



PRIMER INFORME DE AVANCE

**ESTUDIO GEO-HIDROLÓGICO DEL RÍO GUANUSACATE EN
SU PASO POR EL ÁREA URBANA DE JESÚS MARÍA**

Córdoba, marzo 2017

| | |
|--|---|
| Proyecto: | ESTUDIO GEO-HIDROLÓGICO DEL RÍO GUANUSACATE EN SU PASO POR EL ÁREA URBANA DE JESÚS MARÍA |
| Comitente: | Municipio de Jesús María |
| Expediente: | Expediente INA N° 16056/16 |
| Protocolo INA | 1452 |
| Presupuesto Oficial: | \$ 400.000,00 (cuatrocientos mil pesos) |
| Fecha de Firma Acta Complementaria: | 21 de Octubre de 2016 |
| Responsables: | Ing. Carlos Catalini (Dirección) Ing. Andrea Rico (Hidrología) Geol. Osvaldo Barbeito (Geomorfología) |
| Equipo de Trabajo: | Geol. Osvaldo Barbeito Geol. Clarita Dasso Geol. Silvio Ambrosino Ing. Andrea Rico Bec. Ana Laura Rydzewski Geol. María Eugenia Capone Geol. Nadia Mortarino Geol. Mauro Lanfranco Bec. David Moya Ing. María Pía Cruz Ing. Agr. Sabrina Tomasini |
| INA-CIRSA | |

| | | |
|---|--|-----------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotécnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-022 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 02 | Página 2 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |

I.- INDICE

| | |
|--|----|
| I.- Indice..... | 3 |
| II.- Resumen Ejecutivo..... | 5 |
| III.- Introducción..... | 6 |
| III.1.- Objeto y Alcance de los Estudios..... | 6 |
| III.2.- Estructura del presente Informe..... | 6 |
| IV.- Descripción General de la Cuenca..... | 7 |
| IV.1.- Caracterización Físico-Hidrológica..... | 7 |
| IV.2.- Hidrografía..... | 13 |
| IV.3.- Subcuencas Tributarias..... | 14 |
| IV.3.a. Río Santa Catalina..... | 14 |
| IV.3.b. Río Ascochinga..... | 15 |
| V.- Avances en Geología-Geomorfología..... | 16 |
| V.1.- Tendencia del sistema hidrográfico a la generación de crecientes repentinas .. | 16 |
| V.1.a. Geomorfología, Geología y Suelos..... | 16 |
| V.2.- Relieve..... | 19 |
| V.3.- Vegetación..... | 22 |
| V.4.- Procesos Morfodinámicos y Amenazas asociadas..... | 23 |
| V.4.a. Erosión Hídrica..... | 26 |
| V.5.- Erosión de Márgenes..... | 30 |
| V.6.- Conclusiones Preliminares..... | 31 |
| VI.- Avance Hidrometeorológico-Hidrológico..... | 32 |
| VI.1.- Estudio Hidrometeorológico Regional..... | 32 |
| VI.2.- Análisis de registros históricos de precipitación en Jesús María..... | 32 |
| VI.2.a. Descripción de las Series Temporales de Lluvia..... | 33 |
| VI.2.b. Determinación de parámetros estadísticos..... | 35 |
| VI.2.c. Régimen Probabilístico de la Precipitación..... | 37 |
| VI.3.- Eventos Hidrometeorológicos..... | 40 |
| VI.4.- Estimación de las Lluvias de Diseño..... | 48 |

| | | |
|--|--|-----------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotécnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-022 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 02 | Página 3 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |

| | |
|---|----|
| VI.5.- Conclusiones Preliminares | 55 |
| VII.- Avance estudio Geofísico y Geotécnico..... | 56 |
| VII.1.- Descripción | 56 |
| VII.2.- Etapa I: Campaña exploratorio directa..... | 57 |
| VII.2.a. Objetivo General:..... | 57 |
| VII.2.b. Objetivos específicos: | 57 |
| VII.2.c. Tareas realizadas in situ como laboratorio:..... | 57 |
| VII.2.d. Resultados obtenidos..... | 58 |
| VII.3.- Tareas Pendientes | 65 |
| VIII.- Aclaración..... | 66 |
| IX.- Bibliografía..... | 66 |
| X.- Anexo (Planillas y Planos) | 68 |

| | | |
|---|--|-----------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotecnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-022 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 02 | Página 4 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirs a@ina.gob.ar | | |

II.- RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe responde a los requerimientos del Municipio de Jesús María, como consecuencia de los efectos hidrológicos y erosivos ocasionados por el Río Guanusacate en el evento severo acontecido en marzo de 2015. Las actividades realizadas por el INA-CIRSA en esta primera etapa estuvieron orientadas a generar una línea de base que permita la planificación territorial y pueda ser utilizada para el planteo de medidas estructurales y no estructurales que permitan mitigar y/o identificar los efectos mencionados. Los estudios comprendieron la evaluación y caracterización de la información antecedente y de las mediciones realizadas en campo sobre aspectos geológicos, geomorfológicos, geotécnicos, hidrometeorológicos e hidrológicos.

La cuenca hidrográfica del río Guanusacate, por condicionamiento natural, presenta una significativa tendencia a la generación de crecientes repentinas debido básicamente a la morfología de su cuenca alta en donde predominan rocas cristalinas poco permeables, sobre las que evolucionaron suelos superficiales con una cubierta vegetal de baja protección hidrológica. Por otra parte, en la cuenca media y baja, la vegetación nativa ha sido reemplazada para su explotación agrícola lo que trae aparejado una disminución sustancial en la infiltración y aumento en la escorrentía, generando procesos de erosión hídrica acelerada en todas sus formas. Como agente disparador de esta dinámica hidrológica se destacan las precipitaciones intensas y localizadas ligadas a células convectivas favorecidas por el efecto orográfico.

En ese sentido la Hidrología se torna fundamental para aportar los datos de entrada a modelos de transformación lluvia-escorrentía que proveerán en etapas sucesivas los escenarios posibles para el diseño hidrológico. El estudio hidrológico se enfocó al presente en tres aspectos a saber: a) el análisis de registros históricos de precipitación, b) la caracterización de eventos hidrometeorológicos recientemente medidos a tiempo real y c) la estimación de lluvias de diseño para distintas duraciones y recurrencias. Respecto a los avances que se presentan sobre el análisis del régimen pluviométrico imperante en la cuenca, tanto a nivel anual como interanual, el mismo quedó definido mediante la caracterización de una serie pluviométrica de 76 años (1938-2014) medida en Jesús María. En cuanto a los eventos hidrometeorológicos, como las lluvias críticas y las respuestas hidrológicas, las mismas están en la etapa de identificación y procesamiento primario. Las lluvias de diseño definidas permitirán en la etapa próxima la obtención de los caudales de proyecto.

Por último, se presentan también los resultados de la campaña geotécnica realizada el 15 de Febrero del 2017, cuyo objetivo puede resumirse en la obtención de perfiles geotécnicos en dos sectores del Río Guanusacate identificados por el Municipio como prioritarios para su pronta intervención de sostenimiento.

| | | |
|--|--|-----------------------|
| Elaboró Área Geomorfología Área Hidrología Área Geotécnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-022 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 02 | Página 5 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |

III.- INTRODUCCIÓN

Atendiendo a los requerimientos del Municipio de Jesús María, como consecuencia de los efectos del evento hidrológico severo acontecido en marzo de 2015, y considerando tanto los efectos hidrológicos, así como los procesos erosivos acontecidos por la consiguiente crecida del río Guanusacate, el Municipio y el Instituto Nacional del Agua, junto con su Centro de la Región Semiárida rubrican el 4 de Junio de 2015 el Convenio Marco y el Acta Complementaria N° 1 del mismo el 21 de Octubre de 2016, la cual da origen al presente informe de avance.

III.1.- OBJETO Y ALCANCE DE LOS ESTUDIOS

El presente documento presenta el grado de avance obtenido durante el primer trimestre de disponibilidad de fondos correspondiente al Acta Complementaria N°1.

Las tareas realizadas para cumplimentar esta primera etapa, involucraron la evaluación, caracterización de la información antecedente recopilada y de las mediciones realizadas en campo sobre aspectos geológicos, geomorfológicos, hidrometeorológicos e hidrológicos de las cuencas de aporte del río Guanusacate así como su posterior análisis.

Estas tareas son requeridas como punto de partida para concretar un estudio de la cuenca que permita estimar la Amenaza Hídrica sobre el área urbana, con objeto de planificación, prevención y mitigación de los efectos producidos por eventos hidrometeorológicos severos sobre las márgenes ribereñas del río Guanusacate, dentro del ejido municipal.

III.2.- ESTRUCTURA DEL PRESENTE INFORME

Según lo estipulado en el anexo de especificaciones técnicas del Convenio y a fin de ser consistente con el contenido del mismo, el presente informe está articulado en dos áreas temáticas principales y un anexo de actividades geofísica/geotécnica, a saber:

- I- DESCRIPCIÓN GENERAL
- II- AVANCES EN GEOLOGÍA-GEOMORFOLOGÍA.
- III- AVANCES HIDROMETEOROLOGÍA- HIDROLOGÍA.
- IV- AVANCES GEOFÍSICA Y GEOTÉCNICA.

| | | |
|--|--|-----------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotecnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-022 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 02 | Página 6 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |

IV.- DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CUENCA

IV.1.- CARACTERIZACIÓN FÍSICO-HIDROLÓGICA

La ciudad de Jesús María, se encuentra ubicada a 50 km al Norte de la Ciudad de Córdoba, (Capital Provincial) accediendo a la misma a través de la Ruta Nacional N°9. La unidad hidrológica de estudio, ubicada al oeste de la mancha urbana, comprende la zona que reúne las aguas de los Ríos Ascochinga y Santa Catalina, cuya confluencia da origen al Río Guanusacate (Figura IV.1), el cual atraviesa a la Ciudad en sentido Oeste-Este.

En lo referente a la unidad hidrológica, definida con fines de diseño hidrológico, se seleccionó como punto de cierre del sistema, el ubicado en longitud 64° 09' 2,16" O; latitud 30° 58' 4,44" S, que corresponde a la confluencia de los ríos Santa Catalina y Ascochinga y da origen a el río Guanusacate. De esta manera quedaron definidas dos subcuencas principales (Figura IV.2), denominadas subcuenca Santa Catalina, al norte, y subcuenca Ascochinga, al sur.

Para definir, delimitar y caracterizar la cuenca de estudio se utilizaron imágenes "Alos World 3D" de 30 metros de resolución (AW3D30) junto con programas informáticos en plataforma SIG.

La cuenca general y sus principales subcuencas fueron caracterizadas mediante sus propiedades físicas generales, las relacionadas con el relieve y con la forma de las mismas. En la Tabla IV-1 se muestran las mediciones del área (A), el perímetro (P) y el Diámetro (D), entendiéndose como tal a la distancia recta entre el cierre de la cuenca y el punto más alejado sobre el perímetro de cada unidad.

| | | |
|--|--|-----------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotécnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-022 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 02 | Página 7 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |

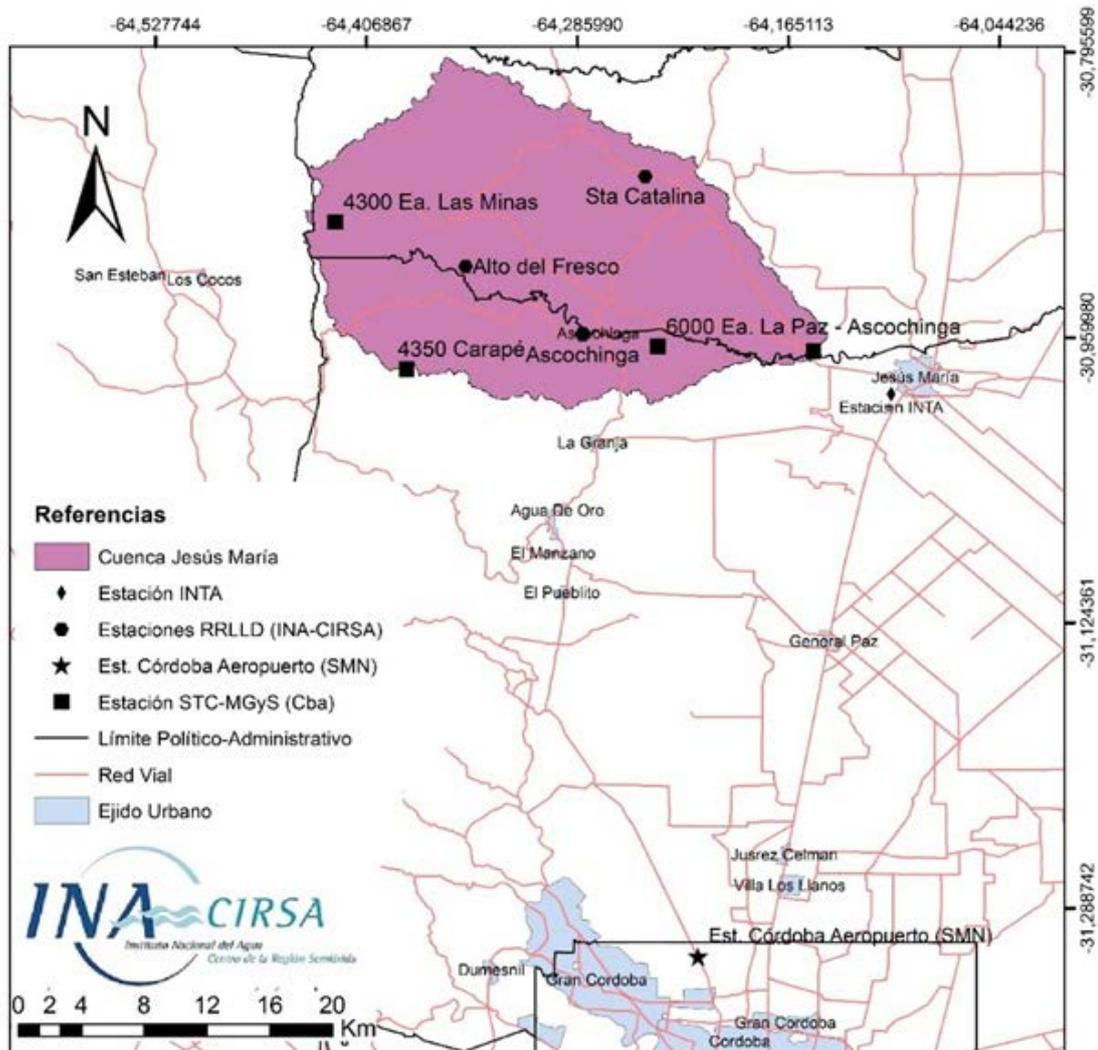


Figura IV.1. Ubicación geográfica del área de estudio, se indica unidad hidrológica, estaciones pluviométricas y red vial

| | | |
|--|--|-----------------------|
| Elaboró Área Geomorfología Área Hidrología Área Geotécnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-022 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 02 | Página 8 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |

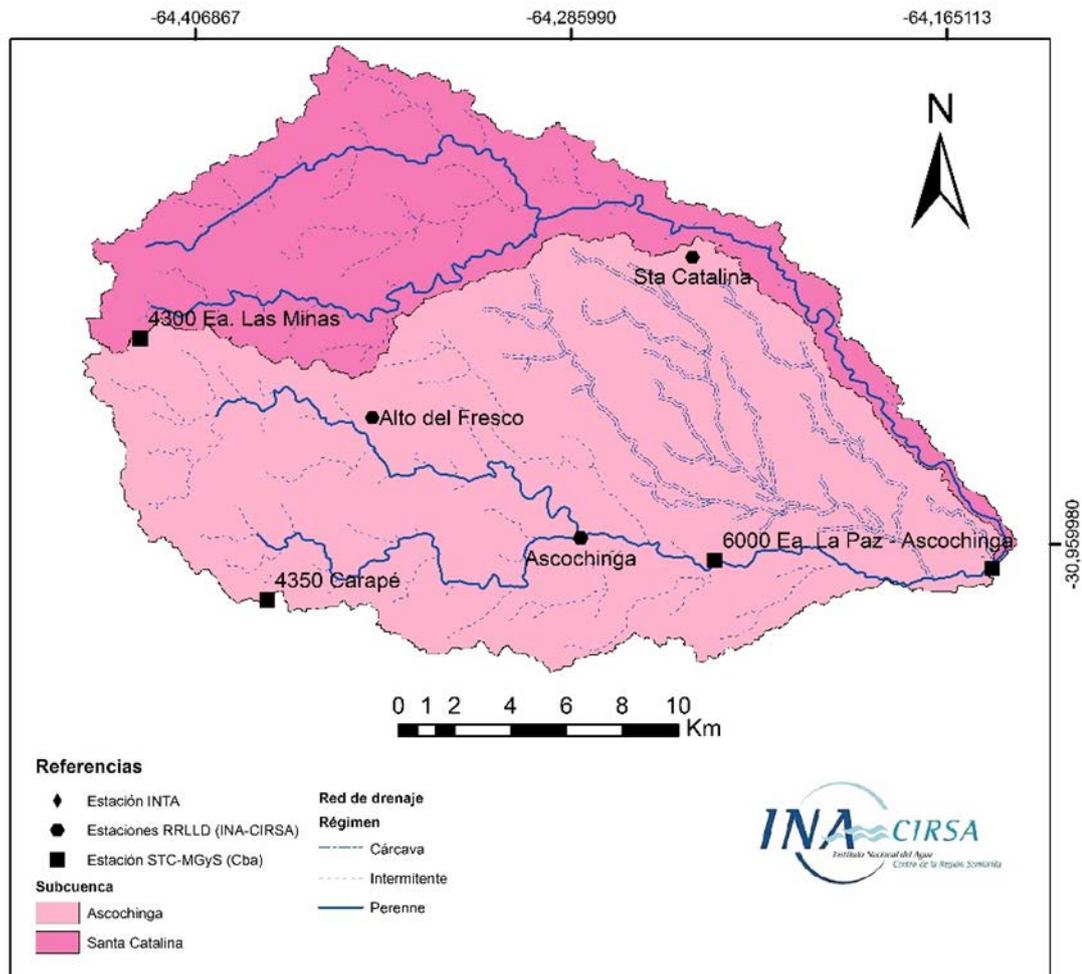


Figura IV.2. Delimitación de la cuenca en estudio con sus principales subcuencas

Tabla IV-1. Parámetros generales de la cuenca y subcuencas.

| Parámetros | Ascochinga | Santa Catalina |
|-----------------------------|------------|----------------|
| Área - A [km ²] | 277.0 | 125.2 |
| Perímetro - P [km] | 117.7 | 131.4 |
| Diámetro - D [km] | 29.0 | 30.0 |

Para determinar los parámetros de relieve, se utilizó como base un mapa de curvas de nivel con equidistancia de 100m. Se encontraron las altitudes: máxima y mínima, el desnivel, la longitud del cauce principal y la pendiente media uniforme del mismo. Los valores numéricos de estos parámetros se resumen en la Tabla IV-2.

| | |
|--|--|
| Elaboró Área Geomorfología Área Hidrología Área Geotécnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-022 |
| | Emisión: Marzo de 2017 |
| | Revisión: 02 |
| Página 9 de 68 | |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | |

Tabla IV-2. Parámetros de relieve de la cuenca y subcuencas

| Parámetros de Relieve | | |
|---|------------|----------------|
| Parámetros | Ascochinga | Santa Catalina |
| Desnivel de la cuenca (ΔH) [m.s.n.m.] | 1250.0 | 1291.0 |
| Altitud Maxima cuenca (Hmax) [m.s.n.m.] | 1818.0 | 1858.0 |
| Altitud Minima de la cuenca (Hmin) [m.s.n.m.] | 568.0 | 567.0 |
| Longitud del Cauce Principal - L [km] | 41.8 | 50.3 |
| Pendiente Media Uniforme del Cauce Principal -S [%] | 3.0 | 2.6 |

Como puede observarse, la pendiente media del cauce principal presenta un valor de 2,99% (para Ascochinga), es decir que cada 100 m sobre el terreno hay un desnivel de 3 metros, de igual manera se puede hacer para el río Santa Catalina, con una pendiente media de 2,6%.

Por otra parte, se representaron las curvas hipsométricas, las que indican el porcentaje de área de la cuenca que existe sobre una cota determinada, señalando la variación altitudinal y permitiendo obtener la mediana (50%) de la superficie. (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** a Figura IV.4).

El valor de la mediana, para toda la cuenca de estudio (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), es de 954,0 msnm, lo cual significa que un 50 % del área de la cuenca posee altitudes por encima de este valor.

Con respecto a la Subcuenca Santa Catalina se puede observar que el 50% de su área presenta alturas mayores a los 1180 metros; mientras que para la Subcuenca Ascochinga las altitudes superan los 932,5 metros en el 50% de su área.

| | | |
|--|--|------------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotécnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-022 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 02 | Página 10 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |

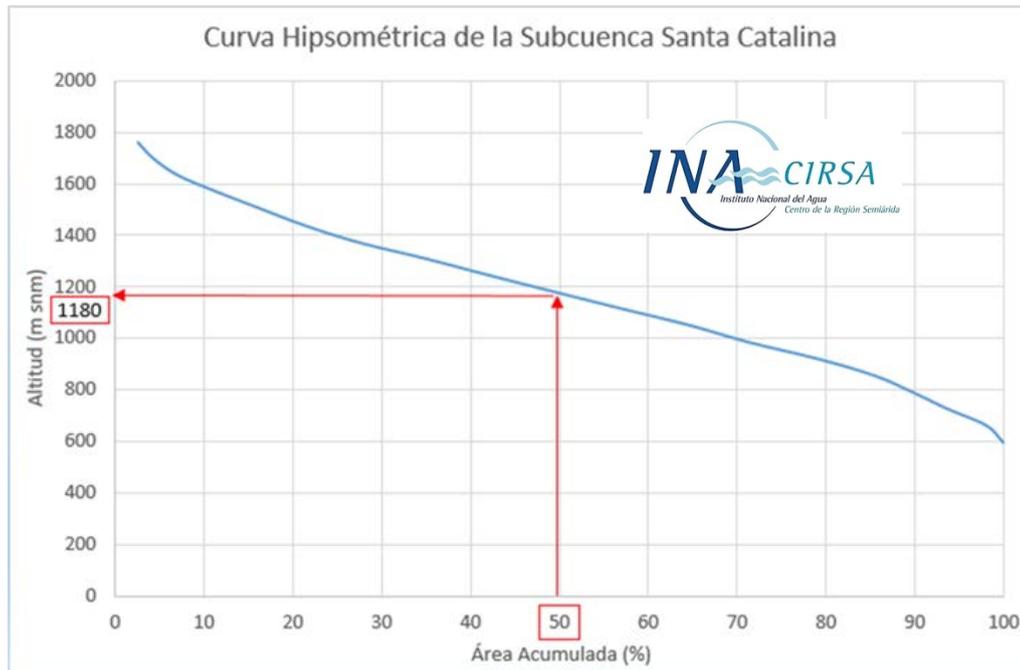


Figura IV.3. Curva hipsométrica para la Subcuenca Santa Catalina

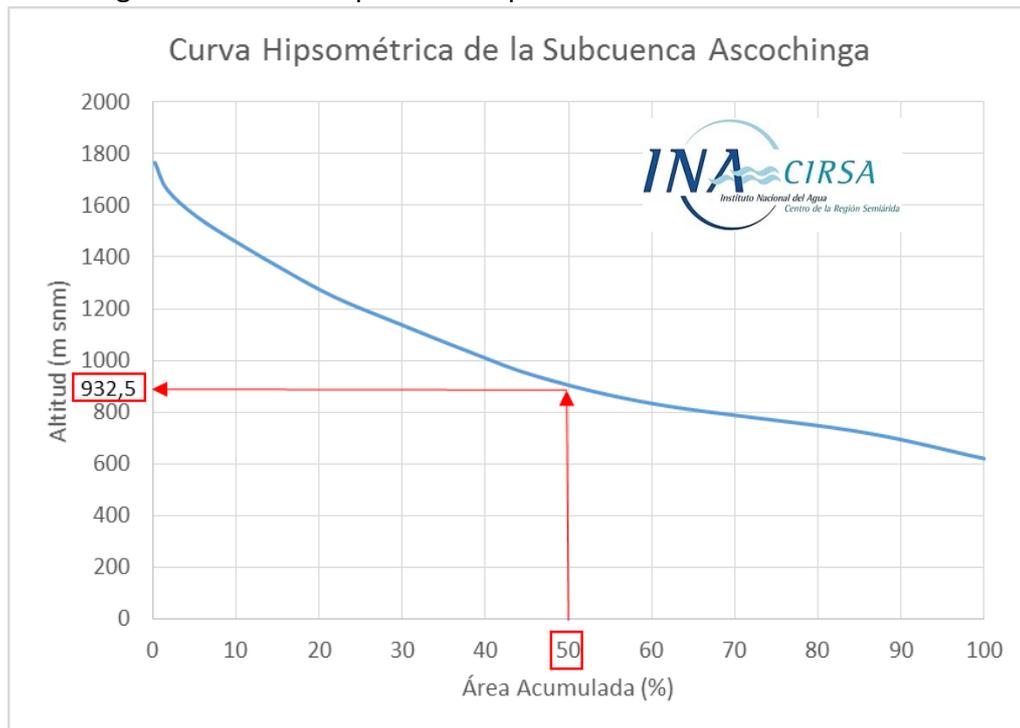


Figura IV.4. Curva hipsométrica para la Subcuenca Ascochinga

| | |
|---|--|
| Elaboró Área Geomorfología Área Hidrología Área Geotécnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-022 |
| | Emisión: Marzo de 2017 |
| | Revisión: 02 |
| Página 11 de 68 | |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | |

En cuanto a los parámetros de forma, que permiten inferir la respuesta hidrológica de la cuenca frente a las precipitaciones se calcularon:

- Índice de Compacidad de Gravelius (1913): que define la cuenca por su forma en planta y representa la relación entre el perímetro de la cuenca y la circunferencia del círculo que tenga la misma superficie que la cuenca. Este valor es siempre mayor a la unidad, y cuanto más difiere, más alargada es la forma de la cuenca.

$$Ic=P/(2\sqrt{\pi}A)$$

- Factor de Forma (Horton, 1932), es el cociente entre el área de la cuenca y el cuadrado de su longitud máxima.

$$F=A/L^2$$

Donde L representa la longitud de la cuenca, medida desde el punto más distante del perímetro hasta el cierre de la cuenca, y A, el área de drenaje.

- Relación de elongación (Schumm, 1956), de define como la relación entre el diámetro de un círculo de igual área de la cuenca y la longitud máxima de la cuenca:

$$Re=d/L$$

- Relación de circularidad de Miller (1956), Representa el cociente entre el área de la cuenca y el área de un círculo cuya circunferencia es igual al perímetro de la cuenca. Este valor nunca excede a 1. La relación de circularidad está influenciada por factores tales como la pendiente, el relieve, la litología y la tectónica del terreno

$$Rc=4\pi A/p^2$$

Estos factores se encuentran expresados en la Tabla IV-3.

