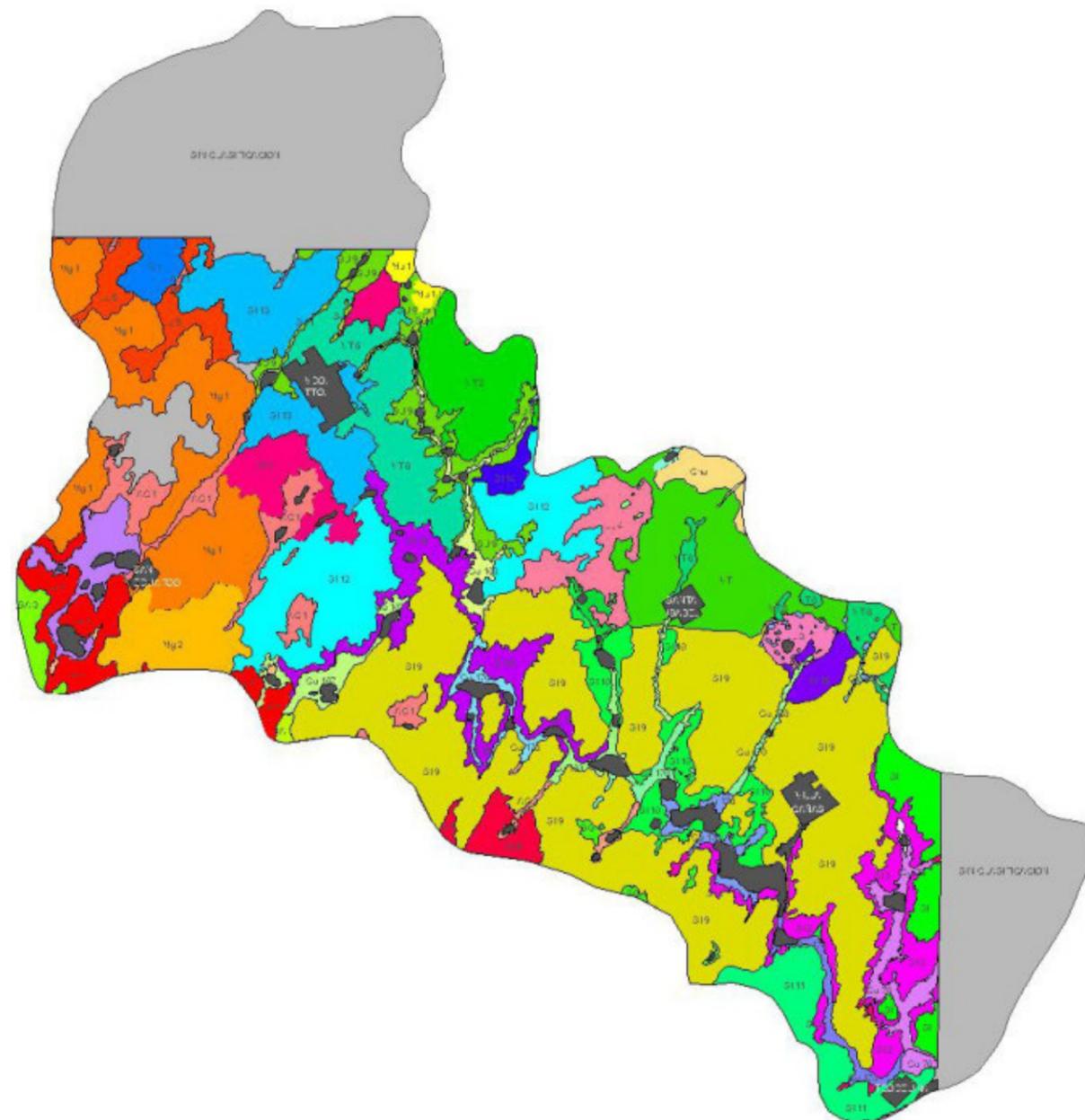
- 1 Lag. El Chañar
- 2 Lag. Las Marías
- 3 Lag. Las Encadenadas
- 4 Lag. Grigera
- 5 Lag. Sesenta y Seis
- 6 Lag. El Aljibe
- 7 Lag. Potrero Santa María
- 8 Lag. San Eduardo
- 9 Lag. Melincué
- 10 Lag. De Quirno



Universidad  
Tecnológica  
Nacional  
Facultad Regional  
Venado Tuerto

Estudio Hidrológico y Caracterización del Agua de la Laguna El Chañar, Teodelina, Santa Fe		Autores:	
Proyecto Final - Año 2014		Ma. Cecilia Demarchi Lia Caren Meyer	
CUENCA SOBRE IMAGEN SATELITAL		Fecha: 07/2014 Escala: ---	Plano N°: <span style="font-size: 2em; font-weight: bold;">02</span>

Simbología	Denominación	%
AC 1	Complejo Serie Aron Castellano 50% - Lazzarino 40% - Amenabar 10%	2,52%
AC 2	Complejo Serie Aron Castellano 50% - Sancti Spiritu 50%	0,25%
AC 4	Complejo Serie Aron Castellano 50% - Sancti Spiritu 50%	0,06%
Cho	Serie Chovet	0,71%
Cho 1	Consociación Chovet fase moderadamente bien drenada	0,02%
ECn	Serie El Cantor	0,74%
Co 166	Complejo Laguna Potrero Santa Maria	0,58%
Co 167	Complejo Laguna Potrero Santa Maria I	0,80%
Co 168	Complejo Laguna Aljibe I	0,64%
Co 169	Complejo Laguna Aljibe II	0,02%
Co 170	Complejo Laguna Aljibe III	0,41%
Co 171	Complejo Laguna La Larga I	0,03%
Co 172	Complejo Laguna La Larga II	0,07%
Co 173	Complejo Laguna La Larga III	0,01%
Co 176	Complejo Laguna La Sesenta y Seis	0,50%
Co 177	Complejo Laguna La Dolores	0,11%
Co 178	Complejo Laguna Las Encadenadas I	0,47%
Co 179	Complejo Laguna Las Encadenadas II	0,51%
Co 180	Complejo Laguna La Pantanosa I	0,01%
Co 191	Complejo Laguna San Eduardo	1,50%
Co 76	Complejo Laguna El Chañar	1,17%
DM 2	Complejo Serie Divisa de Mayo 70% - Cañada de Ucle 30%	0,00%
LL 3	Complejo Serie Los Leones 40% - Venado Tuerto en fase moderadamente bien drenada 40% - San Urbano 20%	0,69%
LL 4	Complejo Serie Los Leones 40% - Venado Tuerto en fase moderadamente bien drenada 30% - La Sofia 30%	2,02%
Lz 4	Complejo Serie Lazzarino 40% - Estancia Santa Ana 30% - Santa Isabel en fase moderadamente bien drenada 20%	2,34%
Lz 5	Complejo Series Lazzarino 50% - Aron Castellanos 30% - Ea. Santa Ana 20%	1,76%
Mg 1	Asociación Series Maggiolo 50% - Santa Isabel 50%	7,75%
Mg 2	Complejo Series Maggiolo 40% - Santa Isabel 40% - Ea. Santa Ana 20%	2,37%
Mu 1	Complejo Serie Murphy 70% - Venado Tuerto 30%	0,36%
SA 1	Complejo Serie Santa Ana 80% - Maria Teresa 20%	0,10%
SA 3	Asociación Series Ea. Santa Ana 80% y El Abolengo 20%	0,55%
SG 1	Complejo Series San Gregorio 40% - Lazzarino 40% - Aron Castellanos y Sancti Spiritu 20%	0,22%
SI	Serie Santa Isabel	1,88%
SI 10	Complejo Serie Santa Isabel en fase moderadamente bien drenada 50% - Santa Isabel 20% - Amenabar 30%	2,44%
SI 11	Asociación Series Santa Isabel fase llana 90% y Villa Cañas 10%	2,41%
SI 12	Complejo Serie Santa Isabel 70% - Venado Tuerto 25% - Villa Cañas 5%	6,53%
SI 13	Complejo Serie Santa Isabel 70% - Venado Tuerto 30%	5,42%
SI 14	Asociación Series Santa Isabel fd 3 70% y Venado Tuerto fd 3 30%	0,41%
SI 15	Complejo Serie Santa Isabel 50% - Venado Tuerto en fase moderadamente bien drenada 40% - Los Leones 10%	0,65%
SI 16	Complejo Serie Santa Isabel 70% - San Urbano 20% - Rancagua 10%	3,12%
SI 2	Asociación Serie Santa Isabel 70% - Fortin Tiburcio 30% - Ambas en fase ligeramente inclinada	2,23%
SI 3	Asociación en fase moderadamente inclinada de las series Santa Isabel 70% y Fortin Tiburcio 30%	0,05%
SI 4	Complejo Series Santa Isabel fase moderadamente bien drenada 20% y Rancagua 80%	2,15%
SI 5	Asociación Serie Santa Isabel 80% - Saforcada 20%	0,92%
SI 9	Asociación Serie Santa Isabel 90% - Villa Cañas 10%	26,96%
So 1	Complejo Series La Sofia 70% - San Urbano 30%	0,28%
SU 9	Complejo Series San urbano 40% - La Sofia 30% - Venado Tuerto fd 3 30%	2,42%
VT	Serie Venado Tuerto	8,13%
VT 2	Complejo Serie Venado Tuerto en fase moderadamente bien drenada 70% - La Zoraida 20% - La Sofia 5% - Villa Cañas 5%	0,09%
VT 3	Complejo Serie La Zoraida 50% - La Sofia 30% - Venado Tuerto en fase moderadamente bien drenada 20%	0,25%
VT 5	Complejo Serie Venado Tuerto en fase moderadamente bien drenada 60% - La Sofia 30% - Los Leones 10%	0,70%
VT 6	Complejo Serie Venado Tuerto 70% - Santa Isabel 30%	3,68%



Universidad  
Tecnológica  
Nacional  
Facultad Regional  
Venado Tuerto

Estudio Hidrológico y Caracterización  
del Agua de la Laguna El Chañar,  
Teodelina, Santa Fe

Proyecto Final - Año 2014

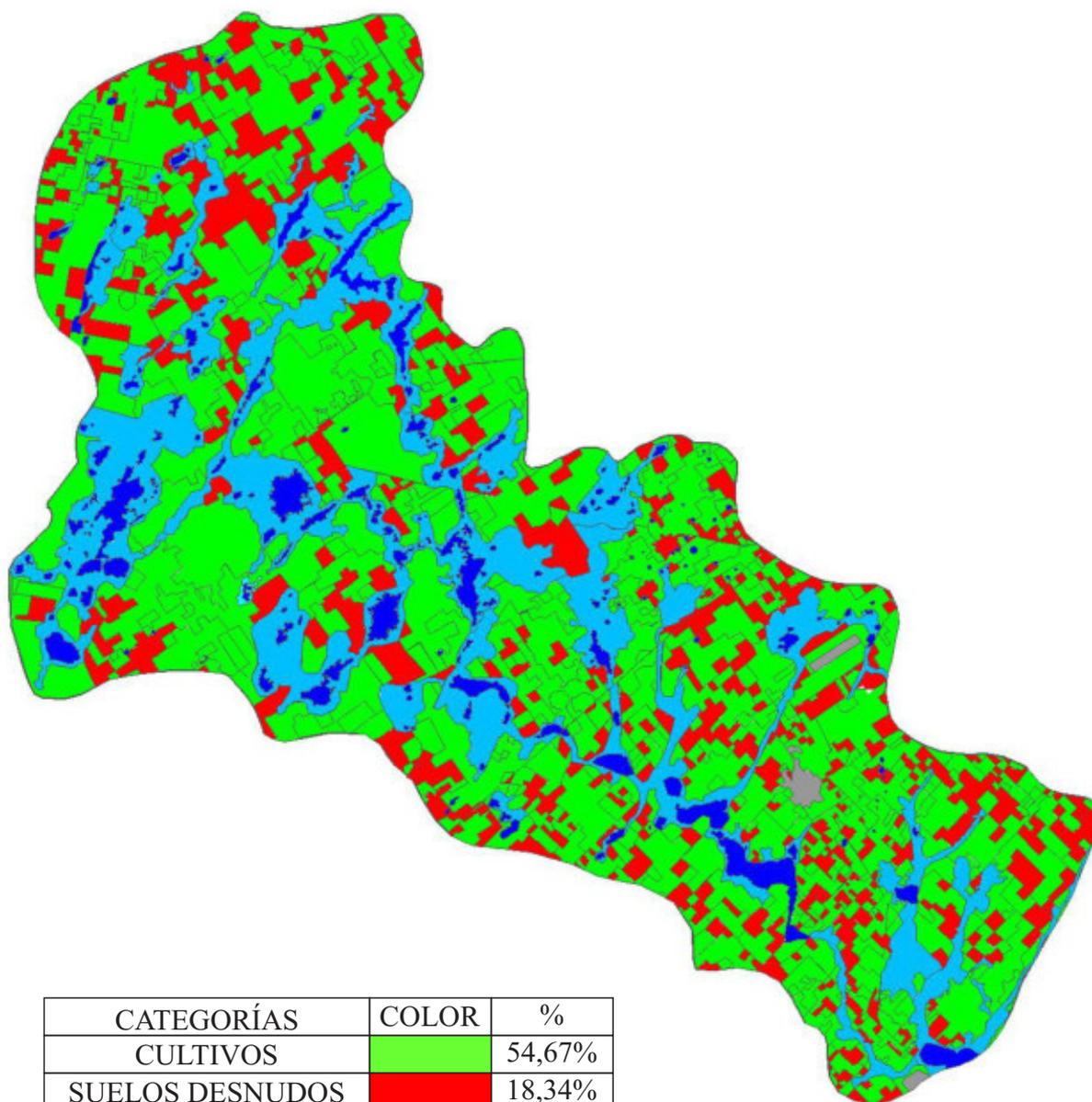
Autores:

Ma. Cecilia Demarchi  
Lia Caren Meyer

CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE LA  
CUENCA SEGÚN INTA

Fecha:  
07/2014  
Escala:  
---

Plano N°:  
03



CATEGORÍAS	COLOR	%
CULTIVOS		54,67%
SUELOS DESNUDOS		18,34%
SUELOS INUNDABLES		20,51%
URBANIZACIÓN		1,65%
LAGUNAS		4,83%



Universidad  
Tecnológica  
Nacional  
Facultad Regional  
Venado Tuerto

Estudio Hidrológico y Caracterización  
del Agua de la Laguna El Chañar,  
Teodelina, Santa Fe

Proyecto Final - Año 2014

Autores:

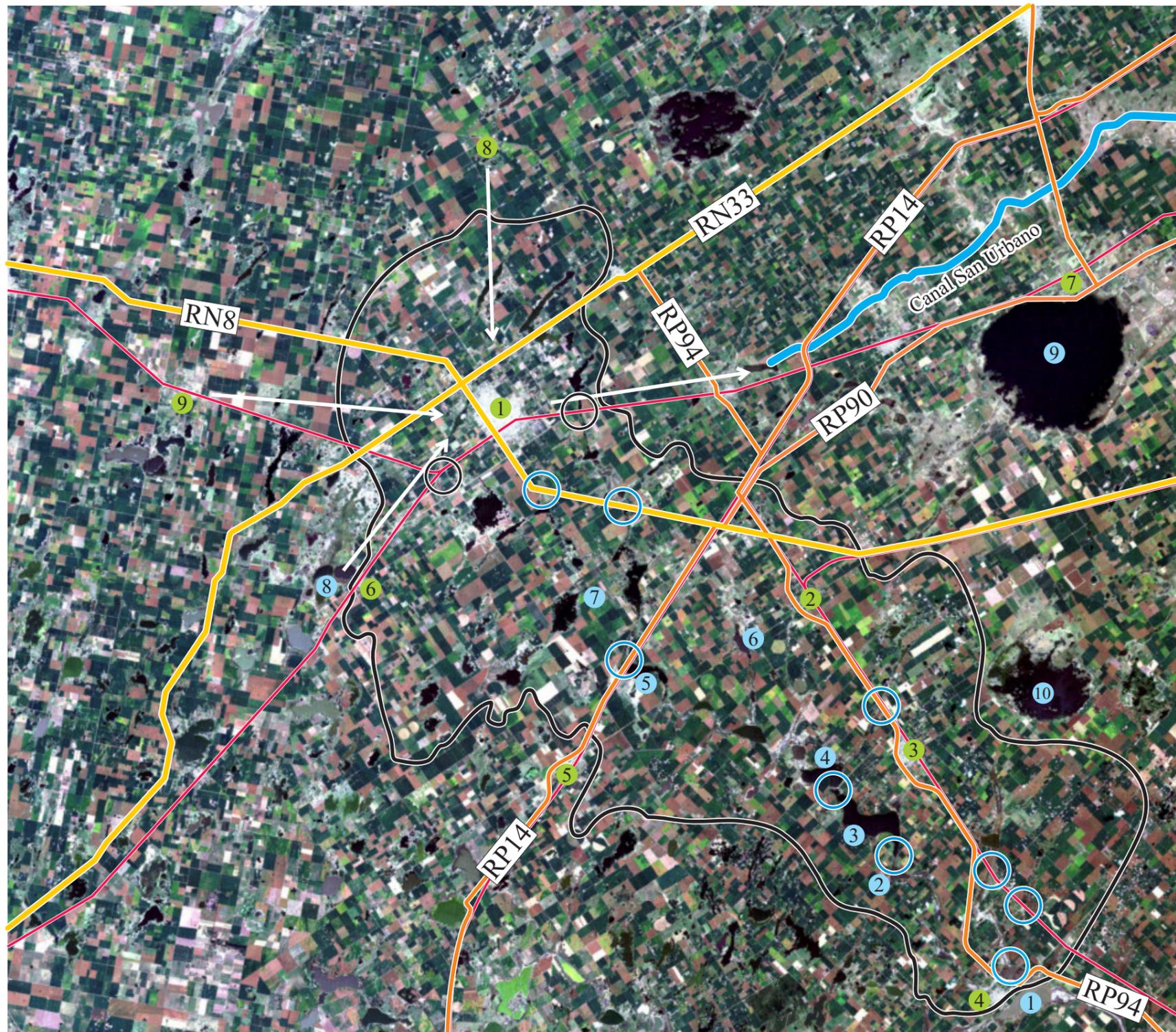
Ma. Cecilia Demarchi  
Lia Caren Meyer

CLASIFICACIÓN DE COBERTURAS  
DE LA CUENCA

Fecha:  
07/2014  
Escala:  
---

Plano N°:

