

REPÚBLICA ARGENTINA

**PROYECTO DE DESARROLLO INSTITUCIONAL PARA LA INVERSIÓN.
UTF/ARG/017/ARG**

**ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y
LA ALIMENTACIÓN**

(FAO)



MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA y PESCA



PROGRAMA DE SERVICIOS AGRÍCOLAS PROVINCIALES



PROYECTO:

**MODERNIZACION DEL SISTEMA DE RIEGO DE SAN CARLOS
PROVINCIA DE SALTA**

DOCUMENTO DE FACTIBILIDAD

**ANEXO 1: INFRAESTRUCTURA
APÉNDICE 8: Estudios Hidrológicos**

ABRIL 2013

ÍNDICE DE CONTENIDOS

I.	INTRODUCCIÓN	4
II.	UBICACIÓN 4	
III.	PARAMETROS FISICOS DE LA REGION.....	6
	A. Clima	6
	B. Suelos.....	7
	C. Hidrografía – Fitogeografía	22
IV.	PREDICCIÓN DE CAUDALES	25
	A. Estaciones de aforo existentes	25
	B. Cálculo de los caudales de diseño	27
V.	BASES PARA LA UBICACIÓN DE LA OBRA DE CAPTACIÓN.....	29
	A. Oferta hidrológica en estiaje.....	29
	B. Caudales medios diarios en Las Flechas y en Los Sauces.....	29
	C. Aforos realizados por la Secretaría de Recursos Hídricos de Salta.	31
	D. Relaciones entre las estaciones de aforo.....	32
	E. CONSIDERACIONES	34
VI.	APORTES ALUVIONALES.	36
	A. Determinación de las cuencas	36
	B. Modelo Meteorológico	40
	C. Distribución temporal de la tormenta.....	42
	D. Caudales obtenidos.	43
	E. CONCLUSIONES.....	44

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N°1.	Registros Pluviométricos de la cuenca.	6
Cuadro N°2.	Ubicación de las Estaciones Pluviométricas.....	7
Cuadro N°3.	Parámetros de la cuenca.	24
Cuadro N°4.	Tiempo de Concentración de la cuenca	24
Cuadro N°5.	Estaciones de Aforo involucradas en la cuenca.....	25
Cuadro N°6.	Estación El Angosto	25
Cuadro N°7.	Estación Las Flechas	25
Cuadro N°8.	Estación La Punilla.....	26
Cuadro N°9.	Estación de Aforo Azud Los Sauces.....	27

Cuadro N°10. Resumen de los ajustes Estadísticos	27
Cuadro N°11. Ajuste de Gumbel	28
Cuadro N°12. Caudales medios diarios máximos anuales.....	28
Cuadro N°13. Distribución de Probabilidades – Los Sauces.....	28
Cuadro N°14. Caudales de diseño	29
Cuadro N°15. Lugares aforados para determinar la ubicación de la obra de captación.....	29
Cuadro N°16. Caudales de Estiaje.....	30
Cuadro N°17. Caudales de Estiaje estación Las Flechas	30
Cuadro N°18. Módulo del río Calchaquí.....	31
Cuadro N°19. Aforos realizados por la Secretaría de Recursos Hídricos de la Provincia de Salta.....	31
Cuadro N°20. Diferencias entre las estaciones de aforo	32
Cuadro N°21. Diferencias entre las estaciones de aforo	33
Cuadro N°22. Diferencias entre las estaciones de aforo	33
Cuadro N°23. Sifones de cruce aluvional.....	37
Cuadro N°24. Datos de las cuencas aluvionales	40
Cuadro N°25. Valores de precipitación máximos diarios	40
Cuadro N°26. Distribución de probabilidades	42
Cuadro N°27. Ajuste Tormenta de diseño.....	42
Cuadro N°28. Tormenta de diseño	43
Cuadro N°29. Caudales obtenidos en la modelación.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°1. Ubicación de la zona de Proyecto.....	5
Figura N°2. Ubicación de la cuenca del río Calchaquí.....	5
Figura N°3. Mapa de Suelos del NOA.....	8
Figura N°4. Cuencas de aporte al puente de Palo Pintado	23
Figura N°5. Ubicación estaciones de aforo.....	32
Figura N°6. Caudal en las Flechas en m ³ /s y porcentaje resultante referido al caudal.....	32
Figura N°7. Caudal en Palo Pintado en m ³ /s y porcentaje resultante referido al caudal.....	33
Figura N°8. Caudal en el Angosto en m ³ /s y porcentaje resultante referido al caudal	34
Figura N°9. Ubicación Quebrada del Tonco.....	35
Figura N°10. Cuencas Aluvionales	37
Figura N°11. Análisis de Frecuencia.....	41

I. INTRODUCCIÓN

1. El presente capítulo tiene como objeto describir el estudio hidrológico necesario a fin de recomendar el emplazamiento de la obra de captación y determinar la oferta hidrológica de estiaje del río Calchaquí correspondiente a las obras proyectadas de los consorcios de riego de San Carlos-La Dársena-El Barrial y Payogastilla-La Merced.
2. La superficie empadronada es de 2.136,2 ha con derechos de riego desde el río Calchaquí, ubicadas en las localidades de Payogastilla, La Merced, San Rafael y San Carlos.
3. Uno de los principales problemas que enfrenta la zona, es el de la red de riego actual. Ésta presenta tomas precarias sobre el río Calchaquí, lo que se traduce en una baja garantía de suministro. Los canales de distribución muestran un deterioro generalizado, con conducciones precarias, falta de elementos de medición y control, tramos embancados y falta de defensas aluvionales. Se destacan problemas puntuales como la falta de control y monitoreo del Dique La Dársena y poco control de los destomes aguas arriba, sobre el río Calchaquí. Existe, además, una deficiente distribución del agua e ineficiencias en la aplicación de la misma
4. Otro problema que se presenta en la zona son los aluviones. Tanto la frecuencia como la magnitud de los mismos ha generado daños en los canales de distribución, desde roturas menores, tramos totalmente embancados e incluso canales totalmente deteriorados.

II. UBICACIÓN

5. El área de estudio corresponde a la cuenca del río Calchaquí en correspondencia con el Puente de Palo Pintado. Pertenece a la porción septentrional de los Valles Calchaquíes.
6. Tienen esta porción de los Valles Calchaquíes una orientación norte-sur que en líneas generales coincide con el meridiano de 66°, extendiéndose desde la Cuesta del Acay (5750 m) (24° 25'S) hasta el puente de Palo Pintado (25°42'S) presentando anchos de más de 80 km entre filos.
7. Involucra los departamentos de La Poma, Cachi, Molinos y San Carlos, todos en la provincia de Salta. Comprende un tramo de la margen derecha del río Calchaquí, específicamente las localidades de Payogastilla, La Merced, San Rafael y San Carlos.
8. El Valle Calchaquí se inicia al norte en la cuesta del Acay, al pie del Nevado. Por el oeste lo definen la sierra de Pastos Grandes, Sierras de Cachi, Cerros del Luracatao, Cerros de Vázquez y Serranías de Zuriara. Por el oriente, desde el Nevado del Acay hacia el sur, limitan el valle los cerros de Lampasillos, La Cumbre de Zamacas, la cumbres del Obispo y los filos del Pelado.
9. Las cumbres del Oeste son más elevadas, de donde se desprenden extensos espolones que avanzan sobre el valle y el río corta formando estrechas gargantas. Confluyen desde el oeste torrentosos ríos que han labrado dilatadas quebradas (de Palermo, de las Cuevas, de Luracatao, de Angastaco) propicias para la instalación humana.
10. El punto de descarga de la cuenca graficada en la figura 2 es el Puente de Palo Pintado, ubicado en la progresiva 4.393 de la Ruta Nacional N° 40.

11. El acceso al mismo, desde la Ciudad de Salta Capital, se realiza por Ruta Nacional 68 hacia el sur, hasta interceptar la Ruta Nacional 40. Luego por ruta 40, en dirección al Oeste, se llega al lugar indicado. La distancia desde la ciudad de Salta es de 260 km.

Figura N°1. Ubicación de la zona de Proyecto.

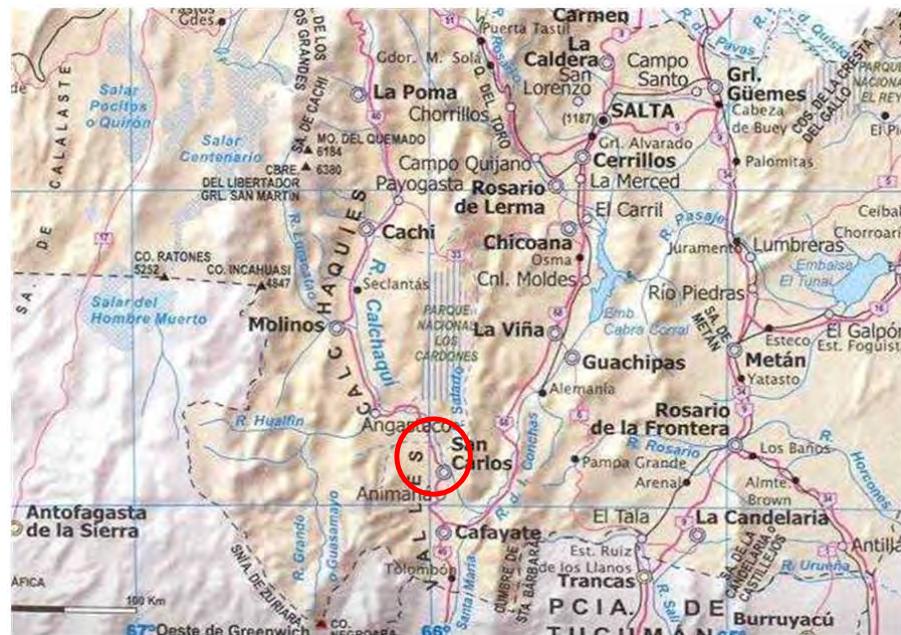
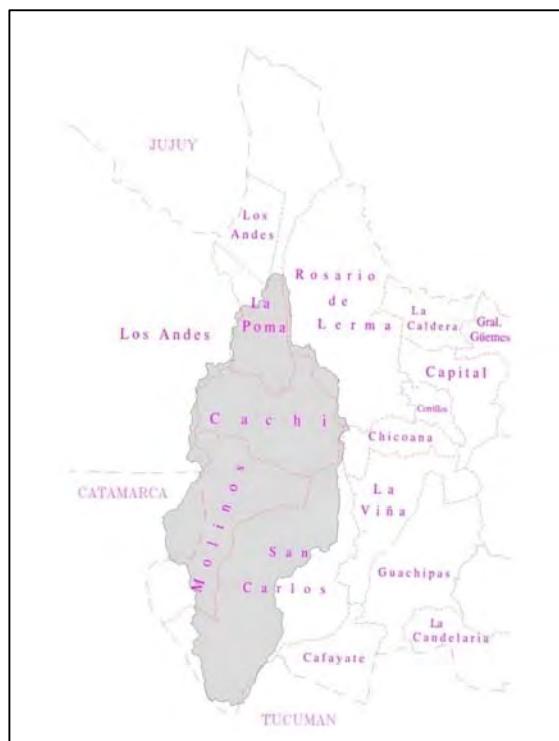


Figura N°2. Ubicación de la cuenca del río Calchaquí.



III. PARAMETROS FISICOS DE LA REGION

A. Clima

12. La masa de aire húmedo proveniente del anticiclón del Atlántico Sur, descarga toda su humedad en el flanco oriental del sistema montañoso que limita las Cumbres Calchaquíes por el oriente. Debido a esta situación, los vientos ingresan a los valles desprovistos de humedad, determinando un clima seco y templado a frío. En general, las temperaturas son moderadas en el verano y bajas en el invierno. Las precipitaciones, de marcado régimen estival, suelen ser del orden de 120 mm anuales, ocurriendo el 85 % del total, durante los meses de verano.

13. En el siguiente cuadro se presenta un resumen los valores medios mensuales de una importante serie de registros pluviométricos observados en la cuenca. En las columnas de promedio, máximo y mínimo se presentan los valores correspondientes al período septiembre-agosto.

Cuadro N°1. Registros Pluviométricos de la cuenca.

Estación	Río	Per	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL			PMD.	Fecha
															Prom	Max	Min		
Vallecito	AyEE	1943-61	60	45	14	0	0	0	1	1	0	2	8	33	167	311	95	60	07/01/43
El Angosto	AyEE	1944-62	48	32	10	0	0	0	0	1	0	1	7	26	121	235	62	44	19/01/58
Mollaco	AyEE	1943-51	54	48	13	0	0	0	0	0	0	1	3	27	159	256	101	53	18/02/44
Guasamayo	AyEE	1943-62	59	41	19	0	1	1	1	1	0	1	10	30	165	311	52	37	31/12/54
Carrizal	AyEE	1943-57	65	45	19	0	0	1	0	1	0	0	10	31	179	321	88	31	18/02/44
Pucará	AyEE	1943-62	48	37	12	1	0	0	0	0	0	1	5	24	129	178	55	45	08/01/58
Los Sauces	AyEE	1943-56	54	30	8	0	1	0	0	3	0	2	14	27	138	225	61	34 ¹	04/12/52
La Punilla	AyEE	1948-67	40	21	10	1	0	0	1	3	1	4	11	29	115	304	40	37	04/01/52
San Carlos	DGA	1977-92	48	14	8	3	0	1	0	0	0	2	6	27	110	198	70	56	12/1990
Las Flechas	AyEE	1946-53	50	23	13	0	2	1	0	1	0	1	14	21	132	218	82	40	26/01/49
Molinos	AyEE	1943-67	59	48	13	1	1	0	0	0	0	1	8	30	163	385	22	56	13/01/55
Cachi	AyEE	1943-67	51	38	17	1	1	0	1	1	0	1	7	23	140	330	25	38	23/01/47
Cachi	DGA	1974-92	67	35	15	2	0	1	0	1	0	3	3	28	155	262	73	47	01/1974
La Poma	DGA	1974-90	59	31	14	1	0	2	0	1	0	1	3	27	136	222	51	s/d	s/d

¹Faltan datos de lluvias diarias entre 01/43 y 12/50. La lluvia total en enero de 1944 fue 150 mm, por lo que es de esperar que la lluvia máxima diaria haya sido superior a 34 mm.