Tabla IV-3. . Parámetros de forma para la cuenca y subcuencas

| Parámetros de Forma | | |
|---|------------|----------------|
| Parámetros | Ascochinga | Santa Catalina |
| Índice de Compacidad de Gravelius - Kc [Adim.] | 2.0 | 3.3 |
| Factor de Forma de Horton - Rf [Adim.] | 0.3 | 0.1 |
| Relación de Elongación de Schumm - Re [Adim.] | 0.6 | 0.4 |
| Relación de Circularidad de Miller - Rd [Adim.] | 0.3 | 0.1 |

| | | |
|---|--|------------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotécnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-022 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 02 | Página 12 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gov.ar | | |

IV.2.- HIDROGRAFÍA

Desde el punto de vista regional, la cuenca del río Guanusacate junto con el arroyo Mula Muerta y el Río Pinto constituyen un sistema hidrográfico aún no integrado, con desagüe en la laguna de Mar Chiquita (Mar de Ansenunza), que actúa como nivel de base del sistema. (Figura IV.5).

El río Guanusacate nace a los 575 msnm por la confluencia de los ríos Santa Catalina y Ascochinga, cuyas cuencas se desarrollan en la vertiente oriental tendida de la Sierra Chica (Figura IV.).

La divisoria de aguas de la cuenca de recepción queda delimitada al Oeste por la línea de máximas alturas del cordón serrano de orientación N-S, y al Este por la confluencia de los ríos Ascochinga y Santa Catalina en el sector de piedemonte. Al Norte limita con las cuencas del río Pinto y arroyo Mula Muerta y al Sur con la cuenca del río Carrero.

Desde su inicio discurre en sentido O-E, luego de 3 km atraviesa el área urbana de la localidad de Jesús María, continuando en la misma dirección por 21 km hasta los (30° 58' 52.3482" S, 63° 51' 23.6937" O), en donde cambia de orientación hacia el NE. Tras recorrer 11km a partir de los (30°56'52.44"S, 63°45'44.77"O), se encuentra canalizado desde el año1993 hasta la Laguna Mar Chiquita, atravesando a su paso la localidad de Obispo Trejo.

En el ambiente de montaña el drenaje en su conjunto presenta un diseño dendrítico angular, fuertemente controlado por el efecto de fallas y/o fracturas, con frecuentes trazos rectos en distintas direcciones, condición que se mantiene en el ambiente de piedemonte con menor frecuencia, afectando a los colectores principales con rumbo dominante NO-SE.

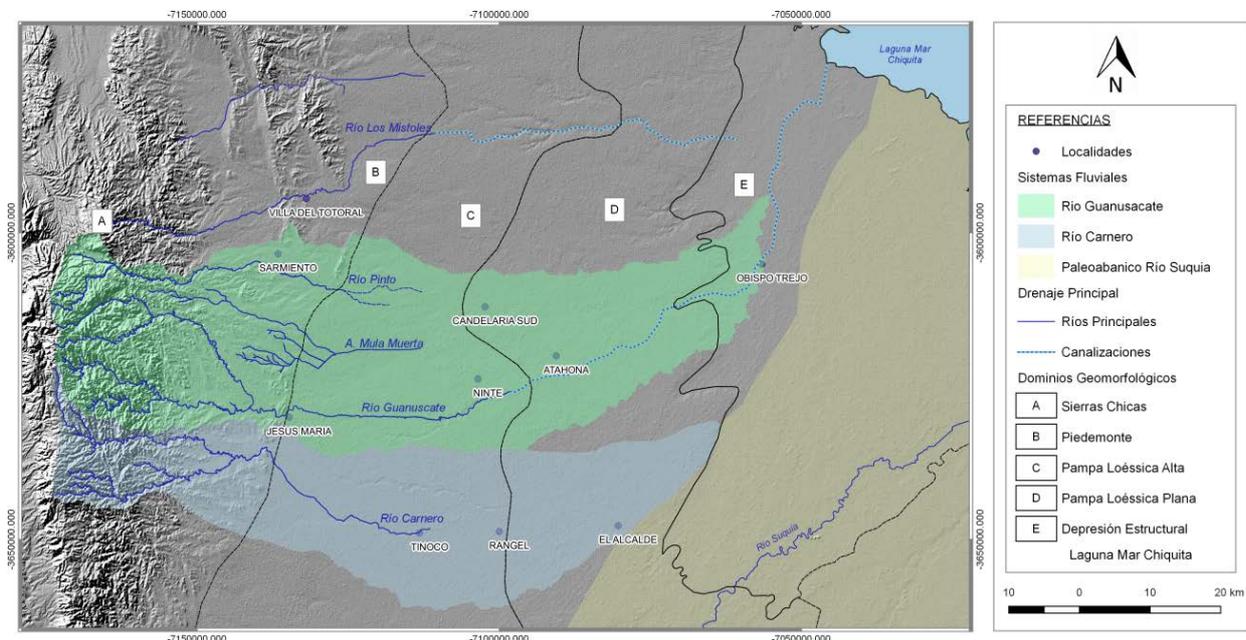


Figura IV.5. Sistema Hidrográfico río Guanusacate y Carrero.

| | | |
|--|--|------------------------|
| Elaboró Área Geomorfología Área Hidrología Área Geotécnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-022 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 02 | Página 13 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |

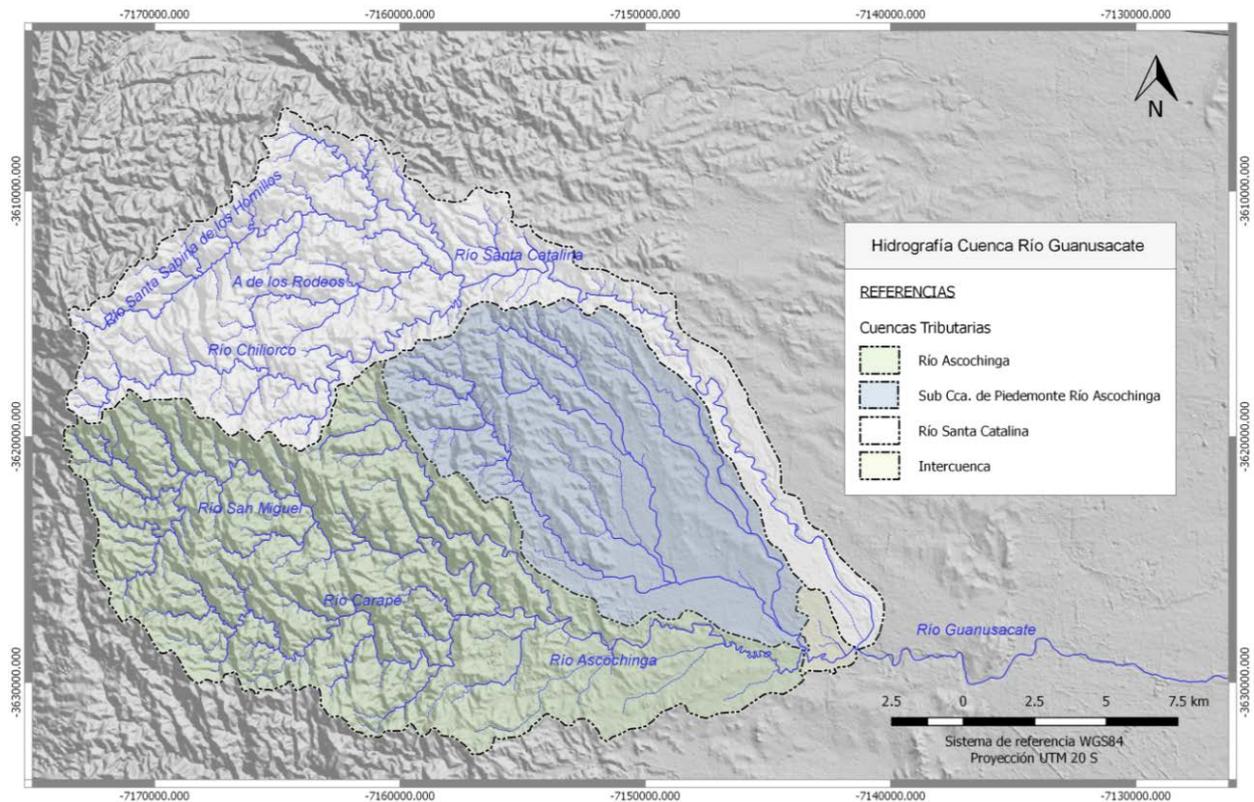


Figura IV.6. Cuenca Río Guanusacate. Fuente: Elaboración propia en base a MDE ALOS - 30m.

IV.3.- SUBCUENCAS TRIBUTARIAS

IV.3.a. Río Santa Catalina

La cuenca del río Santa Catalina, se conforma por la confluencia del río Santa Sabina de los Hornillos, el río Chilorco y el Aº de Los Rodeos a los 864 msnm.

El río Santa Sabina de Los Hornillos tiene una cuenca de aporte de 42 km² con nacientes a los 1800 msnm. Discurre en sentido O-NE, por margen izquierda recibe los aportes de un tributario sin toponimia y cambia dirección en sentido NO-SE., para luego de un corto recorrido confluir con arroyo de los Rodeos por margen derecha, con un área de recepción de 21.7km².

Por su parte, el arroyo Chilorco tiene nacimiento por encima de los 1.800 msnm abarcando la cuenca de 32 km².

Aguas abajo de la confluencia de los tributarios mencionados, el Río Santa Catalina tras recorrer 2,5 Km atraviesa la localidad de Colonia Hogar, para luego adoptar la cuenca morfología elongada

| | | |
|--|--|------------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotécnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-022 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 02 | Página 14 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |

y estrecha, sin presentar aportes de tributarios laterales con cuencas jerarquizadas, hasta la confluencia con el río Ascochinga.

IV.3.b. Río Ascochinga

Se conforma por la confluencia de los ríos San Miguel y Carapé a los 703 msnm. El primero de ellos nace en la parte cumbral de la Sierra Chica por encima de los 1700 msnm y el segundo, a los 1500 m.s.n.m.

La cuenca del río San Miguel abarca una superficie de 62 km² con mayor desarrollo de afluentes en la parte alta. Por su parte, la cuenca del río Carapé, abarca una superficie de 46 km² y un mayor control estructural en su cauce principal evidenciado por cambios bruscos de dirección en ángulos de 90° (fallas y/o fracturas).

Aguas arriba de la confluencia con el río Santa Catalina, recibe los aportes de una subcuenca de 100 km² no identificada en la toponimia, desarrollada desde los 1000 a 500 msnm, en la baja pendiente del dominio de la montaña y el Dominio del Piedemonte asociado.

En la zona pedemontana el colector principal de la cuenca recibe aportes laterales en forma de ejes de avenamiento, que, en una situación evolutiva antecedente, se correspondían a bajos pandos con ausencia de álveos definidos.

En la actualidad sobre estos ejes, se está estableciendo una red de drenaje jerarquizada debido a encajamiento progresivo por efecto de la erosión hídrica concentrada, favorecida por la disminución de la cobertura vegetal para el uso agrícola y ausencia de prácticas de conservación.

| | | |
|--|--|------------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotécnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-022 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 02 | Página 15 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |

V.- AVANCES EN GEOLOGÍA-GEOMORFOLOGÍA.

V.1.- TENDENCIA DEL SISTEMA HIDROGRÁFICO A LA GENERACIÓN DE CRECIENTES REPENTINAS

Las crecidas o avenidas forman parte de la dinámica fluvial, el régimen climático y las características de las precipitaciones: forma-intensidad-duración¹ determinan el caudal de la escorrentía que desaguara por un curso principal. Estos factores desencadenantes de las crecientes, se encuentran condicionados de modo permanente por las características, geomorfológicas - geológicas, relieve, edafológicas y por la cobertura vegetal natural.

V.1.a. Geomorfología, Geología y Suelos

El sistema hidrográfico del río Guanusacate tiene desarrollo en Ambiente de Montaña, Piedemonte y Planicie.

Ambiente de Montaña

La Sierra Chica se corresponde con un lineamiento de bloques cristalinos N-S que se ajustan al estilo tectónico de las Sierras Pampeanas, con levantamiento por fallamiento regional fuerte hacia el oeste y basculamiento mas tendido en dirección este.

La alta cuenca del sistema hidrográfico que actúa como el arrea de recepción las subcuencas que conforman el Río Guanusacate, se desarrolla en la vertiente oriental tendida del macizo. El relieve en respuesta a la tectónica y la disección generada por la red de drenaje, varía de accidentado en interfluvios a fuerte y muy fuerte en quebradas producto de la debilidad del sustrato rocoso por efecto de fallas y fracturas.

El alzamiento diferencial y basculamientos de bloques menores en el macizo, ha dado lugar a valles estructurales secundarios elongados de fondo plano-cóncavo.

El material geológico se corresponde con un basamento cristalino antiguo en el que alternan rocas metamórficas e ígneas. Entre las primeras dominan gneises y en la segundas, granito y granodiorita. La masividad de las rocas cristalinas solo se ve interrumpida por diaclasado, fracturación y fallamiento, lo que define permeabilidad secundaria baja.

Entre los 1500 y 1200 msnm se desarrolla una faja de intrusivos filonianos (aplitas y pegmatitas) de dirección NO-SE, que por erosión diferencial determinan un paisaje de crestas por su mayor resistencia.(Fig.3)

¹Ver apartado hidrología

| | | |
|--|--|------------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotecnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-022 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 02 | Página 16 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |



Figura V.1. Izq. Paisaje de Crestas. Der. Cuerpos intrusivos filoneanos. Cuenca. Santa Catalina.

Fuente: Relevamiento de campo.

En la parte cumbral y media también en alternancia con la faja filoneana, se distinguen cuerpos intrusivos graníticos globulares.(Figura V.2). Completan el marco sedimentos coluvio-aluviales con o sin cubierta loésica que rellenan los valles estructurales secundarios de fondo plano.



Figura V.2. Izquierda Cuerpo granítico globular. Derecha Relleno coluvio aluvial Fuente: Imagen Google earth. 22/03/2016

Los suelos evolucionados a partir del sustrato geológico por efecto de meteorización mecánica y química, son residuales superficiales (50-60 cm.) alternantes con valores variables de roca desnuda según el tipo litológico. Sobre las rocas ígneas el porcentaje de roca desnuda es del orden del 30% y disminuye a 10%, en el caso de las rocas metamórficas (Figura V.3).

| | |
|--|--|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotecnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-022 |
| | Emisión: Marzo de 2017 |
| | Revisión: 02 |
| Página 17 de 68 | |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | |

Dentro de la clasificación de Suelos de la Provincia se encuadran en orden de los Entisoles. Son suelos jóvenes, superficiales, poco desarrollados, con un horizonte superficial "A" pobre en materia orgánica, estructura muy débil, textura gruesa y pedregosa, de rápida saturación ante la ocurrencia de precipitaciones.



Figura V.3. Izquierda Suelos residuales. Derecha Roca desnuda aflorante en cuenca alta.
Fuente: relevamiento de campo

Ambiente de Piedemonte

Constituye el ambiente de transición entre el dominio de Montaña y el de Planicie. Su génesis se vincula a una antigua bajada aluvial conformada por coalescencia de numerosos conos aluviales que soporta una cubierta moderna de sedimentos de carácter eólico.

El relieve dominante se caracteriza por la alternancia de interfluvios fuertemente ondulados y bajos amplio plano-cóncavos.

Completan las geoformas cerros aislados de composición granítica y colinas discontinuas de material conglomerádico (Fm. Ea. Belgrano) y las fajas fluviales sobrepuestas de los colectores principales del sistema de drenaje (Ríos Santa Catalina, Ascochinga y Guanuscate) aterrazadas en tres niveles principales por efecto de geotectónica y/o Cambios climáticos: un nivel superior antiguo, un nivel medio y un nivel inferior reciente.

El material geológico dominante se compone de depósitos fluvioaluviales conglomerádicos (conos aluviales) y depósitos limo-arenosos por sectores con cubierta limo-loésica, relleno coluvio-aluviales en bajos plano-cóncavos y depósitos aluviales representados por gravas, arenas y limos.

Los suelos dominantes son profundos (100 cm), bien drenados de texturas franco arenosa comprendidos dentro del orden de los molisoles, altamente susceptibles a la erosión hídrica en función de las pendientes.

| | | |
|--|--|------------------------|
| Elaboró Área Geomorfología Área Hidrología Área Geotécnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-022 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 02 | Página 18 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |

Ambiente de Planicie

El ambiente del Piedemonte en su parte distal pasa en forma gradual al ambiente de la Planicie de carácter fluvio eólico. El relieve es suavemente ondulado con alternancia de Interfluvios plano-convexos y amplios bajos plano-cóncavos.

Sobreimpuesto al relieve de planicie se presenta el extenso paleoabanico asociado al aporte detrítico histórico del río Guanusacate, con ápice inmediatamente al este del trazo de la Ruta Nacional Nº 9, en el que se incluyen vestigios de geofomas características obliteradas por la cubierta fluvio-eólica, destacándose por la clara definición geomorfológica los antiguos canales de abanico. Con origen en el ápice en el límite sur del paleoabanico, el más antiguo y de menor definición geomorfológica, y en el límite norte el más reciente y de mayor definición, ambos sin conexión hidrológica con el curso actual del río y activados solo por los aportes pluviales locales.

Completa las geofomas un canal de abanico activo que tiene origen en un nuevo ápice en formación a 8 km. al este del trazo de la Ruta Nacional Nº 9, a margen derecha del cauce actual. Esta geofoma a diferencia de los paleocanales norte y sur, tiene conexión hidrológica por desborde del cauce en crecidas de magnitud.

Los materiales geológicos en la planicie fluvio-eólica se corresponden con depósitos loésicos con intercalaciones aluviales y en el paleoabanico con limo-loésicos, arenosos y arenas finas, con lentes de arenas gruesas y gravas.

Los suelos en general mantienen las características de los interfluvios del piedemonte. Son profundos (100 cm.), bien drenados de texturas franco arenosa comprendidos dentro del orden de los molisoles, altamente susceptibles a la erosión hídrica en función de las pendientes.

V.2.- RELIEVE

La cuenca de recepción del río Guanusacate presenta un relieve que varían de plano a muy escarpado, con características diferenciales en cuanto a desarrollo areal y distribución. (Figura V.4 y Figura V.5)

Del análisis de clasificación del relieve en función de las pendientes (%), morfología y frecuencias altimétricas, se observa que el 66 % del área de las cuencas de los ríos Santa Catalina y Ascochinga presentan un relieve accidentado a escarpado, desarrollado por encima de los 900 msnm.

En contraposición la cuenca de piedemonte tributaria del río Ascochinga, presenta un relieve medio a plano en el 74% del área de su cuenca desarrollado por debajo de los 800msnm.

| | | |
|--|--|------------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotécnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-022 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 02 | Página 19 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos Nº 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano Nº 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |

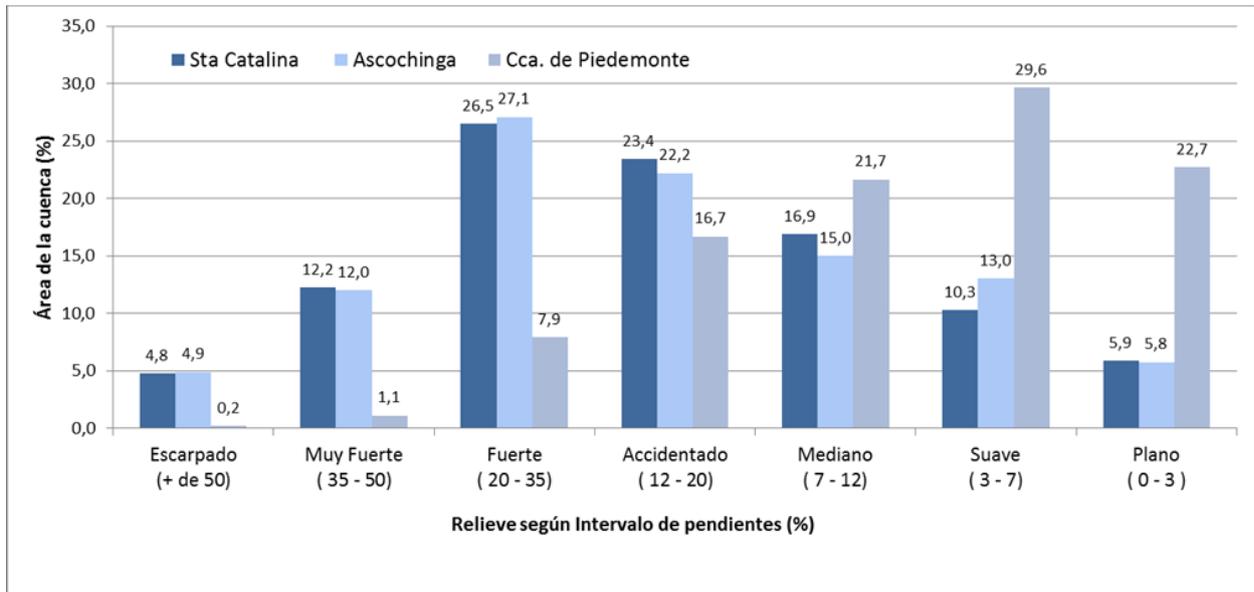


Figura V.4. Clasificación del Relieve. Fuente: Elaboración propia en base a MDE ALOS - 30m

| | | |
|--|--|------------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotécnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-022 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 02 | Página 20 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |

Caracterización del Relieve por Cuenca.

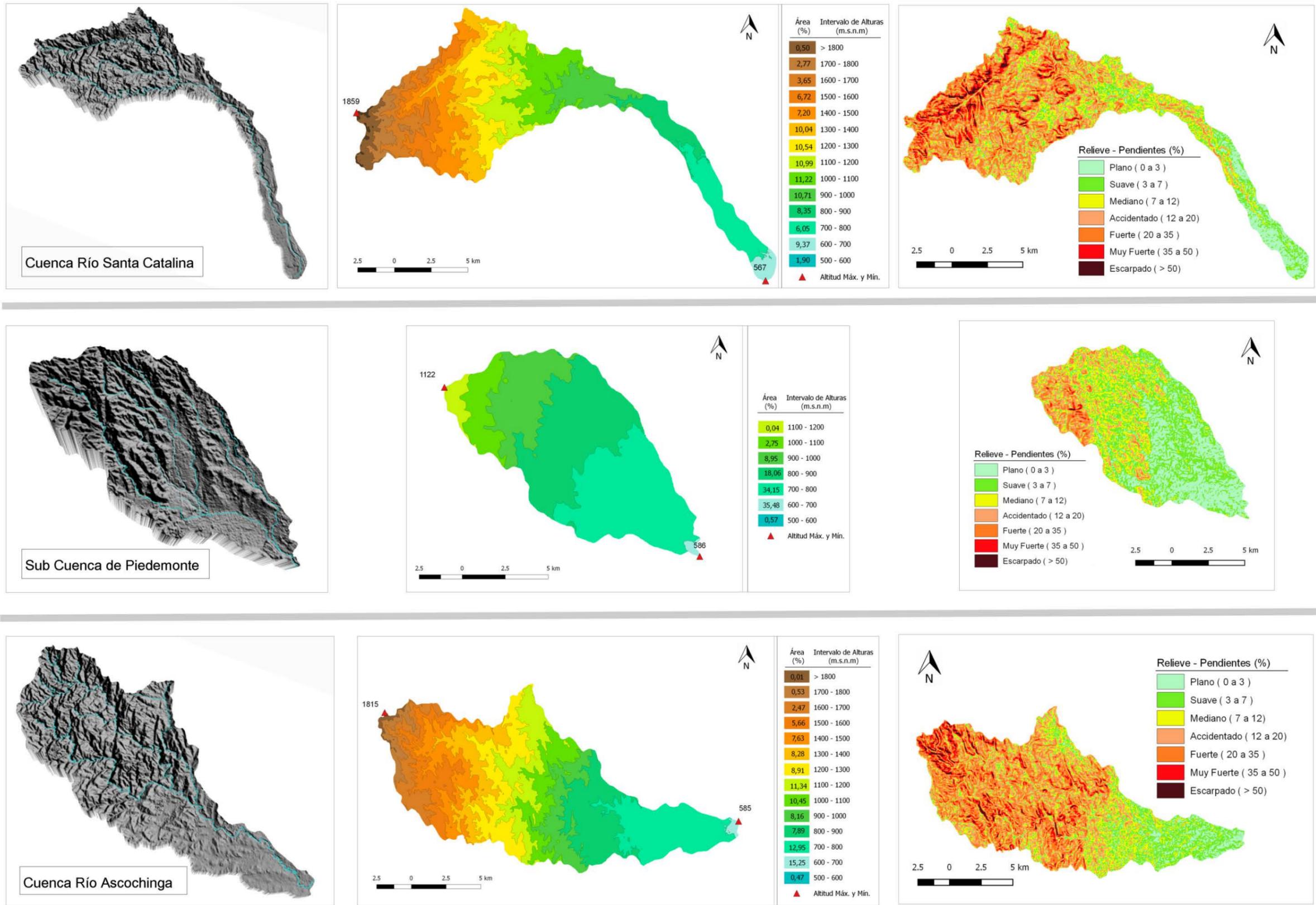


Figura V.5. Caracterización comparativa del Relieve por Cuenca. Block diagrama, Frecuencias altimétricas y Pendientes reclasificadas (%). Fuente elaboración propia en base a MDE ALOS-30m.

V.3.- VEGETACIÓN

La vegetación cumple un papel primordial en el ciclo hidrológico en lo referido a la intercepción de las precipitaciones y la regulación de la escorrentía e infiltración, lo que tiene relación directa con la erosión y el incremento de las inundaciones.

A nivel aéreo mediante el follaje, frena el impacto directo de las gotas de lluvia permitiendo la distribución lenta del agua a través de hojas, tallos y troncos y a nivel radicular además de fijar los suelos mediante el sistema radicular, genera condiciones de mayor permeabilidad.

El grado de protección hidrológica que brinda a los suelos depende de las condiciones fisonómicas-estructurales que presente. Es mayor en la vegetación arbórea, disminuyendo en las especies arbustivas y herbáceas, adoptando importancia la densidad de cubierta con respecto al suelo, en cada caso particular.

Desde el punto de vista fitogeográfico general, la vegetación desarrollada en el ámbito del sistema fluvial, se encuadra dentro del Dominio de la Provincia Chaqueña, en lo que corresponde a la Vegetación de las Sierras y El Espinal, en el ambiente del piedemonte y la planicie.