04



Referencias

- Ruta nacional
- Ruta provincial
- Vía ferroviaria
- Divisoria de cuenca
- Curso de Agua
- - - Cursos afluentes

- ① Venado Tuerto
- ② Santa Isabel
- ③ Villa Cañas
- ④ Teodelina
- ⑤ María Teresa
- ⑥ San Eduardo
- ⑦ Melincué
- ⑧ La Chispa
- ⑨ Maggiolo

- ① Lag. El Chañar
- ② Lag. Las Marías
- ③ Lag. Las Encadenadas
- ④ Lag. Grigera
- ⑤ Lag. Sesenta y Seis
- ⑥ Lag. El Aljibe
- ⑦ Lag. Potrero Santa María
- ⑧ Lag. San Eduardo
- ⑨ Lag. Melincué
- ⑩ Lag. De Quirno

- Obras de regulación existente
- Obras de regulación a evaluar



Universidad  
Tecnológica  
Nacional  
Facultad Regional  
Venado Tuerto

Estudio Hidrológico y Caracterización  
del Agua de la Laguna El Chañar,  
Teodelina, Santa Fe

Proyecto Final - Año 2014

Autores:

Ma. Cecilia Demarchi  
Lia Caren Meyer

PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL

Fecha:  
07/2014  
Escala:  
---

Plano N°:  
**05**



Universidad  
Tecnológica  
Nacional  
Facultad Regional  
Venado Tuerto

Estudio Hidrológico y Caracterización  
del Agua de la Laguna El Chañar,  
Teodelina, Santa Fe

Proyecto Final - Año 2014

Autores:

Ma. Cecilia Demarchi  
Lia Caren Meyer

PROYECCIÓN DE LA PROTECCIÓN DE  
LA LOCALIDAD DE TEODELINA

Fecha:  
07/2014  
Escala:  
---

Plano N°:  
**06**

## **MODULO 9:**

*Anexos*

## **ANEXO 1: Cuenca**

### 1 CONCEPTO DE CUENCA

Se define como cuenca a la superficie por la cual el agua precipitada en una región escurre, se concentra y pasa por un punto determinado de cauce. Esta puede ser topográfica (cuando se define a partir de curvas de nivel sin considerar la permeabilidad del suelo) o de drenaje (cuando se considera para su delimitación la condiciones de escurrimiento del agua sobre ella). El comportamiento hídrico de la misma responde a las condiciones climatológicas del instante; a la forma, relieve y red de drenaje; a la cubierta vegetal y a la naturaleza del suelo.

### 2 DEFINICIÓN Y TRASADO DE DIVISORIAS

Se denomina divisoria a la línea de contorno de la cuenca. Esta puede ser topográfica o hidrográfica, según lo que mencionamos anteriormente. Normalmente ambas divisorias coinciden sensiblemente.

Para su trazado se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Corta a las curvas de nivel perpendicularmente
- Cuando la divisoria aumenta su altitud corta a las curvas de nivel en su parte convexa, y cuando disminuye, en su parte cóncava.
- Pasa por los puntos altos del relieve
- No corta cursos de agua

#### 2.1 CARTAS TOPOGRÁFICAS UTILIZADAS PARA EL TRAZADO DE DIVISORIA

Se utilizaron las 13 cartas topográficas del Instituto Geográfico Nacional del año 1970, Esc.1:50000, con curvas de nivel cada 2,5 mts.

- 3363-29-4 San Francisco de Asís

- 3363-80-3 Chateaubriand
- 3363-35-2 Maggiolo
- 3363-36-1 Venado Tuerto
- 3563-6-1 Maria Teresa
- 3363-38-3 Estación Runciman
- 3563-6-3 Colonia Morgan
- 3363-35-4 San Eduardo
- 3363-36-4 Santa Isabel
- 3563-6-2 Villa Cañas
- 3560-1-1 Estación Teodelina
- 3563-6-4 Teodelina
- 3560-1-3 General Arenales



IMAGEN 1: *Mosaico de cartas topográficas*

## 2.2 IMÁGENES SATELITALES UTILIZADAS PARA EL AJUSTE DE LA UNIDAD HIDROLÓGICA

Para el ajuste de la cuenca se utilizaron dos imágenes satelitales LANDSAT 5TM correspondiente al mes de Marzo del año 2001.

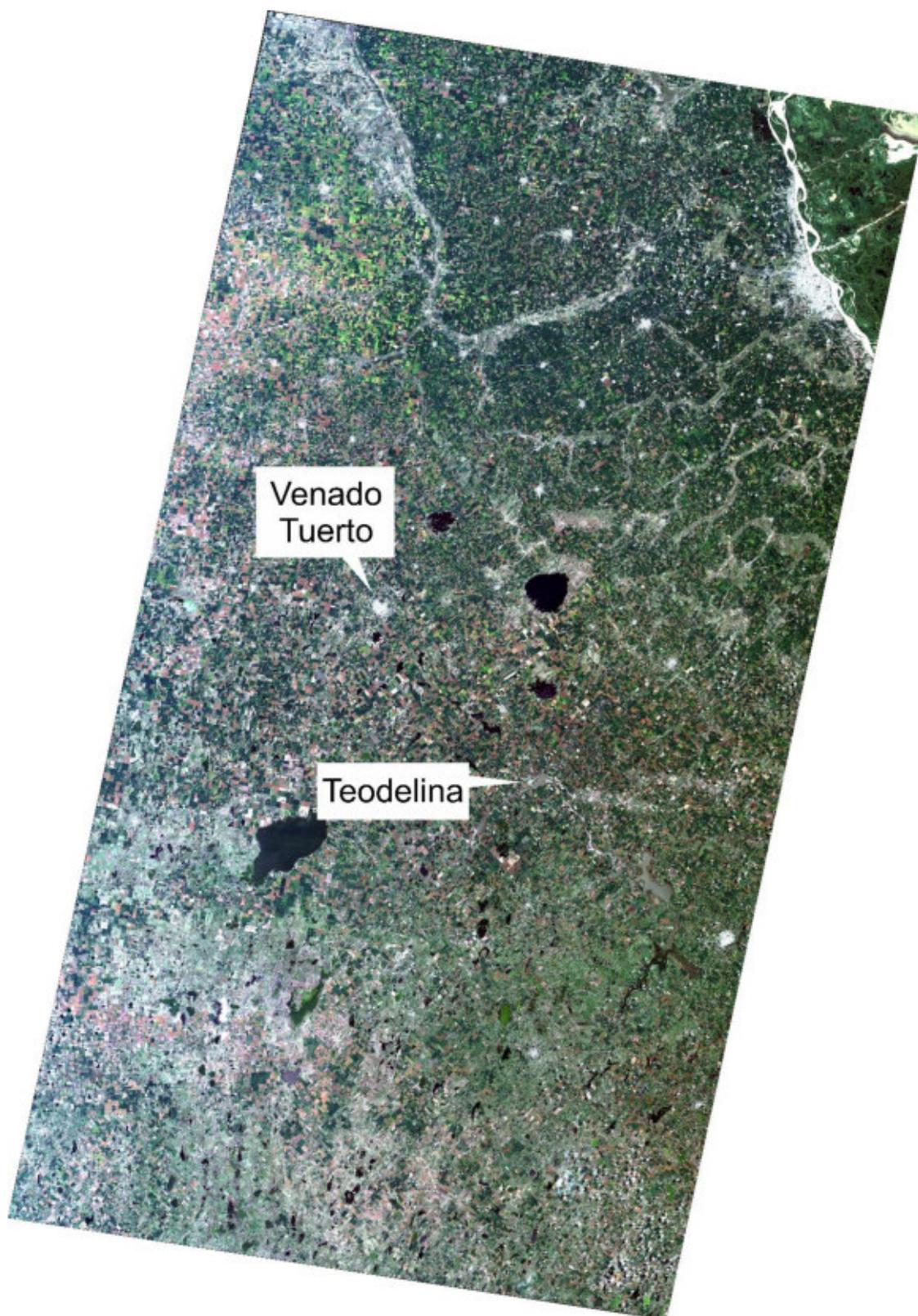


IMAGEN 2: Imagen falso color real LANDSAT 5TM 22783 y 22784 – Marzo 2001 – Georeferenciadas

### 3 FACTORES TOPOGRÁFICOS E HIDROGRÁFICOS

Las características físicas de la cuenca determinan el comportamiento hídrico del sistema, por lo que tienen un importante efecto en la curva del hidrograma. Los factores más importantes que influyen son:

- AREA DE DRENAJE: Modifica el tiempo base del hidrograma, aumentándolo si el área se incrementa, y disminuye los caudales picos.
- FORMA DE LA CUENCA: Es un factor determinante en la definición del Tiempo de Concentración y se define mediante el Índice de Compacidad y el Factor de Forma.

$$\text{Índice de compacidad de Gravelius: } K = \frac{Pc}{2\pi * \sqrt{Ac/\pi}}$$

$Pc$  es el perímetro de la cuenca, y  $2\pi * \sqrt{Ac/\pi}$  es el perímetro de una cuenca circular de igual área que la analizada.

- SISTEMA DE DRENAJE: está constituido por el sistema de curso de agua, influyen en la velocidad de escurrimiento y concentración de caudales en el punto de control. Las características de la red de drenaje se determinan en función de:
  - a) Orden de los cursos de agua;
  - b) Densidad de los cursos de agua;
  - c) Densidad de drenaje.
- PENDIENTE DE LA CUENCA: Influye fundamentalmente en la infiltración, humedad del suelo y características de la vegetación. Esto modifica el Tiempo de Concentración.
- PENDIENTE DE CURSO DE AGUA PRINCIPAL: Influye sobre el hidrograma, ya que la velocidad de la corriente del curso es proporcional a esta. Mientras mayor sea la pendiente más rápido se desagotará el almacenamiento fluvial y mayor será la pendiente de la curva de recesión y menor el tiempo base del hidrograma.

## **ANEXO 2: Tratamiento de datos pluviométricos**

### 1 CORRECCIÓN DE DATOS MENSUALES FALTANTES

#### 1.1 CONCEPTO

Consiste en la corrección o remplazo de un dato faltante por otro resultante de operaciones entre precipitaciones mensuales de la misma estación, o de otras estaciones de medición de la misma región.

#### 1.2 CORRECCIÓN DE DATOS MEDIANTE EL MÉTODO DIRECTO

Supongamos falta un dato mensual de una estación X, de una serie de años de registro. Este método propone tomar el promedio mensual (PXm) de la misma estación, descontando los valores mensuales que difieran en  $\pm 15\%$  y obteniendo un nuevo promedio (PXm'). Este valor es el que se adopta para suplir al dato desconocido.

### 2 ANÁLISIS DE CONSISTENCIA

#### 2.1 CONCEPTO

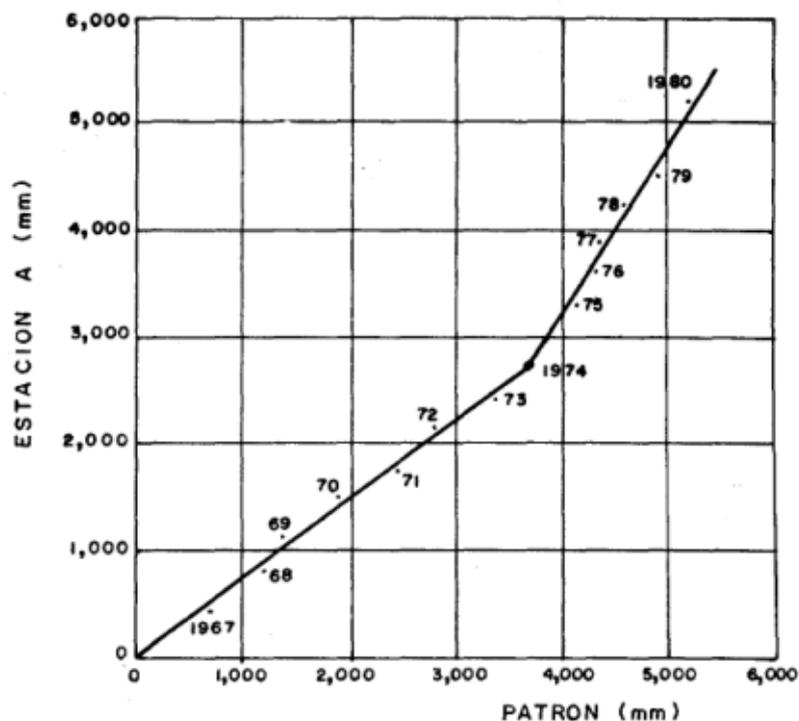
El análisis de consistencia es método de comparación de estaciones pluviométricas, que a partir de la construcción de curvas doble másicas, detecta inconsistencia de los datos. Cualquier cambio en la ubicación o en la exposición de un pluviómetro puede llevar a cambios en la lluvia captada por el mismo. También deja en evidencia errores de mediciones.

#### 2.2 CONSTRUCCIÓN DE LA CURVAS DOBLE MÁNICAS

Se construye llevando en ordenadas los valores acumulados de la estación de estudio y en abscisas los valores acumulados de una estación patrón.

Si se supone que las estaciones que componen el patrón son confiables este será consistente y por lo tanto el quiebre debe atribuirse a una inconsistencia en la estación de estudio.

La imagen a continuación representa en términos generales el concepto antes definido:



### 3 DATOS DE PLUVIOMETRÍA

Para representar el régimen de precipitaciones y determinar una precipitación de diseño hemos estudiado los datos diarios de las siguientes estaciones:

- ESTACIÓN JUNIN PARA EL PERIODO 1970 – 2012
- ESTACIÓN PERGAMINO PARA EL PERIODO 1970 – 2012
- ESTACIÓN VENADO TUERTO PARA EL PERIODO 1990 – 2012

• MES ENERO

SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL																							
ENERO																							
DIAS	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1		4	4,5														36		4				
2		3				18		0,5						42,5		5,1		17					
3		0,2				4						0,2	7										
4													47									1	
5			0,2													1							
6	21,5		12			31		32							14			3	20				
7	0,9					47		47			5					15	1	9					
8		53					6			0,5	14	10				1,5	10	2					
9											43,5	37			24		1	38	10		13		
10							2	10										1				54	
11							24										11	1			23		
12	0,7						18			51						1	21			6			
13									51		2		1										
14			3								7						9	6					
15		19					3,5				0,5			0,2					7				
16	5						1		7		25,5											8	
17								4					23,5		20						0,5		
18												4,5						1	12		31		
19			2				37			2			2		18	0,1					0,5		
20		24,3							58,5														
21									6		29			64,5									
22	2											9						18					
23		8,4								9	16,5	10				5	35					43	
24	0,6	10,2									1						15		12	24			
25																		3	18			5	
26									78				24						17				
27	63							3	2														
28		32,8						33									16		1				
29		1,4															33		2				
30	35,1	2,7	29,3							0,2			40,5		50	9					19	24	0,7
31			2				55			0,2					4		23				15		
P. MENSUAL	128,8	159	53	0	0	100	146,5	126,5	203,5	64,9	144	94,2	121,5	127,2	110	95,7	123	128	100	34	101,5	38,5	97,7
P. MAXIMA	63	53	29,3	0	0	47	55	47	78	51	43,5	37	47	64,5	50	33	35	38	20	24	31	24	54

• MES FEBRERO

SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL																							
FEBRERO																							
DIAS	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1	26,5				36																		
2									74	4	1			11	6,5		21			34			7
3	2,4				1			3	2	5								6			26	2	
4	24,8	12			12		1	15										49		5			4
5	5																			9	16		
6	5									31			8	19,5		4,5						2	
7								3	3				19	6		0,9		5	62			19,2	64
8		24	8				10	0,6	9		1						35	8	33			0,2	
9							15	3			2	13,5		24,5									
10		0,6									13			0,5									
11											5												
12	18									43	16										13		
13	1,1		2		2														0,5		8		
14													9	4				7					
15					30			25								0,5		33					
16								14							15			7					4
17									61													33	
18		8						7						3					13				18
19	0							43												4			
20			6																		13		24
21	13									4							10				37	3	
22						0,4	33		17								10	5		2	27	14,8	
23					3		5		2							1	26						
24																							0,6
25								13															11
26		14									34			1			13	19					
27		25						39					19	15			2,5	14	5	13			56
28						3						48			5		2	21					22
29																							15
30																							
31																							
P. MENSUAL	95,8	83,6	16	0	84	3,4	146	89,6	172	151	82	61,5	55	84,5	26,5	19,4	121	213,5	206	127	93	71,2	225,6
P. MAXIMA	26,5	25	8	0	36	3	43	25	74	64	34	48	19	24,5	15	10	35	49	62	37	27	33	64

• MES MARZO

SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL																							
MARZO																							
DIAS	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1		3,6									0,4	19			18			3					
2	1,2											3					63				11		
3	1,6										12							30		52			
4	18								9	30,5	0,5	60										30	
5									46	32		17										60,7	
6		15				88									21,5	14		4		18		2	
7	8	10	55			7				6,5						13,5	6	7					
8	78,2	124											17	8				9	19				
9	9	2						2					18,2		0,5				5			0,3	
10								2					24	3	15,5		8						
11							32					6			3	2	16					6	
12	7		17				25									0,5					62	37	
13	3		37		10												6	12					
14					4															3			
15	13,5									57	8												
16	40,5	10			98			10		3,5			7				0,1						
17	2								8	5			9			2							
18										10,5		66	136,5								38		
19		22						6			3		2	4						33		23	
20		7,5	28					44				10				1					3		
21							20		0,5			79,5					4		20		51		
22	6,2					12	16	1				16						51		2		12	
23					0,2				10	0,5		3										0,3	
24	2,5				7					44		1	15,5									4	
25	5,4										1		5									3	
26			32							0,4	10		2			25	30	7	16				
27	16		1						14	18			4			2		12					
28										0,5			3	50,5		4		3	4				
29													2	28				25					
30		0,2													12			5	7				
31														1	30		4	11					
P. MENSUAL	212,1	194,3	170	0	119,2	107	93	65	87,5	208,4	34,9	304,5	206	127,2	84,5	64,5	137,1	179	104	75	103	89,3	151
P. MAXIMA	78,2	124	55	0	98	88	32	44	46	57	12	79,5	136,5	50,5	30	25	63	51	33	52	51	62	60,7