Cuadro N°2. Ubicación de las Estaciones Pluviométricas

Estación	Latitud	Longitud	Altitud
Vallecito	S 25° 53'	O 66° 24'	2300
El Angosto	S 25° 46'	O 66° 20'	2200
Mollaco	S 25° 49'	O 66° 19'	2500
Guasamayo	S 25° 48'	O 66° 25'	2500
Carrizal	S 25° 52'	O 66° 21'	2570
Pucará	S 25° 46'	O 66° 15'	2600
Los Sauces	S 25° 47'	O 65° 58'	1859
La Pumilla	S 26° 02'	O 65° 48'	1790
San Carlos	S 25° 53'	O 65° 57'	1710
Las Flechas	S 25° 41'	O 66° 09'	1950
Molinos	S 25° 25'	O 66° 15'	2020
Cachi	S 25° 07'	O 66° 11'	2280
La Poma	S 24° 42'	O 66° 13'	3015

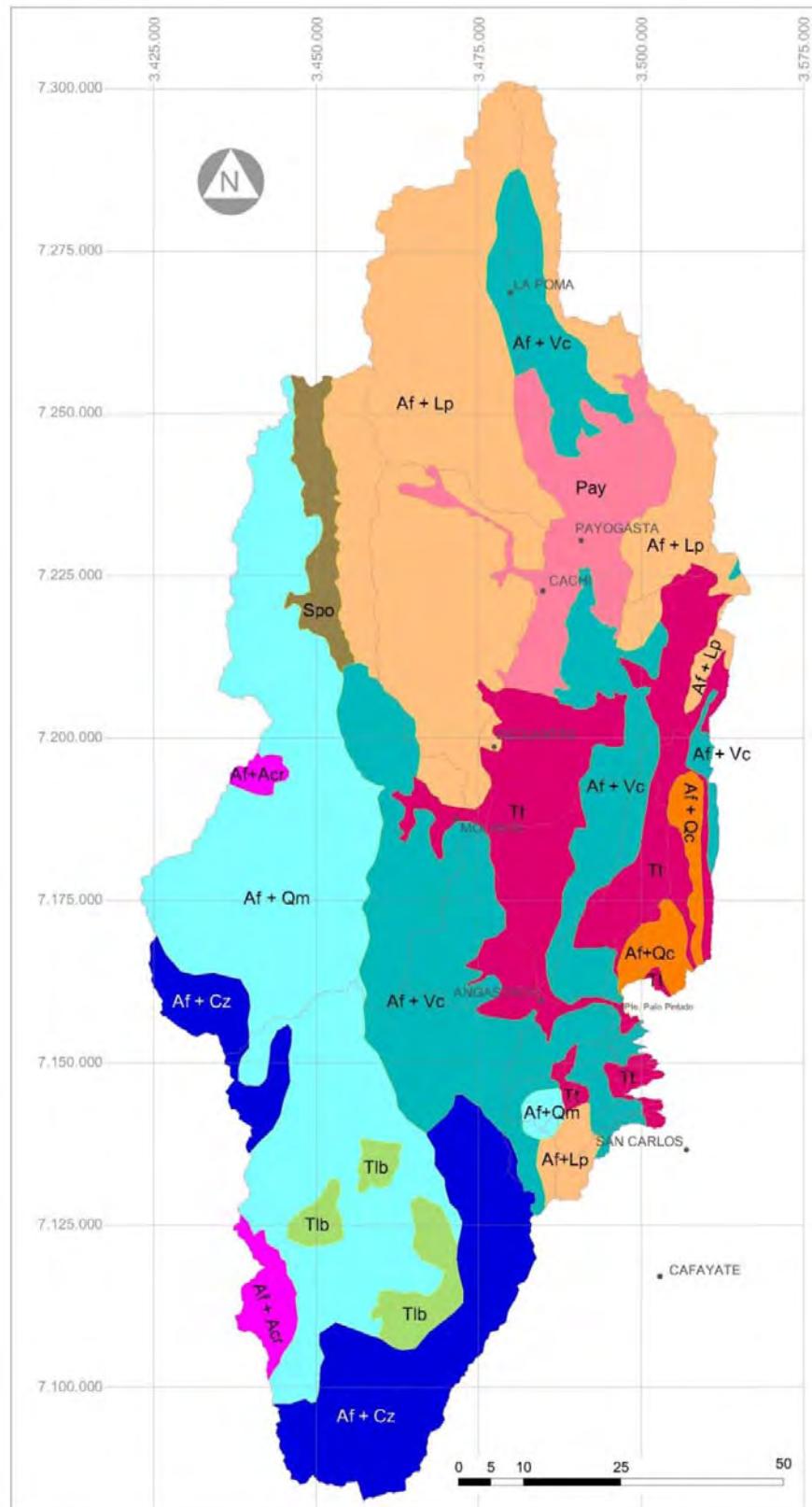
14. Los promedios de precipitaciones anuales oscilan entre 110 y 179 mm, con más del 80% de las mismas en el período diciembre-marzo. Se observan picos que superan los 300 mm anuales.

15. Las lluvias máximas registradas (en 24 hs), corresponde a Vallecito, en el Valle del Pucará, con 60 mm.

B. Suelos

16. En la figura siguiente, se presenta un mapa de suelo de la cuenca con base en el realizado por Nadir – Chafatinos en su trabajo Los Suelos del NOA.

Figura N°3. Mapa de Suelos del NOA



17. Con base al trabajo citado, se realiza a continuación una breve caracterización de los suelos que componen la zona de la cuenca.

18. Nomenclatura: Af + Lp. Asociación Afloramiento + La Poma.

19. Región Geográfica: Puna

20. Ubicación: Se desarrolla en las Provincias de Salta y Jujuy, distribuida en forma amplia y aislada en sentido meridional.

21. Fisiografía: Áreas montañosas y escarpadas.

22. Relieve: Colinado.

23. Clima: Árido. Andino – Puneño. Temperatura media 15°C (diciembre o enero) y 3°C (julio). Precipitación: 100-400 mm.

24. Vegetación: Cardón, churqui, queñua, festuca.

25. Material original: Depósitos coluviales provenientes de la desintegración de las siguientes rocas: pizarras, filitas, grauvacas.

26. Descripción de los suelos asociados:

27. Afloramiento: Las rocas aflorantes en esta unidad son pizarras, filitas grauvacas de la formación puncaviscana y algunos sedimentos marinos.

28. Suelo La Poma (Lp)

29. Características: Estos suelos se encuentran cubriendo afloramientos con pendientes de 13 al 55 %, son de nulo desarrollo pedogenético, condicionado por las características del clima árido de la Puna, prácticamente no poseen cobertura vegetal; el perfil es de tipo A1, C, R, con el A muy delgado, casi no perceptible; erosión moderada a grave.

30. Limitaciones: Erosión moderada, suelo muy somero, pendiente del 13 al 55%.

31. Clasificación Taxonómica FAO: Litosol. Se distribuyen en forma longitudinal, de norte a sur y corresponden a las estructuras geológicas que sobresalen en esta región, destacándose como dominantes las Sierras de la Rinconada, de Cochinoca, de Pastos Grandes, de Pozuelos, etc.

32. Se trata de suelos incipientes o sin formación de horizontes, con abundante presencia de clastos de diversos tamaños y formas. La secuencia de horizontes es (A)-C-R y en la mayoría de los casos se observa directamente el material original sobre la roca. Las rocas madres que se encuentran y predominan dentro de las sedimentarias, son areniscas, limolitas y conglomerados; entre las metamórficas, pizarras, filitas, grauvacas y de las ígneas dominantes, andesitas, tobas, dacitas, ignimbritas y granitos. El relieve es colinado a fuertemente colinado, cuyas pendientes oscilan entre el 8 y 30 %, con drenaje y escurrimiento rápido a excesivo; con erosión severa a muy severa; tanto eólica como hídrica y rápida infiltración. Estos suelos se encuentran bajo distintas condiciones climáticas, distribuidos en toda la región, desde la Puna más húmeda hacia el noroeste, comprendida entre los 100 a 400 mm de precipitación; hasta la más seca al sudoeste con precipitaciones medias anuales de 30 a 80 mm. La falta de horizontes pedológicos superficiales impide la presencia de epipedones u horizontes diagnósticos y cuando se presentan esta limitado a un epipedón Ócrico incipiente. Estos suelos están asociados a los Afloramientos en distintos porcentajes según las condiciones del relieve.

33. Descripción del perfil modal:

34. A / C: 0-10 cm: Gris verdoso claro (5YR 6/2). Franco arenoso. Masivo con clastos de tamaños variados de pizarras, filitas, esquistos. La matriz es blanda. No plástico, no adhesivo. Límite abrupto y suave.

35. R: 10- + cm: Roca: Pizarras, esquistos, filitas.

36. Nomenclatura: Af + Vc. Asociación Afloramiento + Valles Calchaquíes.

37. Suelos Asociados: Afloramiento + Valles Calchaquíes.

38. Región Geográfica: Área montañosa y Valles Intermontanos

39. Ubicación: Se encuentra al sur de la provincia de Salta, distribuyéndose hacia el este y oeste del río Calchaquí en las zonas montañosas.

40. Subcuenca: Calchaquí - Guachipas.

41. Fisiografía: Área montañosa y escarpada.

42. Relieve: Fuertemente colinado.

43. Clima: Árido: Andino Puneño. Temperatura media: 18°C (diciembre ó enero) y 8°C (julio).

44. Precipitación media anual: 50 - 200 mm.

45. Vegetación: Cardón, churqui, gramíneas.

46. Material Original: Derivado de rocas del Terciario: areniscas de coloraciones pardo rojizas, conglomerados, limolitas, etc.

47. Grupo de la Tierra: E. Estas áreas presentan muy severas limitaciones, resultando inaptas para la agricultura. Generalmente quedan excluidas de los programas de desarrollo, mejoramiento y recuperación. Los tratamientos quedan supeditados al uso que se les puede dar y a la real necesidad local de extender la agricultura.

48. Descripción de los suelos asociados.

49. Afloramiento: Lo constituyen rocas del Terciario: areniscas, limolitas, arcilitas, conglomerados con algunas inclusiones de fragmentos volcánicos.

50. Suelo Valles Calchaquies (Vc)

51. Característica: Suelos muy someros; con secuencia de horizontes del tipo A, C, R; donde el horizonte A es muy delgado o en ocasiones no se presenta; el C muestra detritos angulosos meteorizados o en proceso de meteorización que derivan de la roca subyacente; el horizonte A-C sobreyace a la roca madre de edad terciaria; pendiente del 20 al 55 %; erosión severa.

52. Limitaciones: Erosión severa; pendiente del 20 al 55 %; suelo muy somero.

53. Clase: E. Suelos que por tener severas limitaciones no son arables, ni aprovechables. Las limitaciones son: relieve, drenaje, erosión, anegamiento, profundidad efectiva, salinidad, sodicidad.

54. Clasificación Taxonómica USDA: Torriorthente lítico.

55. Clasificación Taxonómica FAO: Litosol. Están distribuidos de norte a sur en fajas angostas, en crestas y flancos de las Serranías relacionadas a las estructuras geológicas sobreelevadas. Las principales cadenas de montañas donde se ubican estos suelos son las Sierras de Santa Victoria, de Zenta, Calilegua, Cresta del Gallo, Zapla, Carahuasi, de Rosario, Candelaria, etc. Presentan secuencia de horizontes A, C, IIC2, R ó A, C, R;

generalmente son un A bien expresado. Las rocas madres dominantes son sedimentarias (areniscas, arcilitas, limonitas, conglomerados) o metamórficas (cuarcita, esquistos y pizarra), las ígneas ocupan superficies reducidas. El relieve es colinado a fuertemente colinado, cuyas pendientes abruptas superan el 40%. Drenaje y escurrimiento rápido y excesivo con erosión de moderada a severa, determinada por el agente hídrico. Estos suelos se encuentran comprendidos en el rango de 100 a 400 mm de precipitación anual, lo que determina una vegetación escasa. El horizonte superficial corresponde a un epipedón Órico, sin otro horizonte diagnóstico. Estos suelos están asociados a los Afloramientos en distintos porcentajes, según las condiciones del relieve, roca madre y clima.

56. Descripción del Perfil modal

57. A / C: 0-10 cm: Pardo rojizo claro (5YR 6/4) en seco y pardo rojizo (5YR 4/4) en húmedo. Franco arenoso a arenofranco. Fragmentos de rocas del Terciario de tamaños y formas variadas provenientes de la roca subyacente. Límite abrupto y suave.

58. R: 10- + cm: Roca: arenisca, limolitas, conglomerados del Terciario.

59. Asociación: Payogasta

60. Suelos Asociados: Payogasta / Campo Largo - Piúl - Cachi.

61. Región Geográfica: Área montañosa y Valles Intermontanos

62. Ubicación: Se encuentran la provincia de Salta, distribuyéndose en ambas márgenes del río Calchaquí en las localidades de Payogasta y Cachi.

63. Subcuenca: Calchaquí - Guachipas.

64. Fisiografía: Conos y terrazas aluviales.

65. Relieve: Suavemente ondulado.

66. Clima: Árido: Andino Puneño. Temperatura media: 17,8 °C (enero) y 9,4 °C (julio). Precipitación media anual: 100 - 200 mm.

67. Vegetación: Cactáceas y gramíneas en matas aisladas.

68. Material Original: Derivados de rocas del Precámbrico y Terciario: pizarras, esquistos, filitas, areniscas, limolitas, conglomerados.

69. Grupo de la Tierra: D. Conforman áreas no aptas para la agricultura y que en general sólo admiten una planificación pecuaria y forestal debido a las severas limitaciones que presentan los suelos para el cultivo. Requieren de estudios complementarios para delimitar y definir sub-áreas con suelos aptos para el cultivo, que por razones de escala no han sido separadas.

70. Descripción de los suelos asociados

71. Suelo: Payogasta (Dominante)

72. Nomenclatura: Pay

73. Característica: Suelo de incipiente desarrollo; con perfil A, AC, C; de textura medianamente gruesa en superficie y gruesa a medianamente gruesa en profundidad; moderada a algo excesivamente drenado; moderadamente alcalino; salino; contenido de materia orgánica bajo; presencia de carbonatos; capacidad de intercambio catiónico moderadamente alta a media; porcentaje de saturación de bases alto; pendiente del 2 al 5 %; erosión moderada.

74. Limitaciones: Erosión moderada; algo excesivamente drenado; salino; pendiente del 2 al 5 %; sin estructura; anegabilidad frecuente.

75. Clase: D. Suelos con severas limitaciones, generalmente no son arables, las limitaciones son: fuerte riesgo de erosión, fuerte erosión actual, fuerte impedimento por drenaje, anegabilidad frecuente, profundidad efectiva hasta 40 cm, fuerte salinidad y / o sodicidad.

76. Clasificación Taxonómica USDA: Torriorthente típico.

77. Clasificación Taxonómica FAO: Fluvisol calcáreo. Estos suelos se distribuyen en las partes terminales de las bajadas aluviales, donde el drenaje interno del perfil presenta limitaciones de textura e hidromorfismo y en los niveles de terrazas recientes, donde no ha sido suficiente la eliminación del carbonato. Son suelos de textura medias a fina y pH alcalino, se ubican en las isohietas de 200 a 800 mm y se encuentran comúnmente asociados a los regosoles.

78. Descripción del Perfil modal

79. A1 / C1: 0-25 cm. Rojo amarillento (5YR 4/6) en seco y húmedo. Franco arenoso. Masivo. Blando, muy friable, no plástico, no adhesivo. pH 8. Moderada reacción de los carbonatos. Límite claro y suave.

80. 2C2: 25-69 cm: Rojo amarillento (5YR 5/6; 4/6) en seco y húmedo. Areo franco. Masivo con presencia de gravilla. Blando, muy friable, no plástico, no adhesivo. pH 8,1. Moderada reacción a los carbonatos. Límite abrupto y suave.