Las características fisonómico-estructurales de la cubierta están condicionadas por la latitud, altitud, exposición geográfica (R. Luti 1970) y en gran parte, por la naturaleza del terreno y la morfología. Se distribuye en tres Pisos o cinturones: El Piso del Bosque Serrano en los niveles mas bajos hasta 800 msnm, el Piso del Arbustal o Romerillal, desde los 800 a 1200 msnm en los niveles intermedios y el Piso de los Pastizales y Bosquecillos de Altura, en los niveles más elevados del sistema por encima de los 1500 msnm.

El Piso del Bosque Serrano presenta las características del arbolado semidesértico xerófilo, que cohabita con pastizales, compuesta por elementos leñosos arbóreos bajos (-10 m), arbustivos de menor altura (- 2 m) y pastizales medios y bajos duros. Los elementos arbóreos más representativos corresponden el molle (*lithraea ternifolia*,) y el coco (*fagara coco*), que coexisten con los elementos arbustivos.

Con aumento de la altitud el bosque es remplazado progresivamente por elementos arbustivos del Piso del Arbustal, donde el elemento dominante es el romerillo (*heterothalamus alienus*) que gradua en los máximos niveles a elementos herbáceos del Piso de los y Pastizales y los Bosquecillos de altura, en donde los elementos herbáceos (*stipa* y *festuca*) alternan en escasos lugares al reparo con tabaquillos (*Polylepis Australis*).

En el caso del piedemonte la cubierta vegetación se representa por la mezcla de elementos arbóreos y arbustivos de la Vegetación de las Sierras y de El Espinal, en donde los elementos arbóreos representativos son el algarrobo blanco y negro (*prosopis alba* y *nigra*), el quebracho blanco (*aspidosperma quebracho blanco*) y el tala (*celtis tala*). Por su parte en Ambiente de la Planicie la cubierta se representa con exclusividad por los elementos arbóreos de El Espinal.

| | | |
|--|---|------------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotecnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-02 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 01 | Página 22 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |

En la actualidad la cubierta de vegetación en el conjunto del sistema hidrográfico, presenta grados diferenciales de alteración. En el ambiente de Montaña la cubierta presenta por sectores fuerte alteración por el efecto de incendios y en el Piedemonte y la Planicie, el grado de alteración es extremo por efecto de la eliminación casi completa para el uso agropecuario.

V.4.- PROCESOS MORFODINÁMICOS Y AMENAZAS ASOCIADAS

Los procesos morfodinámicos en forma de erosión y remoción en masa según caídas, deslizamientos y flujos, tienen directa participación en el modelado del paisaje y por ende en la estabilidad del sistema hidrográfico.

Estos, se rigen por factores condicionantes y desencadenantes. Entre los primeros la naturaleza geológica del territorio (litología, textura, estructura, etc.), y las condiciones morfológicas del mismo, juegan un rol primordial y entre los segundos, se destacan la ocurrencia de lluvias intensas, sismos y la acción antrópica mediante el establecimiento de medidas de ocupación incorrectas que pueden generar una aceleración de los procesos de orden natural.

En las cuencas de recepción de montaña de los ríos Santa Catalina y Ascochinga, los aspectos geológicos y geomorfológicos condicionan la acción de procesos morfodinámicos particulares.

En base a análisis de fotografías aéreas e imágenes satelitales y control de campo se detectó la acción de los siguientes procesos:

Caídas y deslizamientos: la fuerte fragmentación de la roca por efecto del diaclasado, fracturación y foliación y la acción de la crioclastia o gelifracción favorecida por las condiciones climáticas de alta montaña, sumado a la fuerte energía del relieve y a lluvias intensas, determinan *caídas libres* instantáneas de cantos y bloques de diversos tamaños y/o *deslizamientos de roca* que involucran un grado de peligrosidad, a más de significar un importante aporte detrítico a la red de drenaje.

Tales procesos solo fueron detectados asociados a caídas libres puntuales y antiguas de corto recorrido asociadas a afloramientos de rocas filoneas (aplíticas y pegmatíticas) y/o quebradas de fuertes laderas producto de la disección fluvial, sin involucrar un grado de peligrosidad de consideración.

Caídas en forma de probables antiguos desplomes, son evidentes a margen derecha del río Santa Catalina en el límite externo abarrancado del nivel de terraza más antiguo de la faja fluvial, 2,5 km. aguas abajo de la estancia homónima.

| | | |
|--|---|------------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotécnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-02 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 01 | Página 23 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |



Figura V.6: Desplome Río Santa Catalina. Fuente: Imagen Google earth. 22/03/2016
Cicatrices de deslizamiento de rocas, solo en forma puntual y de escaso desarrollo, se evidencia a margen derecha del R. Chilorco en ladera de fuerte pendiente de un valle en "V".

Análisis temporal de imágenes satelitales indica que la actividad del proceso está ligada a las lluvias del verano de 2015.

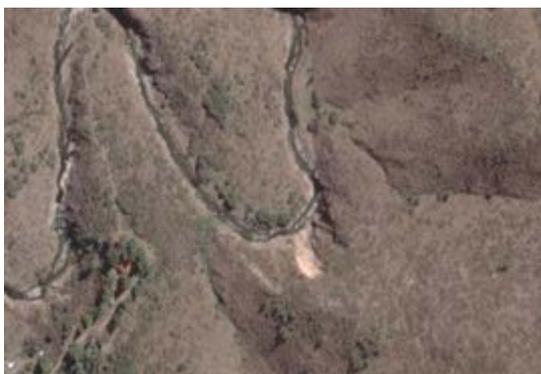


Figura V.7. Izquierda Cicatriz de deslizamiento de rocas. Tributario del R. Santa Catalina. Fuente: Imagen Google earth. 22/03/2016. Derecha Relevamiento de Campo en colinas de Piedemonte.

| | | |
|--|---|------------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotecnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-02 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 01 | Página 24 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |

Flujos. En laderas compuestas por rocas metamórficas se evidencian indicios de flujos lentos en forma de *reptación en manto*, que afectan a la cubierta de suelos someros (Fig.9), evidentes en ondulaciones o terracillas. La acción del proceso está vinculada a la variación estacional de la humedad en el suelo y a la congelación y deshielo que dan lugar a un proceso de expansión - contracción del suelo, que generan un levantamiento y caída de las partículas que se traduce en un movimiento pendiente abajo.



Figura V.8 Reptación en manto. Fuente: Relevamiento de campo.

Ante la ocurrencia de precipitaciones intensas el proceso suele variar a movimientos localizados de corto recorrido en forma de *Corrimientos*. Esto, si bien no significa una amenaza de consideración, predisponen al terreno movilizad y desnudo a la posterior acción de la erosión hídrica, o a la removilización tras intensas precipitaciones.

Flujos en rápidos de alta peligrosidad geomorfológica y significativo aporte detrítico a la red de drenaje, como el caso de *coladas de barro*, no fueron detectados en el análisis fotogeomorfológicos ni en el recorrido de campo.

| | | |
|--|---|------------------------|
| Elaboró Área Geomorfología Área Hidrología Área Geotécnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-02 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 01 | Página 25 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |

V.4.a. Erosión Hídrica

El escurrimiento elemental generado por los aportes pluviales, adopta la modalidad de mantiforme, difuso o concentrado, causando erosión hídrica *laminar*, en *surcos* o *regueros* y *cárcavamiento* respectivamente, con dominio de formas, según el Dominio geomorfológico.

En el Dominio Serrano en donde el material geológico se compone de rocas metamórficas e ígneas resistentes a la erosión, la alta energía del relieve y la susceptibilidad a la erosión hídrica de los suelos residuales y someros derivados de su alteración, define una situación comprometida.

Aquí si bien los procesos erosivos de laderas en general se encuadran aún dentro del rango de lo que podría considerarse erosión geológica normal, en los sectores donde la cubierta de vegetación que actúa como reguladora por excelencia ha sido fuertemente alterada por efecto de incendios, las formas erosivas adoptan carácter generalizado y alta tendencia a la intensificación (Figura V.9).

Como resultado hay una progresiva pérdida de las fracciones finas de la cubierta edáfica por lavado, lo que da lugar a un aumento de la pedregosidad o rocosidad. Acompañan a los procesos en laderas, la erosión concentrada en cárcavas acelerada sobre el relleno de carácter coluvio-aluvial de vallecitos estructurales alongados de fondo plan-cóncavo, bajo uso agropecuario. (Figura V.10).



Figura V.9. Cubierta de vegetación nativa con fuerte alteración por incendios Fuente: Relevamiento de campo

| | | |
|--|---|------------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotécnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-02 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 01 | Página 26 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |



Figura V.10. Erosión hídrica concentrada en cárcavas en valles estructurales de fondo plano-cóncavo (acelerada). Fuente: Imagen Google earth. 22/03/2016

La situación se presenta sustancialmente distinta en los Dominios del Piedemonte y de la Planicie, en respuesta a la naturaleza de los terrenos que involucran mayor susceptibilidad a la erosión hídrica (rellenos coluvio-aluviales y cubierta loésica) y el uso actual, que ocasionó una fuerte pérdida del efecto regulador de la vegetación por eliminación para el uso agrícola.

En el piedemonte la erosión hídrica en forma laminar, en surcos o regueros y cárcavas, se presenta intensa, generalizada y con fuerte tendencia a la intensificación, favorecida por el uso agrícola sin las correspondientes prácticas de conservación (Figura V.11).



Figura V.11. Piedemonte. Erosión hídrica acelerada. Izquierda en regueros. Derecha en Cárcavas. Fuente: Relevamiento de campo

| | | |
|--|---|------------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotécnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-02 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 01 | Página 27 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |



Figura V.12. Piedemonte. Análisis temporal del avance de la erosión hídrica acelerada en el piedemonte (derecha 2007 – izquierda 2017). Fuente: Imagen Google earth.

En este ambiente se cuantificó la pérdida de arbustal y bosque en la cuenca pedemontana tributaria del río Ascochinga, durante el periodo 1983 y 2017. Los resultados obtenidos indican una superficie deforestada de 19,2 Km², lo que representa el 20% del área total de la cuenca.

En los recorridos de campo se observó la implementación de lagunas de retardo a partir del evento del año 2015, sin embargo, las mismas no se encuentran asociadas a prácticas de conservación suelo tales como; cultivo en terrazas, o vegetado de las cárcavas existentes. En base a ello los procesos de pérdida de suelo continúan y se evidencian en la sedimentación que presentan generando una pérdida progresiva de su capacidad de retención (Figura V.13).



Figura V.13. Piedemonte. Sedimentación en lagunas de retardo por efecto de erosión acelerada. Fuente: Relevamiento de campo.

| | | |
|--|---|------------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotécnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-02 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 01 | Página 28 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |

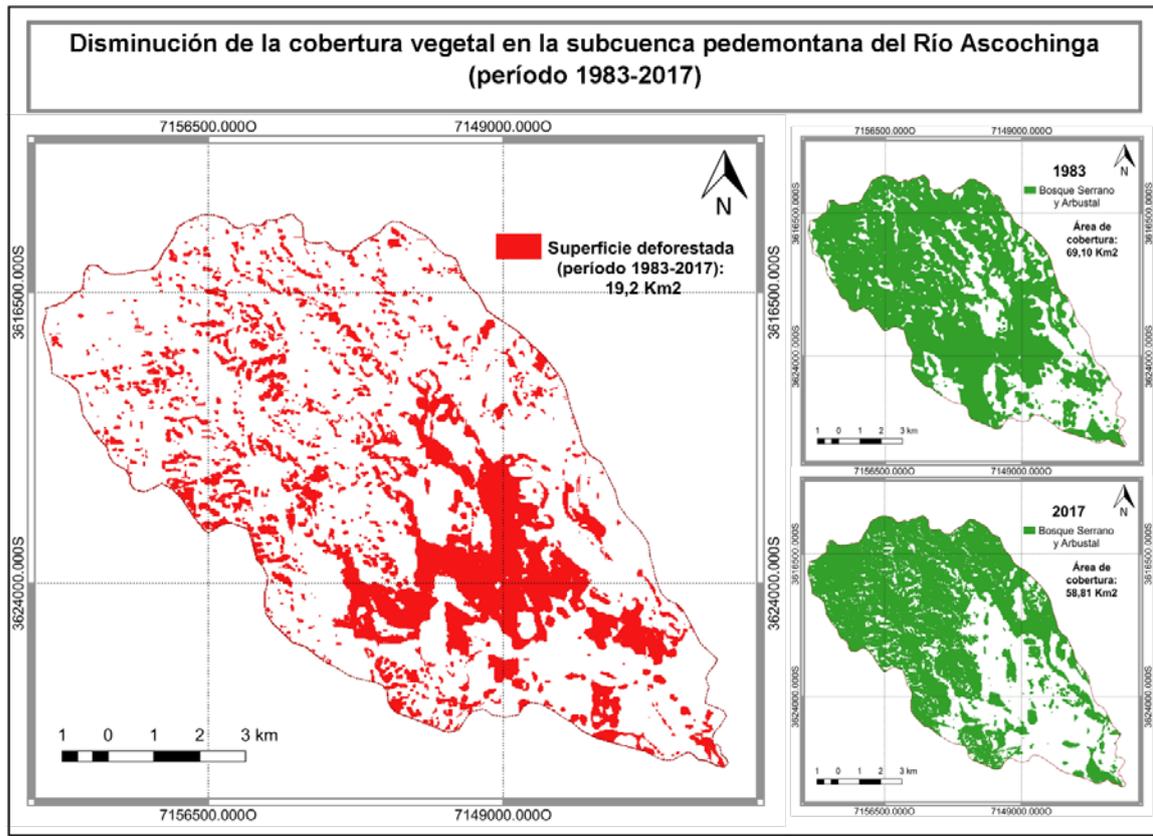


Figura V.14. Piedemonte: Clasificación Supervisada de cobertura arbustal-bosque. Fuente elaboración propia en base a imágenes Landsat 5 y 8 – TM Path 229 Row 81.

Por su parte en el ambiente de la Planicie, los procesos en todas sus formas, también se presentan en forma intensa, generalizada y con fuerte tendencia a la intensificación de continuar con la tendencia actual.

Sobre el paleoabanico del río Guanuscate el escurrimiento elemental derivado del aporte pluvial, sumado a los aportes por desborde del río Guanuscate en crecidas de magnitud, ha sido captado por el trazo del camino Jesús María - Estancia Cruz del Quemado, dando lugar a una cárcava activa de 7 km de longitud. (Figura V.15).

| | |
|--|---|
| Elaboró Área Geomorfología Área Hidrología Área Geotécnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-02 |
| | Emisión: Marzo de 2017 |
| | Revisión: 01 |
| Página 29 de 68 | |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos Nº 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano Nº 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | |



Figura V.15. Piedemonte: Erosión hídrica concentrada en cárcava por efecto de captación y conducción del escurriendo elemental por efecto de caminos. Fuente: Imagen Google Earth

V.5.- EROSIÓN DE MÁRGENES

La erosión de márgenes está condicionada por la naturaleza geológica de orillas y el diseño de drenaje a que se ajustan los cauces.

En el Dominio Serrano la red de drenaje tiene desarrollo sobre basamento cristalino resistente con fuerte control estructural por fallas y fracturas, con ausencia de acumulación aluvional por el predominio del arrastre sobre la deposición, en respuesta al valor de las pendientes longitudinales.

Tal condición determina fuerte estabilidad de los cursos frente a la erosión de márgenes y desbordes. Son cauces con predominio de tramos rectilíneos y encajados en valles en “V”

A diferencia en los Dominios del Piedemonte y la Planicie, la disminución marcada de la pendiente longitudinal, condiciona el cambio del diseño de cauces y el proceso adquiere carácter intenso y generalizado.

En el piedemonte los ríos Santa Catalina y Ascochinga y el río Guanusacate generado por la confluencia de ambos, se ajustan a un diseño meandriforme de sinuosidad media.

Esta particularidad hidrogeomorfológica rige una fuerte erosión por presión hidráulica sobre las partes externas de las curvas que describen los cursos y una acumulación aluvional en las internas.

| | | |
|--|---|------------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotécnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-02 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 01 | Página 30 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos Nº 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano Nº 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |

Análisis temporales de fotogramas del año 1970 e imágenes Google Earth 2017, indican la movilidad de los cauces por migración de meandros en el sentido del flujo, acortamientos y ampliación de cauce (lecho ordinario).

El proceso, es el responsable de las situaciones de inestabilidad fluvial más significativas, adoptando carácter severo en el caso de la Ciudad de Jesús María y su entorno.

Agua abajo de la Ruta Nacional Nº 9, el río Guanusacate adopta diseño semi-recto de baja sinuosidad formando parte de un paleoabanico aluvial reciente y sub-reciente, por el cual, en la actualidad, corre por su parte media.

En este sector la erosión de márgenes está condicionada por el carácter friable de las orillas (cubierta fluvio-eólica) y los procesos de avulsión que implican cambios en la dirección del flujo, siendo el proceso al igual que en el caso del Piedemonte el de mayor inestabilidad.

Los sectores más afectados, la tendencia evolutiva y las prioridades para las acciones de control y prevención, se ven en el apartado de la Carta de Amenaza por Inundaciones Repentinias del ejido de la Ciudad de Jesús María.

V.6.- CONCLUSIONES PRELIMINARES

La cuenca hidrográfica del río Guanusacate por condicionamiento natural presenta una significativa tendencia a la generación de crecientes repentinias de magnitud. Esto en respuesta a que en la alta cuenca de recepción predominan rocas cristalinas poco permeables sobre las que evolucionaron suelos superficiales de rápida saturación, a lo que se le suma la fuerte energía y la vegetación herbácea de un grado bajo a medio de protección hidrológica.

Como agente disparador se destacan las precipitaciones intensas y localizadas ligadas a células convectivas favorecidas por el efecto orográfico.

En la media y baja cuenca (Piedemonte y Planicie), la cubierta de vegetación nativa ha sido eliminada en su mayor parte para el uso agrícola. Esto trae aparejado una disminución sustancial en la infiltración y aumento en la escorrentía, lo que significa la acción de procesos de erosión hídrica acelerada en todas sus formas (laminar, surcos y cárcavas), aumento de los caudales de inundación y aportes detríticos a los cauces con incidencia en los procesos fluviales (avulsión, erosión de márgenes, etc.).

La cubierta nativa por sus condiciones fisonómicas-estructurales, de por sí sola presenta un grado intermedio de protección hidrológica a los suelos, lo que, frente a la alteración por incendios o eliminación, determina una situación crítica.

| | | |
|---|---|------------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotecnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-02 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 01 | Página 31 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrósio Olmos Nº 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano Nº 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |

VI.- AVANCE HIDROMETEOROLÓGICO-HIDROLÓGICO

VI.1.- ESTUDIO HIDROMETEOROLÓGICO REGIONAL

Este estudio, fundamental para aportar los datos de entrada de modelos de transformación lluvia-descarga (P-Q) que proveerán indirectamente las crecidas de proyecto, el mismo se enfoca en dos aspectos, a saber:

- Análisis de Registros Históricos
- Eventos Hidrometeorológicos (Ciclo Hidrológico 2016-2017).
-

VI.2.- ANÁLISIS DE REGISTROS HISTÓRICOS DE PRECIPITACIÓN EN JESÚS MARÍA

Con el fin de conocer el régimen de precipitación imperante en la zona de estudio se analizaron los registros pluviométricos recopilados en la localidad de Jesús María por el INTA (INTA, 2014). En dicho estudio se presentan las series temporales desagregadas en totales mensuales y la serie de lluvia anual desde el año 1938 hasta el año 2014. Esta información requirió un procesamiento y análisis previo de los datos que consistió en:

a) ordenar las series por año hidrológico (jun a jul) quedando así definidas 12 series de lluvias mensuales y una de la lluvia anual de 76 años comprendidos entre los años hidrológicos 1938/39 al 2013/14. Dicha longitud incluye más de dos períodos consecutivos de 30 años que son los requeridos según la Organización Meteorológica Mundial (OMM) para analizar series climáticas.

b) controlar la calidad de la serie anual mediante dos test de homogeneidad: el Test de las Rachas y el Test de Helmert (Fernandez García, 1996) para verificar la condición de aleatoriedad de la misma dado que los datos fueron obtenidos a partir de mediciones de diferentes organismos (nacionales y provinciales). El Test de las Rachas consiste en evaluar los cambios de signo entre el valor de cada año y la mediana de la serie denominada "racha" y luego comparar el número de cambios con umbrales correspondientes a una función de distribución de frecuencias de una serie aleatoria cuyos valores son conocidos y que se encuentran tabulados según la longitud de la serie. El Test de Helmert por su parte cuenta los números de cambios (c) y de permanencias (p) según si los desvíos permanecen o no con el mismo signo. La serie es homogénea cuando: $(p \leq (N-1)^{1/2})$ siendo N la longitud de la serie.

En la Tabla VI-1 se dan los resultados que demuestran la aleatoriedad de la serie anual y que avalan el posterior análisis sobre el régimen pluvial en Jesús María.

| | | |
|--|---|------------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotécnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-02 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 01 | Página 32 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |

Tabla VI-1. Jesús María. Resultados de los Tests de Homogeneidad en la Serie de Lluvia Anual

| Serie de Lluvia Anual (1938/39-2013/14 - 76 años) | | | |
|---|-----------------------|--|--------------------------------------|
| Test de Helmert | | Test de las Rachas | |
| 42 | 34 | 31 | rachas |
| 8 | 9 | 90% de probabilidad de que sea aleatoria | |
| 8<9 | homogénea o aleatoria | | Según Tabla de Nota Técnica 81 (OMM) |

VI.2.a. Descripción de las Series Temporales de Lluvia

Se caracterizó el comportamiento temporal de las series mensuales y de la serie anual en función de sus distribuciones, tanto mensuales como interanual, encontrándose los valores medios y extremos (años característicos). En la Figura VI.1 se observan las distribuciones mensuales de los años característicos: Año Húmedo, Año Seco y Año Típico (el de menor desvío de la serie anual respecto de la media) y la Precipitación Media Mensual (PMM).



Figura VI.1. Distribuciones mensuales de los años característicos y de la precipitación media mensual.

Para el período analizado (1938/39- 2013/14) la Precipitación Media Anual (PMA) en Jesús María es de 831 mm, la precipitación anual del Año Seco (2010/11) de 445mm mientras que la del Año Húmedo (1977/78) alcanza un máximo de 1385 mm, valor que triplica al del mínimo evidenciando la gran variabilidad temporal que presenta el régimen pluviométrico anual. El Año

| | |
|--|---|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotecnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-02 |
| | Emisión: Marzo de 2017 |
| | Revisión: 01 |
| Página 33 de 68 | |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrósio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | |

Típico se dio en 1940/41 con un valor anual de 833 mm. La distribución de la PMM pone de manifiesto dos ciclos estacionales bien diferenciados: uno húmedo (estival) de octubre a abril con precipitaciones mayores a los 60 mm/mes y un bimestre (dic-ene) con valores entre 120 y 140 mm/mes y, un ciclo estacional seco (invernal) de mayo a setiembre con precipitaciones menores a 30mm/mes. En síntesis, el régimen pluviométrico mensual en Jesús María presenta un claro carácter estacional que se refleja en un 90 % de lluvias anuales acumuladas en primavera-verano y sólo un 10% en otoño-invierno.

En cuanto a la distribución interanual, la Figura VI.2 muestra la serie cronológica de los totales de lluvia en el año, la media de la serie y la media móvil obtenida de los promedios cada 5 años.

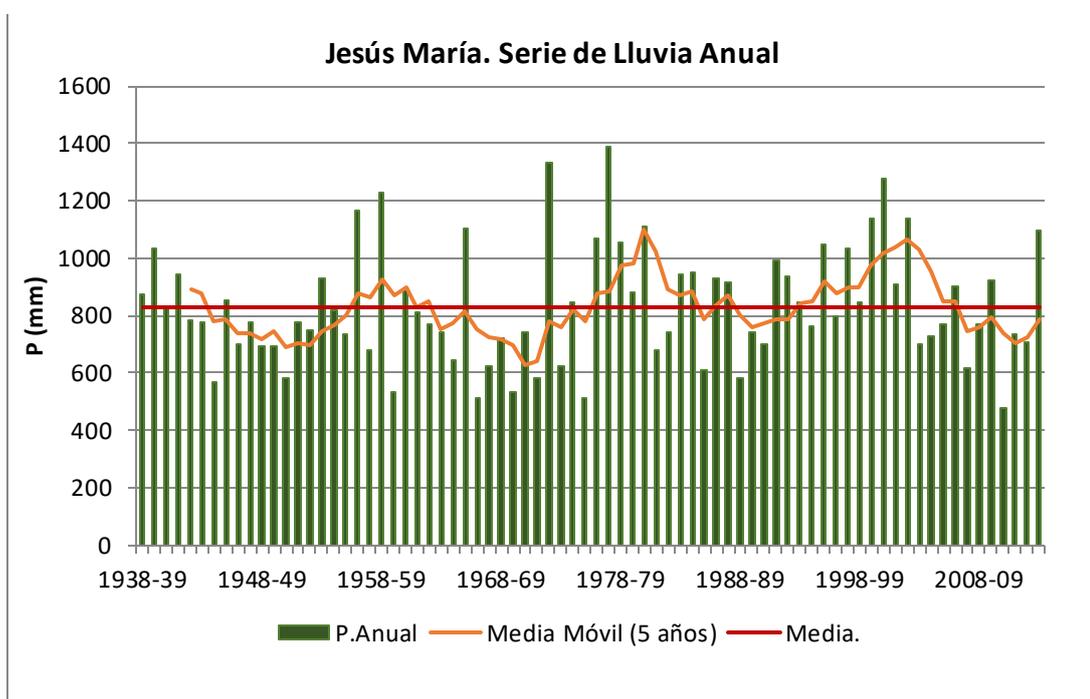


Figura VI.2. Serie cronológica de la precipitación anual, media y media móvil cada 5 años.

La media móvil, permite inferir el comportamiento del promedio cada 5 años a lo largo del tiempo, especialmente las fluctuaciones que éste pueda alcanzar. Para este caso en particular, en las cuatro primeras décadas, la media móvil se encuentra por debajo de la media histórica, variando entre los 600 y 800 mm. Recién en la década del 80 comienza a ascender y fluctuar entre 800 y más de 1000 mm. En los últimos años se observa que está por debajo de la media.

| | | |
|--|---|------------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotécnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-02 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 01 | Página 34 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |

Por último, la Figura VI.3 muestra las anomalías (desviaciones) de la lluvia anual respecto a la media. Se puede observar claramente los períodos de abundancia con más de 500 mm por encima de la media y los de escasez con alrededor de 300 mm por debajo.

En general este comportamiento es consistente con las anomalías que presenta la precipitación a nivel país (<http://www.smn.gov.ar/serviciosclimaticos/?mod=elclima&id=72>) donde se puede observar para la región un ciclo seco a partir de la década del 60 que persiste hasta mediados de los 70 donde comienza un período húmedo que se prolonga hasta principios de la década del 2000. A partir de allí se inicia un ciclo seco que cambia de tendencia en estos últimos años donde se están presentando con aumentos considerables de las precipitaciones anuales.