• MES ABRIL

SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL																							
ABRIL																							
DIAS	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1																12,5		2					
2		6,5					9			1				11,5			13			3	8	0,6	0,2
3	0,4		1							0,7	15	9,7		2			15			35		0,6	
4	49,3		3,3		25							24											
5	44	3	0,2		3	17	14,5		6						24,5		17	4					
6	3	9				1							0,7		2	3,5		7					
7	10									3	3		7				19		0,6			8	
8		0,5				4		22,5			1	1,5	5,5		13		9						
9					10	6		28		0,8	78		34		60								
10										13			7		9			9					
11		9							0,7									8					
12	4,6	11							12			3									9		
13		0,3							26			57			17	8	11			1	29	2	
14	5,8						18		2		1				12						0,2		
15		15,6									4		18		10								
16	53,1	18							1		0,3		11									14	15
17		3							2					15				0,5		4			
18			10			13		40						12									
19													0,1									0,5	19
20																							
21	0,4		12						18						2,5				3				
22	8						1							1				8					
23							15	0,6								12,5							
24							21,5			39,5					1			3					
25	17									24				39,5				16					
26									45,5	2	1												
27						48			2			2									32	6	2
28			6			4			7			6	4,5	2			15					31	3
29							5				0,8	9,5	12	1									
30		0,5									12,8	4		1									7
31																							
P. MENSUAL	195,6	76,4	32,5	0	38	93	107	91,1	122,2	84	170,9	116,7	87,8	97	151	36,5	102	55,5	34,6	51	51,7	105,2	20,2
P. MAXIMA	53,1	18	12	0	25	48	23	40	45,5	39,5	78	57	34	39,5	60	12,5	19	16	32	35	29	31	15

• MES MAYO

SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL																							
MAYO																							
DIAS	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1		0,3								0,5	16												
2		2			14																		
3					0,3						13				17			9					
4			5								6				13								
5			1,1															7					
6			0,5		24																		
7					16																		
8			0																				
9	4		15,6																				12
10			8,8		10				2,5							4,5							
11	25,4	18,1																					
12	9,7	3											4	1						3		12	
13	6								16		36		1	2						6			
14									1		33,5		22	0,3							0,9		
15											15		0,2	10		0,5							
16	0,5						11				19,5	2	0,9	5									
17			0,6							11,7			7	5			0,3						18
18							1	8					0,1										2
19		6						2					4	5,6									
20		47,2						24				2		1									6
21					0,1										0,2						1		9
22															8								
23															41,5						13		
24									3						0,5						1	11	
25									46			1			1								
26																				6			
27					8								18,5						1	8			
28																		2				13	
29	4	0					4															29	
30	42,5	0																					
31	0										2,5	4											
P. MENSUAL	92,1	76,6	31,6	0	72,4	0	16	34	68,5	12,2	141,5	9	57,7	29,9	81,2	5	0,3	16	3	23	57,9	23	47
P. MAXIMA	42,5	47,2	15,6	0	24	0	11	24	46	11,7	36	4	22	10	41,5	4,5	0,3	9	2	8	29	12	18

• MES JUNIO

SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL																							
JUNIO																							
DIAS	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1		0,5						4					4										
2		30,5			4							1,5	2				44						
3	3,2																						
4								21															
5																							1,6
6																							
7			2,9													4							
8			0																				
9												0,3				0,2							
10									6			2											
11					10																		
12								33															
13							0,6	4													12		
14		2			1			7	4			6				1		17					0,5
15		20,2																					3,5
16		1,5			0,2																		0,2
17		12			2					7													
18		15,2																					1,2
19					13,5											1							
20		1			0,9														2				
21			0,1		9																		3
22			18,8										16										1
23			1,1								0,1												
24																							
25																15							
26																0,8						0,6	
27																							
28										11													
29																		2					
30																							
31																							
P. MENSUAL	3,2	82,9	22,9	0	40,6	0	0,6	69	10	18	0,1	25,8	6	0	0	22	46	17	2	0	12,6	10,8	0,2
P. MAXIMA	3,2	30,5	18,8	0	13,5	0	0,6	33	6	11	0,1	16	4	0	0	15	44	17	2	0	12	3,5	0,2

• MES JULIO

SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL																							
JULIO																							
DIAS	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1													2										
2	2												0,1										
3													0,2	32									
4	0,5												0,5	1					0,5				
5	0,2																			0,3			
6	3,9				3								0,1						8				
7	1				0,3		2				0,5							0,6					
8	14,5						0,5	1			0,6		1				0,5						
9							0,3	2										4					
10																							
11		2,7	0					0,5			0,1												
12			15,9					12		0,3													
13						1				5													
14			3			1				1						0,8							
15	11								3,5							13	1				2		
16																							
17	2	22																					
18																						0,3	
19																							
20															4						20		
21					2								8		8						10		
22																1							
23	0															4							
24									4														
25												0,5											
26															17,5			7					
27					4										17	27							
28																							
29																							
30					2																		
31																							
P. MENSUAL	35,1	24,7	18,9	0	11,3	2	2,8	15,5	7,5	6,3	1,2	0,5	11,9	67,5	39	18,8	8,5	4,6	8,5	32,3	0,3	0	0
P. MAXIMA	14,5	22	15,9	0	4	1	2	12	4	5	0,6	0,5	8	32	27	13	7	4	8	20	0,3	0	0

• MES AGOSTO

SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL																							
AGOSTO																							
DIAS	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1																							
2								0,6						6									
3										3				6									
4							4							0,5	27,5								
5												21		1,5									
6																							
7																							
8		6			5																		
9		11							4														
10									3														10
11																							2
12												3,5											
13	1,4																						
14												2,5											0,2
15								1				0,1			5	0,2				3			
16																						1	12
17												6,7	0,6										18
18												11	3		0,3								0,1
19															2								
20																							
21		3	10								2												
22		4									0,5							28					
23		0,1								12	1						4						6
24		0,9																					
25		0,2																					
26	0,6											3											
27			2,6										26										
28			1,7										14										
29			29,9																				
30		16	30					4			2												
31		5	0,5					4,5				11,5					1					0,3	
P. MENSUAL	2	46,2	74,7	0	5	0	4	10,1	7	15	5,5	59,3	43,6	14	34,8	32,2	1	0	0	3	0,3	1	48,3
P. MAXIMA	1,4	16	30	0	5	0	4	4,5	4	12	2	21	26	6	27,5	28	1	0	0	3	0,3	1	18

• MES SEPTIEMBRE

SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL																							
SEPTIEMBRE																							
DIAS	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1		3,2			0,3		2					15					10				5		
2		0,5																		0,5	24		
3												0,3								4	0,6		
4		1								0,6				3,5									
5	0	9											0,3										8
6	10									6		2									24		67
7						3																	
8			11,2			0,3				0,8	13							2					
9			63													0,8							
10	0,4		12,2															7			7		
11			5																				
12					0,5	4												0,6					
13						6					5,5							12					
14					3		13																
15		1					1											2					
16		1	4															5		8			6
17	2		2										2					34		41			
18	0,2						2						17										5
19							2	3,5									2,5						
20	2																	8			4		
21																		0,5		6	15		
22	1						0,5													1	2	5	
23												12				32							
24										19													
25						14			4														
26		15							1			1	4,2								17		
27														0,9					7		28		
28					2							9					5,5		19		3		
29					5							35				20,5							
30							0,5	9			43	47,4									6		6
31																							
P. MENSUAL	15,6	30,7	97,4	0	10,8	27,3	21	12,5	5	26,4	61,5	121,7	23,5	4,4	0	58,8	12,5	71,1	26	101,5	94,6	5	92
P. MAXIMA	10	15	63	0	5	14	13	9	4	19	43	47,4	17	3,5	0	32	10	34	19	41	28	5	67

• MES OCTUBRE

SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL																							
OCTUBRE																							
DIAS	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1			5	8,5								12						7	7		2		5
2		1,4			5	14		1			45						12						
3	9	3			7	51		22				0,9										11	
4	36	8,3	24,4		16		11	6				3										8	
5		5																2					19
6	61,2				0,2	20						3									41	51	9
7	7,8				4							34,5			2,5							4	4
8					22,5	1					1	12,1			25,5			9				4	1
9					3		7	3															3
10					1			84	11	2			9					2		9			
11	0,1		2	17,4	38	10		15				2			3			2	41				0,6
12						10		6	18								45	0,2					13
13		0,3						21	4								55			7	33		
14											0,1	17	31						26			2	29
15		0	6								4	2,8	4		37						0,2		10
16		0		3					8														
17															10			3					
18					0,5				3				60,5									23	0,2
19				4,9									34										3
20				1			1			0,2			0,8							14			
21		63		36,6	0,5		6,5	2			39,5										4		30
22		0,5		7,2				12								3							
23				6													53						
24				16,3	14	1					0,3					20,5	5					0,8	
25	7		9,2					1				9	10	1	7,5				4				5
26	7											12	42										
27	2							5			10	15	21			2,5							
28	0,5	26		5					1	30		3			1								
29	12	1		8,2	0,2		16			2					0,3							0,5	12
30	3,6			40						2													
31							5	0,3		9	64							2		5			
P. MENSUAL	146,2	108,5	46,6	154,1	111,9	107	46,5	180,3	45	55,2	174,9	115,3	203,3	11,5	82,3	85,5	153	43,2	78	49,2	83,5	124,6	154,2
P. MAXIMA	61,2	63	24,4	40	38	51	16	84	18	30	64	34,5	60,5	7,5	37	53	55	16	41	14,2	41	51	30

• MES NOVIEMBRE

SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL																							
NOVIEMBRE																							
DIAS	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1								2,5		9										2			
2	14				1			0,8					9		7		20						
3	0,5															5							
4					10		5	7	19						4		2						
5						7			25			11					11						
6					6				3	8	19,5									5			
7					0,4	47					13			8					22				
8						66	6				13,5		9,8						0,7			21	
9			6,4					4				20			0,5			0,5					2
10	0,7				8			22			55								45				
11								26	6		28			18									
12	0,7							7				3						6		22			
13									23						12				25				
14	0,1		30		15				59				11,5		25,5	4,5			2	8			
15						4			18	0,5				12	13,5								
16									5							2	10						
17										8			6	2		16	1	5					4
18									7	4							5		16	2			2
19	107,5		19					7			6		0,5									12	
20			2			11						27				3						12	
21							2,5				58				2,5						29		34
22										3					0,6	45		10		0,5	4		
23			4,5						4						13		0,3		17				
24					6			53	2				23,5										
25	21				0,2			15									7		19				
26											1		6		0,4		57			14	16		
27			80		16				7	13,5	8			11		5,5			39	35		17	
28			16,5				31	25				6							2	18			
29	7							3						4,5		10,5			6	16			42
30													15										0,2
31																							
P. MENSUAL	151,5	0	158,4	0	56,6	141	44,5	172,3	171	49	206	67	81,3	55,5	79	91,5	108,3	26,5	152,7	161,5	51	62	84,2
P. MAXIMA	107,5	0	80	0	16	66	31	53	59	13,5	58	27	23,5	18	25,5	45	57	10	45	35	29	21	42

• MES DICIEMBRE

SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL																							
DICIEMBRE																							
DIAS	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1					6					5				18			37	12		3	17		
2										8					20								5
3							7						9	3,5	8	2,5		40			7		4
4									35	4				3		5	11			0,6			
5	23						13						23		4					5			5
6						0,5		8						10					5				
7														12	10							5	
8	8							11					1	2,5		7			7	0,3	8		
9							10,5											24	24				
10	0				10	4	2,5				1			0,7						2	6	4	
11	1				51		2	47		21										1	1	4	
12	0,5					0,8	2	24		5	3												
13								11	3,5									9	10		24		
14								1			2	1		3	15								18
15					22,5				47				12		30		29			23			9
16							2,5	0,3	4								40						18
17	14,5							6		3,5					8,5							18	16
18					1		14	25		22		11	36		3,5					4	0,2		
19									3								24		0,7	36			4
20						11	30		2,5	4		13							10			0,2	
21	10,4				6	37		25	0,4					21	4			1	4			1	
22											8,5		12					14	3	48			
23	12,2														15		42	16		40	8		
24																	8	8					
25							15												5	25			
26	5				17			25,5		11	27			61					2	5			
27					63,2				6				33			7			3	9			
28									5,5		3	5	36		12			5		3			
29								6				20	36										
30								5									22						
31	23							22	1											5			
P. MENSUAL	97,6	0	0	0	176,7	53,3	98,5	216,8	107,9	83,5	44,5	50	219	117,7	126	50,5	193	130	63,7	233,9	70,2	9,2	79
P. MAXIMA	23	0	0	0	63,2	37	30	47	47	22	27	20	36	61	30	29	42	40	24	48	18	4	18

### **ANEXO 3: Estadística hidrológica**

#### 1 CONCEPTO

El objetivo básico de la aplicación de estadística en hidrología es el análisis de la información hidrológica en forma de muestras, a fin de inferir las características con que debe ser esperado en el futuro el fenómeno que se estudia.

Mediante un modelo probabilístico o distribución permite conocer y manejar fácilmente el comportamiento de la variable y sintetiza toda la información sobre probabilidades asociadas a cada estado.

#### 2 PARÁMETROS ESTADÍSTICOS REPRESENTATIVOS DE UNA MUESTRA

- MEDIA ARITMETICA:  $X_m = \frac{\sum X_i}{N}$

- DESVIO ESTANDAR:  $\sigma = \sqrt{\sum (X_i - X_m)^2 * \frac{1}{N}}$

#### 3 PROBABILIDAD EXPERIMENTAL DE WEIBULL

Si los n valores están uniformemente distribuidos entre el 0 y el 100% de probabilidad, entonces deben existir n+1 intervalos, n-1 entre los puntos de los datos y 2 en los extremos.

$$P(X \geq x_m) = \frac{m}{n + 1}$$

#### 4 LEY DE GUMBEL

La ecuación que describe la ley de Gumbel es:  $EXP \left( -EXP \left( -\alpha * (X_i - X_0) \right) \right)$

Esta ley está definida por los parámetros siguientes:

- ESCALA:  $\alpha = \frac{1}{0.78 * \sigma}$

- POSICIÓN:  $X_0 = X_m - \frac{0.577}{\alpha}$

## 5 TEST DE KOLMOGOROV

Para una muestra se considera un procedimiento de “bondad de ajuste”, es decir, permite medir el grado de concordancia existente entre la distribución de un conjunto de datos y una distribución teórica específica.

Mediante la prueba se compara la distribución acumulada de las frecuencias teóricas ( $f_t$ ) con la distribución acumulada de las frecuencias observadas ( $f_{obs}$ ), se encuentra el punto de divergencia máxima y se determina qué probabilidad existe de que una diferencia de esa magnitud se deba al azar.

Pasos:

1. Calcular las frecuencias esperadas de la distribución teórica específica por considerar para un número de clases, en un rango de menor a mayor.
2. Arreglar estos valores en frecuencias acumuladas
3. Comparar el valor estadístico
4. Aplicar la ecuación de la desviación  $D = (F_{ei} - P_x) \leq D_c$
5. Decidir si se acepta o rechaza la hipótesis. La hipótesis se acepta si:

$$\Delta = \max |f_{ei} - f_{ti}| < \frac{Z_c}{\sqrt{N}} = D_c$$

Nota: Según el nivel de confianza se adopta  $Z_c$

## **ANEXO 4:** Método hietograma triangular

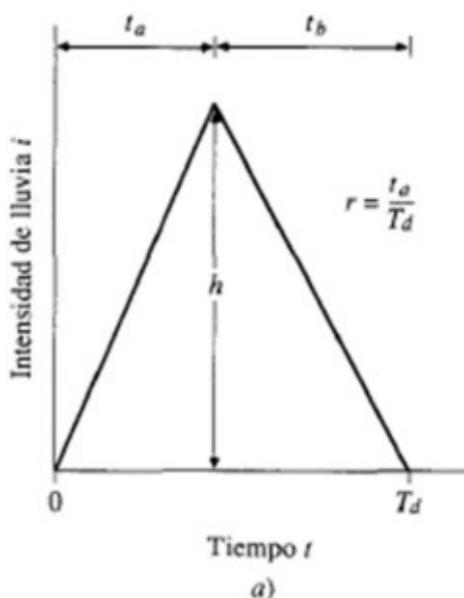
### 1 CONCEPTO

Un hietograma es un diagrama de barras que representa las variaciones intensidad (mm/h) en intervalos de tiempo previamente seleccionados. Permite conocer la precipitación de un lugar a través del tiempo de la tormenta.

### 2 MÉTODO DEL HIETOGRAMA TRIANGULAR

Un triángulo es una figura simple para un hietograma de diseño debido a que una vez que se conozcan tanto la profundidad de precipitación de diseño como la duración de la misma, la longitud de la base y la altura del triángulo son simples de determinar.

Considerando un hietograma triangular como el siguiente:



La longitud de la base es  $T_d$  (duración de la tormenta) y la altura  $h$  (intensidad al pico), que se determina considerando que el área por debajo de la curva es igual a la precipitación de diseño.

Para determinar el tiempo en que ocurre esta intensidad máxima, es necesario considerar un coeficiente de avance de tormenta ( $R$ ) que no es más que la relación entre el tiempo que dura el aguacero y el tiempo en que se produce la intensidad máxima. Un valor apropiado de  $R$  se

determina calculando la relación entre el tiempo de intensidad pico y la duración de la tormenta para una serie de tormentas de diferente duración.