81. 2C3: 69-102 cm: Rojo (2,5YR 4/6) en seco y rojo oscuro (2,5YR 3/6) en húmedo. Franco arenoso. Bloques subangulares, finos, débiles. Blando, friable, no plástico, ligeramente adhesivo. pH 7,7. Fuerte reacción a los carbonatos. Límite claro y suave.

82. 3C4: 102-186 cm: Rosado (5YR 7/4) en seco y rojo amarillento (5YR 5/6) en húmedo. Areo franco. Masivo. Ligeramente duro, friable, no plástico, no adhesivo. pH 8. Fuerte reacción a los carbonatos.

83. Suelo: Campo Largo (Subordinado)

84. Nomenclatura: Cl

85. Característica: Suelo de incipiente desarrollo; con perfil A, C; de texturas medianamente gruesa en superficie y medianamente gruesa a gruesa en profundidad; moderada a algo excesivamente drenado; moderadamente alcalino; salino; contenido de materia orgánica bajo; abundantes carbonatos; capacidad de intercambio catiónica moderadamente alta; porcentaje de saturación de bases alto; pendiente del 2 al 4 %; erosión moderada.

86. Limitaciones: Erosión moderada; algo excesivamente drenado; salino; sin estructura; pendiente 4 %; anegabilidad poco frecuente.

87. Clase D: Suelos con severas limitaciones, generalmente no son arables, las limitaciones son: fuerte riesgo de erosión, fuerte erosión actual, fuerte impedimento por drenaje, anegabilidad frecuente, profundidad efectiva hasta 40 cm, fuerte salinidad y / o sodicidad.

88. Clasificación Taxonómica USDA: Haplosalid típico

89. Clasificación Taxonómica FAO: Solonchak órtico. Se ubican en las áreas bajas con

90. intenso hidromorfismo y presencia de nivel freático cercano a la superficie. Al sudeste en el Valle de palma Sola. Son suelos de elevada salinidad en el perfil y únicamente con epipedón Ócrico. Tienen texturas variadas.

91. Descripción del Perfil modal

92. A1 / C1: 0-26 cm: Rojo (2,5YR 4/6) en seco y rojo oscuro (2,5YR 3/6) en húmedo. Franco arenoso. Bloques subangulares, finos, débiles. Blando, friable, no plástico, ligeramente adhesivo. pH 7,7. Fuerte reacción a los carbonatos. Límite claro y suave.

93. 2C2: 26-87 cm: Rojo (2,5YR 5/6) en seco y rojo oscuro (2,5YR 3/6) en húmedo. Franco arenoso. Masivo con abundante gravilla. Extremadamente duro, muy firme, no plástico, ligeramente adhesivo. pH 8. Fuerte reacción a los carbonatos. Límite abrupto y suave.

94. 3C3: 87-180 cm: Rosado (5YR 7/4) en seco y rojo amarillento (5YR 5/6) en húmedo. Areo franco. Pedregoso. Blando a suelto. pH 8,5. Fuerte reacción a los carbonatos.

95. Suelo: Piúl (Subordinado)

96. Nomenclatura: Pu

97. Característica: Suelo de incipiente desarrollo; con perfil A, C; de textura gruesa; excesivamente drenado; moderada a fuertemente alcalino; salino en profundidad; contenido de materia orgánica bajo; abundantes carbonatos; capacidad de intercambio catiónico baja a media; porcentaje de saturación de bases alto; pendiente del 2 al 6 %; erosión moderada a severa. Limitaciones: Erosión severa; excesivamente drenado; salino; sin estructura; pendiente 4%; anegabilidad frecuente.

98. Clase: D. Suelos con severas limitaciones, generalmente no son arables, las limitaciones son: fuerte riesgo de erosión, fuerte erosión actual, fuerte impedimento por drenaje, anegabilidad frecuente, profundidad efectiva hasta 40 cm, fuerte salinidad y / o sodicidad.

99. Clasificación Taxonómica USDA: Torripsamente típico

100. Clasificación Taxonómica FAO: Fluvisol calcáreo. Estos suelos se distribuyen en las partes terminales de las bajadas aluviales, donde el drenaje interno del perfil presenta limitaciones de textura e hidromorfismo y en los niveles de terrazas recientes, donde no ha sido suficiente la eliminación del carbonato. Son suelos de textura medias a fina y pH alcalino, se ubican en las isohietas de 200 a 800 mm y se encuentran comúnmente asociados a los regosoles.

101. Descripción del Perfil modal

102. A1 / C1: 0-25 cm: Rojo amarillento (5YR 5/6) en seco y húmedo. Arenoso. Masivo con algunos rodados. Blando, muy friable, no plástico, no adhesivo. pH 8,5. Muy leve reacción a los carbonatos. Límite claro y suave.

103. C2: 25-50 cm: Pardo rojizo claro (5YR 6/4) en seco y pardo rojizo (5YR 5/4) en húmedo. Arenoso. Estructura laminar con algunos rodados aislados. Blando, muy friable, no plástico, no adhesivo. pH 8,3. Límite abrupto y suave.

104. 2C3: 50-180 cm: Amarillo rojizo (5YR 6/6) en seco y pardo rojizo (5YR 4/4) en húmedo. Arenoso. Pedregoso. Suelto, no plástico, no adhesivo. pH 8. Fuerte reacción a los carbonatos.

105. Suelo: Cachi (Subordinado)

106. Nomenclatura: Ca

107. Característica: Suelo débilmente desarrollado; con perfil A, AC, C; de textura medianamente fina en superficie y medianamente fina a gruesa en profundidad; imperfectamente drenado; abundantes carbonatos; neutro a moderadamente alcalino; pendiente del 0 al 8%; erosión ligera.

108. Limitaciones: Erosión ligera; imperfecta a algo excesivamente drenado; ligera salinidad; pendiente 4%.

109. Clase: C. Suelos con limitaciones moderadas a algo severas, pero aun son arables. Las limitaciones son: moderado riesgo a la erosión actual, moderado impedimento por drenaje, anegabilidad poco frecuente, profundidad efectiva hasta 70 cm, moderada a fuerte salinidad y / o sodicidad.

110. Clasificación Taxonómica USDA: Torriorthente lítico

111. Clasificación Taxonómica FAO: Regosol calcáreo. Se ubican en faldeos y valles intermontanos como ser: Valle de Lerma, Calchaquí, Humahuaca, Siancas, San Pedro, Ledesma, Orán y otros. Son suelos de incipiente desarrollo; con perfiles A1, C1, C2. Presencia de carbonatos en el perfil. Presentan texturas medias a finas, moderadamente alcalino en profundidad, se ubican entre las isohietas de 200 a 800 mm; en las bajadas aluviales o las terrazas sobre-elevadas, cuyas pendientes no superan el 10 %. Se distribuyen sobre depósitos aluviales en el Valle de Lerma (Cerrillos, Guachipas, Serranías de Sancha), Valle de Siancas (Cobas, La Trampa, Torzalito) y en áreas adyacentes a los ríos Medina y Yatasto.

112. Descripción del Perfil modal

113. Ap: 0-12 cm: Rosa (7,5YR 7/4) en seco y pardo oscuro (7,5YR 4/4) en húmedo. Franco arcillo limoso. Bloques subangulares, medios, débiles. Blando, friable, ligeramente plástico, no adhesivo. pH 7. Abundantes carbonatos en la masa. Abundantes raíces. Límite abrupto y suave.

114. A12: 12-30 cm: Gris rosado (7,5YR 6/2) en seco y pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/2) en húmedo. Franco arcillo: limoso. Bloques subangulares que rompen a angulares, medios, moderados. Blando, friable, ligeramente plástico, adhesivo. pH 7,2. Carbonatos en la masa. Raíces escasas. Límite claro y suave.

115. AC: 30-67 cm: Pardo claro (7,5YR 6/4) en seco y pardo (7,5YR 5/4) en húmedo. Franco arcillo arenoso. Bloques subangulares medios, débiles. Blando, friable, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo. pH 7,5. Presencia de carbonatos en micro-concreciones escasas. Escasas raíces. Límite abrupto y suave.

116. AC: 67-110 cm: Pardo claro (10YR 6/3) en seco y pardo a pardo oscuro (10YR 4/3). Areo franco. Grano suelto. Blando, friable, no plástico, no adhesivo. pH 7,5. Escasos carbonatos en concreciones finas. Vestigios de raicillas. Presencia de algunos rodados de hasta 20 cm de diámetro.

117. Asociación: Salar Pocitos

118. Suelos Asociados: Salar Pocitos / Yesera - Quebrada Honda.

119. Región Geográfica: Puna

120. Ubicación: Ésta unidad se distribuye al oeste de la provincia de Salta, en los alrededores del Salar de Pocitos y el Salar de Arizaro.

121. Fisiografía: Glacis y conos aluviales.

122. Relieve: Plano - cóncavo.
123. Clima: Árido: Andino Puneño. Temperatura media: 11°C (diciembre ó enero) y 1°C (julio).
124. Precipitación media anual: 30 - 50 mm.
125. Vegetación: Cachiyuyo, brama, rica rica, copa copa, legia.
126. Material Original: Depósitos aluviales y coluviales provenientes de rocas sedimentarias y en menor proporción de rocas ígneas.
127. Grupo de la Tierra: D. Conforman áreas no aptas para la agricultura y que en general sólo admiten una planificación pecuaria y forestal debido a las severas limitaciones que presentan los suelos para el cultivo. Requieren de estudios complementarios para delimitar y definir sub-áreas con suelos aptos para el cultivo, que por razones de escala no han sido separadas.
128. Descripción de los suelos asociados
129. Suelo: Salar Pocitos (Dominante)
130. Nomenclatura: Spo
131. Característica: Suelo de incipiente desarrollo; con perfil A, C; de textura medianamente gruesa; moderada a algo excesivamente drenado; moderadamente alcalino; contenido de materia orgánica bajo; moderada presencia de carbonatos; capacidad de intercambio catiónico alta; porcentaje de saturación de bases alto; pendiente del 1 al 3 %; erosión ligera.
132. Limitaciones: Erosión ligera; ligeramente salino; profundidad efectiva somera.
133. Clase: D. Suelos con severas limitaciones, generalmente no son arables, las limitaciones son: fuerte riesgo de erosión, fuerte erosión actual, fuerte impedimento por drenaje, anegabilidad frecuente, profundidad efectiva hasta 40 cm, fuerte salinidad y / o sodicidad.
134. Clasificación Taxonómica USDA: Torriorthente típico.
135. Clasificación Taxonómica FAO: Solonchaks órtico. Se ubican en áreas periféricas a los cuerpos salinos, Salar de Pocitos, de Arizaro, del Hombre Muerto, etc. y en sectores terminales de conos aluviales. Son suelos de incipiente desarrollo, con perfiles A - C, de texturas medianamente gruesa a gruesa y en ocasiones finas. Moderadamente alcalino, siendo salinos en profundidad. Presentan un epipedón Ócrico salino. Se distribuyen en áreas de 30 a 50 mm de precipitación.
136. Descripción del Perfil modal
137. A / C: 0-32 cm: Pardo rojizo (2,5YR 4/4) en seco y pardo rojizo oscuro (2,5YR 3/4) en húmedo. Franco arenoso. Masivo. Blando, friable, no plástico, no adhesivo. pH 7,8. Límite claro y suave.
138. 2C2: 32-80 cm: Rojo (2,5YR 4/6) en seco y pardo rojizo oscuro (2,5YR 3/4) en húmedo. Franco arenoso. Masivo. Blando, friable, no plástico, ligeramente adhesivo. Carbonatos en cantidades moderadas. Abundante gravilla.
139. Suelo: Yesera (Subordinado)
140. Nomenclatura: Ye

141. Característica: Suelo de incipiente desarrollo con perfil C; de textura gruesa en superficie y gruesa a fina en profundidad; excesivamente drenado a pobemente drenado; pendiente del 2 al 5 %; erosión ligera.

142. Limitaciones: Erosión ligera; excesiva a pobemente drenado; pendiente del 2 al 5 %.

143. Clase: D. Suelos con severas limitaciones, generalmente no son arables, las limitaciones son: fuerte riesgo de erosión, fuerte erosión actual, fuerte impedimento por drenaje, anegabilidad frecuente, profundidad efectiva hasta 40 cm, fuerte salinidad y / o sodicidad.

144. Clasificación Taxonómica USDA: Torriorthente típico

145. Clasificación Taxonómica FAO: Fluvisol calcáreo. Ocupan las áreas bajas que existen en cada cuenca endorreica: Caucharí, Salinas Grandes, Guayatayoc, Arizaro, etc. Son suelos de incipiente desarrollo, con perfiles del tipo A, C; de texturas gruesas a medianamente gruesas, moderadamente alcalinos a neutros en profundidad.

146. Descripción del Perfil modal

147. C1: 0-26 cm: Rojo (2,5YR 5/6; 4/6) en seco y húmedo. Arenoso. Masivo con tendencia a grano suelto, no plástico, no adhesivo. Se observa en superficie trozos de yeso. Límite abrupto y suave.

148. C2: 26-64 cm: Rojo (2,5YR 4/6) en seco y rojo oscuro (2,5YR 3/6) en húmedo. Arenoso. Laminar. Blando, muy friable, no plástico, no adhesivo. Límite abrupto y suave.

149. 2C3: 64-80 cm: Pardo rojizo (5YR 5/4) en seco y rojo débil (2,5YR 4/2) en húmedo. Arcillo limoso a arcilloso. Masivo con tendencia a bloques subangulares, medios, débiles. Ligeramente duro, friable, plástico, muy adhesivo.

150. Suelo: Quebrada Honda (Subordinado)

151. Nomenclatura: Qh

152. Característica: Suelo de incipiente desarrollo; con perfil A, C; de textura media a gruesa; excesivamente drenado; carbonatos escasos; pendiente del 4 al 8 %; erosión ligera.

153. Limitaciones: Erosión ligera; excesivamente drenado; pendiente del 4 al 8 %; profundidad efectiva muy somera.

154. Clase: E. Suelos que por tener severas limitaciones no son arables, ni aprovechables. Las limitaciones son: relieve, drenaje, erosión, anegamiento, profundidad efectiva, salinidad, sodicidad.

155. Clasificación Taxonómica USDA: Hapludalf incéptico

156. Clasificación Taxonómica FAO: Fluvisol éutrico. Se distribuyen en los glaciares y conos aluviales que bordean las cuencas internas de Salinas Grandes, Guayatayoc, Pocitos, Rincón, Caucharí, Olaroz y Cieneguillas. Se encuentran en toda la Puna, entre los 340 mm al NE hasta los 80 mm al SO. Se ubican en las superficies planas con pendientes de hasta 4%. Suelos ligeramente ácidos a neutros, de drenaje excesivo. Presentan epipedones Ócricos incipientes.

157. Descripción del Perfil modal

158. A1 / C1: 0-10 cm: Pardo rojizo claro (5YR 6/4) en seco y pardo rojizo (5YR 5/3) en húmedo. Franco a franco arenoso. Masivo. Ligeramente duro, friable, no plástico, no adhesivo. Escasos carbonatos. Límite abrupto y suave.