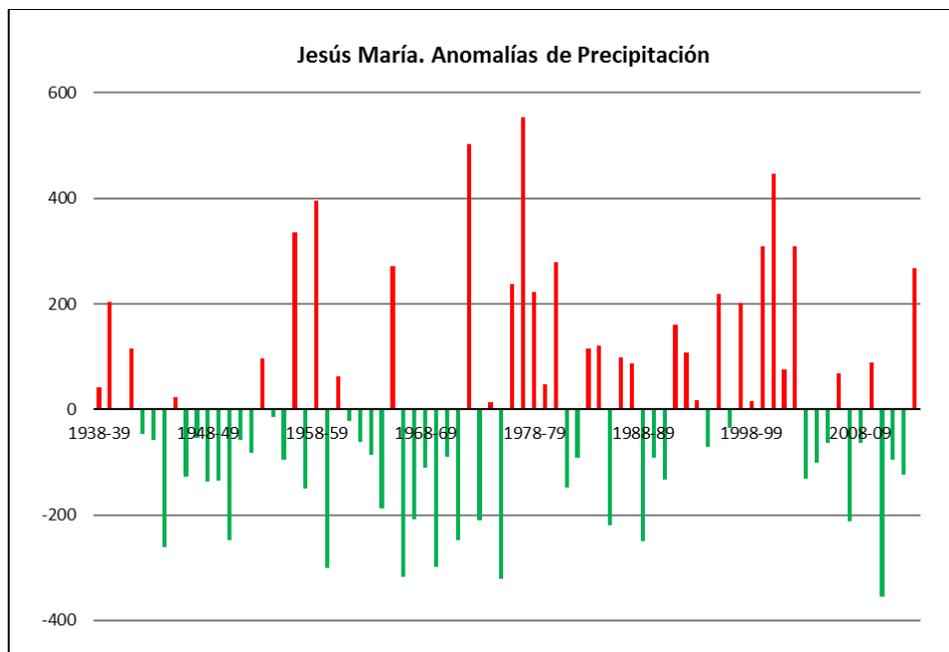


Figura VI.3. Anomalías de la precipitación anual en Jesús María

VI.2.b. Determinación de parámetros estadísticos

Demostrada la condición de aleatoriedad para la serie anual mediante los test de homogeneidad, se describieron estadísticamente las 12 series mensuales y la anual, con los principales parámetros de centralidad, de dispersión y los valores extremos para un intervalo de confianza del 95%. La Tabla VI-2 muestra los valores numéricos resultantes.

Las Figura VI.4 y Figura VI.5 muestran el comportamiento de los parámetros más representativos de la centralidad y dispersión de las series mensuales durante el transcurso de un año hidrológico medio.

| | | |
|--|---|------------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotécnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-02 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 01 | Página 35 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |

Tabla VI-2. Estadísticos de las series mensuales y anual en Jesus María.

| JESÚS MARÍA. ESTADÍSTICOS DE LA SERIES MENSUALES Y ANUAL | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|---------|
| Serie 1938/39 - 2013/14 | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | AÑO |
| Long.Serie (años) | 76 | 76 | 76 | 76 | 76 | 76 | 76 | 76 | 76 | 76 | 76 | 76 | 76 |
| P. Media (mm) | 8,4 | 9,2 | 29,6 | 74,3 | 111,7 | 132,3 | 139,9 | 110,4 | 120,8 | 62,0 | 22,1 | 9,9 | 830,8 |
| Mediana (mm) | 0 | 1 | 13,5 | 64,5 | 101,5 | 121,5 | 134,5 | 101 | 117,5 | 45 | 15 | 3,5 | 781 |
| Moda (mm) | 0 | 0 | 0 | 48 | 71 | 121 | 137 | 137 | 109 | 32 | 0 | 0 | 946 |
| Desviación estándar (adim) | 16,6 | 13,4 | 33,5 | 51,3 | 57,5 | 79,8 | 75,7 | 60,2 | 69,1 | 55,9 | 25,4 | 14,3 | 201,6 |
| Varianza de la muestra (mm ²) | 274,9 | 180,6 | 1120,3 | 2635,9 | 3307,8 | 6369,7 | 5723,2 | 3628,3 | 4774,2 | 3126,7 | 643,8 | 205,5 | 40632,7 |
| Coefficiente de Variación (%) | 196,6 | 145,7 | 113,2 | 69,1 | 51,5 | 60,3 | 54,1 | 54,5 | 57,2 | 90,2 | 114,8 | 144,5 | 24,3 |
| Rango | 81 | 60 | 160 | 257 | 244 | 372 | 300 | 253 | 328 | 283 | 118 | 62 | 910 |
| P. Mínima (mm) | 0 | 0 | 0 | 0 | 26 | 0 | 12 | 23 | 8 | 0 | 0 | 0 | 475 |
| P.Máximo(mm) | 81 | 60 | 160 | 257 | 270 | 372 | 312 | 276 | 336 | 283 | 118 | 62 | 1385 |
| Nivel de confianza(95,0%) | 3,8 | 3,1 | 7,6 | 11,7 | 13,1 | 18,2 | 17,3 | 13,8 | 15,8 | 12,8 | 5,8 | 3,3 | 46,1 |

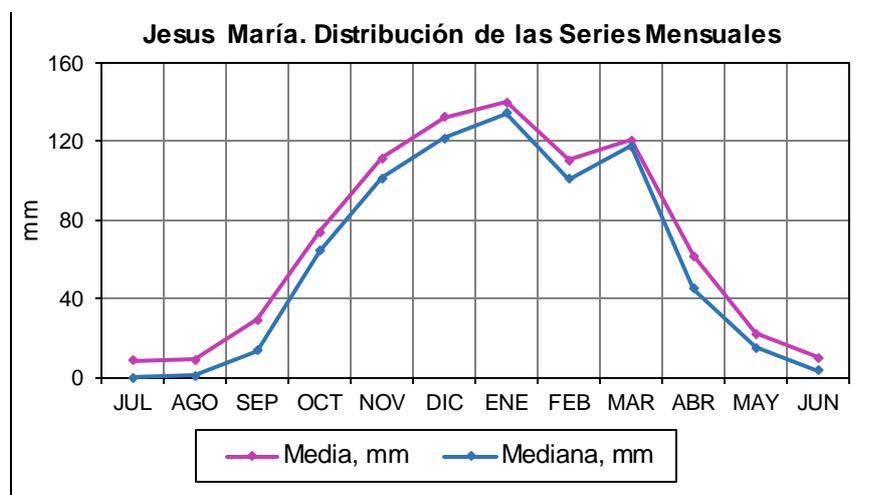


Figura VI.4. Variación de la media y la mediana en el año hidrológico

Se observa que los valores de la media y la mediana son muy similares a lo largo del año y que la media es siempre superior a la mediana salvo en los meses de enero y marzo donde prácticamente coinciden. Esto permite deducir que durante los 76 años de longitud de las series, los totales de las precipitaciones mensuales han presentado rangos de mucha significancia. En efecto, los mínimos fueron nulos en 8 meses o menores a 26 mm, mientras que los máximos variaron de 60 a 372 mm (Tabla VI-2).

Puede inferirse entonces que la mediana es un buen estimador de la probabilidad (0,5 en este caso) de que cada valor de la serie se sitúe por encima o por debajo del valor de ese estadístico. En otras palabras, los valores probables son más seguros que los valores promedios, que estarían en este caso sobrestimando los valores esperados.

| | | |
|---|---|------------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotecnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-02 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 01 | Página 36 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrósio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gov.ar | | |

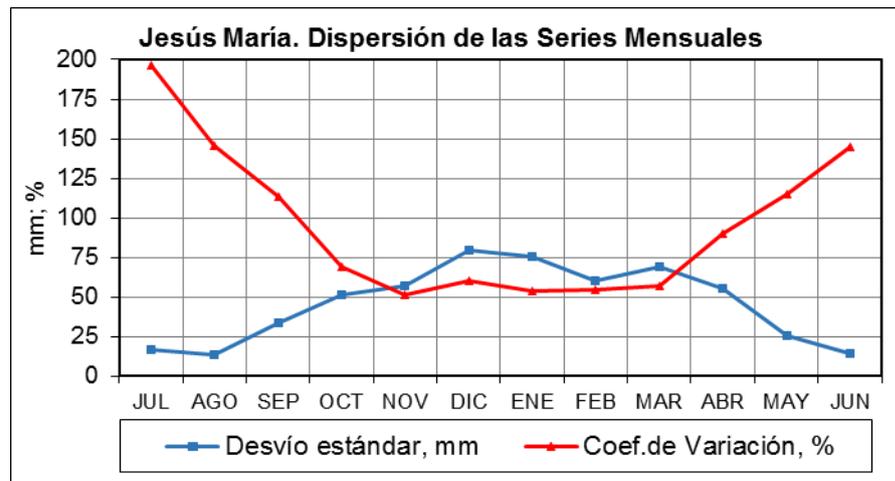


Figura VI.5. Variación desvío estándar y del coeficiente de variación en el año hidrológico

Del análisis de la dispersión en la Figura VI.5 se puede deducir que, cuando menor es el promedio mensual más elevada resulta la dispersión, lo que se traduce en valores del coeficiente de variación muy relevantes. De hecho, en los meses secos el desvío estándar es superior al promedio mensual, dando coeficientes de variación superiores al 100%. En el período húmedo, con lluvias mensuales más estables, ambos estadísticos presentan menor grado de variabilidad.

VI.2.c. Régimen Probabilístico de la Precipitación

Si bien ya se caracterizó el régimen pluviométrico mensual y anual en los apartados anteriores, la forma de expresarlos a través de un gráfico "en cajas" como se muestra en la Figura VI.6 permite inferir valores probables y dar mayor representatividad a los resultados especialmente cuando se trata de series de lluvia con alta variabilidad temporal como se observa en esta región. En este caso en particular, el régimen se representa mediante los valores extremos (Mínimo y Máximo) y las probabilidades al 25%, 50% (Mediana) y 75%. Las series mensuales quedaron divididas en cuatro partes de igual frecuencia, correspondiendo el límite inferior y superior de los rectángulos (cajas) al 1er y 3er cuartil respectivamente, encerrando la caja el 50% de los datos. Se observa que el máximo mensual se da en diciembre con un valor superior a 350mm/mes y que en general las precipitaciones máximas mensuales ocurren durante el ciclo estacional húmedo con valores superior a los 250 mm/mes.

| | | |
|--|---|------------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotécnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-02 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 01 | Página 37 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrósio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |

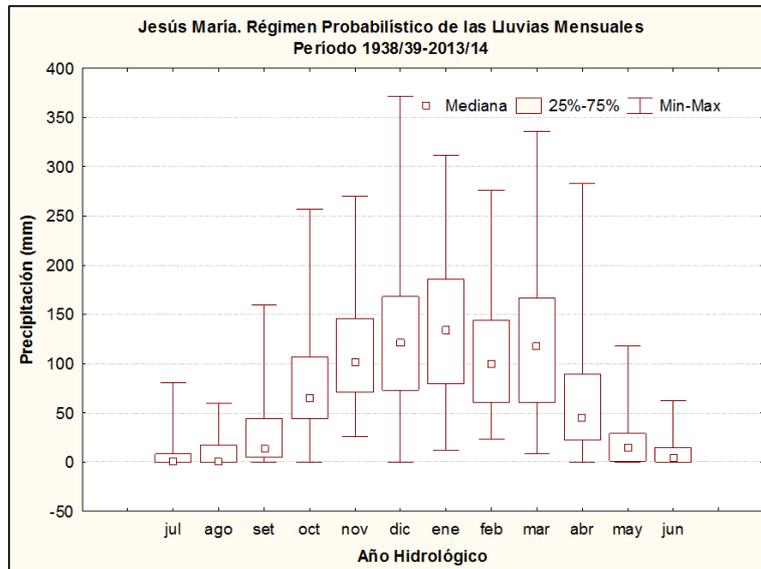


Figura VI.6. Régimen probabilístico de las precipitaciones mensuales

Por otra parte, se analizó también en términos probabilísticos la serie de las precipitaciones anuales con la finalidad de clasificar e identificar la condición hídrica de cada uno de los 76 años registrados desde 1938/39 a 2013/14. Para ello se dividió la serie en quintiles quedando así definidas cinco categorías como se muestran en la Tabla VI-3 que son: Años Muy Secos (0-20%), Años Secos (20-40%), Años Normales (40-60%) Años Húmedos (60-80%) y Años Muy Húmedos (80-100%). Dividida así la serie anual se pudieron clasificar cada uno de los años y definir los rangos de humedad con los respectivos umbrales de precipitación.

Por último, en la Figura VI.7 se muestra gráficamente la serie cronológica de lluvias anuales con los diferentes rangos de probabilidad y umbrales de precipitación.

| | | |
|--|---|------------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotécnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-02 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 01 | Página 38 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |

Tabla VI-3. Condición hídrica en Jesús María de cada año de la serie

| Años secos y húmedos en Jesús María | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------|---|
| Clasificación | Quintiles | Umbrales de P (mm) | Años |
| Muy Húmedo | Quinto Quintil (80-100%) | >993 mm | 1939-40; 1956-57; 1958-59; 1965-66, 1972-73 1976-77; 1977-78; 1978-79; 1980-81; 1995-96 1997-98; 1999-00; 2000-01; 2002-03; 2013-14 |
| Húmedo | Cuarto Quintil (60-80%) | 850-992 mm | 1938-39; 1941-42; 1945-46; 1953-54; 1960-61 1979-80; 1983-84; 1984-85; 1986-87; 1987-88 1991-92; 1992-93; 2001-02; 2006-07; 2009-10 |
| Normal | Tercer Quintil (40-60%) | 749-849 mm | 1940-41; 1942-43; 1943-44; 1947-48; 1951-52 1954-55; 1961-62; 1962-63; 1974-75; 1993-94 1994-95; 1996-97; 1998-99; 2005-06; 2008-09 |
| Seco | Segundo Quintil (20-40%) | 683-748 mm | 1946-47; 1948-49; 1949-50; 1952-53; 1955-56 1963-64; 1968-69; 1970-71; 1982-83; 1989-90 1990-91; 2003-04; 2004-05; 2011-12; 2012-13 |
| Muy Seco | Primer Quintil (0-20%) | 0-682 mm | 1944-45; 1950-51; 1957-58; 1959-60; 1964-65 1966-67; 1967-68; 1969-70; 1971-72; 1973-74 1975-76; 1981-82; 1985-86; 1988-89; 2007-08 |

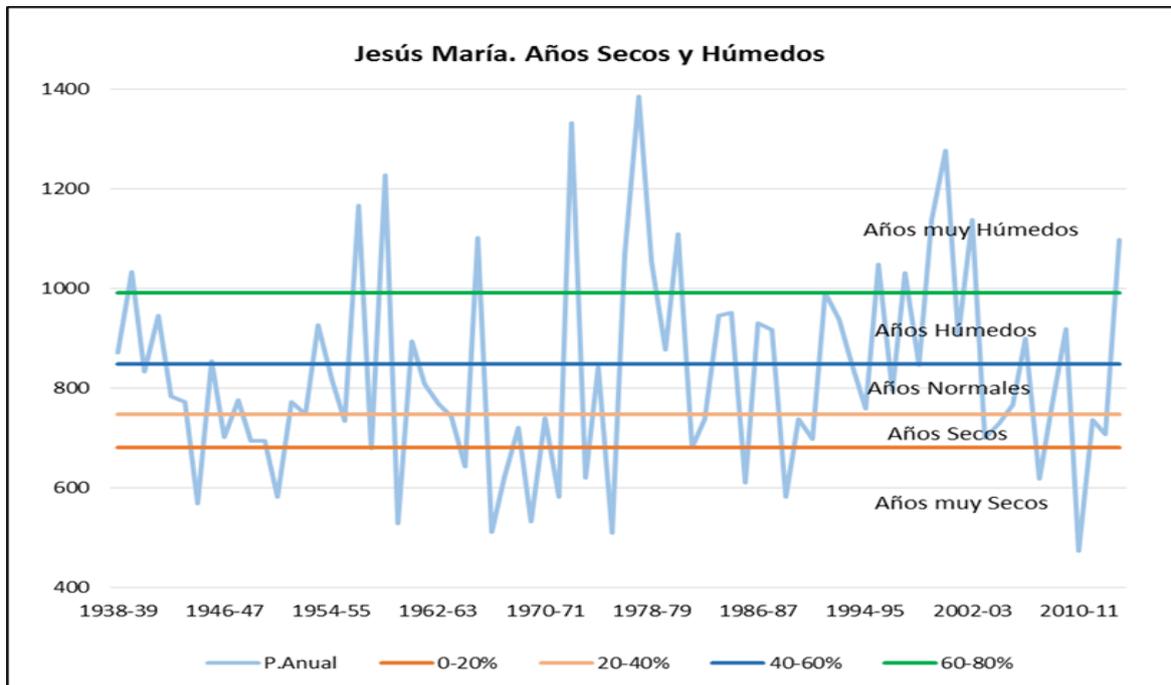


Figura VI.7. Umbrales de la condición hídrica anual en Jesús María.

| | | |
|---|---|------------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotecnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-02 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 01 | Página 39 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Am brosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gov.ar | | |

VI.3.- EVENTOS HIDROMETEOROLÓGICOS

Recién a finales del año 2015 se instalaron en la cuenca de estudio dos estaciones telemétricas de tecnología Alert: la Estación Las Minas con el sensor N°4300 de lluvia y la Estación Ea La Paz-Ascochinga con los sensores N°6000 (lluvia) y 6003 (nivel de agua) que integran el Sistema de Adquisición de Datos Hidrometeorológicos a Tiempo Real que el INA-CIRSA opera conjuntamente con el Ministerio de Gobierno y Seguridad (MGyS) de la Provincia de Córdoba (Figura IV.1). Las mediciones de campo registradas por estos sensores, además de brindar el servicio de alerta a tiempo real, están siendo procesadas (INA-CIRSA, 2016) con la finalidad de conocer el comportamiento de las lluvias y la variabilidad del nivel de agua en el río, que permita a futuro encontrar valores para alerta y pronóstico hidrológico de lluvias y crecidas en esa región.

Durante el verano 2015/2016 la mayoría de las regiones del país presentaron en promedio excesos de precipitación asociados a tormentas severas, con gran desarrollo convectivo, que originaron lluvias intensas de corta duración, localizadas sobre áreas relativamente pequeña que generaron importantes escorrentías, de carácter repentino, sobre ciudades y poblaciones. Tal es el caso del denominado desastre de Sierras Chicas de febrero del 2015.

En ese sentido, se están identificando para ser analizados los eventos hidrometeorológicos más significativos medidos en los años hidrológicos 2015/16 y 2016/17, entendiéndose por ello aquellas tormentas que abarcaron una amplia zona, con lluvias intensas localizadas, que originaron un alto impacto de escorrentía. Se seleccionaron para esta cuenca un total de 22 eventos que fueron caracterizados por sus hietogramas, es decir, por la distribución temporal interna de la intensidad de la lluvia procesada cada 5 minutos y, por la lluvia acumulada durante el transcurso de la tormenta. A modo de ejemplo se presentan en las Figura VI.8 y Figura VI.9 los hietogramas y la curva acumulada de las lluvias ocurridas los días 3 de enero y 19 de febrero de 2016 en las estaciones Las Minas (4300) y Ea La Paz-Ascochinga (6000) respectivamente. En las Tabla VI-4 y Tabla VI-5 se resumen las principales características de las tormentas en cuanto a su duración, la lámina total precipitada y la intensidad media máxima dada en el pico del hietograma.

| | | |
|--|---|------------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotecnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-02 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 01 | Página 40 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrósio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |

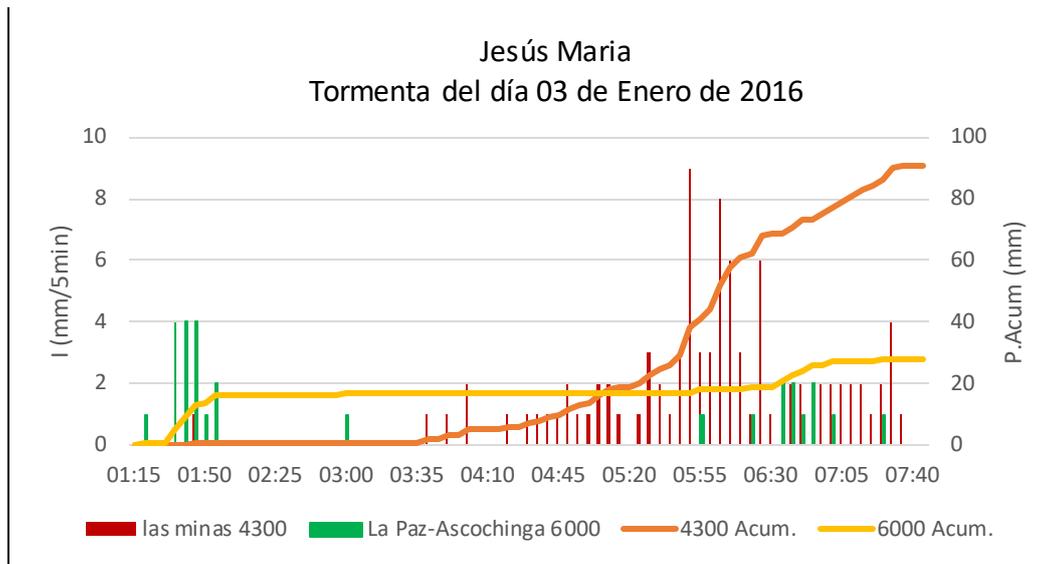


Figura VI.8. Hietogramas y Lluvia Acumulada de la tormenta del 3/01/2016

Tabla VI-4. Características de los hietogramas del 3/01/2016

| Hietogramas de la Tormenta del 03 de Enero 2016 | | |
|---|----------------|--------------------|
| | Las Minas 4300 | Ea.La Paz-As. 6000 |
| Hora Inicio (hh:min) | 03:40:00 | 01:20:00 |
| Hora Finalización (hh:min) | 07:35:00 | 07:00:00 |
| Duración (hh:min) | 03:55:00 | 05:40:00 |
| Total Precipitado en mm | 91 | 28 |
| Intensidad Máxima mm/5min | 9 | 4 |
| Intensidad Máxima mm/h | 108 | 48 |

| | | |
|--|---|------------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotecnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-02 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 01 | Página 41 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrósio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |

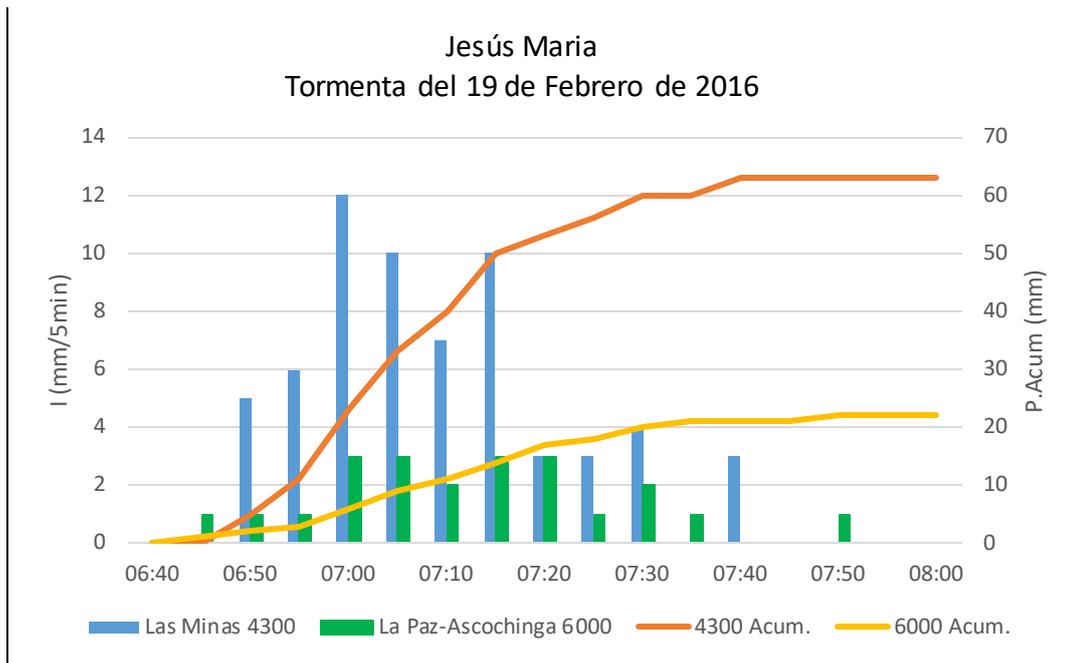


Figura VI.9. Hietogramas y Lluvia Acumulada de la tormenta del 19/02/2016

Tabla VI-5. Características de los hietogramas del 19/02/2016

| Hietogramas de la Tormenta del 19 de Febrero 2016 | | |
|---|----------------|---------------------|
| | Las Minas 4300 | Ea. La Paz-As. 6000 |
| Hora Inicio (hh:min) | 06:50:00 | 06:45:00 |
| Hora Finalización (hh:min) | 07:40:00 | 07:50:00 |
| Duración (hh:min) | 00:50:00 | 01:05:00 |
| Total Precipitado en mm | 63 | 22 |
| Intensidad Máxima mm/5 min | 12 | 4 |
| Intensidad Máxima mm/h | 144 | 48 |

Estos resultados permiten analizar no sólo cuanto llovió, sino cómo llovió, condiciones ambas necesarias para evaluar la capacidad de generar escorrentía que tienen esas lluvias. Como puede observarse en ambas tormentas, la lluvia más intensa ocurrió en la parte alta de la cuenca (sensor 4300) con láminas totales de 91 y 63 mm e intensidades medias máximas en el pico del hietograma de 108 y 144 mm/h.

| | | |
|---|---|------------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotécnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-02 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 01 | Página 42 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrósio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |

Recién en el mes de septiembre de 2016 se puso en operación el sensor de nivel (6003) sobre el río Ascochinga lo cual está permitiendo el registro continuo de la variación del nivel de agua en función del tiempo en el río (limnigrama) lo que hace factible comenzar a relacionar en forma conjunta los eventos lluvia-escorrentía sobre la subcuenca del Ascochinga.

Se presentan a continuación algunos de los eventos ocurridos durante este último ciclo estacional húmedo (verano 2016/17) con los hietogramas y limnigramas correspondientes y que serán posteriormente analizados para conocer el comportamiento hidrológico de las crecidas.

En las Figura VI.10 y Figura VI.11 se muestra la crecida del 25-26-27 de diciembre de 2016 con sus hietogramas y los hietogramas-limnigramas y la Tabla VI-6 resume las características de la tormenta y de la misma manera se muestran a continuación los eventos registrados por el Sistema Telemétrico a Tiempo Real de los días 8, 9 y 10 de enero de 2017 y 4 de febrero de 2017.