Para la determinación de las barras del hietograma solo se utilizan dos ecuaciones que son el resultado de considerar que la sumatoria de la intensidad por el intervalo de tiempo considerado es la precipitación resultante del aguacero:

- $t < Tp \rightarrow i = \frac{i_{m\acute{a}x}t}{Tp}$
- $t > Tp \rightarrow i = i_{m\acute{a}x} - (i_{m\acute{a}x}/(24hs - Tp)) * (t - Tp)$

## **ANEXO 5: Clasificación taxonómica de suelos**

### 1 CONCEPTO

La clasificación de suelos es una categorización de tierras basado en características distintivas y en criterios de uso. La taxonomía de suelos de USDA, o sintéticamente y más generalizada Soil Taxonomy, desarrollada y coordinada internacionalmente por el Ministerio de Agricultura de los Estados da una clasificación de suelos acorde a varios parámetros. Clasifica los suelos por nomenclatura de orden, suborden, grandes grupos, subgrupo, familia y series. Dentro de los grupos más característicos están los órdenes: Alfisol, Andisol, Aridisol, Entisol, Espodosol, Gelisol, Histosol, Inceptisol, Molisol, Oxisol, Ultisol y Vertisol.

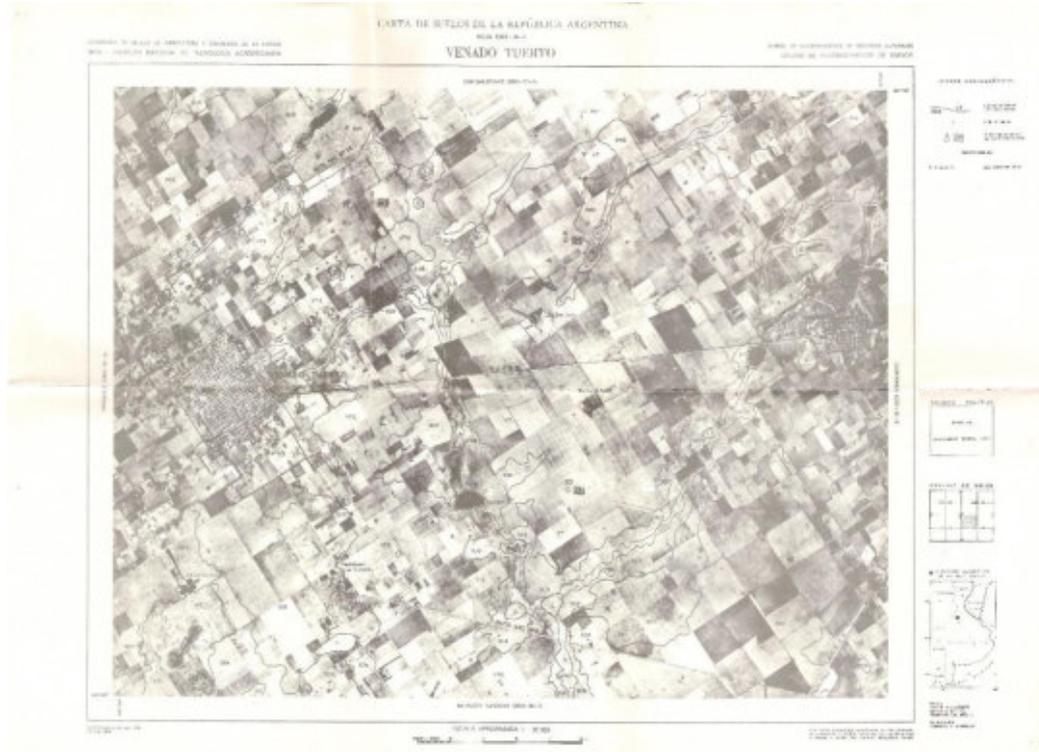
El Instituto Nacional de Tecnología Agraria, a partir de esta clasificación, tiene un registro de cartas donde diferencia los suelos de cada zona.

#### 1.1 CARTAS DE SUELO DE LA REGION

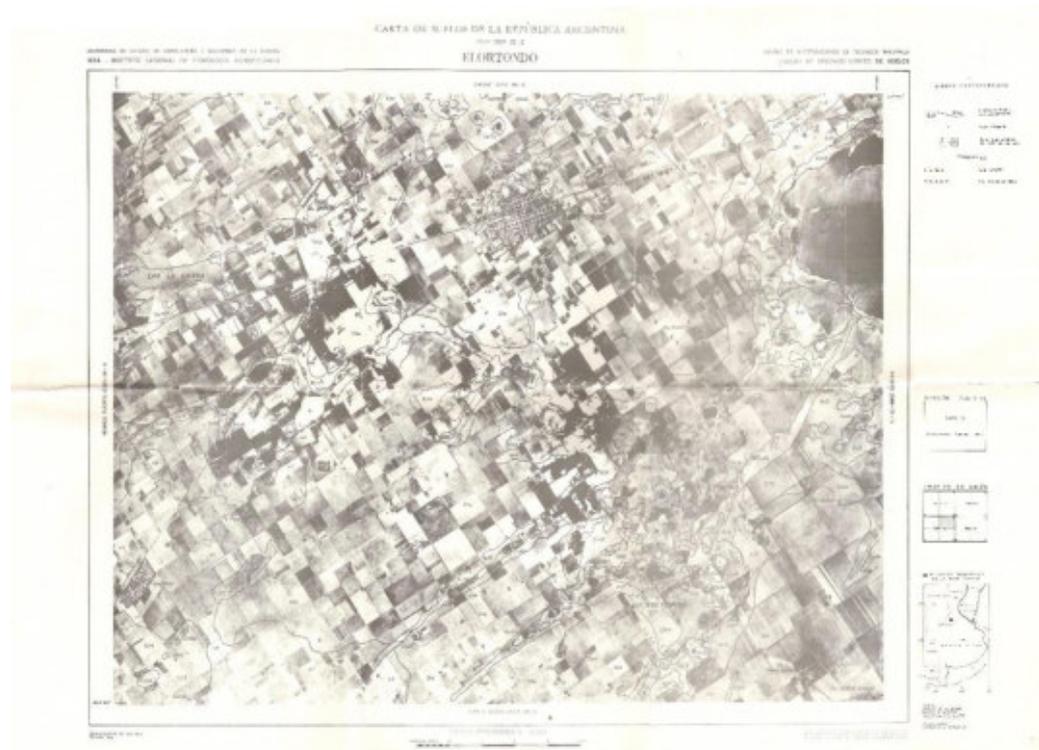
- 3363-35-2 – Maggiolo



○ 3363-36-1 – Venado Tuerto



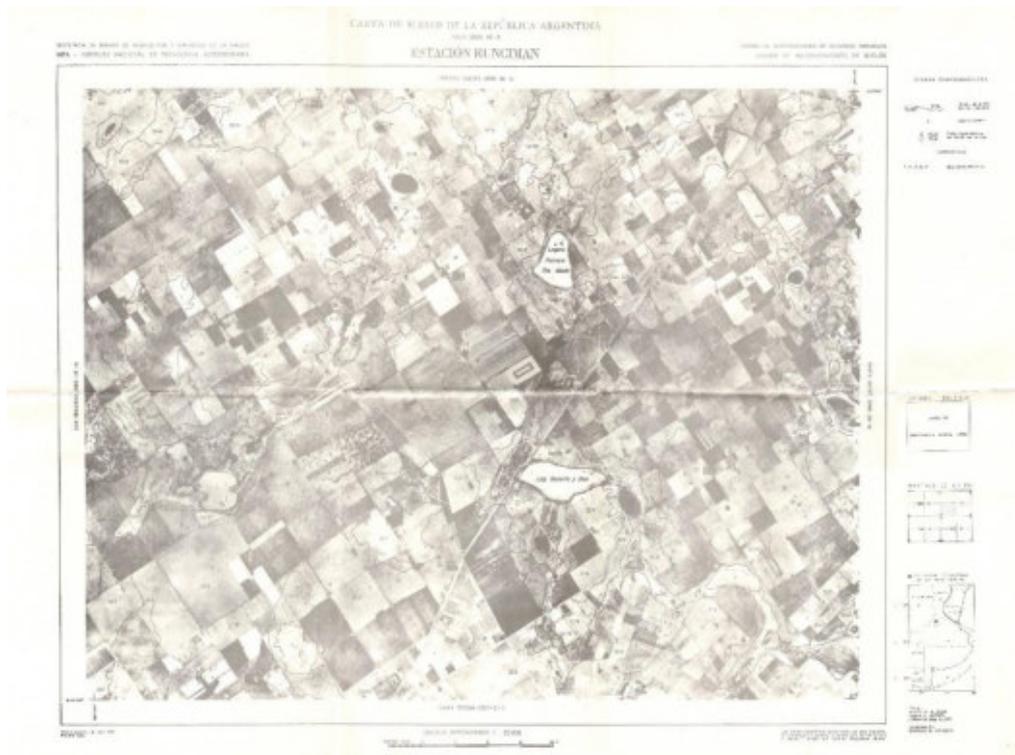
○ 3363-36-2 – Elortondo



○ 3363-35-4 – San Eduardo



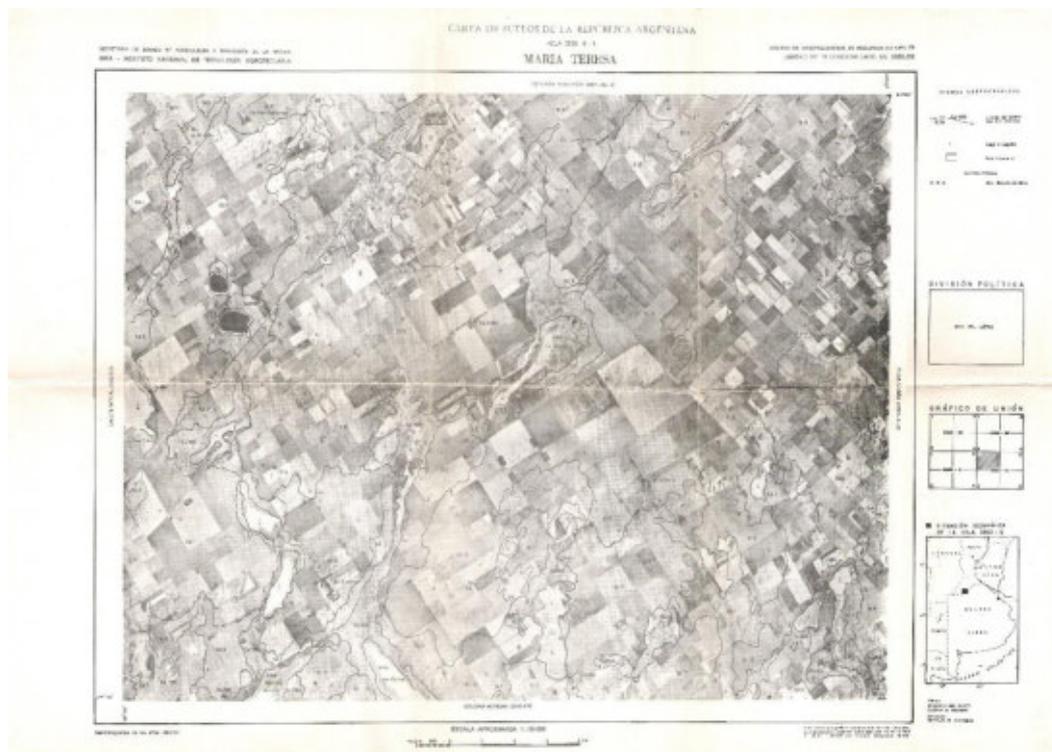
○ 3363-36-3 – Estación Runciman



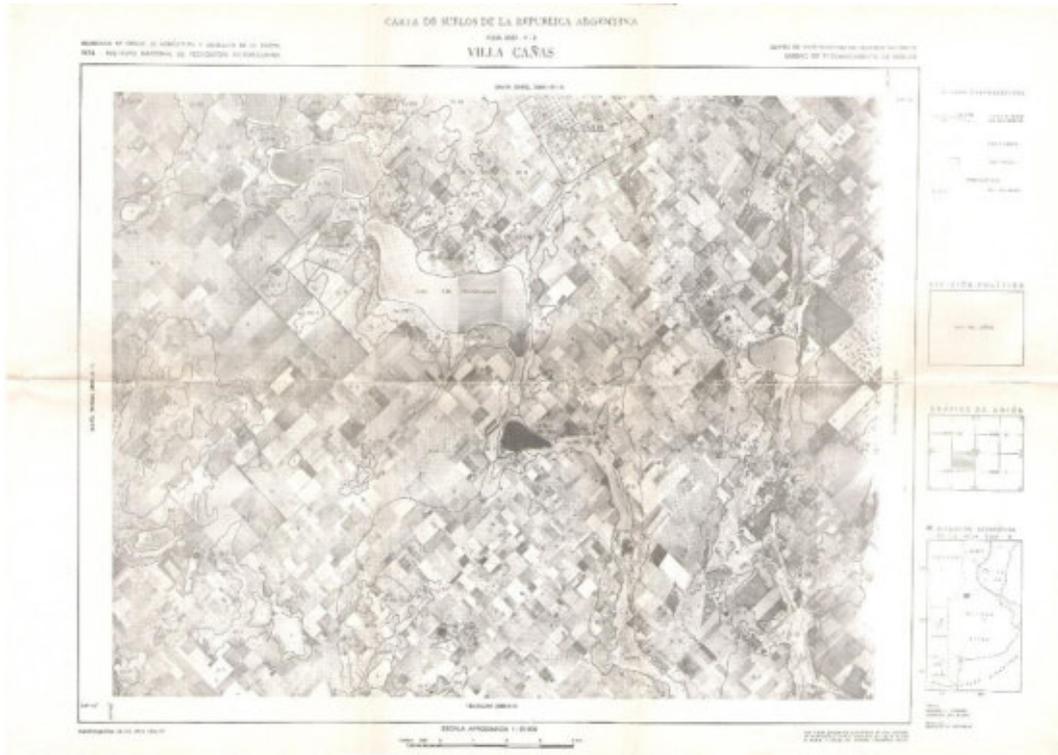
- 3363-36-4 – Santa Isabel



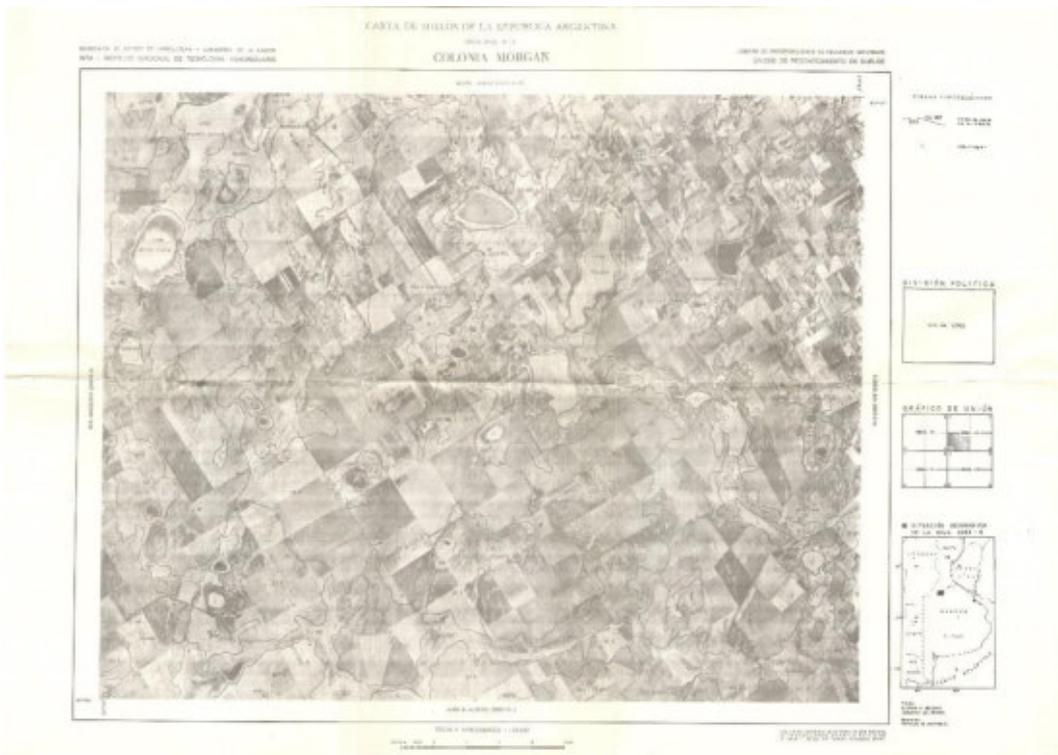
- 3563-6-1 – María Teresa



○ 3563-6-2 – Villa Cañas



○ 3563-6-4 – Colonia Morgan



## 1.2 CLASIFICACIÓN TAXONOMICA DE LOS SUELOS

A continuación se resumen las características de los suelos de las regiones delimitadas en las cartas por el INTA:

- SERIE ARON CASTELLANO (AC)

*Clasificación taxonómica:* Natralbol típico.

*Familia:* limosa fina, mixta, térmica.

*Drenaje:* pobre.

*Textura del horizonte superficial:* franco limosa.

La serie Aarón Castellanos es un suelo profundo de textura media y pobremente drenada; levemente ácida en superficie y alcalina en los horizontes arcillosos. Ocupa la periferia de ciertas depresiones y los planos bajos o tendidos con desagüe. El suelo, en superficie, es de textura franco a franco limoso. Su reacción es alcalina por exceso de sodio en el complejo de intercambio. Presenta características de hidromorfismo. En este suelo la capa freática puede hallarse cercana a la superficie y en general satura la parte inferior del perfil gran parte del año.

- SERIE AMENABAR (Am)

*Clasificación taxonómica:* Natracualf típico.

*Familia:* limosa fina, mixta, térmica

*Drenaje:* pobre.

*Textura del horizonte superficial:* franco limosa.