159. 2C2: 10-70 cm: Capa con gravas y pedregosidad con clastos angulosos y matriz arenosa.
160. Asociación: Afloramiento + Quilmes (Af + Qm)
161. Suelos Asociados: Afloramiento + Quilmes.
162. Región Geográfica: Puna
163. Ubicación: Se encuentra al oeste de la provincia de Salta y Jujuy, en el límite con la provincia de Catamarca y las proximidades del Salar Arizaro.
164. Fisiografía: Áreas montañosas y escarpadas.
165. Relieve: Colinado.
166. Clima: Árido: Andino Puneño. Temperatura media: 15°C (diciembre ó enero) y 5°C (julio).
167. Precipitación media anual: 10 - 200 mm.
168. Vegetación: Cardón, churqui, queñoa, líquenes, lejía, iros, etc.
169. Material Original: Depósitos coluviales provenientes de la desintegración de rocas graníticas.
170. Grupo de la Tierra: E. Estas áreas presentan muy severas limitaciones, resultando inaptas para la agricultura. Generalmente quedan excluidas de los programas de desarrollo, mejoramiento y recuperación. Los tratamientos quedan supeditados al uso que se les puede dar y a la real necesidad local de extender la agricultura.
171. Descripción de los suelos asociados: Afloramiento
172. Característica: Los afloramientos los constituyen rocas graníticas de coloraciones rosadas.
173. Suelo: Quilmes (Dominante)
174. Nomenclatura: Qm
175. Característica: Suelo de incipiente o nulo desarrollo pedogenético; se encuentra cubriendo los afloramientos graníticos; no superan los 10 cm de espesor; pedregosos con un horizonte A muy delgado; generalmente ausente por falta de cobertura vegetal; pendiente del 13 al 25 %; erosión moderada a grave.
176. Limitaciones: Erosión moderada; pendiente del 13 al 55 %; suelo muy somero.
177. Clase: E. Suelos que por tener severas limitaciones no son arables, ni aprovechables. Las limitaciones son: relieve, drenaje, erosión, anegamiento, profundidad efectiva, salinidad, sodicidad.
178. Clasificación Taxonómica USDA: Torripsamente lítico
179. Clasificación Taxonómica FAO: Litosol. Ver La Poma [Lp]
180. Descripción del Perfil modal
181. A / C: 0-10 cm: Rosado (5YR 8/4) en seco y húmedo. Arenoso. Suelto. Clastos angulosos de la roca granítica. Límite abrupto y ondulado. Material inconsolidado, caótico, sin raíces.
182. R: 10- + cm: Roca granítica.
183. Asociación: Afloramiento + Abra de Chorrillos (Af + Acr)

184. Suelos Asociados: Afloramiento + Abra de Chorrillos.
185. Región Geográfica: Puna
186. Ubicación: Se ubica al oeste de las provincias de Salta y Jujuy, se distribuyen en forma dispersa.
187. Subcuenca: Se encuentran en casi todas las subcuenca de la Puna.
188. Fisiografía: Área montañosa y escarpada.
189. Relieve: Colinado.
190. Clima: Árido: Andino Puneño. Temperatura media: 11°C (diciembre ó enero) y 3°C (julio).
191. Precipitación media anual: 30 - 80 mm.
192. Vegetación: Iros, queñoa, líquenes, yaretilla, cuerno de cabra.
193. Material Original: Depósitos coluviales que provienen de la desintegración de rocas andesíticas.
194. Grupo de la Tierra: E. Estas áreas presentan muy severas limitaciones, resultando inaptas para la agricultura. Generalmente quedan excluidas de los programas de desarrollo, mejoramiento y recuperación. Los tratamientos quedan supeditados al uso que se les puede dar y a la real necesidad local de extender la agricultura.
195. Descripción de los suelos asociados: Afloramiento
196. Característica: Los afloramientos lo constituyen rocas volcánicas del tipo andesitas.
197. Suelo: Abra de Chorrillos
198. Nomenclatura: Acr
199. Característica: Suelo de incipiente desarrollo o casi nula diferenciación de horizontes; se forman por la meteorización de las rocas aflorantes; con perfiles del tipo A, C, R; donde el A1 es muy somero, generalmente ausente; el C es pedregoso muy caótico con clastos de diversos tamaños y formas; erosión moderada a grave; pendiente del 13 al 55 %.
200. Limitaciones: Suelo de incipiente desarrollo o casi nula diferenciación de horizontes; se forma por la meteorización de las rocas aflorantes, con perfiles del tipo A-C, R; donde el A1 es muy somero; generalmente ausente, el C es pedregoso muy caótico con clastos de diversos tamaños y formas; erosión moderada a grave; pendiente del 13 al 55 %.
201. Clase: E. Suelos que por tener severas limitaciones no son arables, ni aprovechables. Las limitaciones son: relieve, drenaje, erosión, anegamiento, profundidad efectiva, salinidad, sodicidad.
202. Clasificación Taxonómica USDA: Torriorthente lítico
203. Clasificación Taxonómica FAO: Litosol. (Ver La Poma [Lp])
204. Descripción del Perfil modal
205. A/C: 0-10 cm: Gris verdoso claro (5YR 6/2) en seco y gris verdoso (5YR 5/2) en húmedo. Franco arenoso. Masivo con clastos grandes de andesita. Blando, friable, no plástico, no adhesivo. Límite abrupto y suave.
206. R: 10- + cm: Roca: Andesitas, algunas veces tobas y coladas de barro.

207. Asociación: Afloramiento + Quebrada de las Conchas (Af+Qc)
208. Suelos Asociados: Afloramiento + Quebrada Las Conchas.
209. Región Geográfica: Área montañosa y Valles Intermontanos
210. Ubicación: Se ubica al sur de la provincia de Salta, distribuyéndose hacia el este y oeste del río de las Conchas.
211. Subcuenca: Calchaquí - Guachipas.
212. Fisiografía: Áreas montañosas y escarpadas.
213. Relieve: Fuertemente colinado.
214. Clima: Cálido: Tropical serrano y Árido: Andino Puneño. Temperatura media: 20°C (enero) y 9°C (julio). Precipitación media anual: 100 - 250 mm.
215. Vegetación: Cactáceas y gramíneas en matas aisladas.
216. Material Original: Derivado de rocas de edad cretácica: areniscas, pelitas y conglomerados.
217. Grupo de la Tierra: E. Estas áreas presentan muy severas limitaciones, resultando inaptas para la agricultura. Generalmente quedan excluidas de los programas de desarrollo, mejoramiento y recuperación. Los tratamientos quedan supeditados al uso que se les puede dar y a la real necesidad local de extender la agricultura.
218. Descripción de los suelos asociados: Afloramiento
219. Característica: están constituidos por areniscas de colores pardos rojizos pertenecientes al subgrupo Pirgua del Cretácico.
220. Suelo: Quebrada de Las Conchas
221. Nomenclatura: Qc
222. Característica: Suelos muy someros con un horizonte A muy delgado que puede faltar en ciertos sectores; la secuencia del perfil es A-C, R; donde el C está constituido por detritos de formas angulosas y tamaños variados que responden al origen de la roca subyacente; el horizonte A-C sobreyace en rocas de edad cretácica; pendiente del 13 al 55 %, erosión moderada a grave.
223. Limitaciones: Erosión moderada; pendiente 25 al 55 %; suelo muy somero.
224. Clase: E. Suelos que por tener severas limitaciones no son arables, ni aprovechables. Las limitaciones son: relieve, drenaje, erosión, anegamiento, profundidad efectiva, salinidad, sodicidad.
225. Clasificación Taxonómica USDA: Torriorthente lítico
226. Clasificación Taxonómica FAO: Litosol. Están distribuidos de norte a sur en fajas angostas, en crestas y flancos de las Serranías relacionadas a las estructuras geológicas sobreelevadas. Las principales cadenas de montañas donde se ubican estos suelos son las Sierras de Santa Victoria, de Zenta, Calilegua, Cresta del Gallo, Zapla, Carahuasi, de Rosario, Candelaria, etc. Presentan secuencia de horizontes A, C, IIIC2, R ó A, C, R; generalmente son un A bien expresado. Las rocas madres dominantes son sedimentarias (areniscas, arcillas, limonitas, conglomerados) o metamórficas (cuarcita, esquistos y pizarra), las ígneas ocupan superficies reducidas. El relieve es colinado a fuertemente colinado, cuyas pendientes abruptas superan el 40 %. Drenaje y escurrimiento rápido y excesivo con erosión de moderada a severa, determinada por el agente hídrico. Estos

suelos se encuentran comprendidos en el rango de 100 a 400 mm de precipitación anual, lo que determina una vegetación escasa. El horizonte superficial corresponde a un epipedón Ócrico, sin otro horizonte diagnóstico. Estos suelos están asociados a los Afloramientos en distintos porcentajes, según las condiciones del relieve, roca madre y clima.

227. Descripción del Perfil modal

228. A / C: 0-10 cm: Pardo rojizo (5YR 4/4) en seco y pardo rojizo oscuro (5YR 3/4) en húmedo. Franco a franco arenoso. Fragmentos de rocas areniscosas de forma angulosa y tamaños variados que integran el horizonte C en un gran porcentaje. Límite abrupto y suave.

229. R: 10- + cm: Roca: Areniscas pardo rojizas del subgrupo Pircua

230. Suelo: Tolombón

231. Nomenclatura: Tlb

232. Característica: Suelo de incipiente desarrollo; con perfil A, C; de textura gruesa; excesivamente drenado; moderadamente alcalino; contenido de materia orgánico bajo; pendiente del 5 al 15 %; erosión moderada a severa; anegabilidad frecuente.

233. Limitaciones: Erosión moderada a severa; excesivamente drenado; anegabilidad frecuente; profundidad efectiva 20 cm; pendiente del 12 %; pedregoso.

234. Clase: D. Suelos con severas limitaciones, generalmente no son arables, las limitaciones son: fuerte riesgo de erosión, fuerte erosión actual, fuerte impedimento por drenaje, anegabilidad frecuente, profundidad efectiva hasta 40 cm, fuerte salinidad y / o sodicidad.

235. Clasificación Taxonómica USDA: Torripsamente típico

236. Clasificación Taxonómica FAO: Fluvisol éutrico. Se ubican en sectores bajos de los Valles Intermontanos y bajadas aluviales, en los derrames esporádicos a temporales. Se encuentran en los valles húmedos de Orán, Ledesma, Sianca, Lerma, Metán y secos como Calchaquí, Humahuaca, etc. Son suelos poco evolucionados, presentan una secuencia de horizontes A, C, IIC2, IIIC3; con evidentes cambios texturales entre capas. Se observa la presencia dominante del epipedón Ócrico en los perfiles, careciendo de horizontes diagnóstico sub-superficiales. Algunos Fluvisoles éutricos son de texturas homogéneas de media a gruesa y otros con sustrato heterogéneo con intercalaciones de grava, rodados y material arenoso. Tienen pH ácido a neutro.

237. Descripción del Perfil modal

238. A1: 0-25 cm: Pardo (10YR 5/3) en seco y pardo oscuro a pardo (10YR 4/3) en húmedo. Arenoso con abundante gravilla. Masivo con tendencia a grano suelto, friable, no plástico, no adhesivo. pH 8,1. Raíces escasas. Límite claro y suave.

239. C1: 25-47 cm: Pardo (10YR 5/3) en seco y pardo oscuro a pardo (10YR 4/3) en húmedo. Arenoso. Escasa cantidad de grava. Suelto, friable, no plástico, no adhesivo. pH 8,3. Límite abrupto y suave.

240. Asociación: Afloramiento + Coranzulí (Af+Cz)

241. Suelos Asociados: Afloramiento + Coranzulí.

242. Región Geográfica: Puna

243. Ubicación: Se ubica al oeste de la provincia de Jujuy, en las proximidades de la localidad de Coranzulí.

244. Subcuenca: Se encuentra disperso en casi todas las subcuenca de La Puna.
245. Fisiografía: Área montañosa y escarpada.
246. Relieve: Colinado.
247. Clima: Árido: Andino Puneño. Temperatura media: 11°C (diciembre ó enero) y 3°C (julio).
248. Precipitación media anual: 30 - 80 mm.
249. Vegetación: Queñoa, iros, yareta, lejía, pasto de vicuña, cardón.
250. Material Original: Depósitos coluviales provenientes de rocas piroclásticas: tobas, ignimbritas.
251. Grupo de la Tierra: E. Estas áreas presentan muy severas limitaciones, resultando inaptas para la agricultura. Generalmente quedan excluidas de los programas de desarrollo, mejoramiento y recuperación. Los tratamientos quedan supeditados al uso que se les puede dar y a la real necesidad local de extender la agricultura.
252. Descripción de los suelos asociados: Afloramiento
253. Característica: Los afloramientos están constituidos por rocas piroclásticas como ser tobas e ignimbritas y rocas volcánicas: dacitas y andesitas de coloraciones gris claro.
254. Suelo: Coranzulí (Dominante)
255. Nomenclatura: Cz
256. Característica: Suelos de incipiente o nulo desarrollo; se encuentran cubriendo algunos afloramientos rocosos; son muy someros; no superan los 10 cm, subyacente se encuentra la roca; los perfiles son del tipo A1, C1, R; donde el A1 es muy delgado; con casi total ausencia de cobertura vegetal; pendiente del 13 al 55 %; erosión moderada a grave.
257. Limitaciones: Erosión moderada; pendiente del 13 al 55 %; suelo muy somero.
258. Clase: E. Suelos que por tener severas limitaciones no son arables, ni aprovechables. Las limitaciones son: relieve, drenaje, erosión, anegamiento, profundidad efectiva, salinidad, sodicidad.
259. Clasificación Taxonómica USDA: Torripsamente lítico
260. Clasificación Taxonómica FAO: Litosol. Ver La Poma [Lp]
261. Descripción del Perfil modal
262. A / C: 0-10 cm: Gris claro (5YR 7/1) en seco y gris (5YR 5/1) en húmedo. Arenoso. Grano suelto, con variedad de tamaño y forma de clastos que provienen de la meteorización de tobas e ignimbritas. Límite abrupto y suave.
263. R: 10- + cm: Roca tobácea, también ignimbritas.