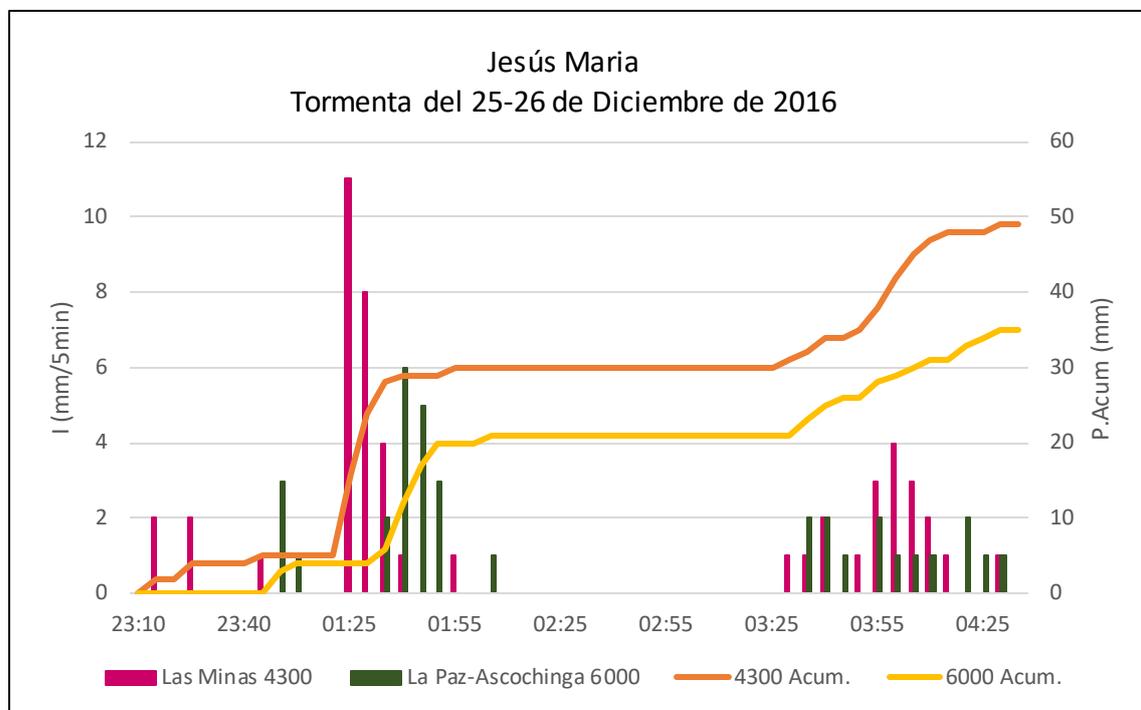


Figura VI.10. Hietogramas y Lluvia Acumulada de la tormenta del 25-26/12/2016

| | | |
|--|---|------------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotecnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-02 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 01 | Página 43 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |

Tabla VI-6. Características de los hietogramas del 25-26/12/2016

| Hietogramas de la Tormenta del 25-26 de Diciembre 2016 | | |
|--|----------------|--------------------|
| | Las Minas 4300 | Ea.La Paz-As. 6000 |
| Hora Inicio (hh:min) | 23:15:00 | 23:50:00 |
| Hora Finalización (hh:min) | 04:30:00 | 04:30:00 |
| Duración (hh:min) | 05:15:00 | 03:40:00 |
| Total Precipitado en mm | 49 | 35 |
| Intensidad Máxima mm/5min | 11 | 6 |
| Intensidad Máxima mm/h | 132 | 72 |

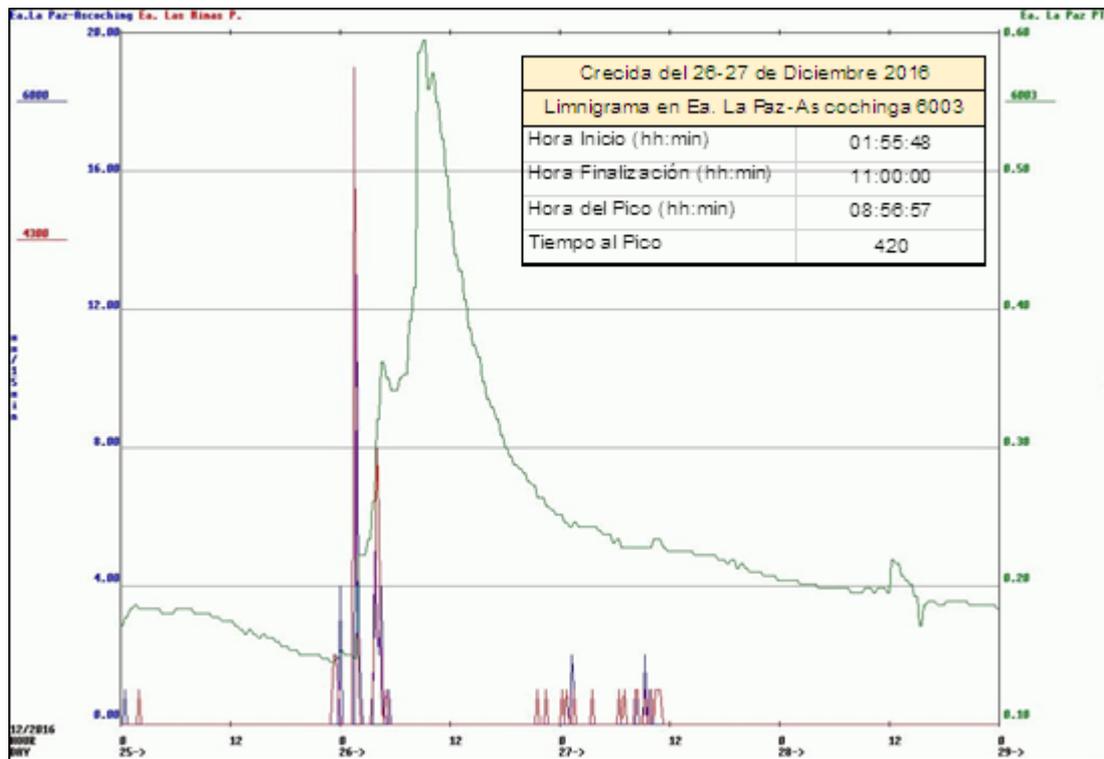


Figura VI.11. Hietogramas-limnigramma de la crecida del 26-27/12/2016

| | | |
|--|---|------------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotecnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-02 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 01 | Página 44 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |

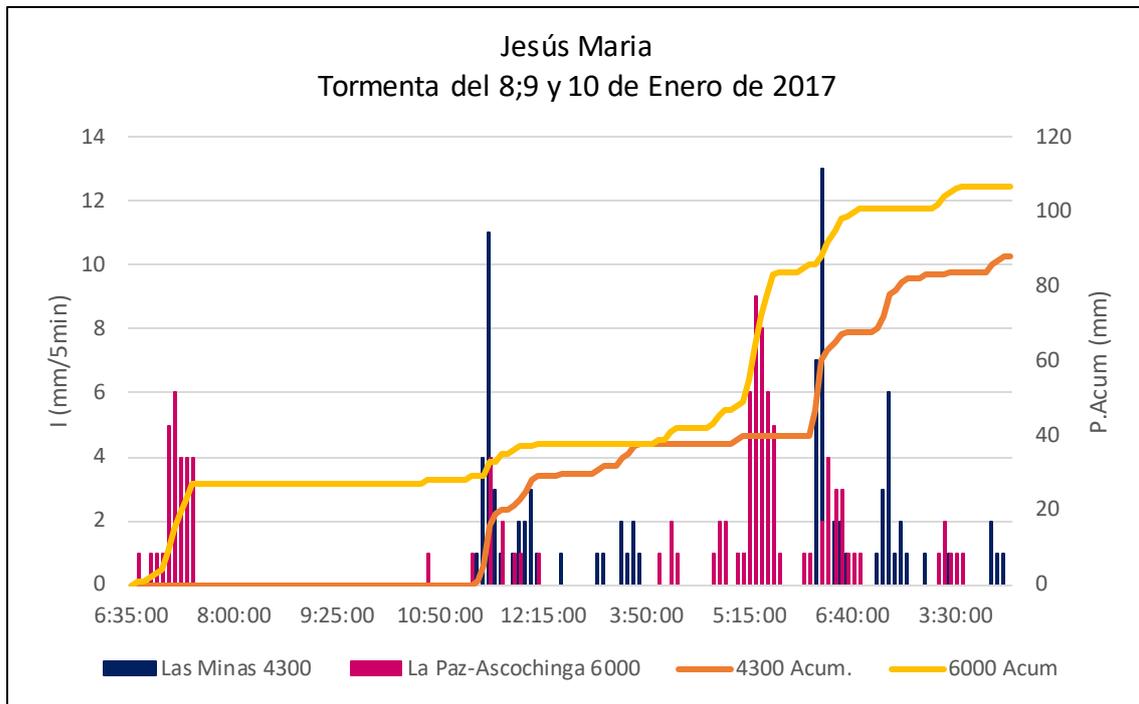


Figura VI.12. Hietogramas y Lluvia Acumulada de la tormenta del 8-9y10/01/2017

Tabla VI-7. Características de los hietogramas del 8-9y10/01/2017

| Hietogramas de la Tormenta del 08-09-10 de Enero 2017 | | |
|---|----------------|--------------------|
| | Las Minas 4300 | Ea.La Paz-As. 6000 |
| Hora Inicio (hh:min) | 11:20:00 | 06:40:00 |
| Hora Finalización (hh:min) | 04:10:00 | 03:35:00 |
| Duración (hh:min) | 3 días | 3 días |
| Total Precipitado en mm | 88 | 107 |
| Intensidad Máxima mm/5min | 13 | 9 |
| Intensidad Máxima mm/h | 156 | 108 |

| | | |
|--|---|------------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotecnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-02 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 01 | Página 45 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |



Figura VI.13. Hietogramas-limnigrana de la crecida del 9-10/01/2017

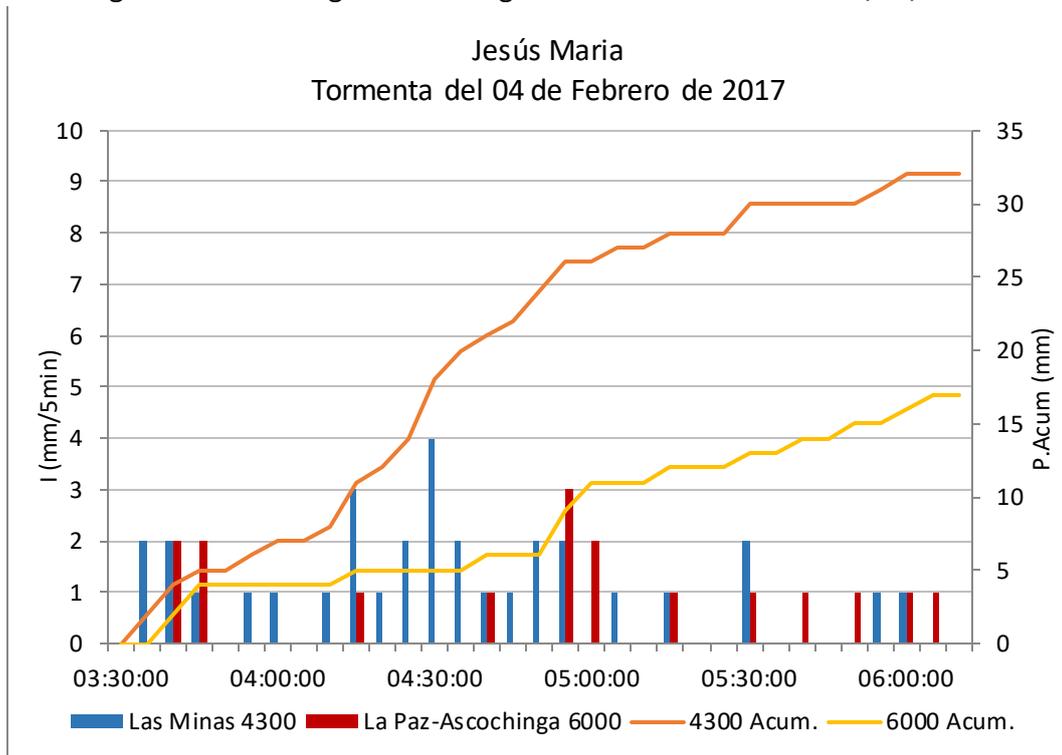


Figura VI.14. Hietogramas y Lluvia Acumulada de la tormenta del 4/02/2017

| | | |
|--|---|------------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotecnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-02 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 01 | Página 46 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gov.ar | | |

Tabla VI-8. Características de los hietogramas del 4/02/2017

| Hietogramas de la Tormenta del 04 de Febrero 2017 | | |
|---|----------------|--------------------|
| | Las Minas 4300 | Ea.La Paz-As. 6000 |
| Hora Inicio (hh:min) | 03:35:00 | 03:40:00 |
| Hora Finalización (hh:min) | 05:05:00 | 06:05:00 |
| Duración (hh:min) | 01:30:00 | 02:25:00 |
| Total Precipitado en mm | 32 | 17 |
| Intensidad Máxima mm/5min | 4 | 3 |
| Intensidad Máxima mm/h | 48 | 36 |

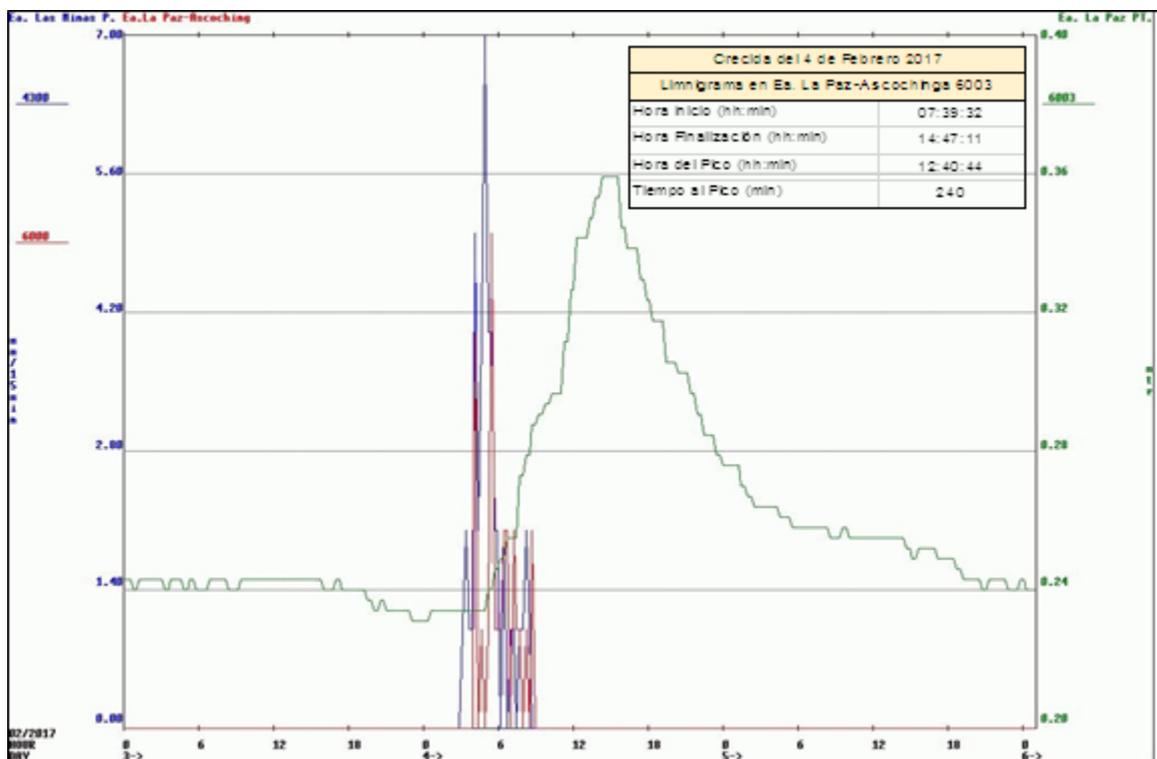


Figura VI.15. Hietogramas-limnigrama de la crecida del 4/02/2017

En las figuras precedentes se puede observar la respuesta hidrológica en la subcuenca del Ascochinga a través de los limnigramas en donde se puede inferir el inicio y el pico de las crecidas presentadas que serán consideradas en modelación hidrológica.

| | | |
|--|---|------------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotecnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-02 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 01 | Página 47 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrósio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |

En cuanto a la manifiesta inquietud que se tiene sobre las crecidas repentinas que originaron el desastre en Jesús María del 15 febrero y 3 de marzo del 2015, cabe aclarar, que no se cuenta con datos de lluvias y niveles medidos para poder cuantificarlas, ya que las estaciones de lluvia del Sistema de Adquisición de Datos Hidrometeorológicos a Tiempo Real (INA-CIRSA- MGYS Pcia.Cba), como se mencionó anteriormente, fueron instaladas recién a fines del año 2015 y la de nivel a fines de 2016.

De manera tal que, al no existir registros de mediciones de los niveles de dichos eventos, no es posible caracterizar y evaluar dichas crecidas en término de caudales y volúmenes. Si existen imágenes y videos que relatan tal suceso y menciones extraoficiales sobre el total de lluvias locales precipitadas en la cuenca alta.

Para el evento del 15 de febrero de 2015 en Sierras Chicas, el sistema de Alerta Temprana de Lluvias (ATLL) permitió el monitoreo a tiempo real del evento en estaciones ubicadas en las cuencas y en sus proximidades, donde se registraron láminas totales de lluvia de entre 100 y 120 mm con intensidades de hasta 80 mm/h, es decir del orden de las intensidades predichas para duraciones de 1 hora y recurrencia de 100 años en esa zona.

La Bolsa de Cereales de Córdoba publica registros semanales, donde se incluye la sumatoria de tales días (http://www.bccba.com.ar/lluvias_dia.asp?Codigo=522&acumulado=dia) :

- Precipitaciones ocurridas desde el jueves 12/02/2015 al miércoles 18/02/2015:
 Jesús María 136mm
- Precipitaciones ocurridas desde el domingo 01/03/2015 al miércoles 04/03/2015
 Jesús María 164mm

VI.4.- ESTIMACIÓN DE LAS LLUVIAS DE DISEÑO

En virtud de la falta de mediciones sistemáticas de caudales en el Río Guanusacate, es posible predecir los mismos mediante el diseño hidrológico a partir de Lluvias de Diseño permitiendo, con la realización de acciones futuras, delimitar medidas estructurales y no estructurales para modificar el impacto negativo de las precipitaciones extremas.

La predicción de lluvias de diseño consiste, en establecer la relación entre intensidad, duración y recurrencia (i-d-T) en el punto de cálculo, extraer de ella la lámina local para las condiciones de interés, reducirla para reflejar la precipitación areal sobre la cuenca y estimar su distribución temporal.

Como rara vez hay datos locales para calibrar la función i-d-T, es necesario transponerla de la estación pluviográfica zonal a una pluviométrica cercana, lo cual implica dividir la región en zonas homogéneas para extrapolar, caracterizar, mapear y medir la cuenca, elegir las estaciones

| | | |
|---|---|------------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotecnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-02 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 01 | Página 48 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |

base y satélite atinentes a ella, conformar y controlar la estacionariedad de las series de máxima intensidad anual respectivas.

En este sentido, desde hace casi 20 años el INA-CIRSA cuenta con una Red Regional de Lluvias de Diseño (RRLD), para la predicción de lluvias críticas en la Provincia de Córdoba. La misma consta de 7 estaciones base (pluviógrafos), en torno a las cuales se dividió la región (Córdoba) en sendas zonas de análisis (Tabla VI-9).

Según pautas de similitud en lluvia media, ubicación y altitud, se distribuyeron en el territorio de la Pcia. de Córdoba los 141 puestos satélite (pluviómetros), extendiendo la información pluviográfica, por transposición, a una red 20 veces más densa (Caamaño Nelli y Dasso, 2003).

Tabla VI-9. Zonas pluviográficas consideradas para Córdoba y estaciones base.

| Nro | ZONA | ESTACIÓN | PROVINCIA | Latitud | Longitud | Alt msnm |
|-----|----------|---------------|-----------|---------|----------|----------|
| 1 | Noroeste | Villa Dolores | Córdoba | 31°57'S | 65°08'W | 569 |
| 2 | Sierras | La Suela | Córdoba | 31°38'S | 64°35'W | 892 |
| 3 | Noreste | Ceres | Santa Fé | 29°53'S | 61°57'W | 88 |
| 4 | Centro | Córdoba Obs. | Córdoba | 31°24'S | 64°11'W | 425 |
| 5 | Suroeste | Río Cuarto | Córdoba | 33°05'S | 64°16'W | 436 |
| 6 | Este | Marcos Juárez | Córdoba | 32°42'S | 62°07'W | 110 |
| 7 | Sur | Laboulaye | Córdoba | 34°07'S | 63°22'W | 137 |

Para la estimación de las combinaciones de intensidad y persistencia de precipitación, según la probabilidad de ocurrencia (relaciones i-d-T), se utilizó el Modelo DIT, desarrollado por Caamaño Nelli y García en 1999, donde se encuentra la i-d-T continua de una serie pluviográfica basándose en el Factor de Frecuencia Normal. Su principal virtud es incorporar la duración en forma analítica, lo cual confiere sentido conceptual a sus parámetros, permitiendo la transposición flexible, objetiva y simple a cada puesto.

La ecuación central de este algoritmo es:

$$(1) \ln i_{dT} = A \cdot \Phi_y - B \cdot \delta_y + C$$

Donde i_{dT} es la intensidad de lluvia esperable para una duración d y una recurrencia T .

Φ_y es el factor de frecuencia normal, estimado por

$$(2) \Phi_y = 2,584458 \cdot (\ln T)^{3/8} - 2,252573$$

δ_y es el factor de persistencia, definido como

$$(3) \delta_y = (\ln d)^{5/3}$$

| | | |
|--|---|------------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotécnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-02 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 01 | Página 49 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrósio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gov.ar | | |

A, B, C son los parámetros del modelo DIT.

En los últimos años se ha desarrollado una metodología que considera el comportamiento espacial de los parámetros estadísticos que definen la lluvia máxima diaria, con la finalidad de ampliar la cobertura espacial y poder inferir Lluvias de Diseño a regiones, en donde no se cuenta con información pluviométrica y/o pluviográfica que permitan su obtención local. De este modo es posible estimar de manera directa y expeditiva las curvas idT, mediante la transposición de los parámetros del modelo DIT. (Catalini, Caamaño Nelli y Dasso, 2011)

Considerando la ubicación geográfica de la ciudad de Jesús María, la RRLLD propone como estación núcleo la ubicada en la estación La Suela, descrito en la Tabla VI-9, apto para transponer la función i-d-T con DIT. Dentro de la misma se seleccionaron tres estaciones pluviométricas (Figura 2), con alrededor de 40 años de registro histórico (Tabla VI-10), permitiendo obtener por medio de la transposición de sus valores estadísticos las funciones idT en esos puntos.

Tabla VI-10. Estaciones pluviométricas de la RRLLD

| Nº | ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA | DEPTO | LATITUD | LONGITUD | ALTITUD msnm | LONG. DE SERIE (Años) |
|----|------------------------|---------|-------------|-------------|--------------|-----------------------|
| 32 | Santa Catalina | Totoral | 30°52'00" S | 64°14'50" W | 700 | 40 |
| 35 | Alto de Fresco | Totoral | 30°55'10" S | 64°21'00" W | 888 | 38 |
| 39 | Ascochinga | Colón | 30°57'30" S | 64°17'00" W | 734 | 41 |

En la Figura VI.16 se muestran los valores de la función idT para la Estación Pluviométrica Santa Catalina (RRLLD) para duraciones hasta 180 minutos (3hs) y recurrencias de 5, 10,25, 50 y 100 años y en la Tabla VI-11 su equivalente en mm de lámina de lluvia para las duraciones de mayor relevancia para el presente estudio. De la misma manera se muestran a continuación la función idT y las láminas de lluvia en función de d y T para las estaciones Alto de Fresco y Ascochinga. (Figura VI.17 y Figura VI.18 y Tabla VI-12 y Tabla VI-13)

| | | |
|--|---|------------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotécnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-02 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 01 | Página 50 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos Nº 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano Nº 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |

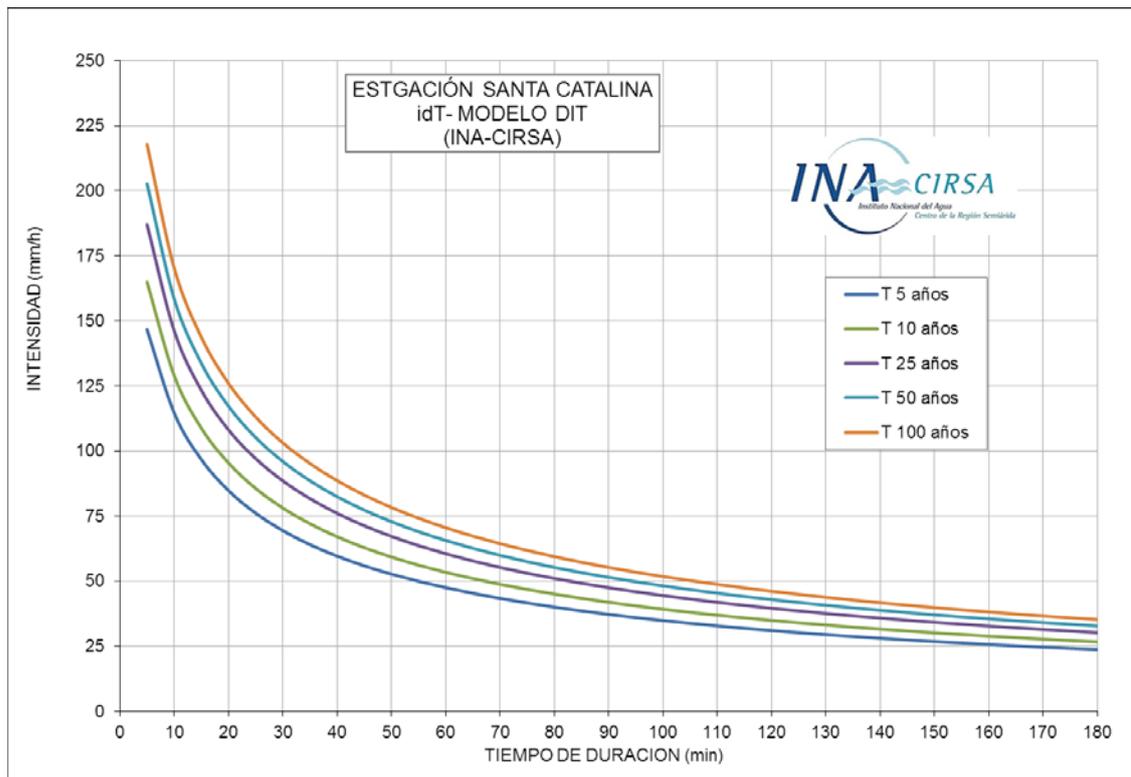


Figura VI.16. Función idT para duraciones hasta 180 min para estación Santa Catalina. Provincia de Córdoba.