La serie Amenabar es un suelo profundo, fuertemente sódico desde la superficie, con altos valores de sodio de intercambio. Su drenaje es pobre, pues ocupa ambientes muy planos, con escurrimiento prácticamente nulo. En consecuencia está sometido a frecuentes encharcamientos, cada vez que la precipitación supera las posibilidades del suelo para eliminar agua a través del perfil. Esta serie se encuentra integrando los complejos de suelo que caracterizan los sectores adyacentes a las depresiones y lagunas. La parte superficial de este suelo es de textura franco limosa, con estructura casi laminar y reacción alcalina, con tenores de sodio que superan el 30%

de la capacidad de intercambio catiónico. El estrato subsuperficial representa un nivel de acumulación de arcilla, que por su densidad se constituye en un impedimento para la circulación del agua en el perfil. En profundidad es franco arenoso y masivo. En todo el perfil se encuentran evidencias de hidromorfismo, como concreciones de hierro y manganeso, moteados y nódulos de cementación. El agua freática es poco profunda y en épocas lluviosas puede ascender hasta 40 o 50 cm de la superficie.

○ SERIE SANCTI SPIRITU (SS):

*Clasificación taxonómica:* Argialbol típico.

*Familia:* limosa fina, mixta, térmica

*Drenaje:* pobre.

*Textura del horizonte superficial:* franco limosa.

La serie Sancti Spíritu es un suelo oscuro, profundo, pobremente drenado (hidromórfico) y de reacción débilmente ácida. Ocupa la periferia de ciertas hoyas y depresiones. La porción superficial del suelo es de textura franco arenosa. Este horizonte tiene consistencia dura cuando el suelo está seco y presenta abundantes moteados. Hacia profundidad es de textura franco arcillosa, estructura en prismas moderada a fuerte. La transición de este horizonte hacia el material original es muy gradual. Es común encontrar moteados en casi todo el perfil y la reacción es neutra a levemente alcalina en profundidad. El horizonte C es franco arenoso y suelen encontrarse algunas concreciones de carbonato de calcio. En este suelo la capa freática puede hallarse cercana a la superficie y además, por su posición en áreas de relieve cóncavo y escasa permeabilidad, suele anegarse cuando ocurren precipitaciones abundantes.

○ SERIE CHOVET (Cho):

*Clasificación taxonómica:* Argiudol típico

*Familia:* limosa/ arcillosa fina, mixta, térmica.

*Drenaje:* bueno.

*Textura del horizonte superficial:* franco-limosa.

La serie Chovet es un suelo oscuro, profundo y bien drenado, que ocupa lomas muy suavemente onduladas. Se ha desarrollado a partir de un sedimento loésico de textura franco limosa. La porción superficial del suelo es friable de textura franco limosa y estructura en bloques. A los 25 cm continúa un horizonte más arcilloso de textura franco arcillo limosa, estructura en prismas moderados y con abundantes revestimientos o barnices. Este horizonte pasa gradualmente al sustrato muy friable, de textura franco limosa. Alrededor de los dos metros de profundidad este material se presenta con abundantes concreciones calcáreas y carbonatos libres en la masa. Es de reacción neutra, con la capa freática a varios medios de profundidad y puede sufrir sequía por falta de retención de humedad, en años muy secos.

- SERIE DIVISA DE MAYO (DM):

*Clasificación taxonómica:* Argiudol típico

*Familia:* limosa fina, mixta, térmica

*Drenaje:* bueno/moderado.

*Textura del horizonte superficial:* franco limosa.

Este es un suelo profundo desarrollado a partir de un sedimento loésico de textura franco limosa, en un paisaje de lomas suaves y extendidas. El estrato superficial es de textura franco limosa. A continuación, luego de pasar por un horizonte de transición, se llega al horizonte de acumulación de arcilla levemente textural con 28 a 30% de arcilla, de textura franco arcillo limosa, reacción neutra, con presencia de barnices y escasos moteados. En profundidad es de textura franco limosa, con un 15% de arcilla y 65% de limo y de estructura masiva. Estos suelos están totalmente libres de sales o álcalis. La permeabilidad es moderada, pudiendo la capa de agua freática elevarse hasta los 50 cm de profundidad. Presenta dificultades de drenaje, limitado por la capa freática cercana y por un horizonte de baja conductividad hidráulica, como lo es el subsuelo arcillo-limoso.

- SERIE EL CANTOR (ECn):

*Clasificación taxonómica:* Argiudol típico

*Familia:* limosa fina, mixta, térmica

*Drenaje:* bueno.

*Textura del horizonte superficial:* franco limosa.

La serie El Cantor es un suelo liviano, bien drenado. Ocupa los planos altos y lomas extendidas en las cercanías de la localidad de San Francisco de Santa Fe. Este suelo se ha desarrollado a partir de un material de textura franca, de origen eólico.

El perfil presenta en su parte superficial un horizonte que se extiende hasta los 22 cm, es de color pardo grisáceo, textura franco limosa y con 20% de arcilla en su composición granulométrica; continúa en profundidad un horizonte, con 28% de arcillas, textura franca a franca-arcillosa, que presenta abundantes barnices de arcilla y puede alcanzar entre 35 y 40 cm de espesor. En forma muy gradual se llega hasta 96 cm de profundidad, donde aparece un sustrato de textura franca, con 15% de arcillas y 40% de arenas muy fina y fina. La capa de agua freática se encuentra siempre a varios metros de profundidad y el perfil, en toda su extensión, se ve libre de salinidad y/o alcalinidad.

- SERIES LAZZARINO (Lz):

*Clasificación taxonómica:* Hapludol thapto nátrico

*Familia:* limosa fina, mixta, térmica.

*Drenaje:* imperfecto - pobre.

*Textura del horizonte superficial:* franco - limosa

La serie Lazzarino es un suelo desarrollado bajo un proceso eólico de acumulación - deflación. Aparece principalmente en los sectores planos extendidos de escaso desagüe vinculados a los sistemas de lagunas más importantes o en ciertos bajos elongados que se alternan con cordones medanosos. El horizonte superficial es de textura franca a franco arenosa (con 15% de arcilla); la consistencia es friable y la reacción neutra. A los 30 cm de profundidad se encuentra un horizonte considerado el sedimento de depósito más reciente, que ha dado origen a la capa superficial. Se extiende unos 15 cm, es de textura franca, estructura masiva y reacción

alcalina. Abruptamente, a partir de los 45 cm, se produce un cambio textural y se encuentra el horizonte (con 23% de arcilla) que representa el comienzo de un perfil desarrollado más antiguamente. Este horizonte presenta una estructura prismática fuerte, con abundantes moteados de hierro y altos valores de sodio en el complejo de intercambio. En forma gradual va disminuyendo el contenido de arcillas y aparecen concreciones de tosca. A los 100 cm se alcanza el sustrato de textura franco arenosa y fuerte reacción alcalina. Los perfiles de la serie Lazzarino están generalmente afectados por excesos de agua, provenientes de los sitios vecinos más altos y por ascenso de la capa freática en las épocas lluviosas.

○ SERIE MAGGIOLO (Mg):

*Clasificación taxonómica:* Hapludoll típico

*Familia:* limosa fina, mixta, térmica.

*Drenaje:* bueno.

*Textura del horizonte superficial:* franca.

Los suelos de la serie Maggiolo se han desarrollado a partir de materiales franco arenosos, en un paisaje de lomadas amplias y extendidas, con gradientes que no superan el 1%. Se encuentran en áreas no inundables de escurrimiento medio, la permeabilidad del suelo es moderada, todo lo cual resulta en un suelo bien drenado. La capa freática se encuentra siempre a más de 1,50 m de la superficie. Los primeros 21 cm del perfil corresponden a un horizonte bien provisto de materia orgánica, de textura franca y estructurado en bloques. El subsuelo es de textura franca a franco arcillo arenosa. Se extiende hasta los 46 cm, a partir de los cuales comienza un horizonte transicional hasta llegar al material original a los 74 cm. La reacción del suelo está próxima a la neutralidad en todo el perfil, el cual se encuentra libre de sales y/o álcalis.

○ SERIE MURPHY (Mu):

*Clasificación taxonómica:* Argiudol típico.

*Familia:* arcillosa fina, illítica, térmica

*Drenaje:* bueno.

*Textura del horizonte superficial:* franca.

El perfil característico de esta serie es oscuro, bien provisto de materia orgánica en su parte superficial, moderadamente profundo y bien drenado. Ocupa planos altos con lomadas suaves y extendidas. El horizonte superficial es de textura franco arcillosa, con unos 25 cm de espesor. En profundidad se encuentra el horizonte, de unos 35 cm de espesor, que cuenta con un 40% de arcilla en su composición granulométrica, con abundantes barnices arcillosos y estructura en prismas regulares. A partir aquí y hasta los 100 cm se presenta una transición gradual hasta llegar al sustrato. El horizonte madre es de estructura masiva, textura franca con 13% de arcilla y 54% de limo, encontrándose algunos nódulos cementados del mismo material.

- SERIE MARIA TERESA (MT):

*Clasificación taxonómica:* Hapludol típico.

*Familia:* limosa gruesa, mixta, térmica

*Drenaje:* algo excesivo.

*Textura del horizonte superficial:* franco-arenosa.

La serie María Teresa es un suelo profundo, oscuro, algo excesivamente drenado y de poco desarrollo. Ocupa las medias lomas y los sectores plano-cóncavos del relieve medanoso. El suelo superficial es de textura franco arenosa (con 15% de arcilla), estructura en bloques, débil, bajo tenor de materia orgánica y reacción ligeramente ácida. A los 25 cm de profundidad puede encontrarse un pequeño horizonte de transición, para pasar luego a un horizonte de unos 30 cm de espesor, con textura franca, con ligero enriquecimiento de arcilla (alcanza el 18%), la estructura es en bloques y fuerte; no se presentan barnices de arcilla y su reacción es levemente ácida. Se trata de un horizonte cámbico, con alta saturación de bases en el complejo de cambio. En forma gradual se llega hasta un horizonte de textura franco arenosa, con 70% de arenas, predominando las muy finas entre 50 y 100 u. Los suelos de esta serie son bien drenados y tienen cierta susceptibilidad a la erosión; la capa de agua freática está siempre profunda y no afecta el

perfil. En algunos casos la serie integra unidades con escurrimiento lento y se ha descrito en ellas una fase por drenaje moderado, en la cual aparecen evidencias de hidromorfismo.

○ SERIE SAN GREGORIO (SG):

*Clasificación taxonómica:* Hapludol típico.

*Familia:* limosa fina, mixta, térmica

*Drenaje:* bueno.

*Textura del horizonte superficial:* franca.

La serie Santa Isabel es un suelo profundo y bien drenado, liviano y de escaso desarrollo, que ha evolucionado sobre sedimentos eólicos francos. El perfil del suelo muestra unos 36 cm superficiales provistos de materia orgánica. En profundidad va pasando gradualmente hacia un horizonte con estructura débilmente prismática de permeabilidad moderadamente rápida y con menos arcillas. A unos 95 a 100 cm de profundidad el suelo afloja en su consistencia y estructura haciéndose masivo y suelto. El sedimento eólico que forma el material originario tiene la misma textura que el resto del perfil. Se trata de un suelo de escaso desarrollo por su relativa corta edad, ya que el ambiente ha sido remodelado en épocas más secas que la actual. Dadas las condiciones de drenaje, se ha descrito una fase moderadamente bien drenada, apareciendo en algunos complejos vinculados a los sistemas lagunares.

○ SERIE VILLA CAÑAS (VC):

*Clasificación taxonómica:* Argiudol típico.

*Familia:* limosa fina, mixta, térmica

*Drenaje:* bueno.

*Textura del horizonte superficial:* franco arcillo limosa.

La serie Villa Cañas es un suelo oscuro, profundo y bien drenado, que ocupa antiguas hoyas medanosas con desagüé lento. Se ha desarrollado a partir de un sedimento de textura franco limosa. El suelo superficial presenta acumulación de material proveniente de los sectores vecinos más altos. Casi todo el perfil, hasta poco más de un metro de profundidad tiene más del 30% de

arcilla, pero no presenta grietas u otros rasgos de suelos muy arcillosos. El suelo de esta serie no presenta síntomas de hidromorfismo ni exceso de sodio de intercambio.

○ SERIE SANTA ISABEL (SI):

*Clasificación taxonómica:* Hapludol típico.

*Familia:* limosa fina,mixta, térmica

*Drenaje:* bueno.

*Textura del horizonte superficial:* franca.

La serie Santa Isabel es un suelo profundo y bien drenado, liviano y de escaso desarrollo, que ha evolucionado sobre sedimentos eólicos francos. El perfil del suelo muestra unos 36 cm superficiales oscuros y bien provistos de materia orgánica. En profundidad este horizonte va pasando gradualmente hacia un horizonte con estructura débilmente prismática y más rojizo, de permeabilidad moderadamente rápida y con menos arcillas. A unos 95 a 100 cm de profundidad el suelo afloja en su consistencia y estructura haciéndose masivo y suelto. El sedimento eólico que forma el material originario tiene la misma textura que el resto del perfil. Se trata de un suelo de escaso desarrollo por su relativa corta edad, ya que el ambiente ha sido remodelado en épocas más secas que la actual. Dadas las condiciones de drenaje, se ha descrito una fase moderadamente bien drenada, apareciendo en algunos complejos vinculados a los sistemas lagunares.

○ SERIE SAN URBANO (SU):

*Clasificación taxonómica:* Argialbol típico.

*Familia:* limosa fina,mixta, térmica

*Drenaje:* pobre.

*Textura del horizonte superficial:* franco limosa.

La serie Sancti Spíritu es un suelo oscuro, profundo, pobremente drenado (hidromórfico) y de reacción débilmente ácida. Ocupa la periferia de ciertas hoyas y depresiones. La porción superficial del suelo es de textura franco arenosa. Tiene consistencia dura cuando el suelo está

seco y presenta abundantes moteados. Hacia profundidad aumenta bruscamente la cantidad de arcilla y es de textura franco arcillosa, estructura en prismas moderada a fuerte. La transición de este horizonte hacia el material original es muy gradual. Es común encontrar moteados en casi todo el perfil y la reacción es neutra a levemente alcalina en profundidad. Le sigue a este un horizonte franco arenoso en donde suelen encontrarse algunas concreciones de carbonato de calcio. En este suelo la capa freática puede hallarse cercana a la superficie y además por su posición en áreas de relieve cóncavo y escasa permeabilidad, suele anegarse cuando ocurren precipitaciones abundantes.

○ SERIE VENADO TUERTO (VT):

*Clasificación taxonómica:* Argiudol típico.

*Familia:* limosa fina, illítica, térmica

*Drenaje:* bueno.

*Textura del horizonte superficial:* franco limosa.

La serie Venado Tuerto es un suelo liviano, oscuro, profundo y bien drenado, que ocupa un paisaje de lomas planas y extendidas, con desagüe medio. Se ha desarrollado a partir de un sedimento loésico de textura franca a franco limosa. La parte superficial del suelo se extiende hasta los 20 cm, es de color gris muy oscuro y bien provista de materia orgánica, de textura franco limosa, con un 25% de arcillas y estructura en bloques medios, moderada. Le sigue una pequeña capa transicional hasta los 30 cm donde se encuentra un horizonte levemente más arcilloso de unos 30 a 40 cm de espesor, de color pardo oscuro, de textura franco arcillo limosa (con un 30% de arcilla) y estructura en prismas, fuerte, con escasos barnices. En forma muy gradual se pasa al horizonte que aparece entre los 100 y 120 cm siendo friable, de textura franco limosa, con 30 a 40% de arenas y 10% de arcilla. La capa freática se encuentra siempre a varios metros de profundidad. Esta serie integra varias asociaciones y complejos, siempre en posiciones de planos altos y/o relativamente altos.

○ SERIE LA ZORAIDA (Zo):

*Clasificación taxonómica:* Natracualf mólico.

*Familia:* limosa fina, illítica, térmica

*Drenaje:* pobre.

*Textura del horizonte superficial:* franco limosa.

Los perfiles de esta serie son poco profundos, levemente ácidos en superficie, pero fuertemente alcalinos en los horizontes arcillosos. Es un suelo pobremente drenado que ocupa las áreas en pendiente, con desagüe lento. Se ha desarrollado a partir de un sedimento loessoide de textura franca. La porción superficial de unos 20 cm de espesor, es de color pardo grisáceo muy oscuro, con buen tenor de materia orgánica y estructura en bloques moderada. Entre éste y el horizonte siguiente se encuentra una capa más clara, con moteados de hierro y pobre en materia orgánica. Es de color pardo oscuro, con estructura en columnas y fuerte. Presenta además abundantes barnices, textura franco arcillo limosa en su parte superior y franco limosa en la base, fuerte reacción alcalina. El material original aparece a los 100 cm, siendo de textura franca, con moteados de hierro y concreciones de calcáreo. La capa de agua freática afecta, generalmente, la base del perfil.

- SERIE LA SOFIA (So):

*Clasificación taxonómica:* Argialbol típico.

*Familia:* limosa fina, mixta, térmica

*Drenaje:* imperfecto.

*Textura del horizonte superficial:* franco limosa/franca.

La serie La Sofia es un suelo oscuro, profundo e imperfectamente drenado, que ocupa algunas áreas en pendientes con desagüe medio o lento. Se ha desarrollado a partir de un sedimento loessico de textura franca. El suelo superficial es medianamente ácido, bien provisto de materia orgánica. Hacia profundidad continúa un horizonte de estructura débil y con moteados de hierro. A los 35 cm comienza el horizonte de acumulación de arcilla de textura franco arcillosa y estructura semicolumnar o en prismas, moderada. Luego a partir de los 70 cm

de profundidad se pasa gradualmente al material originario, el que aparece a los 110 cm; es de color pardo oscuro, con abundantes moteados de hierro y textura franca. La capa de agua suele encontrarse a 2 m de profundidad y puede afectar la base del suelo en épocas lluviosas.

### 1.3 DESCRIPCION DE ASOCIACIONES Y COMPLEJOS DE SUELOS SEGÚN EL INTA

- AC 1: Complejo series Aron Castellano 50%, Lazzarino 40% y Amenabar 10%

Son unidades de formas alargadas que corresponden con sectores deprimidos de la llanura eólica. El relieve es muy plano con pendientes que no superan el 0.5% y el escurrimiento superficial es muy lento. Los suelos son susceptibles a encharcamientos que suelen ser prolongados a causa de la dificultad en la eliminación del agua a través del perfil de suelo.