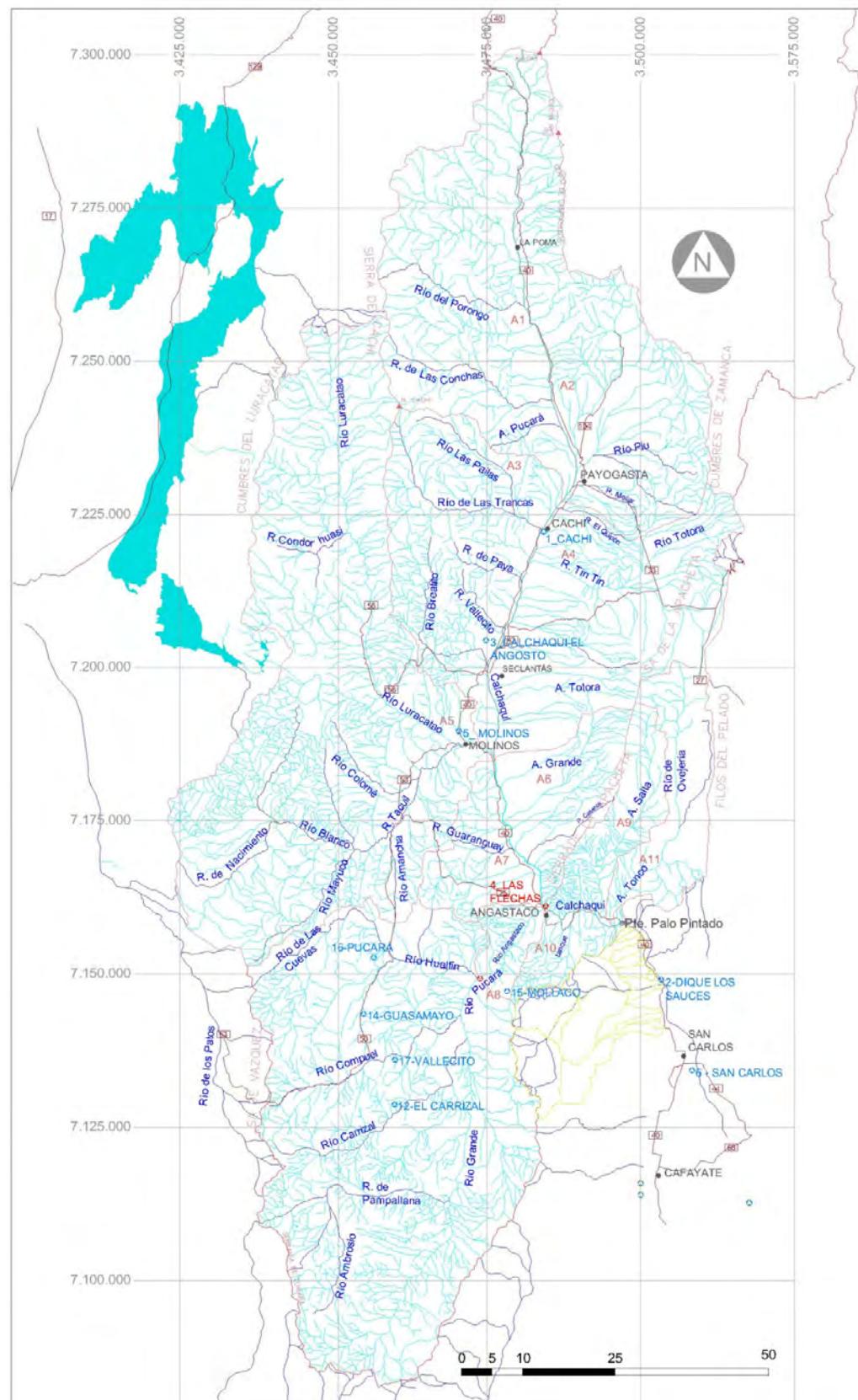
C. Hidrografía – Fitogeografía

264. El área de estudio fitogeográficamente se ubica, en la parte baja dentro de la Provincia del Monte y en las cabeceras de las subcuencas en la Provincia Prepuneña (Cabrera 1994). Estas unidades florísticas comprenden la formación esteparia de laderas y quebradas secas donde predominan arbustos xerófilos, halófitas y psamófilas. La comunidad vegetal está representada por jarilla, monte negro, churqui, brea, algarrobo, molle, cardón y cortaderas entre las principales.

265. En la cabecera de las subcuencas se encuentra una formación estepárica arbustiva y graminosa de alta montaña (altitud superior a 4000 m.s.n.m.) caracterizado por su clima frío y seco, con heladas y nieve en invierno. Vegetación representativa: tolilla, añagua, chijua, rosita, cactáceas, etc.

266. El colector principal es el río Calchaquí que escurre de norte a sur, colectando los aportes de numerosos arroyos y ríos de carácter permanente, semipermanentes y de avenidas que drenan ambos flancos del valle fluvial del Calchaquí.

Figura N°4. Cuencas de aporte al puente de Palo Pintado



267. Para la confección del plano anterior se utilizaron los modelos digitales de elevación desarrollados por la NASA y la NGA a través de la misión realizada por el Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) que consiste en un sistema de radar especialmente diseñado que voló a bordo del transbordador espacial Endeavour.

268. Hasta la zona de estudio, el río Calchaquí recibe afluente de varios ríos que escurren por valles intermontanos que desaguan en el valle principal. Los más importantes son los de Cachi y Brevalito al norte, Luracatao y Colomé – Tacuil, al Oeste, Tonco y Salta al Este y Pucará – Guasamayo – Angastaco desde el Sur Oeste.

269. A los efectos posteriores de predecir los caudales máximos de avenida en la zona donde se realizará el azud, se determinan distintos parámetros de la cuenca que brindarán elementos de juicio para elegir el camino más apropiado para encontrar los caudales buscados.

Cuadro N°3. Parámetros de la cuenca.

SC	Sup [km ²]	Per [km]	LMC [km]	Cmax.	Cmin	C max (*)	Altitud media	Obs
A1	1213.45	204.902	61.675	5653	2387	6325	4096	
A2	1112.28	216.967	46.137	3837	2387	5725	3382	
A3	935.46	160.974	77.448	5425	1987	6325	3314	Luracatao - Colomé
A4	1073.84	166.175	78.050	4337	1987	5075	2850	
A5	2833.21	333.436	99.129	5850	1987	6325	3762	
A6	368.09	95.219	52.115	3637	1860	3687	3700	
A7	279.00	90.797	28.012	3262	1860	3437	3687	
A8	2802.85	271.642	109.451	4980	1850	5112	3694	Angastaco
A9	274.13	104.241	42.901	3512	1780	3687	3750	Salta
A10	127.14	60.734	20.741	3480	1780	3500	3492	
A11	378.81	130.320	51.682	3230	1780	3762	2762	Tonco
A12	6.85	16.121	2.867	2000	1770	2000	1847	
Total	11405.11	650.759	172.368	5725	1780	6325	3467	

Cuadro N°4. Tiempo de Concentración de la cuenca

Río Calchaquí						
Tramo	Long (m)	DH (m)	i (%)	v [m/s]	T [Hs]	T ac [Hs]
1	1489	508.4	27.31%	3.22	0.13	0.13
2	6455	592.5	7.34%	2.65	0.68	0.81
3	14284	728.9	4.08%	3.13	1.27	2.08
4	23763	492.3	1.66%	2.32	2.85	4.93
5	47367	537.6	0.91%	2.35	5.61	10.54
6	67098	441.1	0.53%	1.79	10.44	20.98
7	11910	61.2	0.41%	1.58	2.10	23.08

270. A los efectos de calcular la pendiente se multiplicó la longitud del tramo por 1,25 a fin de considerar los meandros del río. El tiempo calculado de recorrido desde el abra del Acatay hasta el puente de Palo Pintado es de 23.08 hs.

271. El área total de la cuenca es 11405 km². El tiempo de concentración de la misma es cercano a las 24 horas.

IV. PREDICCIÓN DE CAUDALES

A. Estaciones de aforo existentes.

272. A los efectos de obtener los caudales máximos probables según distintas recurrencias, analizamos la información estadística disponible.

273. En el río Calchaquí y cuenca de estudio se ubicaron las siguientes estaciones de aforo:

Cuadro N°5. Estaciones de Aforo involucradas en la cuenca

Estación	Río	Cuenca s/AyEE	Periodo	Latitud	Longitud
El Angosto	Pucará	2400	1940-1963	S 25° 47' 00,00"	O 66° 15' 00,00"
Las Flechas	Calchaquí	10500	1946-1954	S 25° 40' 00,00"	O 66° 05' 00,00"
Los Sauces	Calchaquí	13100	1927-1956	S 25° 47' 00,00"	O 65° 58' 00,00"
Punilla	Las Conchas	19800	1948-1967	S 26° 06' 42,00"	O 65° 49' 24,00"

274. De las estaciones de aforo anteriores, se disponen los siguientes datos:

275. El Angosto: Corresponde al río Angastaco, luego de la confluencia del río Pucará con el río Guasamayo. Se tienen los siguientes valores característicos de la cuenca:

Cuadro N°6. Estación El Angosto

	Propio	AyEE	Obs.
Sup Cuenca [km ²]	2688	2400	
Altitud	2225	2200	
Q maxinst		313.42	17/02/1944
QMMD		223.10	17/02/1944
Qp/Qm		1.40	
Años Hidrológicos	23		

276. Las Flechas. Corresponde al río Calchaquí, poco aguas debajo del derrame del río Angastaco. Se tienen los siguientes datos característicos de la estación.

Cuadro N°7. Estación Las Flechas

	Propio	AyEE	
Sup Cuenca [km ²]	10618	10500	
Altitud	1840	S/V	
Q maxinst		129.20	23/01/1947
QMMD		97.50	23/01/1947
Qp/Qm		1.33	
Años Hidrológicos	8		

277. El Q máx. instantáneo de esta estación fue publicado por AyEE en el anuario hidrológico de 1947-1948, cuando la estación tenía solamente 3 años de registros.

278. De esta estación disponemos los siguientes datos: Caudales medios mensuales, caudales máximo medio diario y caudal mínimo medio diario entre los años hidrológicos 1946-47 y 1953-54. Caudales medios diarios para los años 1946 a 1952.

279. El caudal máximo medio diario registrado para esta estación es 216 m³/s para el período 1952-1953.

280. También se observa que en este lugar durante los años de aforo, el río mantuvo constantemente agua superficial, aún en el período seco de 1947-1948. El caudal mínimo diario registrado es 0,1 m³/s para noviembre de 1948, se observa además que para este mes el caudal medio mensual (mínimo registrado en la serie) para este mismo año es 0,6 m³/s y el promedio en los 7 años registrados es 1,1 m³/s.

281. Los Sauces. Corresponde al río Calchaquí, en correspondencia al dique nivelador próximo a la localidad de San Carlos.

282. El área de la cuenca es de 13160 km².

283. La estación estuvo en operación entre 1927 y 1956, que constituyen 24 años hidrológicos.

284. De esta estación se dispone de los siguientes datos observados: Caudales medios mensuales de todo el período, caudales máximos medio diario para los años 1942-43 a 1956-57 (15 años).

285. El anuario hidrológico de AyEE de 1948 registra un caudal máximo instantáneo de 324.574 m³/s registrada el 17/01/1944. Sin embargo, en la página web de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación, para la estación 0613, Los Sauces, se registra el caudal de 324 m³/s como caudal máximo diario para el año 1944. No tuvimos acceso al anuario hidrológico de AyEE de 1944 para constatar si el dato corresponde a un máximo medio diario o a un máximo instantáneo, por lo que en los análisis subsiguientes que se realicen se considerará éste como un máximo medio diario para el año 1944.

286. Es importante observar que en los caudales medios diarios de esta estación existen para todos los años registrados, valores nulos, situación que no se produjo en las estaciones aguas arriba.

287. La Punilla. Corresponde al río Las Conchas, aguas abajo de la unión del río Calchaquí y el río Santa María.

288. El área de su cuenca es de 19800 km², aproximadamente el doble que la cuenca de aporte en Palo Pintado.

289. Se tienen los siguientes datos característicos de la estación:

Cuadro N°8. Estación La Punilla

	AyEE	
Sup Cuenca [km ²]	19800	
Altitud	1790	
Q maxinst	710	Año 1953
QMMD	374	Año 1953
Qp/Qm	1.90	
Años Hidrológicos	20	

290. El valor máximo instantáneo registrado es de 710 m³/s, siendo el único que figura en todos las publicaciones realizadas por Agua y Energía Eléctrica de la Nación. El caudal máximo medio diario registrado es de 374 m³/s.

B. Cálculo de los caudales de diseño

291. Para el estudio de los caudales máximos de diseño de las obras en la zona de Palo Pintado se propone realizar un estudio estadístico de los caudales máximos medios diarios de la estación “Los Sauces”, cercana al lugar y sobre la que se dispone un registro de datos de 15 años.

292. Ante la existencia de aforos se prefiere estos a realizar un modelo de los procesos precipitación – escorrentía de una cuenca tan extensa. En general para áreas mayores a 4000 km², estos cálculos se realizan a fin de verificar condiciones existentes. El área de nuestra cuenca triplica este valor.

293. Los registros existentes para la estación de aforo del Azud Los Sauces, son:

Cuadro N°9. Estación de Aforo Azud Los Sauces

Año	42-43	43-44	44-45	45-46	46-47	47-48	48-49	49-50	50-51	51-52	52-53	53-54	54-55	55-56	56-57
QMMD [m ³ /s]	47	325	177	47	144	49	274	156	114	78	248	134	144	27	13

294. Se desarrolla a continuación un ajuste estadístico completo de la serie.

- Test de Mann-Kendall de homogeneidad de la serie.

295. Índice V calculado: 1.039

296. De acuerdo al test hay una probabilidad muy alta que la serie sea consistente y homogénea. Para $\alpha = 0,5\%, 1,0\%, 2,5\% \text{ y } 5,0\%$, $V_{calculado} < V_{cr}$.

- Función de distribución de probabilidades.

297. Se buscó el ajuste con distintas funciones teóricas: Normal, Gumbel, Log Pearson III, mientras que la frecuencia experimental utilizada es la de Hazen.

298. En todos los casos se realizó el Test de bondad de ajuste de Kolmogoroff y se calcularon los errores medios cuadráticos de la frecuencia y de la variable, en el siguiente cuadro se resumen los resultados de los tests:

Cuadro N°10. Resumen de los ajustes Estadísticos

	Normal	Gumbel	LPIII
Kolmogoroff	AAA	AAA	AAA
ECMF (%):	6.43%	5.52%	5.91%
ECMV (m ³ /s)	22.9	16.5	24.2
Simbología para la bondad de ajuste: A se acepta la hipótesis. R se rechaza. Se consideran 3 niveles de significación (5%; 1% y 0,1%) De acuerdo a su ubicación de izq. a der. en el carácter de calificación.			