Tabla VI-11. Estación Santa Catalina. Lámina de Lluvia (mm) para período de recurrencia T 5, 10 25 50 y 100 años

| LÁMINA DE LLUVIA (mm) | | | | | |
|-----------------------|----------------------|-----|-----|-----|-----|
| Duración (minutos) | Recurrencia T (años) | | | | |
| | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 |
| 120 | 62 | 70 | 79 | 86 | 92 |
| 180 | 71 | 80 | 91 | 98 | 106 |
| 1440 | 115 | 129 | 147 | 159 | 171 |

| | | |
|--|---|------------------------|
| Elaboró Área Geomorfología Área Hidrología Área Geotécnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-02 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 01 | Página 51 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |

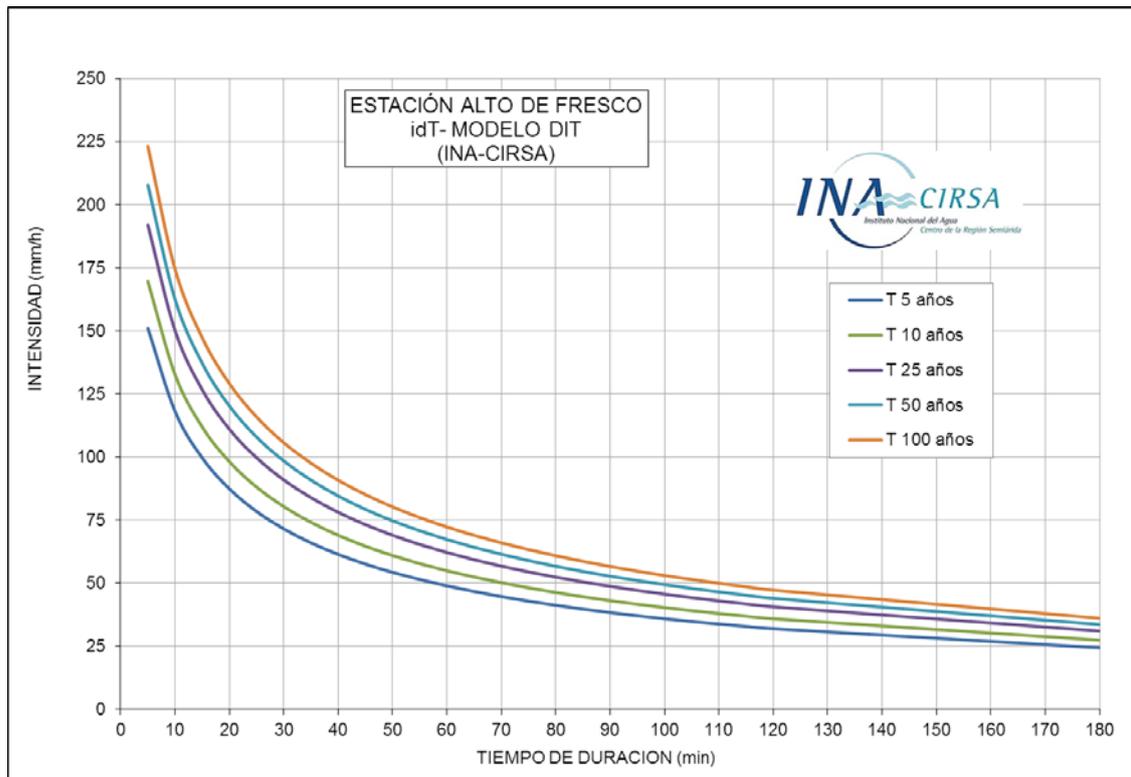


Figura VI.17. Función idT para duraciones hasta 180 min para estación Alto de Fresco. Pcia. de Córdoba.

Tabla VI-12. Estación Alto de Fresco. Lámina de Lluvia (mm) para período de recurrencia T 5, 10 25 50 y 100 años.

| LÁMINA DE LLUVIA (mm) | | | | | |
|-----------------------|----------------------|-----|-----|-----|-----|
| Duración (minutos) | Recurrencia T (años) | | | | |
| | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 |
| 120 | 64 | 72 | 81 | 88 | 94 |
| 180 | 73 | 82 | 93 | 101 | 108 |
| 1440 | 119 | 133 | 151 | 163 | 175 |

| | | |
|--|---|------------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotécnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-02 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 01 | Página 52 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |

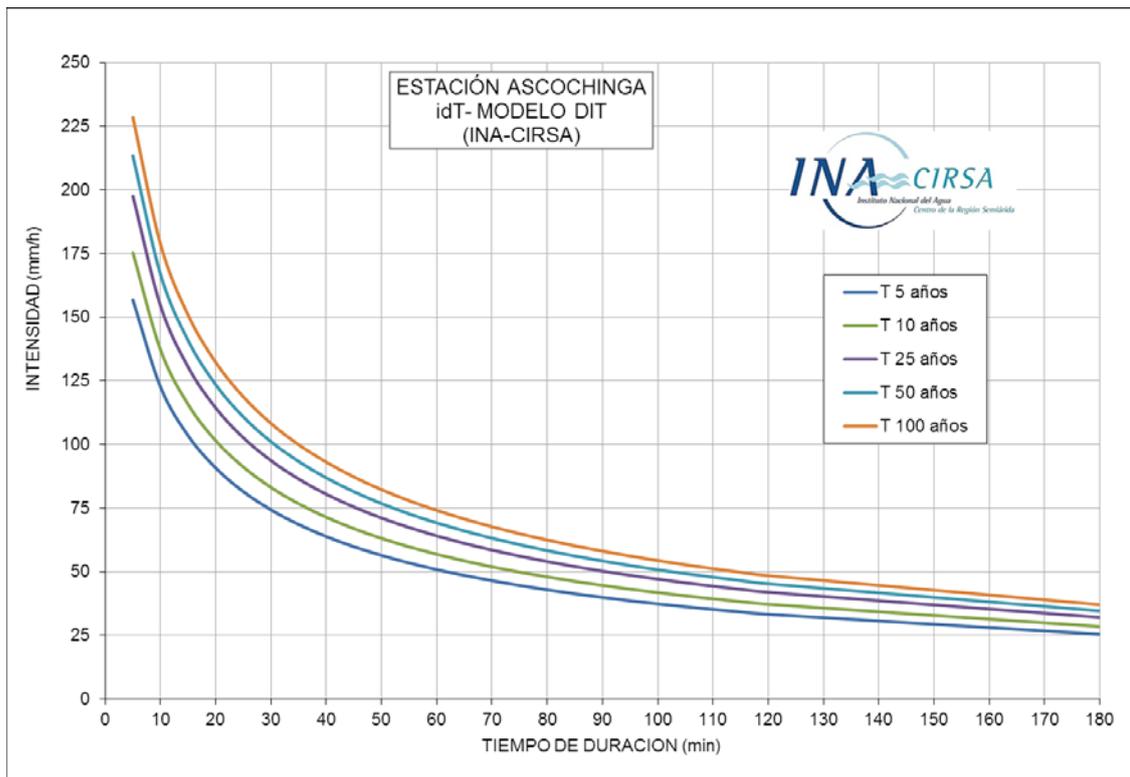


Figura VI.18. Función idT para duraciones hasta 180 min para estación Ascochinga. Pcia. de Córdoba.

Tabla VI-13. Estación Ascochinga. Lámina de Lluvia (mm) para período de recurrencia T 5, 10 25 50 y 100 años

| LÁMINA DE LLUVIA (mm) | | | | | |
|-----------------------|----------------------|-----|-----|-----|-----|
| Duración (minutos) | Recurrencia T (años) | | | | |
| | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 |
| 120 | 66 | 74 | 84 | 90 | 97 |
| 180 | 76 | 85 | 96 | 104 | 111 |
| 1440 | 123 | 138 | 155 | 167 | 179 |

Para representar la distribución temporal de la lámina, en la Zona Sierras se dispone de registros históricos que permiten sintetizar hietogramas adimensionales discretos de varias duraciones.

Para tal fin, se adoptó la técnica de Ordenamiento de Intervalos (Pilgrim, Cordery y French) que condujo a las distribuciones que muestra la Figura VI.19. Este método, desarrollado en Australia, se considera el más adecuado, por su simplicidad y sus resultados, para la provincia de Córdoba, donde ha sido aplicado en numerosas oportunidades.

| | | |
|--|---|------------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotecnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-02 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 01 | Página 53 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |

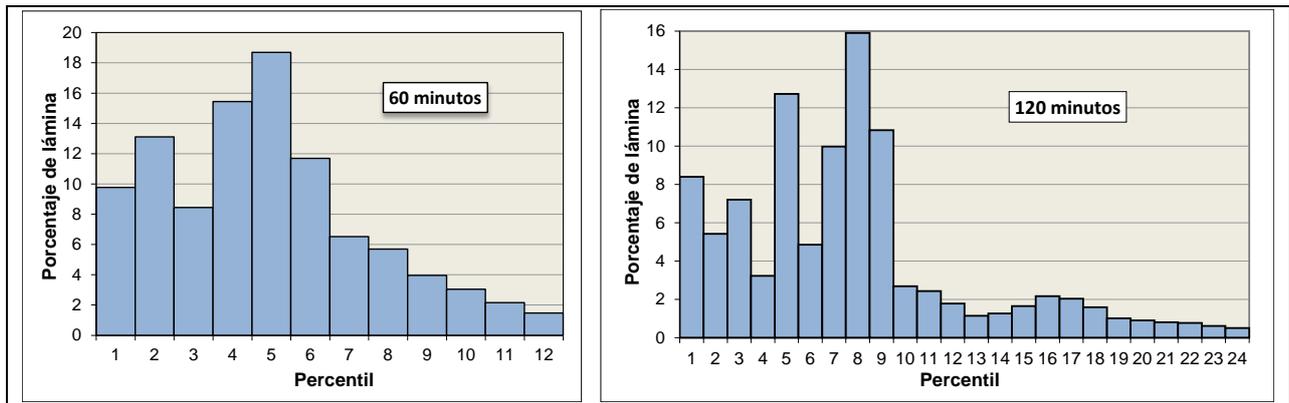


Figura VI.19. Hietogramas tipo para la estación La Suela, para 60 y 120 minutos de duración.

En los gráficos de la Figura VI.19 se representan los porcentajes de lámina de los hietogramas sintéticos adimensionales para 60 y 120 minutos de duración, obtenidos por Ordenamiento de Intervalos, para la Zona Sierras. A partir de los mismos es posible distribuir cada una de las láminas asociada a una duración y recurrencia.

Los mismos predicen que el pico de intensidad de lluvia se produciría a casi media hora de iniciado el Intervalo de Máxima Anual (IMA), en el patrón de una hora, en tanto que en el de dos horas ocurriría alrededor de 40 minutos después del comienzo.

Para otras duraciones, donde no se cuenta con patrones sintéticos obtenidos a partir de análisis estadístico de los datos históricos de IMA, se emplean los métodos que parten de la función idT para obtener tormentas sintéticas, como es el caso del método de bloques alternos, considerando el coeficiente de avance estimado para la estación La Suela (Figura VI.20).

En cuanto al Valor Limite Estimado para la Precipitación Máxima Probable o PMP, tomando como base estudios previos de regionalización de precipitaciones máximas (Catalini, et al. 2014) se establecieron valores para dicha área de 379 mm para un día, valor que supera en un 20% aproximadamente datos extraoficiales que expresaban precipitaciones de hasta 300mm en la cuenca media.

| | | |
|--|---|------------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotecnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-02 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 01 | Página 54 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrósio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |

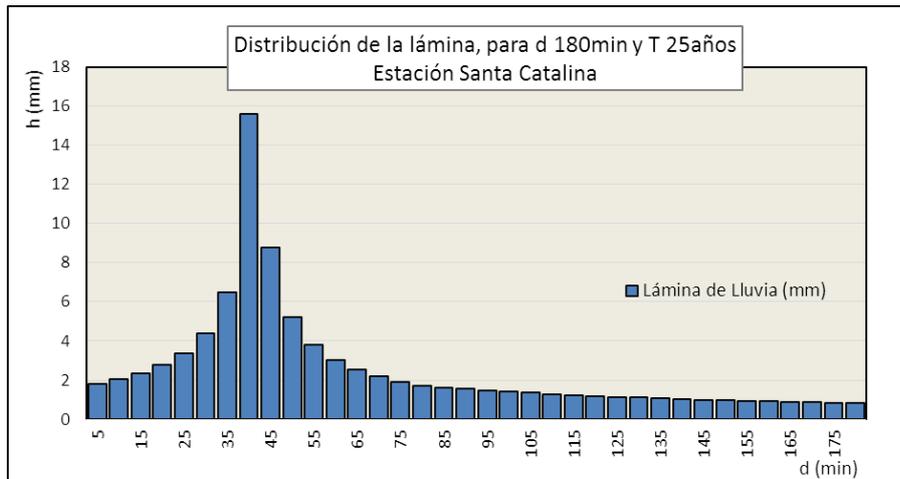


Figura VI.20. Hietograma de 180 min y T=25 años para estación Ascochinga. Pcia. de Córdoba.

VI.5.- CONCLUSIONES PRELIMINARES

Respecto a los avances que se presentan sobre el Estudio Hidrometeorológico-Hidrológico puede decirse que algunos de ellos, como el análisis del régimen pluviométrico imperante en la cuenca, ha quedado definido mediante la caracterización de una serie de 76 años comprendida entre los años hidrológicos 1938/39 y 2013/14 medida en Jesús María.

En cuanto a los eventos hidrometeorológicos como las lluvias críticas y las respuestas hidrológicas a las mismas (como son las crecidas) están en la etapa de identificación y procesamiento primario dada la reciente instalación de los sensores que miden lluvia y nivel sobre el río Ascochinga.

La estimación de las lluvias de diseño, si bien el desarrollo conceptual y metodológico está definido y probado para todo el territorio de la provincia de Córdoba, la determinación de la duración y la recurrencia de las lluvias para predecir los caudales de proyecto quedaran definidas cuando se complete la modelación hidrológica-hidráulica de las cuencas y se precisen los criterios geológicos y geomorfológicos para las situaciones de riesgo hídrico.

| | | |
|--|---|------------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotécnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-02 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 01 | Página 55 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |

VII.- AVANCE ESTUDIO GEOFÍSICO Y GEOTÉCNICO

VII.1.- DESCRIPCIÓN

El primer informe de avance geotécnico, tiene el objetivo final de estudiar la estabilidad del talud en dos sectores de la margen sur del río Guanusacate; siendo en ambos casos estudiadas zonas de influencia urbana de la localidad de Jesús María en la provincia de Córdoba, ver Figura VII.1.

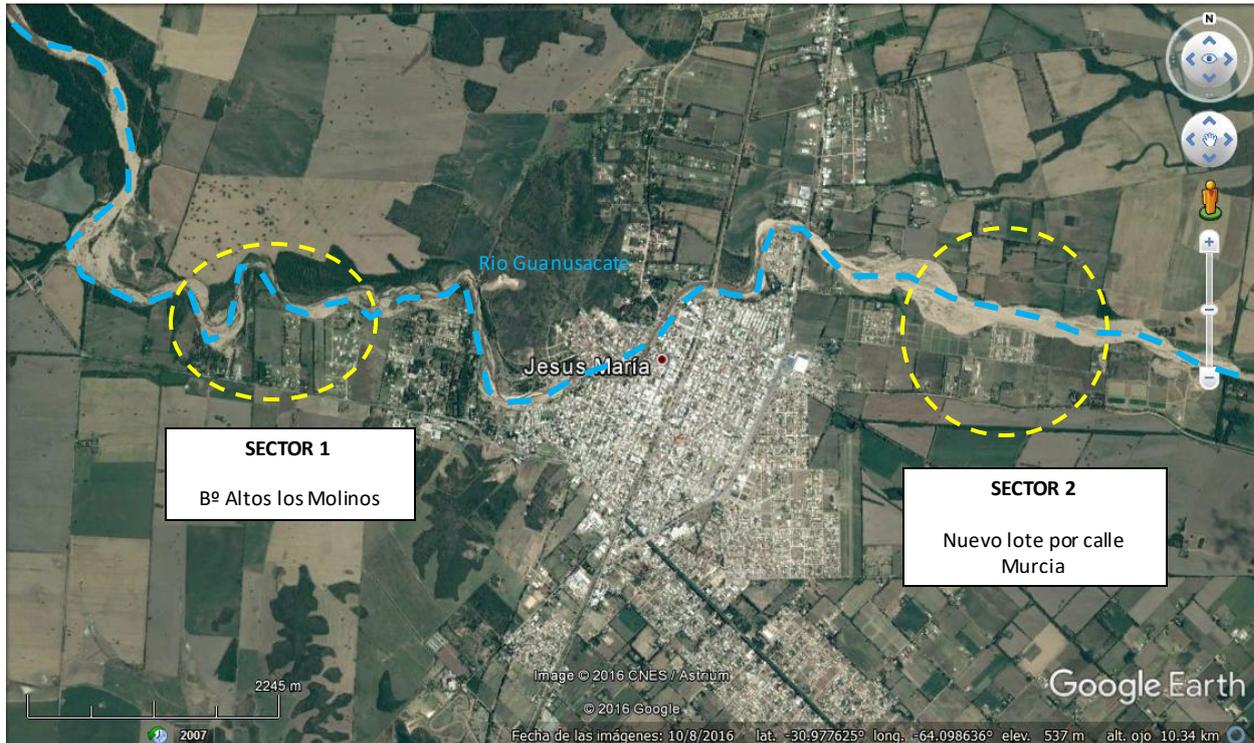


Figura VII.1. Ubicación de los dos sectores estudios.

El alcance final del legajo técnico geotécnico, se planteó en tres etapas correlativas:

- Primera etapa o exploratoria directa permitiría identificar los perfiles de suelos geotécnicos principalmente en la margen sur del río Guanusacate de ambos sectores. Además, en esta Primer etapa, se contempla la búsqueda de antecedentes geotécnicos a lo largo de la zona de influencia urbana del Río Guanusacate.
- Segunda Etapa o exploratoria indirecta, complementará la Primer etapa con la realización de un perfil geofísico en el sector 2.
- La Tercera etapa y última, responde al análisis de resultados total, estudio de la estabilidad de los taludes en los dos (2) sectores y propuesta de sostenimiento factibles.

| | | |
|--|---|------------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotecnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-02 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 01 | Página 56 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |

VII.2.- ETAPA I: CAMPAÑA EXPLORATORIO DIRECTA

Fecha ejecutiva: 2º quincena o sea el día 15 de Febrero del 2017.

VII.2.a. Objetivo General:

- Recopilar estudios de suelos a lo largo de la zona de influencia del Rio Guanusacate inscriptos en el ejido municipal de Jesús María.
- Obtener perfiles geotécnicos con muestreo de suelos en dos sectores del Rio Guanusacate; siendo los sectores identificado como prioritarios por el Municipio para su pronta intervención de sostenimiento.
- Caracterizar geotécnicamente las muestras de suelos extraídas.

VII.2.b. Objetivos específicos:

- Realizar exploraciones directas in situ del tipo sondeo de penetración estándar (S.P.T.) sin la utilización de lodos bentoníticos y con extracción de muestras de suelos alterados a distintos cambios de estratos hasta una profundidad máxima de 12m (o rechazo a la penetración). Alternativamente al sondeo S.P.T., se podrá realizar el sondeo de hincada dinámica de penetración (D.P.C.H.) sin extracción de muestra de suelos.
- Determinar la profundidad del acuífero freático (si correspondiera).
- Realizar ensayos de laboratorio para lograr una caracterización geotécnica del perfil de suelos en cada exploración (si correspondiera).

VII.2.c. Tareas realizadas in situ como laboratorio:

- Ejecutar los cuatro (4) exploraciones directas in situ; mensurándose los Nº golpes según cada avance en profundidad y lograr la extracción de muestras de suelos (si correspondiera a la existencia de suelos cohesivos o aparentemente cohesivos). Puntualmente, se realizaron tres (3) S.P.T. con extracción de muestras de suelos alteradas y una (1) D.P.C.H. sin extracción de muestras de suelos.
- Medir con cinta y plomada, el nivel del acuífero freático desde cada boca de las exploraciones. El tiempo máximo de estabilización del acuífero fue de dos (2) hr.
- Ejecutar los ensayos de laboratorio de las muestras alteradas extraídas: cuatro (4) contenido de humedad, cuatro (4) lavado tamiz 200, un (1) límites de Atterberg, cuatro (4) granulometría por tamices como sedimentación, cuatro (4) sales totales. Se aclara que no se pudo completar la realización de los tres (3) límites de Atterberg restantes como, los cuatro (4) ensayos del doble hidrómetro citadas en los Términos de Referencia, ya que la cantidad de muestra total era insuficientes y se dio prioridad a los ensayos determinísticos.
- Completar los cuatro (4) perfiles de suelos de cada una de las exploraciones realizadas. Detallando por columnas los resultados obtenidos del laboratorio como de campo: descripción del tipo de suelo; clasificación por Sistema Unificado de Clasificación de

| | | |
|--|---|------------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotecnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-02 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 01 | Página 57 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos Nº 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano Nº 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |

Suelos (S.U.C.S.); contenido de humedad; pasante por el tamiz 200; granulometría pasante tamiz Nº 4 (diámetro 4,75mm), 10 (diámetro 2,0mm), 40 (diámetro 0,43mm) y 200 (diámetro 0,075mm); límite de Atterberg (límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad); gráfica de Nº de golpes versus profundidad (unidad metros); presencia del nivel freático (unidad metros). Las planillas de los respectivos perfiles se entregara en forma individual.

- Realizar una caracterización geotécnica preliminar de ambos sectores explorados en las márgenes del Rio Guanusacate. Será preliminar ya que la misma será posteriormente complementada con la Segunda Etapa exploratoria.

VII.2.d. Resultados obtenidos

En la Figura VII.2 se observan los seis (6) estudios de suelos de antecedentes en la zona de ribereña del Rio Guanusacate. La identificación se realizó con la letra A de Antecedente acompañado de un número correlativo de 1 a 6. En la Tabla VII-1, se especifican los tipos de suelos geotécnicos y las correspondientes profundidades en cada sitio de antecedente.



Ubicación satelital

Figura VII.2. Ubicación de los estudios de antecedentes geotécnicos en zona ribereña.

| | | |
|--|---|------------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotecnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-02 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 01 | Página 58 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrósio Olmos Nº 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano Nº 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gov.ar | | |

Tabla VII-1. Tipos de suelos vs. profundidades de los antecedentes geotécnicos.

| Antecedente | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 |
|-----------------------|--|--|---|-----------------------------------|---|--|
| Localizada en margen: | Sur | Norte | Sur | Sur | Sur | Sur |
| Coordenadas globales | -30.977426° -64.068217° | -30.977014° -64.103651° | -30.973904° -64.094499° | -30.981435° -64.110113° | -30.972789° -64.093163° | -30.976888° -64.097867° |
| Estrato I | Limo arenoso con materia orgánica (raíces) a arena media | Limo arenoso con materia orgánica (raíces) | Relleno antrópico y Arena gruesa con limo | Limo arenoso orgánico | Rellenos mezcla de arena con gravas y limo orgánico | Limo arenoso orgánico a arena limosa |
| Prof. | 0,0 a 1,7m | 0,0 a 1,0m | 0,0 a 1,1m | 0,0 a 1,0m | 0,0 a 1,5m | 0,0 a 4,0m |
| Estrato II | Arena gruesa "limpia" sin limo, gravas y bolos aislados. | Arena gruesa a fina con algo de finos | Limo con arena fina micácea | Limo arenoso con algo de arcillas | Arena gruesa con gravas y escasos finos | Arena gruesa con gravas y bolos aislados |
| Prof. | 1,7 a 4,0m | 1,0 a 2,5m | 1,1 a 4,7m | 1,0 a 9,0 | 1,5 a 4,0m | 4,0 a 9,0m |
| Estrato III | - | - | Arena mal graduada limpia | - | - | - |
| Prof. | - | - | 4,7 a 6,0m | - | - | - |

El estudio de campo consistió en ejecutar dos (2) exploración por cada sector ribereño identificado como prioritarios por el Municipio de Jesús María; siendo el primero sector explorado, la margen sur de Bº Altos Los Molinos y, el segunda sector, la margen sur como norte del nuevo loteo por calle Murcia. En la Figura VII.3 se observan la ubicación de los cuatro (4) sondeos realizados el día 15-02-17. Mientras que en la Tabla VII-2. se especifican las respectivas coordenadas globales, fotos de referencia y los niveles freáticos alumbrados de cada exploración.

| | | |
|--|---|------------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotecnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-02 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 01 | Página 59 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bº Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |

Tabla VII-2. Ubicación de los sondeos geotécnicos realizados el 15-02-17.

| Sondeo | S1 | S2 | S3 | S4 |
|--|---|---|--|---|
| Localizada en margen: | Sur | Sur | Sur | Norte |
| Coordenadas globales | -30.972563° -64.130775° | -30.972646° -64.135505° | -30.974690° -64.066983° | -30.968382° -64.068837° |
| Fotografía |  |  |  |  |
| Profundidad nivel freático 15-02-17 | ~7,0m | ~4,0m | ~4,0m | ~6,5m |

En el primer sector, se ejecutaron un (1) S.P.T. y una (1) D.P.C.H., ambos en la margen SUR y con extracción de tres (3) muestras de suelo en total. No se logró extraer muestras de suelos en el sondeo S2 por ser suelos no cohesivos. El tipo de prueba S.P.T. consiste en contar el número de golpes necesarios para que se introduzca a una determinada profundidad la cuchara Terzaghi que permite tomar muestras de suelo alterada. En cuanto a la prueba del D.P.C.H consiste en contar el número de golpes necesarios para que se introduzca un cono a punta perdida en profundidad (no se extra muestras de suelos). La profundidad máxima de exploración fue de 7,8m desde el nivel de terreno natural sobre la margen sur del sondeo S2. La profundidad del nivel freático medida luego de realizar las pruebas in situ de penetración respectivas, rondaría entre ~4,0 m (caso del S2) a ~7,0 m (caso S1).

Mientras que el segundo sector, se ejecutaron dos (2) S.P.T. o sea uno en la margen SUR y el otro en la margen NORTE; siendo la cantidad de muestras extraídas alteradas de dos (2) muestras en total. La profundidad máxima de exploración fue de ~11m desde el nivel de terreno natural sobre la margen NORTE del sondeo S4. La profundidad del nivel freático medida luego de realizar las pruebas in situ de penetración, rondaría entre ~4,0 m (caso del S3) a ~6,5 m (caso S4).