La capa freática afecta al suelo en algunos sectores en la época invernal, en consecuencia el drenaje general de los suelos es muy pobre.

- AC 2: Complejo series Aron Castellanos 50% y Sancti Spiritu 50%

Este complejo de suelo halo-hidromórfico cubre una superficie en forma de unidades más bien pequeñas y aisladas entre sí. Corresponde con áreas bajas que rodean a algunas lagunas.

El drenaje es muy pobre y los suelos se ven sometidos a encharcamientos o inundaciones cuando el ojo de agua se expande. La capa de agua freática fluctúa en el perfil pero siempre se encuentra cercana a la superficie.

- AC 4: Complejo series Aron Castellanos 50% y Amenabar 50%

Estas unidades cartográficas representan a los ambientes planos directamente conectados con las lagunas y ejes de avenamiento, que constituyen los elementos más destacados del drenaje tipo “cerrado”.

La unidad AC 4 representa una situación severa de alcalinidad, hidromorfismo, peligro de anegamiento e inundación, pues ocupa los planos bajos conectados a las principales lagunas.

- Cho 1: Consociación Chovet en fase moderadamente bien drenada

Los sectores ocupados por esta unidad presentan un relieve plano cóncavo con pendientes mínimas. El escurrimiento es lento, por lo cual puede sufrir anegamientos temporarios en épocas de abundantes precipitaciones.

- Co 166: Complejo Laguna Potrero Santa Maria

Son bajos extensos o planos de inundación que circundan lagunas permanentes. Los suelos están afectados por sales, álcalis y un drenaje imperfecto.

- Co 167: Complejo Laguna Potrero Santa Maria I

Son bajos extensos o planos de inundación que circundan lagunas permanentes. Los suelos están afectados por sales, álcalis y un drenaje imperfecto.

- Co 168: Complejo Laguna El Aljibe I

Esta unidad corresponde a cañadas que tienen sus orígenes en las proximidades de la laguna El Aljibe.

Los suelos de esta unidad son muy pobremente drenados con moteados de Fe y Mn a lo largo de casi todo el perfil. La capa freática se encuentra siempre muy cerca de la superficie.

- Co 169: Complejo Laguna El Aljibe II

Esta unidad corresponde a cañadas que tienen sus orígenes en las proximidades de la laguna El Aljibe.

Los suelos de esta unidad son muy pobremente drenados con moteados de Fe y Mn a lo largo de casi todo el perfil. La capa freática se encuentra siempre muy cerca de la superficie.

- Co 170: Complejo Laguna El Aljibe III

Esta unidad corresponde a cañadas que tienen sus orígenes en las proximidades de la laguna El Aljibe.

Los suelos de esta unidad son muy pobremente drenados con moteados de Fe y Mn a lo largo de casi todo el perfil. La capa freática se encuentra siempre muy cerca de la superficie.

- Co 171: Complejo Laguna La Larga I

Representan a los ambientes bajos vinculados a la laguna La Larga.

Los suelos de esta unidad son pobremente drenados, con escurrimiento y permeabilidades muy lentas y alcalinidad y/o salinidad desde superficie.

- Co 172: Complejo Laguna La Larga II

Está vinculado a los charcos que se encuentran dentro de la red de drenaje. Reune las mismas características que el complejo Co 172 pero resultan más anegables.

- Co 173: Complejo Laguna La Larga III

Corresponde a los suelos que integran una de las vías de drenaje del sistema. Tienen drenaje pobre, con evidencias de hidromorfismo en todo el perfil, con altos tenores de sodio de intercambio. Este complejo sufre anegamientos con relativa frecuencia.

- Co 176: Complejo Laguna La Sesenta y Seis

Los suelos de estas unidades son pobremente drenados, con moteados de hierro y manganeso a lo largo de todo el perfil. La capa de agua freática se halla muy cerca de la superficie siempre.

- Co 177: Complejo Laguna La Dolores

Representa a los suelos presentes en las microdepresiones que aparecen en planos altos. El horizonte de este tipo de suelos está formado por aportes de materiales provenientes de sectores vecinos más altos. El drenaje es imperfecto, la capa freática se encuentra cerca de la superficie gran parte del año y hay gran susceptibilidad al anegamiento.

- Co 178: Complejo Laguna Las Encadenadas I

Se localizan en el área inundable de las lagunas Las Encadenadas, Grigera y Las Marias. Se trata de cuerpos de suelos sujetos a a frecuentes y prolongadas inundaciones. Contiene abundantes tenores de sales y sodio.

- Co 179: Complejo Laguna Las Encadenadas II

Corresponde a una depresión elongada que une a las lagunas Las Encadenadas, Grigera y Las Marias con la laguna El Chañar. Se trata de cuerpos de suelos sujetos a frecuentes y prolongadas inundaciones. Contiene sales y sodio.

- Co 180: Complejo Laguna La Pantanosa

Este complejo de suelo se encuentra en las proximidades o relacionados con la laguna La Pantanosa. Está integrado por suelos inundables y con elevados contenidos de sodio. Muchos de estos suelos pueden considerarse aluviales, desarrollados sobre una superposición de materiales en general limosos.

- Co 191: Complejo Laguna San Eduardo

Representan a los planos de inundación y vías de drenaje que rodean y conectan a la laguna San Eduardo y sus vecinas.

Constituyen terrenos planos cóncavos, inundables, donde se han desarrollados suelos aluviales que se entremezclan en el terreno con series identificadas como Aron Castellanos y Amenabar.

Sus principales características son anegamiento semipermanente, salinidad y alcalinidad que en muchos sectores alcanza valores incompatibles con el crecimiento de vegetales.

- Co 76: Complejo Laguna El Chañar

Corresponde con una depresión que deriva las aguas de escurrimiento hacia la laguna El Chañar. Se evidencia algunas vías de drenaje más o menos bien definidas, constituidas por una sucesión de lagunas permanentes y semipermanentes interconectadas por cursos temporarios.

Este complejo de suelos está integrado en su casi totalidad por suelos sódicos muy inundables de origen fluvio – palustre. La naturaleza de este origen se evidencia porque gran parte de los perfiles presentan una sucesión de capas aluviales que no constituyen verdaderos horizontes genético de suelos, sino que representan ciclos en el régimen de deposición de materiales.

- DM 2: Complejo series Divisa de Mayo 70% y Cañada de Ucle 30%

Representa a esta unidad a sectores de pendientes amplias y suevas vinculados a las nacientes de ejes de avenamiento que drenan agua hacia la cuenca del río Carcarañas. La capa freática no afecta en demasía. Comprende un complejo de suelo muy cultivable.

- LL 3: Complejo series Los Leones 40%, Venado Tuerto en fase moderadamente bien drenada 40% y San Urbano 20%

Ocupan planos inclinados que se encuentran en contacto con las principales vías de drenaje del área. Su drenaje es deficiente y tienen reacción alcalina.

- LL 4: Complejo series Los Leones 40%, Venado Tuerto en fase moderadamente bien drenada 30% y La Sofía 30%

Ocupan planos inclinados que se encuentran en contacto con las principales vías de drenaje del área. Su drenaje es deficiente y tienen reacción alcalina.

- Lz 4: Complejo series Lazzarino 50%, Ea. Santa Ana 30% y Santa Isabel en fase moderadamente bien drenada 20%

Se ubica en un paisaje eólico, plano, formado por algunas lomadas suaves y extendidas, salpicado por algunas hoyas derivadas de procesos de deflación y acumulación.

Esta unidad está sometida a encharcamientos periódicos en los sectores bajos, mientras que en los sectores altos, en correlación con los suelos de textura gruesa, se manifiesta cierta sequía durante los meses críticos del verano.

- Lz 5: Complejo series Lazzarino 50%, Maggiolo 30% y Aron Castellanos 20%

Se trata de planos extendidos bajos, salpicados de pequeñas hoyas. Los suelos reconocidos que integran la unidad aparecen distribuidos en relación al microrrelieve. En las pequeñas lomas alargadas y aisladas predomina la serie Maggiolo, ocupando los “tendidos” propiamente dicho aparece la serie Lazzarino y en las pequeñas hoyas se encuentra la serie Aron Castellanos.

- Mg 1: Maggiolo 50% y Santa Isabel 50%

Tiene un relieve plano con suave ondulaciones cuyas pendientes no superan el 1%.

El drenaje es bueno, no existen limitaciones por sales o álcalis y los contenidos en materia orgánica se consideran satisfactorios.

- Mg 2: Complejo series Maggiolo 40%, Santa Isabel 40% y Ea. Santa Ana 20%

Se trata de un ambiente suavemente ondulado con algunas manifestaciones de relieve eólico, es decir pequeñas lomadas arenosas aisladas y hoyas o cubetas que no alcanzan la superficie mínima necesaria para ser cartografiadas.

Las crestas arenosas con ocupadas por la serie Santa Ana y los sectores intermedios por las serie Maggiolo y Santa Isabel. Esta unidad constituye un ambiente con escasa retención de humedad en los sectores con textura más gruesa y el consiguiente riesgo de sequía temporaria.

- Mu 1: Asociación series Murphy 70% y Venado Tuerto 30%

Ocupa un paisaje plano alto con ondulaciones suaves. Los suelos que la componen se desarrollaron a partir de un sedimento loessico de textura franca a franca limosa. La unidad tiene un drenaje en general bueno, está libre de anegamiento y alcalinidad y/o salinidad.

- SA 1: Asociación series Ea. Santa Ana 80% y María Teresa 20%

Se caracteriza por ser un ambiente zonal, alto, con microrrelieve pronunciado en el que aparecen cordones tipo medanosos.

Se caracterizan por texturas gruesas en sus horizontes que provocan un excesivo drenaje.

- SA 3: Asociación series Ea. Santa Ana 80% y El Abolengo 20%

Corresponde a los ambientes de transición entre los suelos limo-arcillosos del NE del Dpto. General López y los arenosos del SO de Santa Fe y SE de la provincia de Córdoba.

Se trata de una planicie alta, integrada por un microrrelieve eólico con largos cordones medanosos estabilizados. La unidad muestra una secuencia de lomadas marcadas, pendientes cortas (1 a 2%) y sectores cóncavos de desarrollos variable, encontrándose hoyas originadas por un proceso de deflación – acumulación.

Los suelos reconocidos en relación a este paisaje se han desarrollado a partir de sedimentos eólicos de textura franco arenosa.

Se caracterizan por una baja retención de humedad, bajo contenido de materia orgánica, menores precipitaciones y fertilidad relativamente menor.

- SG 1: Complejo series San Gregorio 40%, Lazzarino 40% y Aron Castellanos y Sancti Spiritu 20%

Coinciden con áreas cóncavas del terreno, en el centro de las cuales es muy común que ocurra un cuerpo de agua de carácter semipermanente. De esta forma, las unidades mapeadas como SG 1 aparecen como aureolas de algunas lagunas temporarias. Las pendientes son sumamente exiguas lo cual dificulta el escurrimiento superficial del agua de lluvia excedente; comúnmente estas pendientes confluyen hacia el ojo central del agua.

El drenaje de los suelos es deficiente. La existencia de un subsuelo arcilloso afecta la eliminación del excedente de agua en profundidad y la inundación de lagunas porciones de la unidad como consecuencia de la ampliación del espejo de agua en épocas lluviosas.

- SI 10: Complejo series Santa Isabel fase moderadamente bien drenada 50%, Santa Isabel 20% y Amenabar 30%

Son unidades que corresponden con sectores bajos, planos y planos – cóncavos es los cuales lo suelos presentan, en general, limitaciones de drenaje y alcalinidad sódica.

- SI 11: Asociación serie Santa Isabel fase llana 90% y Villa Cañas 10%

Excepto la diferencia de relieve, esta asociación es semejante a SI 9.

- SI 12: Complejo series Santa Isabel 70%, Venado Tuerto 25% y Villa Cañas 5%

Los suelos de esta unidad se han desarrollado sobre materiales loésicos de textura franca a franca limosa, ocupando un paisaje ondulado con lomadas amplias y extendidas con pendientes del orden del 1%.

Estos suelos tienen muy buen drenaje y se encuentran libre de excesos de alcalinidad y/o salinidad.

La capa freática se encuentra a niveles inferiores a 1.50 m de profundidad durante todo el año.

- SI 13: Asociación series Santa Isabel 70% y Venado Tuerto 30%

Se distribuye en los planos altos con lomadas amplias y extendidas, donde los suelos se han desarrollado a partir de sedimentos loésicos de textura franca limosa gruesa.

- SI 14: Asociación Santa Isabel fd 3 70% y Venado Tuerto fd 3 30%

Corresponde a un paisaje de lomadas muy suaves y extendidas de muy escasa pendiente, salpicadas de pequeñas hoyas de drenaje cerrado que no alcanzan el área mínima requerida por la escala del mapa para ser incluidas.

Los perfiles de ambos suelos muestran evidencias de movimiento interno del agua algo imperfecto.

- SI 15: Complejo series Santa Isabel 50%, Venado Tuerto en fase moderadamente bien drenada y Los Leones 10%

Esta unidad ocupa un sector vinculado a las nacientes de uno de los ejes de avenamiento del área. Representa a planos suavemente inclinados, con gradientes del 1%. En este complejo la capa de agua freática afecta en algunos periodos del año.

- SI 16: Complejo fase moderadamente bien drenada series Santa Isabel 70%, San Urbano 20% y Rancagua 10%

Representan a pendientes compuestas que están afectadas por anegamientos en épocas de abundante precipitación. Durante gran parte del año el nivel freático se mantiene cerca de la superficie.

- SI 2: Asociación en fase ligeramente inclinada de las series Santa Isabel 70% y Fortín Tiburcio 30%

Corresponden con las pendientes asociadas a cauces o vías de agua bien definidas.

En estas asociaciones Fortín Tiburcio ocupa los sectores más bajos, linderos con las unidades de bajos propiamente dichos donde se presentan en forma de fajas estrechas y discontinuas que podrían ser cartografiadas por separado o en una escala de mayor detalle. Sin embargo, la ocurrencia de los suelos Fortín Tiburcio no se restringe a las posiciones mencionadas y puede aparecer allí donde la pendiente se inflexiona para dar lugar a una superficie plana o ligeramente

cóncava. La serie Santa Isabel se presenta en las proporciones relativas de cada uno de los suelos se mantiene para las dos unidades mencionadas del epígrafe.

- SI 3: Asociación en fase moderadamente inclinada de las series Santa Isabel 70% y Fortín Tiburcio 30%

Corresponden a un sector moderadamente ondulado y con pendientes cuya inclinación puede superar el 2%.

- SI 4: Complejo series Santa Isabel fase moderadamente bien drenada 20% y Rancagua 80%

Este complejo de suelos se lo ha encontrado en depresiones alargadas de relieve plano cóncavo.

- SI 5: Asociación Santa Isabel 80% y Saforcada 20%

Presentan un relieve de amplias y suaves ondulaciones. Son unidades extensas y que se presentan formando un solo bloque, con una marcada constancia y homogeneidad en su composición pedológica.

En las unidades SI 5 aparecen suelos bien drenados y con un eficiente escurrimiento superficial. Los suelos de la serie Saforcada se ubican en los casquetes de lomadas, mientras que los de la serie Santa Isabel cubren el resto de la unidad. El primero de los nombrados es un suelo menos evolucionado y de escaso desarrollo a partir de materiales más arenosos, lo que lo hace más susceptible a la erosión y con menor capacidad para retener humedad. La sección superficial de la serie Santa Isabel muestra una estructura más estable y el perfil es más eficiente en cuanto a retención de humedad.

- SI 9: Asociación series Santa Isabel 90% y Villa Cañas 10%

Desde el punto de vista de los suelos es semejante a la consociación Santa Isabel pero con un relieve de ondulaciones más pronunciadas pero más pequeñas. Este relieve ha condicionado la existencia de una ligera erosión hídrica en forma de manto, con la siguiente deposición de materiales en las porciones cóncavas de las ondulaciones. En tales posiciones aparece la serie de

suelos Villa Cañas que muestra un engrosamiento en el horizonte superficial por acumulaciones de materiales superficiales.

- So 1: Complejo series La Sofia 70% y San urbano 30%

Los suelos reconocidos son pobremente drenados, presentan el agua freática cercana a la superficie durante buena parte del año y tienen cierto riesgo de anegamiento al recibir aportes de los sectores vecinos más latos.

Estos suelos están sometidos a un intenso lavado, encontrándose siempre en ellos un horizonte lixiviado sub-superficial.

- SU 9: Complejo series San Urbano 40%, La Sofia 30% y Venado Tuero en fd 3 30%

Corresponde a pendientes del orden del 1% vecino a las vías de drenaje.

- VT 2: Complejo series Venado Tuerto fase moderadamente bien drenada 70%, La Zoraida 20%, La Sofia 5% y Villa Cañas 5%

Este complejo se encuentra en un área inclinada, con pendientes del orden del 1%, ubicadas en las proximidades o sectores de influencia de los bajos del sistema denominado laguna Las Ruedas. Ocupa pequeñas depresiones de origen medanoso.

- VT 3: Complejo series La Zoraida 50%, La Sofia 30% y Venado Tuerto en fase moderadamente bien drenada 20%

Ocupa los planos bajos de las pendientes del sistema laguna Las Piedras, por lo que está en riesgo de anegamiento.

- VT 5: Complejo series Venado Tuerto fase moderadamente bien drenada 60%, La Sofia 30% y Los Leones 10%

Se encuentran en un paisaje alto y muy plano que tiene drenaje imperfecto. Padece problemas de encharcamiento derivados del escaso escurrimiento y alcalinidad.

- VT 6: Complejo series Venado Tuerto 70% y Santa Isabel 30%

Está integrada por suelos bien drenados, libres de anegamientos. Ocupa suaves y largas pendientes y se presenta en los sectores convexos del relieve.