299. La función que mejor se ajusta es la función de Gumbel.

300. En el siguiente cuadro y gráfico se resume el ajuste.

Cuadro N°11. Ajuste de Gumbel

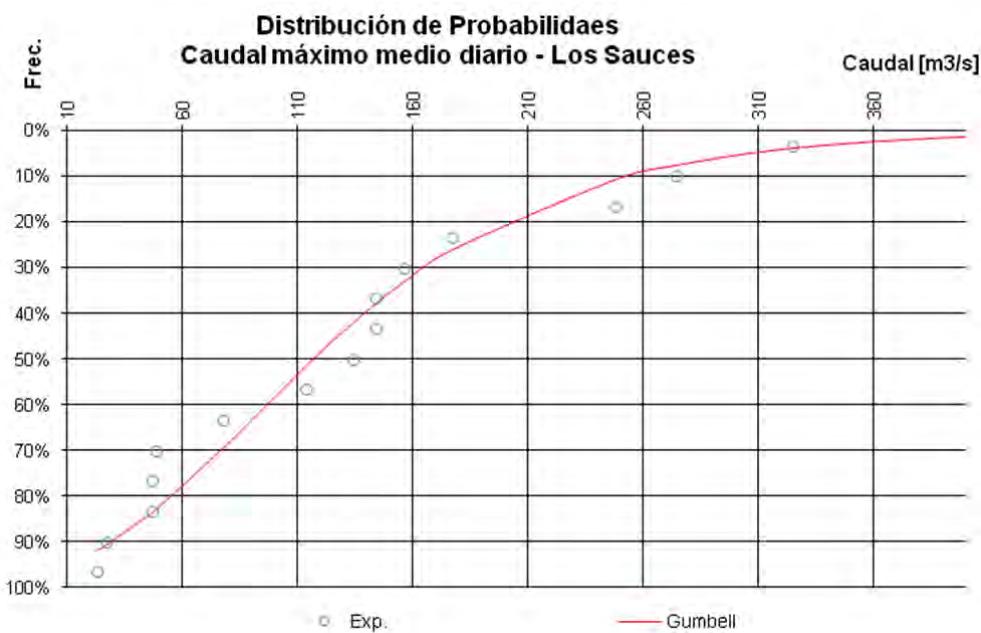
Orden	Q [m ³ /s]	Fi exp. Hazen	Gumbel
1	325.0	0.033	0.0388
2	274.0	0.100	0.0767
3	248.0	0.167	0.1080
4	177.0	0.233	0.2621
5	156.0	0.300	0.3337
6	144.0	0.367	0.3806
7	144.0	0.433	0.3806
8	134.0	0.500	0.4229
9	114.0	0.567	0.5153
10	78.0	0.633	0.6956
11	49.0	0.700	0.8303
12	47.0	0.767	0.8385
13	47.0	0.833	0.8385
14	27.0	0.900	0.9095
15	23.0	0.967	0.9210

301. En la siguiente tabla se indican los caudales medios diarios máximos anuales para distintas recurrencias:

Cuadro N°12. Caudales medios diarios máximos anuales

T [años]	5	10	15	25	50	100
Q [m ³ /s]	199.4	253.9	284.6	322.7	373.7	424.4

Cuadro N°13. Distribución de Probabilidades – Los Sauces



302. La relación Caudal Máximo Instantáneo – Caudal Máximo Medio Diario no es constante en una cuenca y menos aún en cuencas distintas; cuando se trata de grandes avenidas es evidente que a mayor superficie de aporte de la cuenca tratada menor es esta

relación. Esto se verifica con los datos existentes en el angosto del Pucará (1.40) y Las Flechas (1.33), sin embargo, para La Punilla, el valor 1,90 es sumamente elevado.

303. Ante la falta de datos directos, se adopta como multiplicador el valor QMI/QMMD = 1.9 registrado en la Punilla, obteniendo así:

Cuadro N°14. Caudales de diseño

Caudales de diseño						
T [años]	5	10	15	25	50	100
Q [m ³ /s]	378	482	540	613	710	806

304. Se sugiere adoptar el caudal de Diseño $Q = 710 \text{ m}^3/\text{s}$ ($R = 50 \text{ años}$), que de acuerdo a los criterios de diseño generalizado para estructuras de control de agua², se considera para Puente Carretero Sistema Primario (50 a 100), o bien diques en fincas (2 a 50).

V. BASES PARA LA UBICACIÓN DE LA OBRA DE CAPTACIÓN

A. Oferta hidrológica en estiaje.

305. Para estimar el caudal en estiaje se cuenta con aforos diarios realizados en la estación hidrometeorológica de Las Flechas y de Los Sauces.

306. Para este trabajo se realizaron además, aforos en distintas secciones del río Calchaquí, a saber:

Cuadro N°15. Lugares aforados para determinar la ubicación de la obra de captación

1	Las Flechas
2	Puente Piedra Pintada
3	Angosto Qbda. El Tonco
4	Puente Palo Pintado
5	Los Sauces

307. Los aforos se realizaron el 29/05, 03/07, 01/08 y 26/09.

B. Caudales medios diarios en Las Flechas y en Los Sauces.

308. La estación de aforos de Las Flechas se encuentra 10,7 km aguas arriba de la zona del Angosto en Quebrada del Tonco y 12,3 km aguas arriba del puente de Palo Pintado.

309. Existen disponibles los caudales medio diarios desde febrero de 1946 a diciembre de 1952.

310. La estación de los Sauces se encuentra aguas abajo del Puente de Palo Pintado 13,9 km.

311. A los efectos de investigar los caudales mínimos de estiaje se realiza la tabla que sigue:

² Chow y otros, Hidrología Aplicada, McGraw-Hill, 1999 – Tabla 13.1.1 pág 430.

Cuadro N°16. Caudales de Estiaje

Las Flechas					Los Sauces				
Periodo	Modulo	Qmmd(1)	dias	Qmm(2)	Modulo	Qmmd(1)	dias	dias cons	Qmm(2)
1946-1947	8.09	0.2	4	0.86	8.24	seco	s/d	s/d	0.20
1947-1948	3.00	0.2	6	1.24	2.85	seco	52	8	0.24
1948-1949	17.52	0.2	13	0.63	19.98	seco	50	10	0.05
1949-1950	5.99	0.5	5	1.73	6.15	< 0.04	19	7	0.55
1950-1951	7.03	0.5	21	1.3	5.68	seco	35	8	0.50
1951-1952	4.70	0.2	3	0.91	3.52	seco	50	10	0.05
1952-1953	12.26	0.5	19	1.07	10.91	seco	36	8	0.08
1953-1954	9.54	s/d	s/d	1.3	10.94	seco	s/d	s/d	0.20

312. Observamos algunas pautas importantes de la estación Las Flechas.

313. El año con mayor cantidad de días con caudal mínimo menor o igual a 0,2 m³/s se produce en el estiaje 1948 – 1949, presentando también el menor valor de caudal medio mensual 0,63 m³/s (mes de noviembre de 1948) y coincide con un año hidrológicamente seco inmediatamente anterior (1947 – 1948 con un módulo de 3 m³/s).

314. En este mismo período presenta en la estación Los Sauces 50 días con el río seco, con un máximo de 10 días consecutivos. Para el mes de noviembre de 1948, el caudal medio mensual es de 0,05 m³/s.

315. El año con mayor módulo 1948-1949 (17,52 m³/s en Las Flechas), afecta directamente los caudales del río en el estiaje del año próximo (1949-1950). En las Flechas, se observa que los caudales no descienden de 0,5 m³/s con un caudal medio mensual para noviembre de 1,73 m³/s. En tanto en Los Sauces el río no se seca, registrándose 19 días con caudales menores a 40 l/s y con un máximo de 7 días sucesivos. El caudal medio mensual mínimo en este estiaje es 0,55 m³/s.

316. A los efectos de investigar los caudales de estiaje se realiza la tabla que sigue:

Cuadro N°17. Caudales de Estiaje estación Las Flechas

Las Flechas	Agosto			Setiembre			Octubre			Noviembre			Diciembre		
	Año	Qmm	Qmmd	dias	Qmm	Qmmd	dias	Qmm	Qmmd	dias	Qmm	Qmmd	dias	Qmm	Qmmd
1946-1947	2.05	1.5	7	1.40	0.5	7	1.02	0.5	17	0.86	0.2	2	0.80	0.2	2
1947-1948	2.53	1.5	3	2.67	0.5	3	1.39	0.5	15	1.14	0.2	4	2.06	0.2	1
1948-1949	2.06	1.5	14	1.47	0.5	12	0.97	0.2	5	0.63	0.2	8	2.25	0.2	1
1949-1950	3.00	3.5	3	2.76	2.0	6	1.95	1.5	9	1.65	0.5	5	2.65	1.0	4
1950-1951	3.00	3.0	1	2.07	1.5	4	1.65	1.0	8	1.30	0.5	14	1.79	0.5	7
1951-1952	2.95	2.5	3	1.72	1.5	20	1.29	0.5	10	1.07	0.5	17	0.91	0.2	3
1952-1953	2.66	2.0	1	1.73	1.0	5	1.45	0.5	7	1.07	0.5	12	2.36	1.0	1

- Qmm es el caudal medio mensual, acotando los caudales medios diarios a 3 m³/s.
- $Qmmd$ es el caudal mínimo medio diario registrado en el mes
- $días$ corresponde a la cantidad de días que se registró el caudal mínimo diario.

317. A estos caudales habría que afectarlos con un coeficiente de correlación entre estaciones, que más adelante presentamos y que anticipamos varía entre 0,80 y 0,70.

318. Se observa que los meses de noviembre y diciembre son críticos, con caudales máximos de 1,65 m³/s (1,30 para Palo Pintado) y con un caudal medio para los pocos años que se cuenta registros de 1,10 m³/s (0,85 m³/s para Palo Pintado).

319. En la tabla siguiente se calcula el módulo del río Agosto – Diciembre, acotado a 3 m³/s en Las Flechas (aproximadamente 2,4 m³/s en Palo Pintado) y modificado por un coeficiente 0,8 en Palo Pintado.

Cuadro N°18. Módulo del río Calchaquí

Mod - Ago-Dic [m ³ /s]		
Periodo	Las Flechas Q [m ³ /s]	Puente Q [m ³ /s]
1946-1947	1.23	0.98
1947-1948	1.96	1.57
1948-1949	1.48	1.19
1949-1950	2.41	1.92
1950-1951	1.97	1.57
1951-1952	1.59	1.27
1952-1953	1.86	1.49
Promedio	1.78	1.43

320. Un canal con capacidad de transporte de 2,0 m³/s, podría transportar todo el caudal considerado para cada año calculado. Como no se disponen obras de embalse eficientes, cada propietario debería tener la capacidad de regular el recurso. Evidentemente el turnado, en caso que este sea la forma de distribuir el riego entre regantes no debería ser por tiempo, sino por volumen.

C. Aforos realizados por la Secretaría de Recursos Hídricos de Salta.

321. Se presenta en la siguiente tabla los datos más significativos de los aforos realizados.

Cuadro N°19. Aforos realizados por la Secretaría de Recursos Hídricos de la Provincia de Salta.

Fecha	Las Flechas Q [m ³ /s]	En Ruta DQ [m ³ /s]	Angosto Q [m ³ /s]	En Ruta DQ [m ³ /s]	Puente PP Q [m ³ /s]	En Ruta DQ [m ³ /s]	Los Sauces Q [m ³ /s]
29-may	12.555	0.094	12.98			0	10.692
30-may			11.949	0.025	10.235		
03-jul	10.9	0.058	9.859	0.025	8.641		
04-jul	9.176	0.077	7.895			0	7.597
04-jul			8.088	0.021	7.749		
05-jul	9.227	0.066	7.718			0.82	6.032
05-jul			7.615	0.02	6.749		
06-jul			7.343	0.02	6.766		
01-agosto			7.204	0.046	6.098		
02-agosto	7.341	0.038	6.763	0.053	5.724		
03-agosto	7.072	0.038	6.616	0.053	5.801		
26-sept	2.722	0.09	2.321			1.371	0.63
26-sept			1.871	0.043	1.791		
27-sept	3.082	0.104	2.378	0.109	2.192	0	1.78
27-sept			2.376	0.109	2.188		
28-sept			2.322	0.109	2.072		

D. Relaciones entre las estaciones de aforo.

322. En la siguiente figura se muestra la ubicación de las estaciones de aforo:

Figura N°5. Ubicación estaciones de aforo



323. Se realizará una tabla considerando dos estaciones de aforo elegidas, obteniendo la diferencia entre lo aforado por ellas. El caudal en ruta se aportará en la estación de aforo aguas abajo.

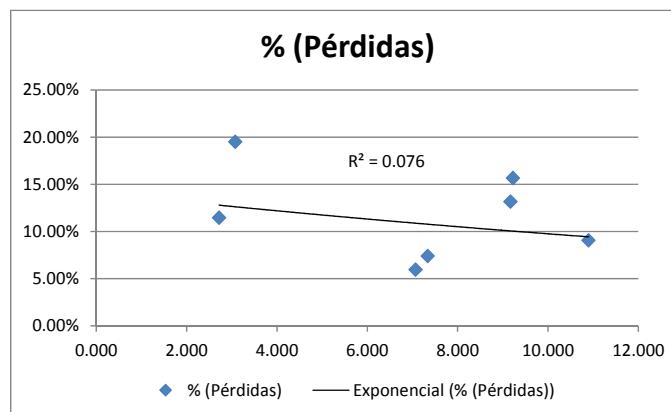
324. Las Flechas – Angosto (Qda. del Tonco)

Cuadro N°20. Diferencias entre las estaciones de aforo

Las Flechas Q [m ³ /s]	Angosto [m ³ /s]	Dif ΔQ [m ³ /s]	Porc
2.722	2.411	0.311	11.43%
3.082	2.482	0.600	19.47%
7.072	6.654	0.418	5.91%
7.341	6.801	0.540	7.36%
9.176	7.972	1.204	13.12%
9.227	7.784	1.443	15.64%
10.900	9.917	0.983	9.02%
12.555	13.074	-0.519	-4.13%

325. La línea del último renglón, correspondiente al mes de mayo lo desestimamos por estar todavía muy cercano a la época estival en un año hidrológico muy húmedo.

Figura N°6. Caudal en las Flechas en m³/s y porcentaje resultante referido al caudal.



326. Las pérdidas corresponden a la suma de los valores de infiltración y evaporación menos los aportes laterales en el recorrido.

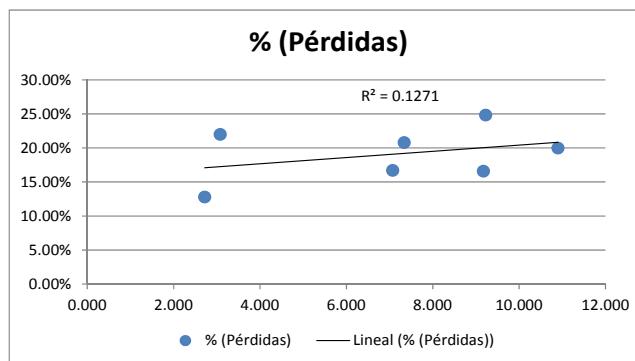
327. El porcentaje de las pérdidas resultantes en estiaje varían entre el 5% y el 20%, con un rango del 15 %.