En el Anexo, se adjuntan los perfiles geotécnicos detallados de cada exploración realizada. Como así también las planillas de los ensayos de laboratorio realizados.

| | | |
|--|---|------------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotecnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-02 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 01 | Página 60 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrósio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |



Figura VII.3. Ubicación de los sondeos geotécnicos realizados el 15-02-17.

En forma preliminar, se obtuvo que la fracción predominante de los suelos estudiados ha sido la gruesa o sea (~SP, arenas mal graduadas según S.U.C.S.); siendo el rango de profundidades exploradas desde 0,0 a 7,8 metros en el sector 1 (ref: Bº Altos Los Molinos) y de 0,0 a 11m en el sector 2 (ref: calle Nuevo loteo por calle Murcia). Se trata de suelos típicos de esta región del Rio Guanusacate. En cada sector se especifican algunas condiciones geotécnicas:

Sector 1 (ref: Bº Altos los Molinos)

- De color pardo claro a amarillento, según sea su contenido de humedad y el contenido de arenas/gravas en profundidad. Se destaca la presencia de suelos de color pardo oscuro con presencia de materia orgánica desde 0,0m a 3,0 de profundidad desde el nivel de terreno natural del sondeo S1. Esto podría deberse a una primera hipótesis de haber alumbrado suelos residuales jóvenes aportados por escurrimiento fluvial.
- Las fracciones de suelos alumbrados en los sondeos de este sector, se especifican en la Tabla VII-3. Predomina la fracción arenosa con algo de finos (limos y arcillas) y escasas gravas tanto en el sondeo S1 como S2.

| | | |
|---|---|------------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotecnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-02 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 01 | Página 61 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos Nº 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano Nº 235 – Bº Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gov.ar | | |

Tabla VII-3. Fracciones de suelos en el sector 1.

| Sondeo | Prof. [m] | Grava (>4,75mm) [%] | Arena (4,75 a 0,075mm) [%] | Limo (0,075mm a 2µm) [%] | Arcilla (<2µm) [%] |
|-----------|-----------|---------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------|
| Sondeo S1 | 3,0 | 3,0 | 66,0 | 22,0 | 9,0 |
| | 5,8 | 3,0 | 73,0 | 12,7 | 11,3 |

Demostrando que el tipo de escurrimiento que conformo el perfil sedimentológico fue de baja intensidad en profundidad hacia 5,8m y a posterior uno de media intensidad hacia los 3,0m en la zona del sondeo S1. Generando una hipótesis de haber alumbrado, un perfil general de suelos residuales inestables superficial, ya que gravitacionalmente se decantaron en profundidad, "suelos gruesos" con predominio de la fracción arcillosa respecto del superior que predomina la fracción limosa.

- El acuífero freático (NF) vario su alumbramiento desde 7,0m en la zona del S1 a 4,0m en la zona del S2. El sondeo S2 se realizó casi en la planicie de inundación labrada en la crecida del 15-02-15.
- El índice de plasticidad (IP) en estrato de 5,8 de profundidad del sondeo S1, fue de 2,9% o sea bajo con un límite líquido de ~19,2% y un límite plástico de ~16,3%. Por lo general, los suelos profundos de ambientes fluviales, el límite plástico sabe ser cero o lo que prácticamente se denomina No Plástico (NP). Por lo tanto, se asevera la hipótesis de suelos residuales de una cuenca nueva del sector.
- La lixiviación de las fracciones más finas (arcillas principalmente) de los suelos residuales superficiales hacia los profundos, acarrearía una probabilidad de convertirlos en contráctiles cuando pierden humedad y ligeramente expansibles cuando la ganan de nuevo. En su mayoría todas las arcillas tienen un cierto potencial de expansión (menos o más). Principalmente, depende de los minerales activos o lo que se conoce como actividad (Ac) siendo los valores de referencia según se citan en la
-
-
- Tabla VII-4. El tipo de arcillas del estrato a 5,8 m del S1, tiene un Ac de 0,25 o sea responde a una Kaolinita; siendo la menos activa o expansiva de las arcillas ante la presencia de agua en la masa de suelo.

| | | |
|--|---|------------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotécnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-02 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 01 | Página 62 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |

Tabla VII-4. Actividad de las arcillas (en general).

| MINERAL | ACTIVIDAD (Ac) ¹ |
|---|-----------------------------|
| Kaolinita | 0.20 a 0.46 |
| Illita | 0.9 |
| Montmorillonita (Ca) | 1.5 |
| Montmorillonita (Na) | 7.2 |
| Nota ¹: Donde la Actividad(Ac) = $\frac{\text{Indice de plasticidad}}{\% \text{ de suelo pasa } 2\mu\text{m}}$ | |

- Los sedimentos gruesos de ambos sondeos, no presentan sales solubles disueltas o sea concluye que existe <0,1 % de éstas.
- Los números de golpes resistentes a la penetración de las exploraciones del tipo S.P.T. como D.P.C.H. de los sondeos S1 y S2 responde a los promedios de la Tabla VII-5. Esta resistencia a la penetración es, de hecho, función de las características y del tipo de suelo, ver Figura VII.4. Se obtuvo los datos de peso unitario total (γ_{total}) por correlaciones según Foundation analysis and design de Bowles (1996).

Tabla VII-5. Números de golpes y compacidad.

| Sondeo Prof (m) | Sondeo 1 | Dr (%) | γ_{total} (tn/m ³) | Sondeo Prof (m) | Sondeo 2 | Dr (%) | γ_{total} (tn/m ³) |
|-----------------|---|--------|--|-----------------|---|--------|--|
| 0,0 a 3,0 | 5 Compacidad ligeramente suelta | 25 | 1,20 | 0,0 a 4,4 | 6 Compacidad ligeramente suelta | 27 | 1,25 |
| 3,0 a 5,8 | 19 Compacidad compacta | 48 | 1,40 | 4,4 a 7,4 | 21 Compacidad compacta | 51 | 1,60 |
| A partir 5,8 | 56 Compacidad muy densa | 86 | >1,90 | 7,4 a 7,8 | 48 Compacidad densa | 78 | 1,80 |

| | | |
|--|---|------------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotecnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-02 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 01 | Página 63 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrósio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gov.ar | | |

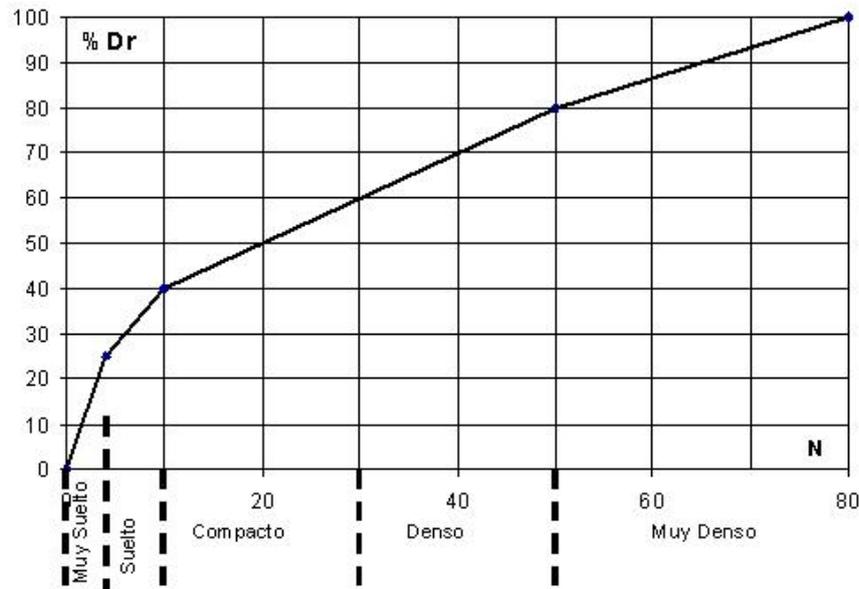


Figura VII.4. Valores de porcentaje de densidad relativa (% Dr) vs. Nº de golpes.

Sector 2 (ref: Nuevo loteo por calle Murcia)

- De color pardo claro a amarillento, según sea su contenido de humedad y el contenido de arenas/gravas en profundidad en ambos sondeos.
- Las fracciones de suelos aluminados en los sondeos de este sector, se especifican en la Tabla VII-6. Predomina la fracción arenosa con algo de gravas y escasos finos en la zona del S3 (margen SUR). Mientras que predomina la fracción arenoso con algo de finos (limos y arcillas) y nulas gravas en la zona del S4 (margen NORTE).

Tabla VII-6. Fracciones de suelos en el sector 2.

| Sondeo | Prof. [m] | Grava (>4,75mm) [%] | Arena (4,75 a 0,075mm) [%] | Limo (0,075mm a 2µm) [%] | Arcilla (<2µm) [%] |
|-----------|-----------|---------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------|
| Sondeo S3 | 3,0 | 16,0 | 70,0 | 4,7 | 9,3 |
| Sondeo S4 | 3,0 | 2,0 | 86,0 | 6,7 | 5,3 |

| | | |
|--|---|------------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotecnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-02 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 01 | Página 64 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos Nº 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano Nº 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |

Sin observarse una notoria variación en los contenidos de finos de ambos horizontes por más que estén en distinta margen. Con la diferencia que la margen SUR podría haberse encontrado topográficamente más baja que la margen NORTE; siendo posible la decantación de las escasas gravas remanentes removidas por el pico de crecida gestacional en la margen SUR respecto de la margen NORTE. Esta hipótesis será verificada al completar la Segunda etapa del legajo geotécnico.

- El acuífero freático (NF) vario su alumbramiento desde 4,0m en la zona del S3 a 6,5m en la zona del S4. Intuyéndose una afloramiento del NF más próximo a la superficie en la zona del sondeo S3 ante la presencia de suelos gruesos profundos más permeables (o sea gravas 16% y arenas 70%) en comparación que la margen NORTE.
- Los números de golpes resistentes a la penetración de las exploraciones del tipo S.P.T. como D.P.C.H. de los sondeos S3 y S4 responde a los promedios de la Tabla VII-7. Esta resistencia a la penetración es, de hecho, función de las características y del tipo de suelo, ver Figura VII.4. Se obtuvo los datos de peso unitario total (γ_{total}) por correlaciones según Foundation analysis and design de Bowles (1996).

Tabla VII-7. Números de golpes y compacidad.

| Sondeo Prof (m) | Sondeo 3 | Dr (%) | γ_{total} (tn/m ³) | Sondeo | Sondeo 4 | Dr (%) | γ_{total} (tn/m ³) |
|--------------------|----------------------------------|-----------|--|-----------|--|-----------|--|
| 0,0 a 1,0 | 7 Compacidad suelta | 32 | 1,30 | 0,0 a 0,5 | 10 Compacidad ligeramente compacta | 40 | 1,40 |
| 1,0 a 4,0 | 9 Compacidad suelta | 38 | 1,35 | 0,5 a >11 | 10 Compacidad ligeramente compacta | 40 | 1,40 |
| A partir 4,0 | 25 Compacidad compacta | 55 | 1,80 | | | | |

VII.3.- TAREAS PENDIENTES

- Realizar tres (3) cortes directo de muestras representativas a definir según perfil tipo general como influencia de tirantes hidráulicos.
- Realizar el procesamiento del relieve digital de ambos sectores.
- Realizar in situ la campaña exploratorio de forma indirecta en sector 2 (o sea determinar el perfil geofísico transversal).

| | | |
|--|---|------------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotecnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-02 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 01 | Página 65 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |

- Verificar el nivel del acuífero freático en la campaña geofísica del sector 2.
- Realizar un perfil general geotécnico por cada sector estudiado. Incluyendo datos de cotas, geofísicos (si correspondieran) y geológicos.
- Finalmente analizar los resultados, modelar taludes y estudiar sostenimientos de los mismos en los sectores estudiados verificados a distintos tirantes hidráulicos.

VIII.- ACLARACIÓN

El presente informe constituye un informe parcial, sujeto a modificaciones en función de los avances alcanzados en las etapas posteriores explicitadas en el convenio marco INA - Municipio Jesús María.

IX.- BIBLIOGRAFÍA

BARBEITO OSVALDO Y ANA. RYDZEWSKI (2015). **Inundaciones y erosión de márgenes en la localidad de Jesús María. Córdoba.** En: Segundo Encuentro interdisciplinario de investigadores en problemáticas ambientales de la Universidad Nacional de Córdoba. (EIDIPA). Formato Poster.

BARBEITO, O., A. RYDZEWSKI, P. CONTRERAS, F. MURACCIOLE Y N. RAPTÓPULOS (2013) **Riesgo de inundación en la cuenca baja del río Carnero, Córdoba, Argentina. Casos: Tinoco y Rangel.** Actas del XXIV. Congreso Nacional del Agua.

BARBEITO, O., C. BELTRAMONE, S. AMBROSINO y F. FAYA (2002). **Evaluación De la tendencia evolutiva del río Los Tártaos y amenazas asociadas.** Actas del XIX Congreso Nacional del Agua. Villa Carlos Paz. Argentina. Agosto 2002.

BARBEITO, O.; S. AMBROSINO; C. BELTRAMONE Y D. TORRE (2003). **Tendencia evolutiva de cursos fluviales del Norte de Córdoba.** Segundo Foro Interdisciplinario de Ciencias Vinculadas al Ambiente y Calidad de Vida. San Fernando de Catamarca.

CAAMAÑO NELLI, G. Y C. M. DASSO. (2003). **Lluvias de Diseño: Conceptos, Técnicas y Experiencias.** Editorial Universitas. 222 pág. ISBN: 987-9406-43-5. Córdoba, Argentina.

CATALINI, C. G., CAAMAÑO NELLI, G. E. Y C. M. DASSO. (2011). **Desarrollo y Aplicaciones sobre Lluvias de Diseño en Argentina. Estudios Hidrológicos en la Región Central de Argentina** Editorial Académica Española .284 pág. ISBN-13: 978-3-8454-9722-8. Alemania.

CATALINI, C.G; GARCÍA RODRIGUEZ, C.M; CAAMAÑO NELLI, G.E (2014); **Regionalización Paramétrica y valores límites estimados en la región Central Argentina.** IV Taller sobre Regionalización de Precipitaciones Máximas. Universidad Nacional del Tucumán.

| | | |
|--|---|------------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotecnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-02 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 01 | Página 66 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos Nº 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano Nº 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |

FERNANDEZ GARCÍA, F.(1996). **Manual de Climatología Aplicada, Clima, Medio Ambiente y Planificación**. Editorial Síntesis S.A., España, 1996.

GORDILLO, C.; LENCINAS, A. (1979). **Sierras Pampeanas de Córdoba y San Luis**. II Simposio de Geología. República Argentina. Vol. V. Academia Nacional de Ciencias de Córdoba.

GREGORY, K.J.; WALLING, D.E. (1985).**Drainage Basin. Form and Process**. Edit. Edward Arnold. Victoria, Australia.

INA-CIRSA. (2016). **Procesamiento Primario de Datos de Precipitación Suministrados por el Sistema de Adquisición de datos Hidrometeorológicos a Tiempo Real en la Provincia de Córdoba (INA-CIRSA y MGYS de Córdoba). Año Hidrológico 2015-2016**. Informe Técnico. 65 pag. Área Hidrología INA-CIRSA. Córdoba, Diciembre de 2016.

INTA JM. (2014). **Estudio de las Precipitaciones en la Ciudad de Jesús María-Cba-Período 1913-2014. 102 años**. Informe Técnico. INTA Jesús María. 2014.

LUTTI, R y otros. (1979). **Geografía Física de Córdoba. Cap. Vegetación**. Ed. Bolat. Bs. As.

LLAMAS, J.(1989). **Hidrología General. Principios y Aplicaciones**. Universidad Autónoma de Mexico. D.F., México.

| | | |
|--|---|------------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotecnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-02 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 01 | Página 67 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gob.ar | | |

X.- ANEXO (PLANILLAS Y PLANOS)

| | | |
|--|---|------------------------|
| Elaboró Area Geomorfología Area Hidrología Área Geotécnica/Lab. Suelos | Código: INA-CRS-JSM-IF-001-17-02 | |
| | Emisión: Marzo de 2017 | |
| | Revisión: 01 | Página 68 de 68 |
| INA, Instituto Nacional del Agua – CIRSA, Centro de la Región Semiárida Sede CBA: Av. Ambrosio Olmos N° 1142 - 1er. Piso (X5000JGT) Córdoba Capital Sede VCP: Medrano N° 235 – Bª Santa Rita (X5152MCG) – Villa Carlos Paz Córdoba (54 351) 4682781 - Fax (54 351) 4682782 - cirsa@ina.gov.ar | | |

Perfil de Suelos Sondeo-1 (S1)

Proyecto: Estabilidad de taludes en dos sectores de las margenes del RÍO GUANUSACATE

Ubicación: Jesús Maria - Córdoba

Operador: MPC - ST

Tipo de exploración: Hinca Dinámica a cono recuperable con extracción de muestras alteradas por la cuchara Terzaghi

* Nivel de referencia: Corresponde al nivel de terreno natural (NTN) al 15/FEB/17

Nivel Freático (N.F.): Se alumbraría a los ~7,0 m prof. (desde el NTN)

| Prof.* z [m] | Descripción del Suelo (1) NTN | Clasificación geotécnica ~ S.U.C.S. | Cont. de Humedad [%] | % de humedad 0 10 20 30 | Cont. de pasante T200 [%] | Limites de Atterberg | | | Granulometria Pasante Tamiz | | | | Ensayo Corte directo | | Nº de golpes 0 10 20 30 40 50 60 ■ SPT ● Hinca | Nivel freático | |
|--------------------|--|---|-------------------------------|----------------------------|------------------------------------|-------------------------|------|-----|--------------------------------|-----|-----|------|-------------------------|-----|---|-------------------|----|
| | | | | | | WL | WP | IP | #4 | #10 | #40 | #200 | c | φ | | | |
| | | | | | | [%] | [%] | [%] | [%] | [%] | [%] | [%] | [kg/cm ²] | [°] | | | |
| 0,0 | | | - | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1,0 | Cubierta vegetal sobre arena con algo de finos orgánicos y escasas gravillas, color pardo oscuro, baja humedad, N° golpes promedio de 5, compactad promedio ligeramente suelta | | - | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | no |
| 2,0 | | | - | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | no |
| 3,0 | | OL | 7,1 | 7,1 | 31,2 | - | - | - | 97 | 85 | 43 | 31 | pendiente | | | | no |
| 4,0 | Arena con algo de finos y escasas gravas, color pardo claro, baja humedad, N° golpes promedio de 19 compactad promedio compacta | | - | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | no |
| 5,0 | | | - | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | no |
| 6,0 | | SM | 3,6 | 3,6 | 23,9 | 19,2 | 16,3 | 2,9 | 97 | 83 | 46 | 24 | pendiente | | | | no |
| 6,5 | <i>Fin del sondeo a Prof:6,5m</i> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7,0 | N.F.: - 7,0 m | | | | | | | | | | | | | | | | si |
| 8,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Nota (1): La descripción del tipo de suelo es orientativa y esta complementada desde los antecedentes geológicos. (2) Ácido clorídrico.

Perfil de Suelos Sondeo-2 (S2)

Proyecto: Estabilidad de taludes en dos sectores de las margenes del RÍO GUANUSACATE

Ubicación: Jesús Maria - Córdoba

Operador: MPC - ST

Tipo de exploración: Hinca Dinámica con cono a punta perdida

* Nivel de referencia: Corresponde al nivel de terreno natural (NTN) al 15/FEB/17

Nivel Freático (N.F.): Se alumbraría a los ~4,0 m prof. (desde el NTN)

| Prof.* z [m] | Descripción del Suelo (1) NTN | Clasificación geotécnica ~ S.U.C.S. | Cont. de Humedad [%] | % de humedad 0 10 20 30 | Cont. de pasante T200 [%] | Límites de Atterberg | | | Granulometría Pasante Tamiz | | | | Nº de golpes ■ SPT ◆ Hinca | Nivel freático | |
|--------------------|---|---|-------------------------------|----------------------------|------------------------------------|-------------------------|----|----|--------------------------------|-----|-----|------|----------------------------------|-------------------|----|
| | | | | | | WL | WP | IP | #4 | #10 | #40 | #200 | | | |
| | | | | | | | | | [%] | [%] | [%] | [%] | | | |
| 0,0 | ↓ NTN | | - | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1,0 | Arena con algunas gravillas y gravas, color pardo claro a amarillenta, Nº golpes promedio de 6, compactad promedio ligeramente suelta | ~SP | - | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | no |
| 2,0 | | | - | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | no |
| 3,0 | | | - | | - | | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 4,0 | N.F.: - 4,0 m | | - | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | si | |
| 4,4 | | | - | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 5,0 | Arena gravosa, color pardo claro a amarillenta, Nº golpes promedio de 21 compactad compacta | ~SW | - | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | si |
| 6,0 | | | - | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | si |
| 7,0 | | | - | | - | | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 7,4 | | | - | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 7,8 | Grava arenosa, color pardo claro a amarillenta, Nº golpes promedio de 48 compactad densa | ~GP | - | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 8,0 | | | - | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 9,0 | | | - | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 10,0 | Fin del sondeo a Prof:7,8m | | - | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Nota (1): La descripción del tipo de suelo es orientativa y esta complementada desde los antecedentes geológicos. (2) Ácido clorídrico.

Perfil de Suelos Sondeo-3 (S3)

Proyecto: Estabilidad de taludes en dos sectores de las margenes del RÍO GUANUSACATE

Ubicación: Jesús Maria - Córdoba

Operador: MPC - ST

Tipo de exploración: Hinca Dinámica a cono recuperable con extracción de muestras alteradas por la cuchara Terzaghi

* Nivel de referencia: Corresponde al nivel de terreno natural (NTN) al 15/FEB/17

Nivel Freático (N.F.): Se alumbraría a los ~4,0 m prof. (desde el NTN)

| Prof.* z [m] | Descripción del Suelo (1) NTN | Clasificación geotécnica ~ S.U.C.S. | Cont. de Humedad [%] | % de humedad 0 10 20 30 | Cont. de pasante T200 [%] | Límites de Atterberg | | | Granulometría Pasante Tamiz | | | | Nº de golpes ■ SPT ◆ Hinca | Nivel freático |
|--------------------|--|---|-------------------------------|----------------------------|------------------------------------|-------------------------|----|----|--------------------------------|-----|-----|------|----------------------------------|-------------------|
| | | | | | | WL | WP | IP | #4 | #10 | #40 | #200 | | |
| | | | | | | | | | [%] | [%] | [%] | [%] | | |
| 0,0 | Cubierta vegetal sobre limo orgánico con algo de arenas, Nº golpes promedio de 7 compactad suelta | ~OL | - | 0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1,0 | Arena con algo de gravas y finos, color pardo claro a amarillento, baja humedad, Nº golpes promedio de 9 compactad promedio suelta | SP | 2,3 | 2,3 | 13,8 | - | - | - | 84 | 62 | 28 | 14 | - | no |
| 2,0 | | | | | | | | | | | | | | |
| 3,0 | | | | | | | | | | | | | | |
| 4,0 | N.F.: -4,0 m | ~SW | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | no |
| 5,0 | | | | | | | | | | | | | | |
| 6,0 | Arena gravosa, Nº golpes promedio de 25 compactad promedio compacta | | | | | | | | | | | | | |
| 7,0 | Fin del sondeo a Prof:7,2m | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | si |
| 7,2 | | | | | | | | | | | | | | |
| 8,0 | | | | | | | | | | | | | | |
| 9,0 | | | | | | | | | | | | | | |
| 10,0 | | | | | | | | | | | | | | |

Nota (1): La descripción del tipo de suelo es orientativa y esta complementada desde los antecedentes geológicos. (2) Ácido clorídrico.

Perfil de Suelos Sondeo-4 (S4)

Proyecto: Estabilidad de taludes en dos sectores de las margenes del RÍO GUANUSACATE

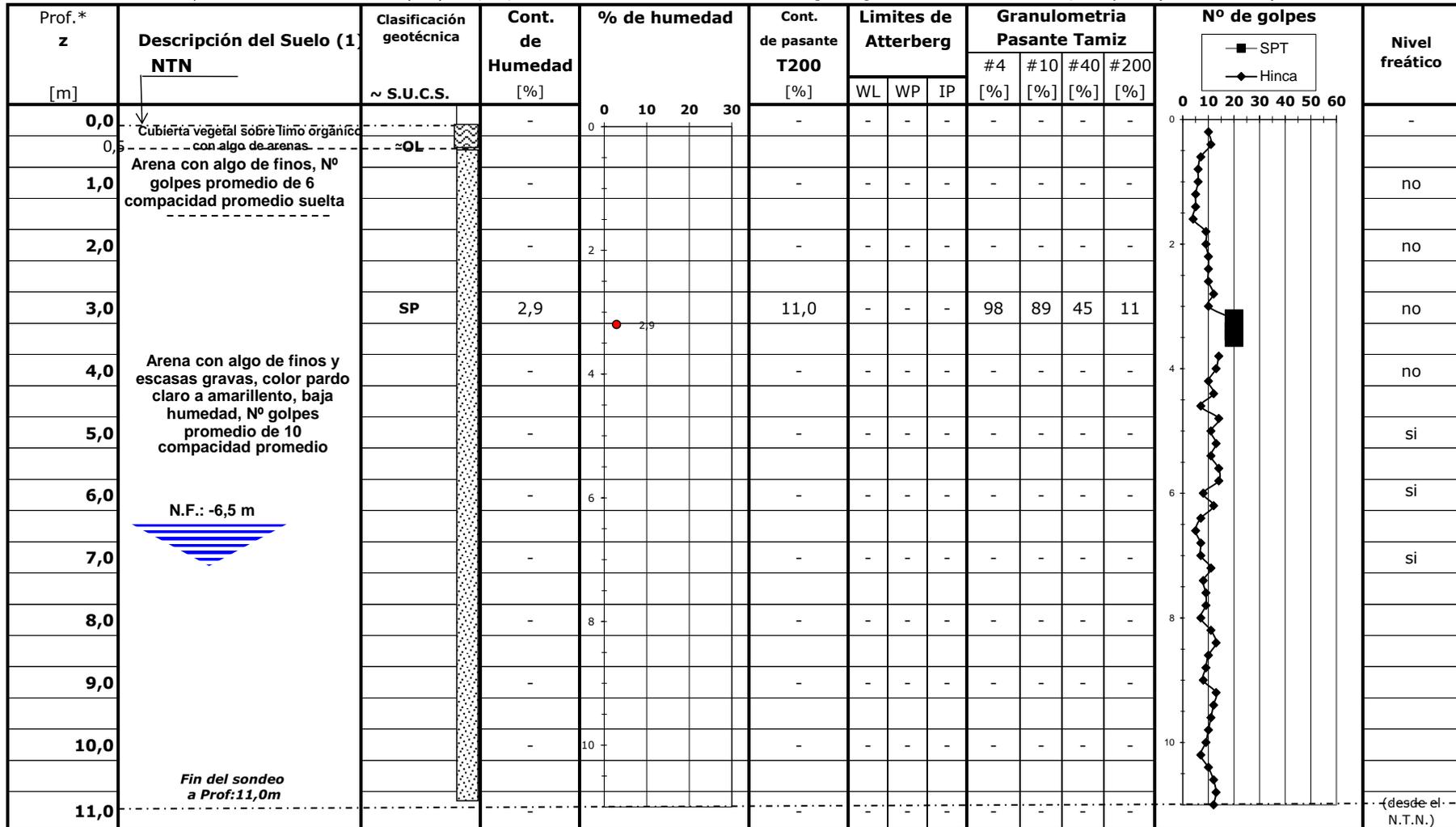
Ubicación: Jesús Maria - Córdoba

Operador: MPC - ST

Tipo de exploración: Hinca Dinámica a cono recuperable con extracción de muestras alteradas por la cuchara Terzaghi

* Nivel de referencia: Corresponde al nivel de terreno natural (NTN) al 15/FEB/17

Nivel Freático (N.F.): Se alumbraría a los ~6,5 m prof. (desde el NTN)



Nota (1): La descripción del tipo de suelo es orientativa y esta complementada desde los antecedentes geológicos. (2) Ácido clorídrico.