## **ANEXO 6: Clasificación hidrológica de los suelos según SCS**

### 1 CONCEPTO

El método del Servicio de Conservación de Suelos para estimar la escorrentía superficial de la cuenca consiste en asignarle a la misma un número de escorrentía N, valorado de 0 a 100, según los tipos de suelos y coberturas.

### 2 CLASIFICACIÓN HIDROLÓGICA DEL SUELO

Para clasificar los suelos, desde el punto de vista de su comportamiento hidrológico, a los fines de establecer los complejos hidrológicos suelo – vegetación, se han establecido las siguientes condiciones:

- Cubierta vegetal mínima (suelos desnudos)
- La precipitación excede a la infiltración potencial (máxima posible)
- Se ha producido el aumento del volumen máximo admitido por el suelo

Los tipos de suelos a definir bajo estas condiciones se basan en la premisa de que los suelos con características semejantes (especialmente su espesor, textura, contenido de materia orgánica y capacidad de saturación) se comportaran en forma prácticamente semejante bajo un aguacero de larga duración de intensidad significativa.

Con estas premisas los suelos se agrupan en 4 categorías principales:

- TIPO A: *Suelos con potencial de escurrimiento mínimo.*

Comprende aquellos suelos arenosos sueltos, ligeramente limosos o con pequeña cantidad de arcilla. En caso de presencia de loess, este es profundo. Incluye también los suelos recién arados. En general la capacidad de infiltración es alta.

- TIPO B: *Suelos con potencial de escurrimiento bajo.*

Comprende los suelos arenosos menos profundos o medianos y ligeramente sueltos. La capacidad de infiltración es superior a la media aun después de humedecidos o mojados.

- TIPO C: *Suelos con potencial de escurrimiento medio.*

Comprende los suelos francos, franco – limosos, algunos franco arcillosos, etc; poco profundos en general. La capacidad de infiltración es menor a la media una vez humedecidos o mojados.

- TIPO D: *Suelos con potencial de escurrimiento alto.*

Comprende a la mayoría de los suelos denominados “compactos” o arcillosos, los rocosos de montaña y todos aquellos que presentan horizontes más o menos impermeables. La capacidad de infiltración es en general baja.

### 3 DETERMINACIÓN DEL GRUPO O TIPO DE SUELO HIDROLÓGICO DE UNA CUENCA

En este método, cada cuenca o subcuenca, se clasifica dentro de los 4 tipos o grupos hidrológicos principales. Es importante que si los suelos no están completamente separados, se le asigne un solo tipo o grupo de suelos, ya que se debe considerar a la cuenca como unidades de suelos hidrológicos.

### 4 CONDICIONES DE HUMEDAD PRECEDENTES EN LA CUENCA

Las condiciones de precipitación ocurridas en un periodo entre 5 y 30 días antes de la tormenta de estudio, condicionan en general el escurrimiento potencial de la cuenca. Cuanto mayor sea la precipitación precedente, mayor será el escurrimiento directo de la tormenta en cuestión.

Teniendo en cuenta las dificultades para determinar las condiciones precedentes de la cuenca en estudio, el Servicio de Conservación de Suelos establece las siguientes condiciones:

- CONDICION I: Suelos secos pero no hasta el punto de marchites (las reservas de agua en los suelos llegan a un valor límite en que las plantas no pueden extraerla).
- CONDICION II: Representa el promedio de las condiciones que han precedido a la ocurrencia de la crecida anual en numerosas cuencas estudiadas.

- CONDICION III: Se presenta cuando ha llovido mucho o ha llovido poco pero se han producido bajas temperaturas los 5 días anteriores a la tormenta y el suelo está casi saturado.

## 5 COMPLEJO HIDROLÓGICO SUELOS – VEGETACIÓN

En base a la clasificación de los suelos hidrológicos, se estudiaron los efectos que producen la diferente humedad del suelo, las distintas clases de vegetación, los usos y tratamientos de suelos, y la acumulación de materia orgánica proveniente de la vegetación menor, dando origen a una clasificación de complejos hidrológicos suelo – vegetación que se emplean para determinar el escurrimiento directo.

Utilizando datos de una gran cantidad de cuencas aforadas, con tipo de suelos y vegetación conocida, se confecciono una tabla en donde se consideran los tipos de suelos hidrológicos, el uso del suelo, las clases de tratamientos, asignando a cada complejo hidrológico suelos vegetación un numero relativo representativo del escurrimiento directo del complejo.

La TABLA 1 muestra los valores del número de escurrimiento del complejo para la condición II, y la TABLA 2 muestra la relación entre estos con la condición I y III:

CLASE Y USO DEL SUELO	IDENTIFICACION	TIPOS DE SUELOS			
		A	B	C	D
Suelos naturales de pastoreo y tierras en barbecho de varios años. La cubierta vegetal los cubre practicamente todo el año	A.	---	---	---	---
Suelos naturales de tipo intermedio, generalmente llanos con cubierta densa	A.1.	45	63	75	79
Suelos, naturales bajos, inundables con escasa capacidad de infiltración.	A.2.	65	73	84	88
Suelos naturales altos, con lomas y pendientes pronunciadas con cubierta medianamente densa.	A.3.	62	71	80	87
Suelos anteriores sin afloramiento de tosca visibles.	A.4.	62	71	80	87
Suelos anteriores con afloramiento de tosca en superficie.	A.5.	68	78	87	92
Suelos accidentales de tipo rocoso, dentro de áreas de serranías y montañas.	B	---	---	---	---
Suelos accidentados rocosos, con cubierta vegetal intercalada, de fuertes pendientes.	B.1.	72	79	84	90
Suelos accidentados rocosos, con cubierta vegetal intercalada, de mediana pendiente.	B.2.	64	74	80	86
Suelos accidentados rocosos con escasa vegetación o sin cubierta vegetal definida de fuertes pendientes.	B.3.	73	80	86	92
Suelos accidentados rocosos, con escasa vegetación o sin cubierta definida con mediana a baja pendiente.	B.4.	---	78	82	90
Suelos accidentados rocosos totalmente desnudos, con mediana a fuerte pendiente y muy escasa capacidad de infiltración.	B.5.	---	---	90	95
Suelos cultivados (Arable y cultivable).Suelo arado y libre de cultivos en periodo de análisis. Mayor capacidad de infiltración.	C	---	---	---	---
Suelo cultivado, arado y libre con topografía plana o muy baja menos de 5 por mil.	C.1.	26	47	59	68
Suelo cultivado, arado y libre con mediana a escasa pendiente de 5 a 20 por mil	C.2.	30	55	64	73
Suelos cultivado arado y libre con mayor pendiente, superior al 20 por mil.	C.3.	37	60	69	78
Sueb arable cultivado con cereal tipo cosecha fina.	C.C.	---	---	---	---
Tipo cosecha fina con baja pendiente inferior a 5 por mil.	C.4.	57	62	69	78
Tipo cosecha fina con pendiente de 5 a 20 por mil.	C.5.	62	69	76	83
Tipo cosecha fina con pendiente de más de 20 por mil.	C.6.	65	72	79	86
Suelo arable cultivado, con explotación tipo maíz o sorgo	C.N.	---	---	---	---
Tipo maíz/sorgo con baja pendiente inferior a 5 por mil.	C.7.	60	66	72	77
Tipomaíz/sorgo con pendiente de 5 a 20 por mil.	C.8.	64	73	78	86
Tipo maíz/sorgo con pendiente más de 20 por mil.	C.9.	68	77	82	88
Suelo arable cultivado, con pradera artificial de alfalfa.	D	---	---	---	---
Tipo alfalfa con baja pendiente, inferior a 5 por mil.	D.1.	62	69	74	80
Tipo alfalfa con pendiente media de 5 a 20 por mil.	D.2.	66	75	83	89
Tipo alfalfa con pendiente de más de 20 por mil.	D.3.	69	77	88	95
Suelos medanosos sueltos muy arenosos con alta capacidad de infiltración.	M	---	---	---	---
Tipo medanoso con pequeñas lomadas y pendientes medianas.	M.1.	20	27	38	---
Tipo medanoso, con lomadas mayores y fuertes pendientes	M.2.	25	33	43	---
Suelos Varios					
SUELOS BAJOS, anegadizos y hoyas con escasa capacidadde infiltración tiende a hacerse almacenaje	N.1.	40	52	65	78
Casos de estancia, huertos y montes frutales	N.1.	59	72	83	89

**TABLA 1:** Tipos de suelos hidrológicos y números de escurrimiento respectivo para la condición II.

CONDICION II	CONDICION I	CONDICION III
100	100	100
95	87	99
90	73	99
85	60	97
80	63	94
75	57	91
70	S1	87
65	45	83
60	40	79
55	35	75
50	31	70
45	27	65
40	23	60
35	19	55
30	15	50
25,	12	45
20	9	39
15	7	33

TABLA 2: Correspondencia entre los números de escurrimiento entre la condición II y las condiciones I y III.

## **ANEXO 7: Esgurrimiento directo**

### 1 CONCEPTO

Se define como esgurrimiento a la parte de la precipitación que aparece en las corrientes superficiales, sean estas permanentes, intermitentes o efímeras y que regresa a los cuerpos de aguas.

### 2 DETERMINACION DEL ESGURRIMIENTO DIRECTO

#### 2.1 DIFERENCIA DE POTENCIAL MAXIMA (S) ENTRE EL ESGURRIMIENTO DIRECTO (PE) Y LA PRECIPITACION (P)

El número de esgurrimiento N (Anexo 3) fue vinculado por el Servicio de Conservación de los Suelos a las condiciones de esgurrimiento a través de la diferencia de potencial máxima (S) mediante la siguiente expresión:

$$N = \frac{24500}{254 - S(mm)}$$

de modo que una vez definido el complejo suelo vegetación y determinado el número de esgurrimiento N, es posible conocer la diferencia de potencial máxima (S).

#### 2.2 ESGURRIMIENTO DIRECTO (PE)

Para la determinación del esgurrimiento directo PE es necesario establecer la siguiente relación:

$$\frac{P - PE}{S} = \frac{PE}{P}$$

donde:

- $\frac{P - PE}{S}$  es la relación de la diferencia real a la diferencia potencial máxima entre P y PE y,
- $\frac{PE}{P}$  es la relación del esgurrimiento real al potencial

Se tiene que el esgurrimiento directo es:

$$PE = \frac{P^2}{P + S}$$

En el caso de que no se pueda verificar  $PE > 0$ , o sea,  $PE = 0$ , es necesario el uso de un número denominado  $Ia$ . Con la condición  $Ia < PE$ , se tiene:

$$PE = \frac{(P - Ia)^2}{(P - Ia + S)}$$

El Servicio de Conservación de Suelos estableció, de datos obtenidos de cuencas diferentes, con buena aproximación,  $Ia = 0.20 S$

$Ia$  representa la lluvia que se almacena antes de que ocurra el esguerrimiento directo. Consta principalmente de intercepción, infiltración y almacenamiento superficial.

## **ANEXO 8: Hidrograma unitario sintético**

### 1 CONCEPTO

Hidrograma Unitario: Curva básica de respuesta a una unidad de precipitación que describe la forma en que una cuenca devuelve un ingreso de lluvia distribuido en el tiempo. Se basa en el principio de que dicha relación entrada-salida es lineal, es decir, que pueden sumarse linealmente.

Hidrograma Sintético: Hidrógrama unitario estimado de acuerdo con fórmulas que incluyen parámetros físicos de la cuenca en estudio como área, longitud del cauce principal, pendiente promedio y otros.

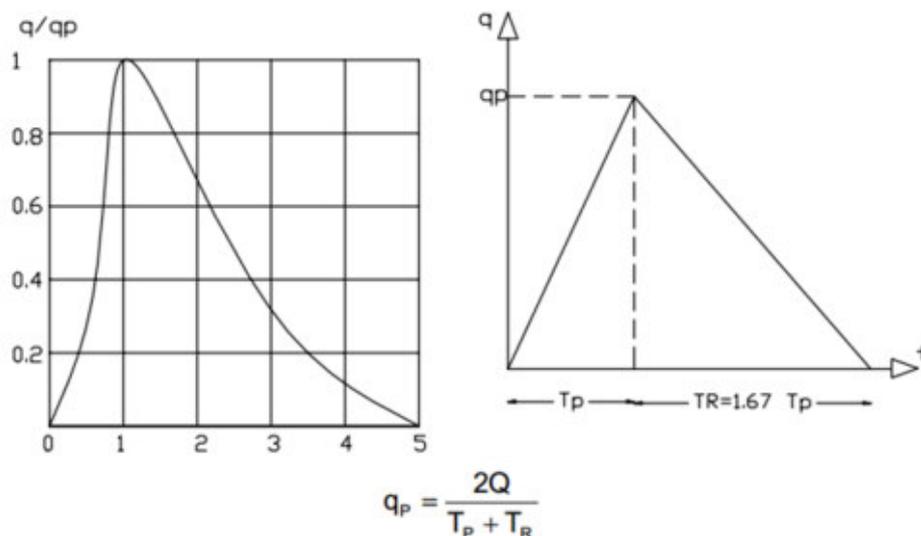
### 2 HIDROGRAMA UNITARIO SINTETICO DEL SERVICIO DE CONSERVACION DE LOS SUELOS

Para la distribución en el tiempo de la escorrentía, el Servicio de Conservación de Suelos desarrollo un hidrograma unitario adimensional resultado del estudio del comportamiento de distintas cuencas. Los valores de este hidrograma son los siguientes:

$t/T_p$	$q/q_0$
0	0
0.1	0.015
0.2	0.075
0.3	0.16
0.4	0.28
0.5	0.43
0.6	0.60
0.7	0.77
0.75	0.83
0.8	0.89
0.9	0.97
1.0	1.00
1.1	0.98
1.2	0.92
1.25	0.88
1.3	0.84
1.4	0.75
1.5	0.66
1.6	0.56
1.75	0.45
1.8	0.42
2.00	0.32
2.20	0.24
2.25	0.22
2.4	0.18
2.5	0.15
2.6	0.13
2.75	0.105
2.8	0.098
3.00	0.075
3.25	0.053
3.5	0.036
3.75	0.026
4.00	0.018
4.25	0.012
4.5	0.009
4.75	0.006
5.00	0.004

TABLA 1: Hidrograma unitario adimensional del Servicio de Conservación de Suelos

Para convertir las ordenadas adimensional del hidrogramas en valores reales, debe conocerse el periodo de elevación ( $T_p$ ) y el caudal pico o de punta ( $Q_p$ ). Este se obtiene utilizando la relación obtenida del hidrograma triangular sintético:



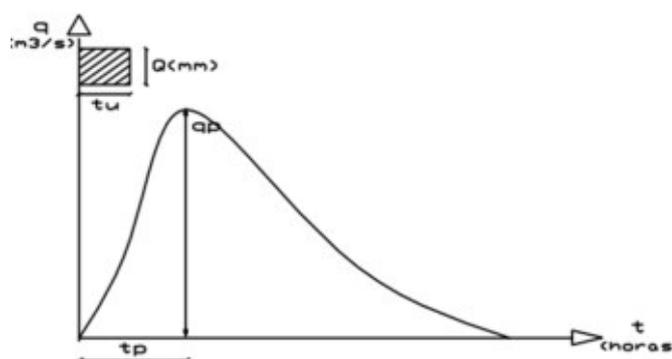
- q<sub>p</sub> = caudal pico o de punta;
- Q = volumen de escurrimiento directo (mm)
- T<sub>p</sub> = período de elevación o tiempo hasta el caudal pico;
- TR= tiempo desde el caudal pico hasta el final del escurrimiento directo - recesión.

Analizando un gran número de hidrogramas se verifica que  $TR = 1.67 T_p$ .

Dentro de esta metodología se toma como periodo de tiempo unitario  $T_u = T_p/4$ .

El periodo de elevación puede estimarse a partir del tiempo de concentración según la relación empírica  $T_p = 0.70 T_c$ .

Con todos los valores ya calculados se grafica el hidrograma de escurrimiento unitario quedando una representación como la siguiente:



## ANEXO 9: Resultados de laboratorio del análisis del agua

# GREENLAB

Fecha: 14/03/14  
Fecha Fin: 19/03/14  
Nro Protocolo: 48064-0  
Página: 1 de 1

### INFORME DE RESULTADOS

**Empresa:** COOP.LTDA. DE OBRAS SANI.Y SERVI. ANEXOS  
**Domicilio:** ITALIA 555  
**Localidad:** (2600) VENADO TUERTO - Santa Fe  
**Responsable:** ING. ALBERTO VITANZI  
**Muestreo:** Fueron remitidas a GREENLAB 8 muestras

**Muestra:** LAGUNA EL CHAÑAR PUNTO 1

**Protocolo:** 48064-0/5 - Inf: 86732

#### ANÁLISIS DE EFLUENTES

##### ANÁLISIS QUIMICO

DQO ..... 229 mg/l  
DBO ..... 80 mg/l

#### Notas del Estudio :

14:20  
08/03/14

**METODOLOGIA ANALITICA:**  
METODOS NORMALIZADOS PARA EL ANALISIS DE AGUAS POTABLES Y RESIDUALES.  
APHA-AWWA-WEF (USA).

Los datos obtenidos corresponden al estado actual y situal de muestra remitida a Greenlab.

Greenlab se desliga de toda responsabilidad ante el uso indebido de este informe.  
Visado: JE

**Muestra:** LAGUNA EL CHAÑAR PUNTO 2

**Protocolo:** 48064-0/6 - Inf: 86733

#### ANÁLISIS DE EFLUENTES

##### ANÁLISIS QUIMICO

DQO ..... 252 mg/l  
DBO ..... 80 mg/l

#### Notas del Estudio :

14:40  
08/03/14

**METODOLOGIA ANALITICA:**  
METODOS NORMALIZADOS PARA EL ANALISIS DE AGUAS POTABLES Y RESIDUALES.  
APHA-AWWA-WEF (USA).

Los datos obtenidos corresponden al estado actual y situal de muestra remitida a Greenlab.