328. Las Flechas – Puente Palo Pintado

Cuadro N°21. Diferencias entre las estaciones de aforo

Las Flechas Q [m ³ /s]	Puente Q [m ³ /s]	Dif ΔQ [m ³ /s]	% (Pérdidas)
2.722	2.374	0.348	12.78%
3.082	2.405	0.677	21.97%
7.072	5.892	1.180	16.69%
7.341	5.815	1.526	20.79%
9.176	7.654	1.522	16.59%
9.227	6.938	2.289	24.81%
10.900	8.724	2.176	19.96%
12.555	11.385	1.170	9.32%

329. Mantenemos idéntico criterio que en el apartado anterior para el registro de mayo.

Figura N°7. Caudal en Palo Pintado en m³/s y porcentaje resultante referido al caudal

330. El porcentaje de las pérdidas resultantes en estiaje varían entre el 12% y el 25%, con un rango del 13 %.

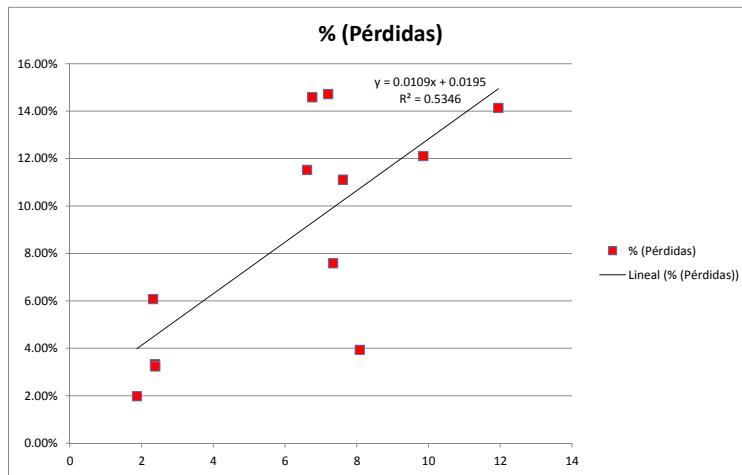
331. Angosto (Qda. del Tonco) – Puente Palo Pintado

Cuadro N°22. Diferencias entre las estaciones de aforo

Angosto Q [m ³ /s]	Puente Q [m ³ /s]	Dif ΔQ [m ³ /s]	% (Pérdidas)
1.871	1.834	0.037	1.98%
2.322	2.181	0.141	6.07%
2.376	2.297	0.079	3.32%
2.378	2.301	0.077	3.24%
6.616	5.854	0.762	11.52%
6.763	5.777	0.986	14.58%
7.204	6.144	1.060	14.71%
7.343	6.786	0.557	7.59%
7.615	6.769	0.846	11.11%
8.088	7.770	0.318	3.93%
9.859	8.666	1.193	12.10%
11.949	10.260	1.689	14.14%

332. En este tramo en el que los aportes laterales son menores, debido a su corta distancia y a que la quebrada del Tonco ya ha sido superada, consideramos todos los datos.

Figura N°8. Caudal en el Angosto en m³/s y porcentaje resultante referido al caudal



333. Las pérdidas varían entre un 2% y un 15%, con un rango del 13%. Se puede observar en este gráfico que existe una mayor dispersión de resultados en los valores obtenidos entre 6 y 8 m³/s.

E. CONSIDERACIONES

334. Las pérdidas por infiltración en el tramo Quebrada del Tonco – Puente Palo Pintado se encuentran acotadas entre un 4% y un 15% con respecto al caudal base, de acuerdo a los aforos realizados en el presente año.

335. De acuerdo al estudio hidrogeológico realizado por Mercoaguas, se observa que existe un estrato seco (variable) entre 0,90m y 5m en el lecho del río Calchaquí hasta llegar al “reservorio de agua subterránea”, por lo que el flujo, por lo menos, desde el momento de la prospección y durante los sucesivos aforos es desde el cauce hacia la napa, lo que indicaría que estamos en una situación de máxima infiltración.

336. La infiltración no depende directamente del caudal, sino de la superficie en contacto agua-suelo (perímetro mojado) y de la carga de agua. A mayor caudal estas variables aumentan, por lo tanto es importante mantener las condiciones actuales, para también mantener las condiciones de pérdidas acotadas.

337. Realizar una barrera elevada que enlagune aguas arriba aumentará las pérdidas y desvirtuará totalmente la relación caudal - pérdidas, por lo que será preciso prever los elementos de proyecto necesarios a fin de disminuir la infiltración.

338. Este problema a resolver en caso que se decida realizar una obra de cierre estará presente en cualquiera de los lugares a realizar la obra, pues el estrato aluvional es el mismo.

339. A obras iguales en el río para las dos situaciones: Quebrada del Tonco – Puente Palo Pintado, en la zona de la quebrada del Tonco la obra final se encarece por necesitar un canal de mayor longitud, el que debería ubicarse sobre el terciario, con las complicaciones constructivas del caso. Por ello, realizar la obra en cercanías al Puente de Palo Pintado con

una pérdida acotada en el 15% del caudal puede considerarse adecuada en tanto, para los meses críticos, pueda ser suplantada con un manejo eficiente del agua.

340. Además, la realización de una toma en la quebrada del Tonco, trae aparejado un riesgo aluvional importante por las crecientes que llegan del norte.

Figura N°9. Ubicación Quebrada del Tonco



341. Se observa en la tabla de caudales de estiaje, aunque escueta debido a los pocos años que se cuentan, que los caudales medios mensuales disponibles en el mes de noviembre está acotado a valores entre 0,50 m³/s y 1,30 m³/s con un promedio de 0,85 m³/s, por lo que sería necio esperar valores mayores a estos. Sin embargo dentro del mes hay días con caudales del orden de 0,1 y 0,3 m³/s, por lo que es muy importante realizar una racionalización del recurso, utilizando estructuras de reserva y realizando mejoras para optimizar el riego.

342. El módulo promedio del río previsto en Palo Pintado es de 1,43 m³/s (de Agosto a Diciembre) posible de transportar con un canal de 2,2 m³/s. Para los años con registro se obtuvo un máximo de 1,92 y un mínimo de 0,98 m³/s. Se recomienda recuperar algo del escurrimiento del subávleo con una pantalla vertical importante en la toma, además de incorporar un caudal adicional mediante una perforación de refuerzo.

343. El hecho de utilizar el recurso superficial del río, presenta el problema que está condicionado al año hidrológico. Sin embargo a diferencia de los cultivos a secano, se pueden prever de acuerdo a las condiciones estivales de humedad los caudales que erogará el río en el próximo estiaje.

344. Existen pozos profundos en la zona, de caudales variables entre 1,5 m³/h a 300 m³/h. Este último, de gran potencia, provee caudales del orden del 5% del caudal de diseño, por lo que no representa una alternativa válida para el consorcio, probablemente sí para un propietario.

VI. APORTE ALUVIONALES.

345. Se analizaron y determinaron los aportes aluvionales sobre el canal matriz de los consorcios de San Carlos y Payogastilla, con un tiempo de recurrencia de 25 años.

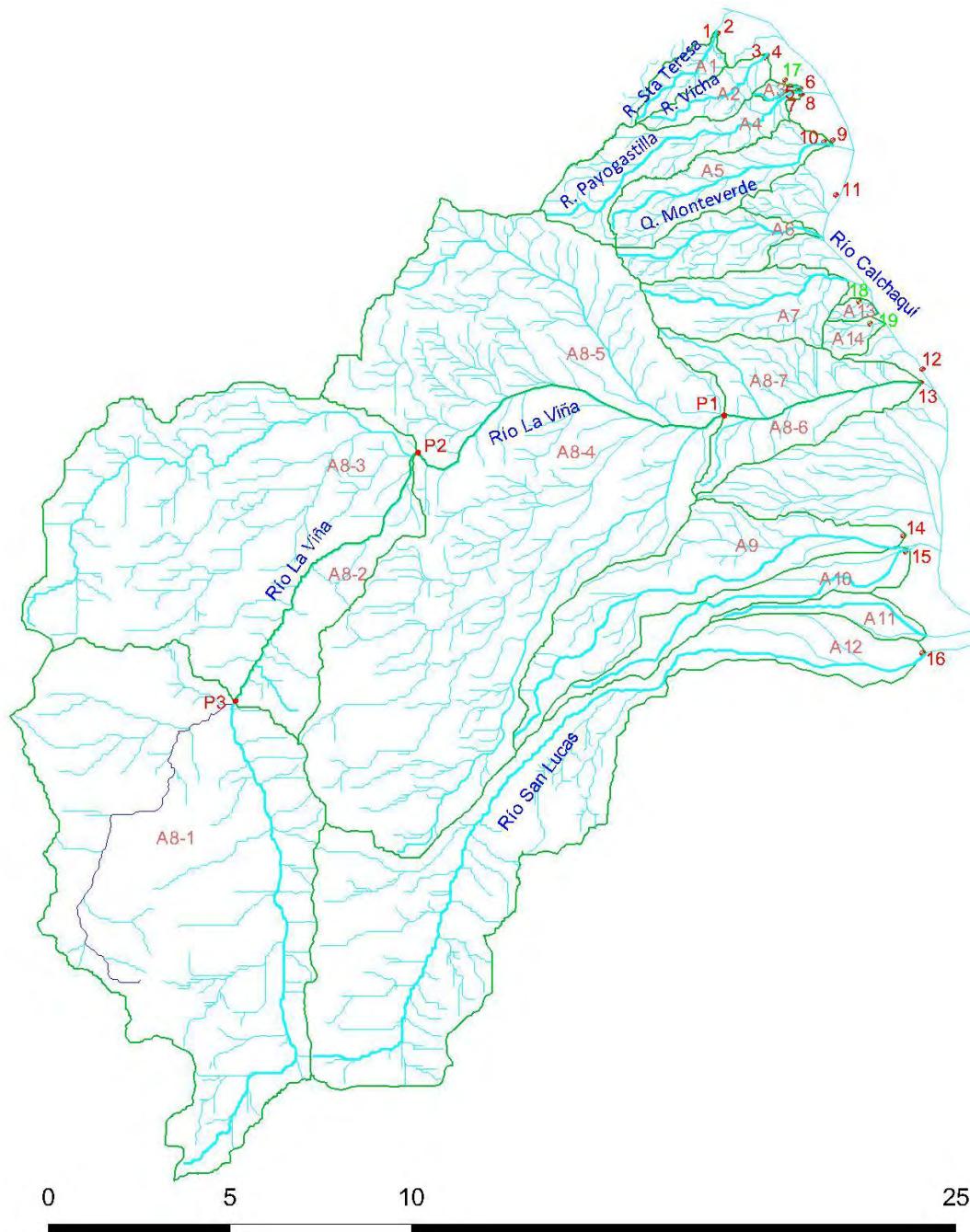
A. Determinación de las cuencas.

346. Se utilizaron los modelos digitales de la Misión Topográfica de Radar del Trasbordador ejecutada por la NASA que realizó en 1999 una topología de la Tierra con una malla de 3°. Esta malla, de recurso gratuito, puede ser procesada por diversos programas de computación a fin de determinar las curvas de nivel del terreno. Este recurso se ajusta con imágenes satelitales y observación en el terreno para la determinación de las cuencas que involucra el objeto del trabajo.

347. Mediante el plano de cuencas determinado y expuesto en la figura siguiente, se determinaron las cuencas con el detalle necesario para obtener caudales en puntos característicos.

348. En el plano de cuencas se determinaron todos los cauces que pueden en menor o mayor medida desaguar sobre los canales matrices.

Figura N°10. Cuencas Aluvionales



349. Se realiza una tabla en la que se ubican los distintos sifones que se realizarán en el canal, indicando en la misma las coordenadas geográficas y planas correspondientes.

Cuadro N°23. Sifones de cruce aluvional

Des	Elemento	Latitud	Longitud	Norte	Este
1	Sifón 1 SC Río Sta. Teresa	25°42'16.45"S	66° 19.81"O	7157860.5053	3498053.7204
2	Sifón 1 P-LM Río Sta. Teresa	25°42'14.62"S	66° 17.95"O	7157916.8277	3498105.5685
3	Sifón 2 SC Río Vicha	25°42'35.93"S	66° 021.12"O	7157261.1731	3499411.2080
4	Sifón 2 P-LM Río Vicha	25°42'34.24"S	66° 019.44"O	7157313.1818	3499458.0416
5	Sifón 3 SC Brazo Río Payogastilla	25°43'5.59"S	65°5948.42"O	7156348.4482	3500322.8097
6	Sifón 3 P-LM Brazo Río Payogastilla	25°43'4.30"S	65°5946.19"O	7156388.1441	3500384.9754
7	Sifón 4 SC Río Payogastilla	25°43'8.92"S	65°5945.47"O	7156245.9710	3500405.0422
8	Sifón 4 P-LM Río Payogastilla.	25°43'8.96"S	65°5944.58"O	7156244.7393	3500429.8521
9	Sifón 5 SC Quebrada de Monteverde	25°43'50.66"S	65°5914.57"O	7154961.4401	3501266.2962
10	Sifón 5 P-LM Quebrada de Monteverde	25°43'52.13"S	65°5922.79"O	7154916.2233	3501037.1719
11	Sifón 6 SC Río Calchaquí	25°44'39.22"S	65°5910.91"O	7153467.0771	3501368.1590
12	Sifón 7 SC Los Sauces	25°47'15.17"S	65°5745.36"O	7148667.4958	3503751.1121
13	Sifón 8 SC Río La Viña	25°47'27.40"S	65°5746.98"O	7148291.1480	3503705.8728
14	Sifón 9 SC Río Des. Chico	25°49'44.64"S	65°584.21"O	7144067.8997	3503224.8211
15	Sifón 10 SC Río Desarenador	25°49'58.62"S	65°58'1.95"O	7143637.6675	3503287.6562
16	Sifón 11 SC Río San Lucas	25°51'29.31"S	65°5745.45"O	7140846.6698	3503746.3825
17	Inicio entubado	25°42'56.39"S	66° 0'1.33"O	7156631.5659	3499962.9235
18	Fin de entubado	25°46'14.45"S	65°5848.40"O	7150536.4451	3501995.0802
19	Sifón nuevo	25°46'34.55"S	65°5837.47"O	7149917.8486	3502299.5288

350. Se utilizará para la modelación de la cuenca el programa HEC-HMS (Hydrologic Modeling System), desarrollado por el Hydrologic Engineering Center (HEC) del US Army Corps of Engineers. El programa simula los procesos de precipitación - escorrentía y los procesos de tránsitos controlados y naturales. El modelo realizado corresponde a los denominados modelos matemáticos determinísticos.

351. Para realizar la modelación de los procesos precipitación – escorrentía de la cuenca se precisan determinar o adoptar submodelos para distintos componentes. Los definimos a continuación:

352. Se debe adoptar un modelo de pérdidas que permita obtener la transformación de la precipitación en exceso de precipitación. Adoptamos el modelo SCS para abstracciones. Este modelo considera una abstracción inicial antes del encharcamiento (Ia) para la cual no ocurrirá escorrentía. La hipótesis principal del método consiste en que la relación entre escorrentía potencial (P-Ia) y escorrentía real (Pe) es igual a la relación entre la capacidad potencial de retención del suelo (S) y la retención real de este (Fa). La precipitación efectiva se calcula, en base a la hipótesis supuesta, con la siguiente fórmula:

$$Pe = (P - Ia)2 / (P - Ia + S)$$

353. El SCS (Soil Conservation Service) determinó mediante el análisis de muchas cuencas experimentales la siguiente relación:

$$I_a = 0.2 S$$

354. Para obtener los valores de S se definió un número adimensional de curva (CN), que varía entre 0 y 100, tal que CN = 100 corresponde a superficies impermeables y CN = 0 a superficies que no provocan escorrentía. La relación establecida por el SCS entre S y CN es la siguiente:

$S = 25400 / CN - 254$

355. Se adopta para todas las cuencas el valor $CN = 80$, debido a que el suelo, según se observa en el plano de suelos realizado corresponde a Afloramiento + Valle Calchaquíes, donde el espesor de suelo es muy pequeño, entre 0 y 10 cm, quedando un afloramiento de roca, con muy poca capacidad de retención en la cuenca, salvo la propia zona del cauce de los riachos donde existe una mayor capacidad de almacenamiento.