DETERMINACION HUMEDAD Y PASANTE TAMIZ N° 200

Proyecto: Estabilidad de taludes en dos sectores de las margenes del RÍO GUANUSACATE

Ubicación: Jesús Maria - Córdoba

Operadores: MPC - ST

Fecha: 18/02/2017

| | | | | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Contenido de humedad | Muestra: | M1 | <u>M2</u> | M1 | M1 |
| | Pozo: | S1 | <u>S1</u> | S3 | S4 |
| | Profundidad[m]: | 3,0 | <u>5,8</u> | 3,0 | 3,0 |
| | Pesafiltro N°: | V31 | <u>V27</u> | V22 | V21 |
| | P _f : | <u>27,3</u> | 23,4 | 22,1 | 23,3 |
| | P _f +W _{sh} : | <u>254,0</u> | 252 | 244 | 202 |
| | P _f +W _{ss} : | <u>239,0</u> | 244 | 239 | 197 |
| | W _w : | <u>15,0</u> | <u>8,0</u> | <u>5,0</u> | <u>5,0</u> |
| | W _{ss} : | <u>211,7</u> | <u>220,6</u> | <u>216,9</u> | <u>173,7</u> |
| W_o : | <u>7,1</u> | <u>3,6</u> | <u>2,3</u> | <u>2,9</u> | |
| Lavado tamiz 200 | Pesafiltro N°: | <u>V29</u> | <u>V30</u> | <u>V32</u> | <u>V26</u> |
| | P _f : | <u>23,0</u> | <u>27,4</u> | <u>25,9</u> | <u>26,9</u> |
| | P _f +W _{ss} : | <u>67,3</u> | <u>98,0</u> | <u>89,0</u> | <u>71,6</u> |
| | W _{ss} : | <u>44,3</u> | <u>70,6</u> | <u>63,1</u> | <u>44,7</u> |
| | Pf+W _{RT#200} : | 53,5 | 81,1 | 80,3 | 66,6 |
| | W _{RT#200} : | 30,5 | 53,7 | 54,4 | 39,7 |
| | % pasante: | <u>31,2</u> | <u>23,9</u> | <u>13,8</u> | <u>11,2</u> |

DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE CONSISTENCIA

Fecha: 21-3-17

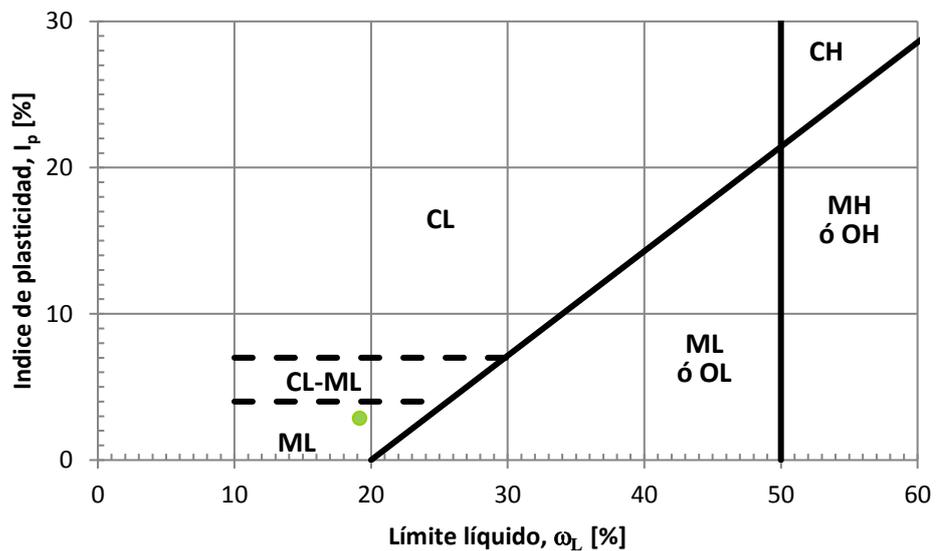
Proyecto: Estabilidad de taludes en dos sectores de las margenes del RÍO GUANUSACATE

Ubicación: Jesús Maria - Córdoba

Operador: MPC - ST

| Símbolo | Pozo | Profundidad (m) |
|---------|------|-----------------|
| ● | S1 | 5,8 |

Carta de Plasticidad de Casagrande con resultados de ensayos



Ensayo de límite líquido

| Punto | I | II | III |
|--------------------------------------|-------------|----|-------------|
| Nº Golpes | 10 | | 39 |
| Pesafiltro Nº: | C4 | | C1 |
| P _f [g]: | <u>9,1</u> | | <u>9,0</u> |
| P _f +W _{sh} [g]: | <u>16,2</u> | | <u>18,5</u> |
| P _f +W _{ss} [g]: | <u>14,9</u> | | <u>17,1</u> |
| W _w [g]: | <u>1,3</u> | | <u>1,4</u> |
| W _{ss} [g]: | <u>5,8</u> | | <u>8,1</u> |
| ω _o [%]: | <u>22,4</u> | | <u>17,3</u> |
| ω _L : | 20,1 | | 18,2 |

Ensayo de límite plástico

| Punto | I | II |
|--------------------------------------|-------------|----|
| Pesafiltro Nº: | C9 | |
| P _f [g]: | <u>9,0</u> | |
| P _f +W _{sh} [g]: | <u>19,0</u> | |
| P _f +W _{ss} [g]: | <u>17,6</u> | |
| W _w [g]: | <u>1,4</u> | |
| W _{ss} [g]: | <u>8,6</u> | |
| ω _p : | 16,3 | |

Resultados

| | | |
|-----------------------|------------------|------|
| Índice de plasticidad | Ip= | 2,9 |
| Límite líquido | ω _L = | 19,2 |
| Límite plástico | ω _p = | 16,3 |

Clasificación S.U.C.S. de fracción pasante tamiz Nº 40

ML

DETERMINACION DE SALES SOLUBLES TOTALES

Proyecto: Estabilidad de taludes en dos sectores de las margenes del RÍO GUANUSACATE

Ubicación: Jesús Maria - Córdoba

Operador: MPC

Etapa A

| | | | | | |
|-----------------------------|----|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Muestra N° : | | M1 | M2 | M1 | M1 |
| Pozo: | | S1 | S1 | S3 | S4 |
| Profundidad[m]: | | 3,0 | 5,8 | 3,0 | 3,0 |
| Wss[gr]: | | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| Agua dest.[gr]: | | 500,0 | 500,0 | 500,0 | 500,0 |
| Dia inicio: | | <u>18-2-17</u> | <u>18-2-17</u> | <u>18-2-17</u> | <u>18-2-17</u> |
| Dia fin: | | <u>19-2-17</u> | <u>19-2-17</u> | <u>19-2-17</u> | <u>19-2-17</u> |
| Flocula | Si | - | - | - | - |
| | No | x | x | x | x |
| % de sal solubles 1) | | <0,1% No flocula | <0,1% No flocula | <0,1% No flocula | <0,1% No flocula |

Etapa B (solo en el caso que flocule)

| | | | | |
|--------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Muestra N° : | M1 | M2 | M1 | M1 |
| Pozo: | S1 | S1 | S3 | S4 |
| Profundidad[m]: | 3,0 | 5,8 | 3,0 | 3,0 |
| Pesafiltro N°: | | | | |
| P _f [gr]: | | | | |
| Sal+P _f [gr]: | | | | |
| Sal [gr]: | | | | |
| Sal [%] | NC 2) | NC 2) | NC 2) | NC 2) |

Nota

1) Determinación de % de sales

2) NC, No Corresponde porque no flocula en la Etapa A

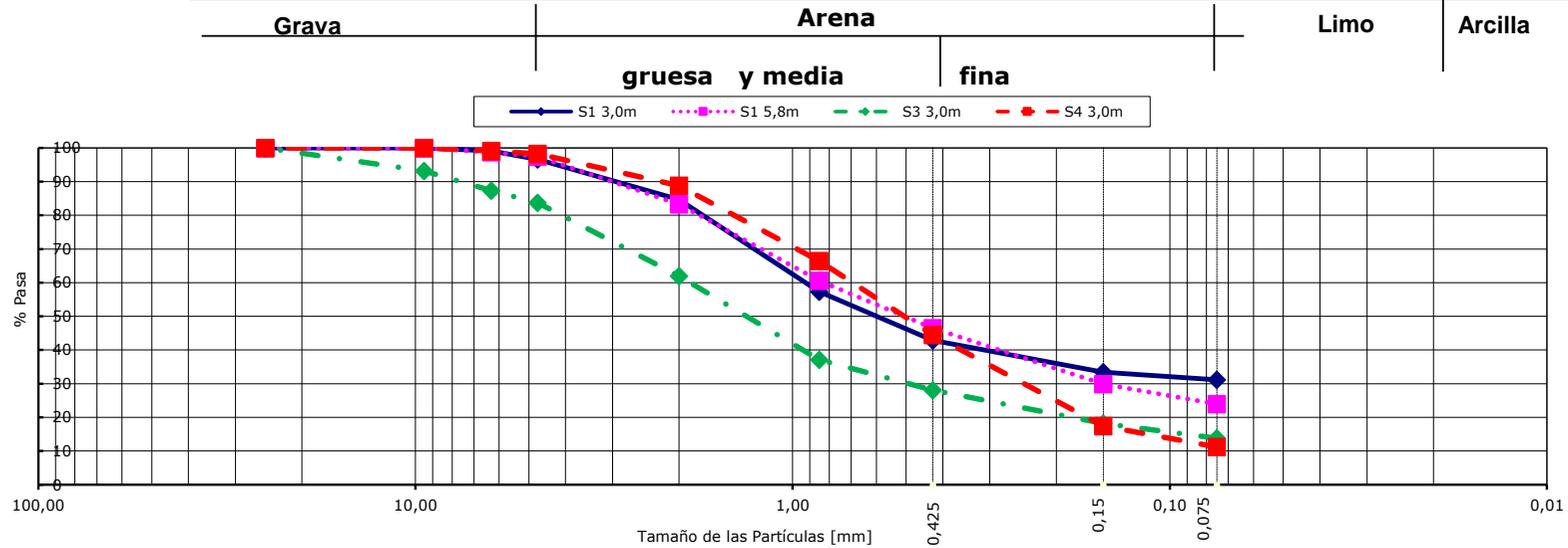
GRANULOMETRIA POR TAMICES

Fecha: 16-03-17

Proyecto: Estabilidad de taludes en dos sectores de las margenes del RÍO GUANUSACATE
Ubicación: Jesús Maria - Córdoba
Operador: MPC - ST
 Datos de las muestras analizadas

| | | | | |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Muestra N° : | M1 | M2 | M1 | M1 |
| Pozo: | S1 | S1 | S3 | S4 |
| Profundidad[m]: | 3,0 | 5,8 | 3,0 | 3,0 |
| D10: | 0,0025 | 0,0017 | 0,0077 | 0,0100 |
| D30: | 0,0300 | 0,1500 | 0,4400 | 0,2500 |
| D60: | 0,9000 | 0,8300 | 1,9000 | 0,7000 |
| Cu: | 360,0 | 488,2 | 246,8 | 70,0 |
| Cc: | 0,4 | 15,9 | 13,2 | 8,9 |
| S.U.C.S. | SP | SP | SP | SP |

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.)



GRANULOMETRIA POR SEDIMENTACION

Fecha: 16-03-17

Proyecto: Estabilidad de taludes en dos sectores de las margenes del RÍO GUANUSACATE

Ubicación: Jesús Maria - Córdoba

Operador: MPC - ST

Pozo: S1

Muestra: M1

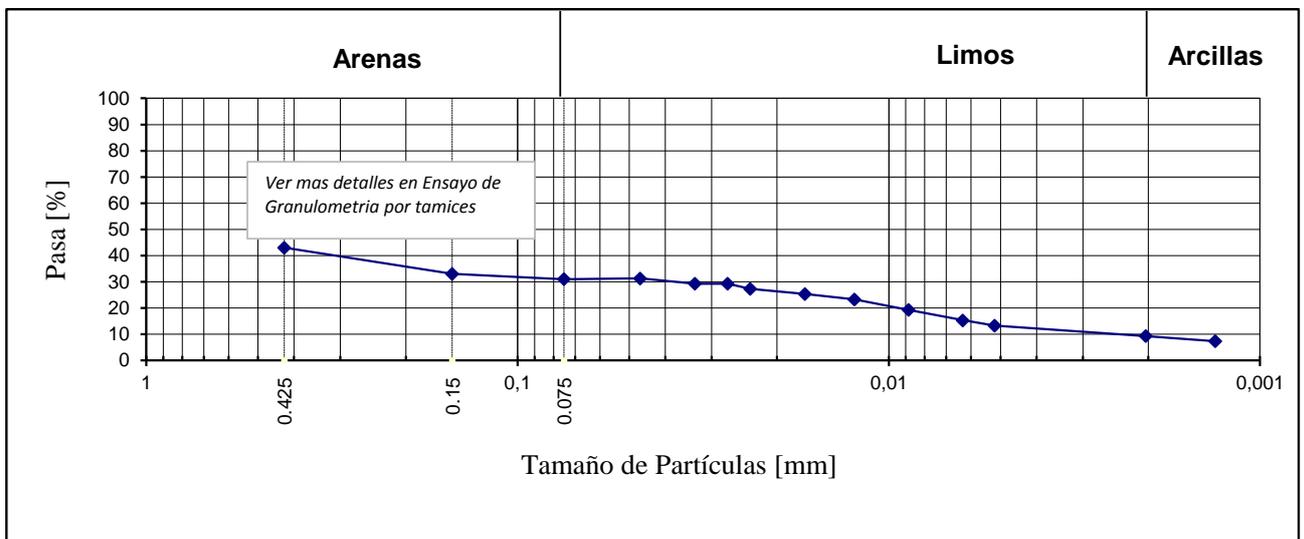
Profundidad (m): 3,0

| | | | | | |
|-----------------------------|--------|-----------------------|------|-----------------------|------|
| W_{ss} [gr]: | 50,0 | Gs: | 2,65 | a: | 1,00 |
| K : | 0,0127 | c₀: | 2,0 | c_i: | 1,65 |

| Temperatura [°C] | Tiempo [minutos] | R _{real} | L (tabla 7-5) | Rc | D [mm] | Tamaño Menor [%] |
|------------------|------------------|-------------------|---------------|-------|--------|------------------|
| 26 | 1 | 16 | 13,5 | 15,65 | 0,0467 | 31,3 |
| 26 | 2 | 15 | 13,7 | 14,65 | 0,0333 | 29,3 |
| 26 | 3 | 15 | 13,7 | 14,65 | 0,0272 | 29,3 |
| 26 | 4 | 14 | 13,8 | 13,65 | 0,0236 | 27,3 |
| 26 | 8 | 13 | 14,0 | 12,65 | 0,0168 | 25,3 |
| 26 | 15 | 12 | 14,2 | 11,65 | 0,0124 | 23,3 |
| 26 | 30 | 10 | 14,5 | 9,65 | 0,0088 | 19,3 |
| 26 | 60 | 8 | 14,8 | 7,65 | 0,0063 | 15,3 |
| 26 | 90 | 7 | 15,0 | 6,65 | 0,0052 | 13,3 |
| 26 | 600 | 5 | 15,3 | 4,65 | 0,0020 | 9,3 |
| 26 | 1440 | 4 | 15,5 | 3,65 | 0,0013 | 7,3 |

Granulometría Mecánica

| Tamaño de Partículas [mm] | Tamiz N° | Pasa [%] |
|---------------------------|----------|----------|
| 0,425 | 40 | 43,0 |
| 0,150 | 100 | 33,0 |
| 0,075 | 200 | 31,0 |
| Fondo | | 31,0 |



Resultados según SUCS:

| Fracción por tamaños | | | |
|----------------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------|
| Gravas (>4,75mm) [%] | Arenas (4,75 a 0,075mm) [%] | Limos (0,075mm a 2µm) [%] | Arcilla (<2µm) [%] |
| 3,0 | 66,0 | 22,0 | 9,0 |

GRANULOMETRIA POR SEDIMENTACION

Fecha: 16-03-17

Proyecto: Estabilidad de taludes en dos sectores de las margenes del RÍO GUANUSACATE

Ubicación: Jesús Maria - Córdoba

Operador: MPC - ST

Pozo: S1

Muestra: M2

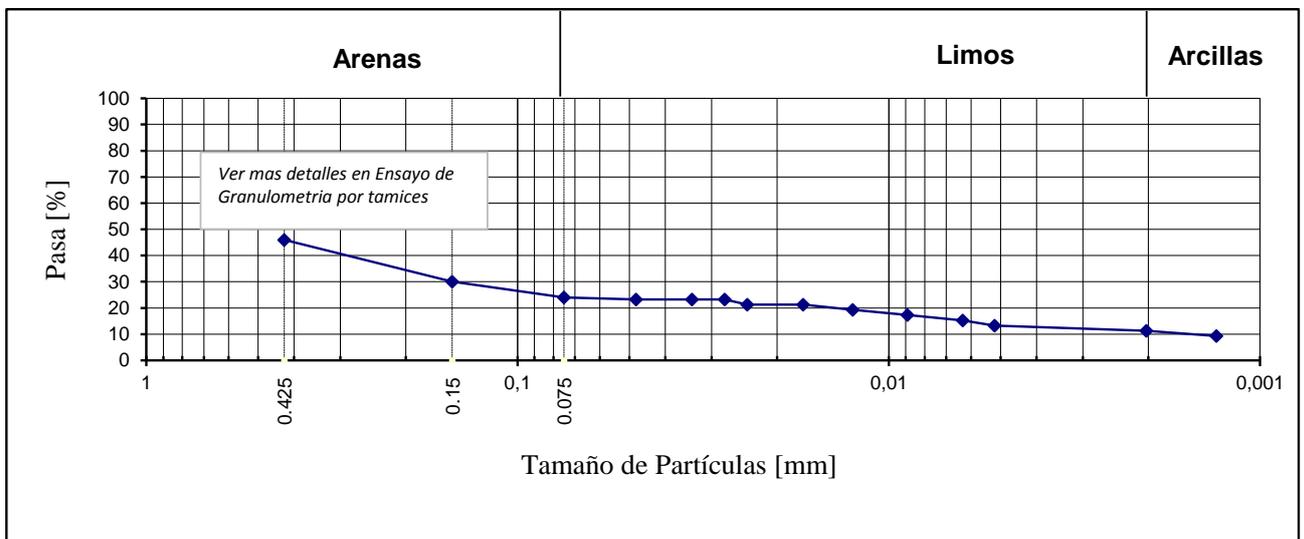
Profundidad (m): 5,8

| | | | | | |
|-----------------------------|--------|-----------------------|------|-----------------------|------|
| W_{ss} [gr]: | 50,0 | Gs: | 2,65 | a: | 1,00 |
| K : | 0,0127 | c₀: | 2,0 | c_i: | 1,65 |

| Temperatura [°C] | Tiempo [minutos] | R _{real} | L (tabla 7-5) | Rc | D [mm] | Tamaño Menor [%] |
|------------------|------------------|-------------------|---------------|-------|--------|------------------|
| 26 | 1 | 12 | 14,2 | 11,65 | 0,0479 | 23,3 |
| 26 | 2 | 12 | 14,2 | 11,65 | 0,0339 | 23,3 |
| 26 | 3 | 12 | 14,2 | 11,65 | 0,0277 | 23,3 |
| 26 | 4 | 11 | 14,3 | 10,65 | 0,0241 | 21,3 |
| 26 | 8 | 11 | 14,3 | 10,65 | 0,0170 | 21,3 |
| 26 | 15 | 10 | 14,5 | 9,65 | 0,0125 | 19,3 |
| 26 | 30 | 9 | 14,7 | 8,65 | 0,0089 | 17,3 |
| 26 | 60 | 8 | 14,8 | 7,65 | 0,0063 | 15,3 |
| 26 | 90 | 7 | 15,0 | 6,65 | 0,0052 | 13,3 |
| 26 | 600 | 6 | 15,2 | 5,65 | 0,0020 | 11,3 |
| 26 | 1440 | 5 | 15,3 | 4,65 | 0,0013 | 9,3 |

Granulometría Mecánica

| Tamaño de Partículas [mm] | Tamiz N° | Pasa [%] |
|---------------------------|----------|----------|
| 0,425 | 40 | 46,0 |
| 0,150 | 100 | 30,0 |
| 0,075 | 200 | 24,0 |
| Fondo | | 24,0 |



Resultados según SUCS:

| Fracción por tamaños | | | |
|----------------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------|
| Gravas (>4,75mm) [%] | Arenas (4,75 a 0,075mm) [%] | Limos (0,075mm a 2µm) [%] | Arcilla (<2µm) [%] |
| 3,0 | 73,0 | 12,7 | 11,3 |

GRANULOMETRIA POR SEDIMENTACION

Fecha: 16-03-17

Proyecto: Estabilidad de taludes en dos sectores de las margenes del RÍO GUANUSACATE

Ubicación: Jesús Maria - Córdoba

Operador: MPC - ST

Pozo: S3

Muestra: M1

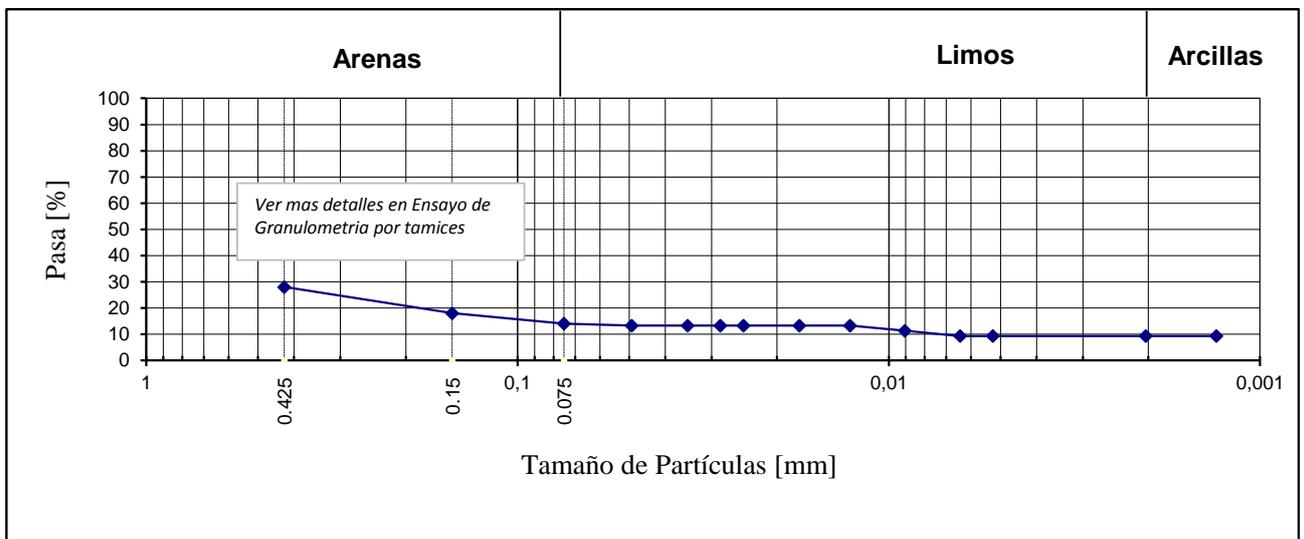
Profundidad (m): 3,0

| | | | | | |
|-----------------------------|--------|-----------------------|------|-----------------------|------|
| W_{ss} [gr]: | 50,0 | Gs: | 2,65 | a: | 1,00 |
| K : | 0,0127 | c₀: | 2,0 | c_i: | 1,65 |

| Temperatura [°C] | Tiempo [minutos] | R _{real} | L (tabla 7-5) | Rc | D [mm] | Tamaño Menor [%] |
|------------------|------------------|-------------------|---------------|------|--------|------------------|
| 26 | 1 | 7 | 15,0 | 6,65 | 0,0493 | 13,3 |
| 26 | 2 | 7 | 15,0 | 6,65 | 0,0348 | 13,3 |
| 26 | 3 | 7 | 15,0 | 6,65 | 0,0284 | 13,3 |
| 26 | 4 | 7 | 15,0 | 6,65 | 0,0246 | 13,3 |
| 26 | 8 | 7 | 15,0 | 6,65 | 0,0174 | 13,3 |
| 26 | 15 | 7 | 15,0 | 6,65 | 0,0127 | 13,3 |
| 26 | 30 | 6 | 15,2 | 5,65 | 0,0091 | 11,3 |
| 26 | 60 | 5 | 15,3 | 4,65 | 0,0064 | 9,3 |
| 26 | 90 | 5 | 15,3 | 4,65 | 0,0052 | 9,3 |
| 26 | 600 | 5 | 15,3 | 4,65 | 0,0020 | 9,3 |
| 26 | 1440 | 5 | 15,3 | 4,65 | 0,0013 | 9,3 |

Granulometría Mecánica

| Tamaño de Partículas [mm] | Tamiz N° | Pasa [%] |
|---------------------------|----------|----------|
| 0,425 | 40 | 28,0 |
| 0,150 | 100 | 18,0 |
| 0,075 | 200 | 14,0 |
| Fondo | | 14,0 |



Resultados según SUCS:

| Fracción por tamaños | | | |
|----------------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------|
| Gravas (>4,75mm) [%] | Arenas (4,75 a 0,075mm) [%] | Limos (0,075mm a 2µm) [%] | Arcilla (<2µm) [%] |
| 16,0 | 70,0 | 4,7 | 9,3 |