Greenlab se desliga de toda responsabilidad ante el uso indebido de este informe.  
Visado: JE

BIOQ. EDGARDO ORLANDO  
Mat. N° 2118

Laboratorio Central y Oficina Comercial  
Rv. Bondeau 304 (52013HEQ)  
Tel/Fax +54 - 341 - 453 0990 / 453 1119 / 453 3113

[www.greenlab.com.ar](http://www.greenlab.com.ar)  
Rosario - Santa Fe - Rep. Argentina

GREENLAB ha certificado su Sistema de Gestión de Calidad de acuerdo a los lineamientos de la norma internacional ISO 9001

# GREENLAB

Fecha: 14/03/14  
 Fecha Fin: 19/03/14  
 Nro Protocolo: 48064-0  
 Página: 1 de 1

## INFORME DE RESULTADOS

**Empresa:** COOP.LTDA. DE OBRAS SANI.Y SERVI. ANEXOS  
**Domicilio:** ITALIA 555  
**Localidad:** (2600) VENADO TUERTO - Santa Fe  
**Responsable:** ING. ALBERTO VITANZI  
**Muestreo:** Fueron remitidas a GREENLAB 8 muestras

**Muestra:** LAGUNA EL CHAÑAR PUNTO 3

**Protocolo:** 48064-0/7 - Inf: 86734

### ANÁLISIS DE EFLUENTES

#### ANÁLISIS QUIMICO

DQO ..... 192 mg/l  
 DBO ..... 70 mg/l

#### Notas del Estudio :

16:25  
 08/03/14

**METODOLOGIA ANALITICA:**  
 METODOS NORMALIZADOS PARA EL ANALISIS DE AGUAS POTABLES Y RESIDUALES.  
 APHA-AWWA-WEF (USA).

Los datos obtenidos corresponden al estado actual y situual de muestra remitida a Greenlab.

Greenlab se desliga de toda responsabilidad ante el uso indebido de este informe.  
 Visado: JE

**Muestra:** LAGUNA EL CHAÑAR PUNTO 4

**Protocolo:** 48064-0/8 - Inf: 86735

### ANÁLISIS DE EFLUENTES

#### ANÁLISIS QUIMICO

DQO ..... 237 mg/l  
 DBO ..... 75 mg/l

#### Notas del Estudio :

16:40  
 08/03/14

**METODOLOGIA ANALITICA:**  
 METODOS NORMALIZADOS PARA EL ANALISIS DE AGUAS POTABLES Y RESIDUALES.  
 APHA-AWWA-WEF (USA).

Los datos obtenidos corresponden al estado actual y situual de muestra remitida a Greenlab.

Greenlab se desliga de toda responsabilidad ante el uso indebido de este informe.  
 Visado: JE



SENASA



BIOQ. EDUARDO ORLANDO  
 Mat. N° 2118

Laboratorio Central y Oficina Comercial  
 Bv. Rondeau 304 (52013HEQ)  
 Tel Fax: +54 - 341 - 453 0990 / 453 1119 / 453 3113

[www.greenlab.com.ar](http://www.greenlab.com.ar)

Rosario - Santa Fe - Rep. Argentina

GREENLAB ha certificado su Sistema de Gestión de Calidad de acuerdo a los lineamientos de la norma internacional ISO 9001.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO



Laboratorio de Química

Fecha	11/03/14	Analisis de Agua	136/14
-------	----------	------------------	--------

Remitente:	Ing Armas
------------	-----------

Muestra:	Agua, Laguna el Chañar, Pto N°1.
----------	----------------------------------

Características Organolépticas	unidad	Resultado	Valores Anexo A
Color	U.N.C.	1	1
Turbiedad	NTU	0,5	2
Sabor		NR	0
Olor		SD	1
Sedimentos		CONT	CONT

Datos Físicos y Químicos	unidad	Resultado	Valores Anexo A
pH		9,38	7
Conductividad	µS/cm	3109	
Residuos Secos	mg/l	2020,85	1000
Alcalinidad total(CO <sub>3</sub> Ca)	mg/l	1214,03	<200
Dureza Total (CO <sub>3</sub> C <sub>2</sub> )	mg/l	237,6	<500

CATIONES	Resultado	Valores Anexo A		
Unidad	mg/l		mEq/l	Var
Calcio	19,2384	100	0,96	2,4
Magnesio	14,58	30	1,20	
Sodio	645	100	28,06	645
Potasio	63		1,61	63
Amonio	0	0,05	0,00	0
Arsénico	0,075	0,05		0,075
TOTAL CATIONES			31,83	

ANIONES	Resultado	Valores Anexo A		
Unidad	mg/l		mEq/l	Var
Cloruros	490,82	250	13,85	10,5
Sulfatos	16,00	200	0,33	16
Carbonatos	182,86		6,09	0,8
Bicarbonatos	683,20		11,20	4,4
Fluoruros	1,20	1,5	0,06	1,2
Nitratos	4,00	45	0,06	4
Nitritos	0,01	0,1	0,00	0,01
TOTAL ANIONES			31,60	

**Comentario:** Los parámetros analizados, no cumplen con las normas aplicables. Ley 11.220, Anexo A (SF). Calificación: No Potable.

**Observaciones:** Muestra aportada por el Remitente.-

*[Handwritten signature]*  
de/so/doctor S. Smartz

*[Handwritten signature]*  
H. Bricea

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO



Laboratorio de Química

Fecha	11/03/14	Analisis de Agua	137/14
-------	----------	------------------	--------

Remitente:	Ing Armas
------------	-----------

Muestra:	Agua, Laguna el Chañar, Pto N°2.
----------	----------------------------------

Características Organolépticas	unidad	Resultado	Valores Anexo A
Color	U.N.C.	1	1
Turbiedad	NTU	0,5	2
Sabor		NR	0
Olor		SD	1
Sedimentos		CONT	CONT

Datos Físicos y Químicos	unidad	Resultado	Valores Anexo A
pH		9,47	7
Conductividad	µS/cm	3790	
Residuos Secos	mg/l	2463,5	1000
Alcalinidad total(CO <sub>3</sub> Ca)	mg/l	839,90	200
Dureza Total (CO <sub>3</sub> Ca)	mg/l	374	100

CACIONES	Resultado	Valores Anexo A		
Unidad	mg/l		mEq/l	Var
Calcio	16,032	100	0,80	2
Magnesio	31,59	30	2,60	
Sodio	760	100	33,06	760
Potasio	65		1,66	65
Amonio	0	0,05	0,00	0
Arsénico	0,075	0,05		0,075
TOTAL CACIONES			38,12	

ANIONES	Resultado	Valores Anexo A		
Unidad	mg/l		mEq/l	Var
Cloruros	919,69	250	25,94	19,5
Sulfatos	10,00	200	0,21	10
Carbonatos	114,29		3,81	0,5
Bicarbonatos	488,00		8,00	3
Fluoruros	1,00	1,5	0,05	1
Nitratos	4,00	45	0,06	4
Nitritos	0,02	0,1	0,00	0,02
TOTAL ANIONES			38,08	

**Comentario:** Los parámetros analizados, no cumplen con las normas aplicables. Ley 11.220, Anexo A (SF). Calificación: No Potable.

**Observaciones:** Muestra aportada por el Remitente.-

*El/la alumno/a*  
*de/so Roberto Sarmiento*

*[Signature]*  
G. B. ZICCA

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO



Laboratorio de Química

Fecha	08/04/14	Analisis de Agua	143/14
-------	----------	------------------	--------

Remitente:	Ing Armas	Muestra:	Agua, Laguna el Chañar, Pto N°2.
------------	-----------	----------	----------------------------------

**Análisis Bacteriológico:**

Microorganismos	Resultados	Valor Máximo Admitido
Recuento Aerobios Mesófilos	>100 ufc/ml	100 ufc/ml
Coliformes Totales a 37°C 100ml	Presencia	Ausencia
Escherichia coli (presencia 100ml)	Ausencia	Ausencia
Pseudomona aeruginosa	Presencia	Ausencia

**Comentario:** Los parámetros analizados, No cumplen con las normas aplicables. Ley 11.220, Anexo A (SF). Calificación: No Potable.

**Observaciones:** Muestra aportada por el Remitente.-

M. BAICCA

J. L. L. L. S.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO



Laboratorio de Química

Fecha	11/03/14	Análisis de Agua	138/14
-------	----------	------------------	--------

Remitente:	Ing Armas
------------	-----------

Muestra:	Agua, Laguna el Chañar, Pto N°3.
----------	----------------------------------

Características Organolépticas	unidad	Resultado	Valores Anexo A
Color	U.N.C.	1	1
Turbiedad	NTU	0,6	2
Sabor		NR	0
Olor		SD	1
Sedimentos		CONT	CONT

Datos Físicos y Químicos	unidad	Resultado	Valores Anexo A
pH		9,04	7
Conductividad	µS/cm	2380	
Residuos Secos	mg/l	1547	1000
Alcalinidad total(CO <sub>3</sub> Ca)	mg/l	1191,15	200
Dureza Total (CO <sub>3</sub> C <sub>2</sub> )	mg/l	154	100

CATIONES	Resultado	Valores Anexo A		
Unidad	mg/l		mEq/l	Var
Calcio	9,6192	100	0,48	1,2
Magnesio	11,18	30	0,92	
Sodio	485	100	21,10	485
Potasio	43		1,10	43
Amonio	0	0,05	0,00	0
Arsénico	0,075	0,05		0,075
TOTAL CATIONES			23,60	

ANIONES	Resultado	Valores Anexo A		
Unidad	mg/l		D.T.	3,5
			mEq/l	Var
Cloruros	276,38	250	7,80	6
Sulfatos	10,00	200	0,21	10
Carbonatos	91,43		3,05	0,4
Bicarbonatos	780,80		12,80	4
Fluoruros	0,90	1,5	0,05	0,9
Nitratos	6,00	45	0,10	6
Nitritos	0,01	0,1	0,00	0,01
TOTAL ANIONES			23,99	

**Comentario:** Los parámetros analizados, no cumplen con las normas aplicables. Ley 11.220, Anexo A (SF). Calificación: No Potable.

**Observaciones:** Muestra aportada por el Remitente.-

*[Handwritten signature]*  
21/03/2014

*[Handwritten signature]*  
M. Bricca

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO



Laboratorio de Química

Fecha	11/03/14	Analisis de Agua	139/14
-------	----------	------------------	--------

Remitente:	Ing Armas
------------	-----------

Muestra:	Agua, Laguna el Chañar, Pto N°4.
----------	----------------------------------

Características Organolépticas	unidad	Resultado	Valores Anexo A
Color	U.N.C.	1	1
Turbiedad	NTU	0,8	2
Sabor		NR	0
Olor		SD	1
Sedimentos		CONT	CONT

Datos Físicos y Químicos	unidad	Resultado	Valores Anexo A
pH		9,6	7
Conductividad	µS/cm	4686	
Residuos Secos	mg/l	3045,9	1000
Alcalinidad total(CO <sub>3</sub> Ca)	mg/l	759,71	200
Dureza Total (CO <sub>3</sub> C <sub>2</sub> )	mg/l	528	100

CATIONES	Resultado	Valores Anexo A		
Unidad	mg/l		mEq/l	Var
Calcio	21,6432	100	1,08	2,7
Magnesio	45,20	30	3,72	
Sodio	920	100	40,02	920
Potasio	80		2,05	80
Amonio	0	0,05	0,00	0
Arsénico	0,050	0,05		0,05
TOTAL CATIONES			46,87	

ANIONES	Resultado	Valores Anexo A		
Unidad	mg/l		D.T.	12
			mEq/l	Var
Cloruros	1229,43	250	34,68	26
Sulfatos	10,00	200	0,21	10
Carbonatos	182,86		6,09	0,8
Bicarbonatos	341,60		5,60	3
Fluoruros	0,60	1,5	0,03	0,6
Nitratos	6,00	45	0,10	6
Nitritos	0,20	0,1	0,00	0,2
TOTAL ANIONES			46,72	

**Comentario:** Los parámetros analizados, no cumplen con las normas aplicables. Ley 11.220, Anexo A (SF). Calificación: No Potable.

**Observaciones:** Muestra aportada por el Remitente.-

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO



Laboratorio de Química

Fecha	08/04/14	Analisis de Agua	142/14
-------	----------	------------------	--------

Remitente:	Ing Armas	Muestra:	Agua, Laguna el Chañar, Pto N°1.
------------	-----------	----------	----------------------------------

Análisis Bacteriológico:

Microorganismos	Resultados	Valor Máximo Admitido
Recuento Aerobios Mesófilos	>100 ufc/ml	100 ufc/ml
Coliformes Totales a 37°C 100ml	Presencia	Ausencia
Escherichia coli (presencia 100ml)	Presencia	Ausencia
Pseudomona aeruginosa	Presencia	Ausencia

**Comentario:** Los parámetros analizados, No cumplen con las normas aplicables. Ley 11.220, Anexo A (SF). Calificación: No Potable.

**Observaciones:** Muestra aportada por el Remitente.-

  
M. Bricca

  
Del Soldato S.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO



Laboratorio de Química

Fecha	08/04/14	Analisis de Agua	144/14
-------	----------	------------------	--------

Remitente:	Ing Armas	Muestra:	Agua, Laguna el Chañar, Pto N°3.
------------	-----------	----------	----------------------------------

Análisis Bacteriológico:

Microorganismos	Resultados	Valor Máximo Admitido
Recuento Aerobios Mesófilos	>100 ufc/ml	100 ufc/ml
Coliformes Totales a 37°C 100ml	Presencia	Ausencia
Escherichia coli (presencia 100ml)	Presencia	Ausencia
Pseudomona aeruginosa	Presencia	Ausencia

**Comentario:** Los parámetros analizados, No cumplen con las normas aplicables. Ley 11.220, Anexo A (SF). Calificación: No Potable.

**Observaciones:** Muestra aportada por el Remitente.-

N. Bricea

del Sol

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO



Laboratorio de Química

Fecha	08/04/14	Analisis de Agua	145/14
-------	----------	------------------	--------

Remitente:	Ing Armas	Muestra:	Agua, Laguna el Chañar, Pto N°4.
------------	-----------	----------	----------------------------------

Análisis Bacteriológico:

Microorganismos	Resultados	Valor Máximo Admitido
Recuento Aerobios Mesófilos	>100 ufc/ml	100 ufc/ml
Coliformes Totales a 37°C 100ml	Presencia	Ausencia
Escherichia coli (presencia 100ml)	Presencia	Ausencia
Pseudomona aeruginosa	Presencia	Ausencia

**Comentario:** Los parámetros analizados, No cumplen con las normas aplicables. Ley 11.220, Anexo A (SF). Calificación: No Potable.

**Observaciones:** Muestra aportada por el Remitente.-

F. Decca

del Soldato S.

## **BIBLIOGRAFIA**

- CUENCA – APUNTE DE LA CÁTEDRA HIDROLOGIA Y OBRAS HIDRÁULICAS
- PRECIPITACIONES – APUNTE DE LA CÁTEDRA HIDROLOGIA Y OBRAS  
HIDRÁULICAS
- TORMENTAS – APUNTE DE LA CÁTEDRA HIDROLOGIA Y OBRAS  
HIDRÁULICAS
- ESCURRIMIENTO DIRECTO – APUNTE DE LA CÁTEDRA HIDROLOGIA Y  
OBRAS HIDRÁULICAS
- EVAPORACIÓN E INFILTRACIÓN – APUNTE DE LA CÁTEDRA HIDROLOGIA Y  
OBRAS HIDRÁULICAS
- HIDROGRAMA – APUNTE DE LA CÁTEDRA HIDROLOGIA Y OBRAS  
HIDRÁULICAS
- LA PROBABILIDAD DE DISEÑO EN HIDROLOGIA - APUNTE DE LA CÁTEDRA  
HIDROLOGIA Y OBRAS HIDRÁULICAS
- HIDROLOGIA: PROCESOS Y METODOS – HUGO ORSOLINI, ERK ZIMMERMAN,  
PEDRO BASILE
- HIDROLOGIA APLICADA – VEN TE CHOW

- DISEÑO HIDROLOGICO – EDICIÓN DIGITAL
  
- HIDROLOGIA PARA ESTUDIANTES DE INGENIERIA CIVIL – WENDOR  
CHEREQUE MORAN
  
- INFORME DEL INA PRIMERA PARTE – REGULACIÓN DEL CAN – INA
  
- EVALUACIÓN DE LAS INUNDACIONES Y LAS OBRAS DE DRENAJE DEL RIO  
SALADO (BS. AS) MEDIANTE MODELACIÓN NUMERICA – INA
  
- GEOMORFOLOGIA Y CUARTENARIO DE LA PROVINCIA DE SANTA FE –  
MARTIN IRIONDO; UNL
  
- AGUAS SUBTERRANEAS Y SUPERFIAL DE LA ROVINIA DE SANTA FE –  
MARTIN IRIONDO; UNL
  
- AUDITORIA GENERAL DE LA NACIÓN
  
- CLASIFICACION TAXONOMICA DE SUELOS – INTA

Este trabajo pudo ser escrito gracias a la colaboración y paciencia de muchas personas.

Queremos agradecer y reconocer a todos quienes estuvieron presentes al término de esta etapa, familia, amigos, compañeros y profesionales, especialmente a las personas que creyeron y brindaron su confianza en nosotras.

Por lo mismo es probable que nos podemos olvidar de algunas de ellas al mencionarlas en estas líneas.

Ing. Ricardo Blanco

Ing. Oscar Braun

Ing. Daniel Arrieta

Ing. Alberto Armas

Ing. Alvaro Soldano

Agr. José Centarti

Agr. Walter Meier

Sra. Mónica Brica

Sra. Samanta Del Soldato

Téc. Daniel Alonso

Ing. Roman Criado

Ing. Ludmila Guerini

Ing. Leandro Manzano

Sr. Gustavo Artoni - Presidente Comunal de Teodelina

Sr. Cendon

Sr. Oscar Balduzzi - Aeródromo Venado Tuerto

Sr. Ricardo Martin

Sr. José Luis Demarchi

Sra. María Luisa Molina

Parapentes Teodelina

Agencia de Extensión Rural Venado Tuerto INTA

Personal de la UTN FRVT

Con amor, admiración y respeto infinito. Gracias.

Lía Caren Meyer – María Cecilia Demarchi