356. Se debe adoptar un modelo de sistema hidrológico general, que permita encontrar una relación entre las tasas de flujo de entrada y de flujo de salida.

357. En función de los datos que disponemos utilizamos el hidrograma adimensional SCS. Dicho hidrograma sintético considera un valor q_p (caudal al pico) igual a:

$$q_p = C A / T_p$$

Con $C = 2.08$, A = área de drenaje en km^2 y T_p = tiempo al pico.

358. De acuerdo a experiencia del SCS, se determinó que el tiempo de retardo (t_p) se aproxima al valor:

$$t_p = 0.6 T_c$$

donde T_c es el tiempo de concentración de la cuenca.

$$\text{Luego: } T_p = t_r / 2 + t_p$$

Donde t_r es el tiempo de precipitación en exceso.

359. En definitiva, para el método propuesto, se debe obtener el dato del tiempo de retardo (t_r), luego el programa se encarga en encontrar a partir de los valores ingresados el hidrograma correspondiente. Debido a que no se poseen datos empíricos de este parámetro para las cuencas o subáreas en cuestión, adoptamos el valor recomendado por la SCS, (60 % del Tiempo de concentración).

360. Para el tiempo de concentración de la cuenca, se considerará la fórmula de California Culverts Practice adoptada usualmente para cuencas de montañas y cuya expresión es la siguiente: $T_c = 57 (L^3/H) 0,385$. Siendo L = longitud del cauce en km y H la diferencia de nivel entre cotas extremas de la cuenca.

361. Posteriormente se verificaron las velocidades obtenidas con las sugeridas por Chow, Maidment, Mays en su libro Hidrología aplicada (Tabla 5.7.1).

362. Obtenemos a continuación los datos necesarios para realizar las modelaciones propuestas.

Cuadro N°24. Datos de las cuencas aluviales

SUBCUENCA	Superficie [km ²]	Long. Max. Cuenca [m]	Cmax.	Cmin	Altitud media	LT	H	Tc	vmed	i media	Lag	CN	Ia
A1	2.35	3626	1980	1770	1871	5.44	210	51.4	1.76	0.058	30.9	80	12.70
A2	3.16	4249	1965	1765	1864	6.37	200	63.0	1.69	0.047	37.8	80	12.70
A3	0.40	1470	1885	1755	1794	2.20	130	21.8	1.69	0.088	13.1	80	12.70
A4	9.31	8902	1965	1755	1960	13.35	210	145.2	1.53	0.024	87.1	80	12.70
A5	8.57	7238	2090	1740	1890	10.86	350	93.9	1.93	0.048	56.3	80	12.70
A6	6.33	6127	2105	1722	1905	9.19	383	74.8	2.05	0.063	44.9	80	12.70
A7	9.12	6240	2135	1715	1902	9.36	420	73.7	2.12	0.067	44.2	80	12.70
A9	19.48	14069	2330	1700	1984	21.10	630	161.3	2.18	0.045	96.8	80	12.70
A10	8.14	11268	2210	1690	1909	16.90	520	134.4	2.10	0.046	80.7	80	12.70
A11	3.10	6022	1995	1688	1813	9.03	307	79.9	1.89	0.051	47.9	80	12.70
A12	55.07	24744	3765	1693	2772	37.12	2072	195.8	3.16	0.084	117.5	80	12.70
A13	0.61	1379	1830	1708	1751	2.07	122	20.8	1.66	0.088	12.5	80	12.70
A14	1.33	1973	1870	1708	1773	2.96	162	28.1	1.75	0.082	16.9	80	12.70
A8-1	79.61	15633	4430	2680	3620	23.45	1750	123.0	3.18	0.112	73.8	80	12.70
A8-2	10.06	10469	3138	2120	2700	15.70	1018	95.3	2.75	0.097	57.2	80	12.70
A8-3	57.80	17216	3695	2120	2915	25.82	1575	143.2	3.01	0.091	85.9	80	12.70
A8-4	72.70	16737	2960	1815	2321	25.10	1145	156.7	2.67	0.068	94.0	80	12.70
A8-5	43.38	12424	2310	1815	2077	18.64	495	153.4	2.03	0.040	92.0	80	12.70
A8-6	6.04	7741	2015	1700	1815	11.61	315	105.7	1.83	0.041	63.4	80	12.70
A8-7	8.57	8608	2100	1700	1846	12.91	400	109.0	1.97	0.046	65.4	80	12.70

B. Modelo Meteorológico

363. A fin de simular los procesos precipitación – escorrentía, es necesario obtener un modelo meteorológico que simule la precipitación.

364. Se dispone de precipitaciones máximas en 24 horas de la localidad de San Carlos con un total de 16 años (desde 1977 a 1992) que conjuntamente con la serie de Los Sauces, muy próxima entre los años 1942 y 1956, se obtiene un registro de 29 años. Mediante métodos estadísticos obtendremos para distintas recurrencias la lluvia extrema de 24 horas. Los valores máximos para cada ciclo se disponen en la tabla siguiente:

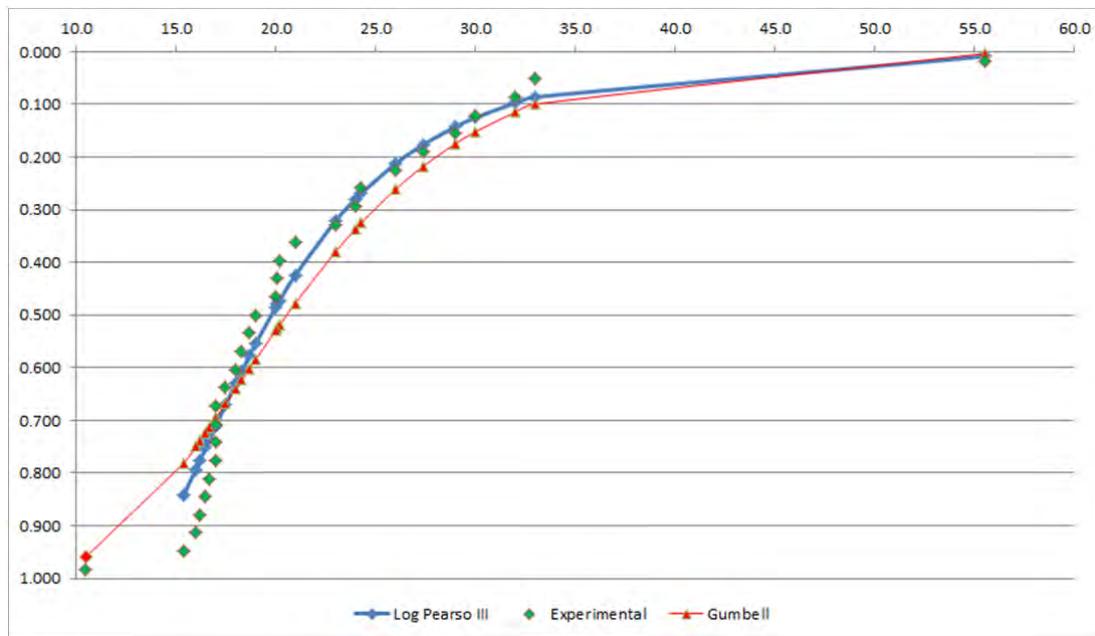
Cuadro N°25. Valores de precipitación máximos diarios

Fecha	P 24 hs
20/01/1942	30.0
01/02/1944	32.0
13/01/1945	29.0
24/12/1946	16.2
17/02/1947	27.4
18/01/1948	16.7
06/01/1949	20.0
14/01/1950	10.5

Fecha	P 24 hs
06/02/1951	24.3
05/02/1952	16.5
26/12/1953	15.4
15/11/1954	33.0
06/02/1956	17.0
08/10/1956	18.3
1978	23.0
1979	17.0
1980	19.0
1981	17.5
1982	26.0
1983	18.0
1984	21.0
1985	17.0
1986	20.2
1987	17.0
1988	16.0
1989	18.7
1990	24.0
1991	55.5
1992	20.1

365. Se realizaron análisis de frecuencia según Log Pearson III y Gumbell. La distribución de probabilidades, según los ajustes realizados, se presenta en el gráfico siguiente.

Figura N°11. Análisis de Frecuencia



366. Se presentan los resultados obtenidos:

Cuadro N°26. Distribución de probabilidades

T (años)	xT (LPIII)	xT (EVI)
5	26.5	28.0
10	31.8	33.0
15	35.1	35.7
25	39.6	39.2
50	46.4	43.8
100	54.1	48.4

C. Distribución temporal de la tormenta.

367. Se desagrega la tormenta de 24 horas a través de coeficientes promedios de curva IDR en zonas semiáridas y húmedas de Brasil. Obtenemos así una tormenta de 5 horas, suficiente para los distintos tiempos de concentración que contamos en las subcuenca de estudio.

368. Se aplica el coeficiente de Hersfield a la lluvia de 24 hs, que para la recurrencia de 25 años es $Kf=1.14$.

369. Luego $P24 = 39.6 \times 1.4 = 55.44 \text{ mm}$

Cuadro N°27. Ajuste Tormenta de diseño

T (min)	Kc	P [mm]	I [mm/h]	I (Ajuste)	Dif [mm/h]
5	0.096	5.32	63.9	69.97	6.1
10	0.168	9.31	55.9	57.61	1.7
15	0.218	12.09	48.3	49.33	1.0
20	0.252	13.97	41.9	43.34	1.4
25	0.283	15.69	37.7	38.8	1.1
30	0.311	17.24	34.5	35.22	0.7
60	0.420	23.28	23.3	23.28	0.0
360	0.720	39.92	6.65	6.549	-0.1
480	0.780	43.24	5.41	5.274	-0.1
600	0.820	45.46	4.55	4.453	-0.1
720	0.850	47.12	3.93	3.877	-0.1
1440	1.000	55.44	2.31	2.28	0.0

370. El ajuste se lo realiza según la siguiente expresión:

$$I [\text{mm}] = a_0 / (T[\text{Hs}] + b)^c$$

con: $a_0 = 26.982$

$b = 0.2093$

$c = 0.7754$

371. Mediante el método de los bloques alternos obtenemos la tormenta de 5 horas:

Cuadro N°28. Tormenta de diseño

	I [mm/h]	P [mm]	DP [mm]	
15	49.3	12.3	12.3	0.5
30	35.2	17.6	5.3	0.5
45	27.9	20.9	3.3	0.6
60	23.3	23.3	2.4	0.7
75	20.1	25.2	1.9	0.8
90	17.8	26.7	1.5	0.9
105	16.0	28.0	1.3	1.2
120	14.6	29.2	1.2	1.5
135	13.4	30.2	1.0	2.4
150	12.5	31.1	0.9	5.3
165	11.6	32.0	0.8	12.3
180	10.9	32.8	0.8	3.3
195	10.3	33.5	0.7	1.9
210	9.8	34.2	0.7	1.3
225	9.3	34.8	0.6	1.0
240	8.9	35.4	0.6	0.8
255	8.5	36.0	0.6	0.7
270	8.1	36.5	0.5	0.6
285	7.8	37.0	0.5	0.6
300	7.5	37.5	0.5	0.5

D. Caudales obtenidos.

372. Tras la modelación, los resultados obtenidos son los siguientes:

Cuadro N°29. Caudales obtenidos en la modelación.

Elemento	Area drenada km2	Q [m3/s]	Vol [mm]	Obra	Río
A01	2.35	4.09	8.40	Sifón 1 - Sifón 2	Río Santa Teresa
A02	3.16	4.87	8.40	Sifón 3 - Sifón 4	Río Vicha
A03	0.40	1.12	8.40	Sifón 5 - Sifón 6	Brazo Río Payogastilla
A04	9.31	8.29	8.23	Sifón 7 - Sifón 8	Río Payogastilla
A05	8.57	10.23	8.39	Sifón 9 - Sifón 10	Quebrada de Monteverde
A06	6.33	8.75	8.40	Derrame s/conducto PEAD	
A07	9.12	12.73	8.40	Derrame s/conducto PEAD	
A09	19.48	16.12	8.12	Sifón 14	Río Desarenador Chico
A10	8.14	7.63	8.28	Sifón 15	Río Desarenador
A11	3.10	4.11	8.40	Derrame	
A12	8.87	9.82	8.38	Sifón 16	Río San Lucas
A8-1	79.61	64.27	6.86		
P3	79.61	64.27	6.86		
A8-2	10.06	9.58	6.91		
A8-3	57.80	42.21	6.78		
Reach-1	79.61	56.10	6.67		
P2	147.47	102.26	6.73		

A8-4	72.70	50.00	6.70		
A8-5	43.38	30.27	6.72		
Reach-2	147.47	89.88	6.25		
P1	263.55	156.63	6.45		
A8-6	6.03	5.37	6.89		
A8-7	8.57	7.48	6.89		
Reach-3	263.55	151.29	6.13		
P0	278.15	156.70	6.17	Sifón 12 - Sifón 13	Río La Viña

E. CONCLUSIONES

373. Las pérdidas por infiltración en el tramo Quebrada del Tonco – Puente Palo Pintado se encuentran acotadas entre un 4 y un 15 % con respecto al caudal base, de acuerdo a los aforos realizados en el presente año.

374. De acuerdo al estudio hidrogeológico, se observa que existe un estrato seco (variable) entre 0,90m y 5m en el lecho del río Calchaquí hasta llegar al “reservorio de agua subterránea”, por lo que el flujo, por lo menos, desde el momento de la prospección y durante los sucesivos aforos es desde el cauce hacia la napa, lo que indicaría que estamos en una situación de máxima infiltración.

375. La infiltración no depende directamente del caudal, sino de la superficie en contacto agua-suelo (perímetro mojado) y de la carga de agua. A mayor caudal estas variables aumentan. Es importante mantener las condiciones actuales, para mantener las condiciones de pérdidas acotadas.

376. Realizar una barrera elevada que enlagune aguas arriba aumentará las pérdidas y desvirtuará totalmente la relación caudal - pérdidas, por lo que será preciso prever los elementos de proyecto necesarios a fin de disminuir la infiltración. Este problema a resolver en caso que se decida realizar una obra de cierre estará presente en cualquiera de los lugares a realizar la obra, pues el estrato aluvional es el mismo.

377. A obras iguales en el río para las dos situaciones (Quebrada del Tonco–Puente Palo Pintado), en la zona de la quebrada del Tonco la obra final se encarece por necesitar un canal de mayor longitud, el que debería ubicarse sobre el terciario, con las complicaciones constructivas del caso.

378. Realizar la obra en cercanías al Puente de Palo Pintado con una pérdida acotada en el 15% del caudal puede considerarse adecuada en tanto, para los meses críticos, pueda ser suplantada con un manejo eficiente del agua.

379. Se observa en la tabla de caudales de estiaje, aunque escueta debido a los pocos años que se cuentan, que los caudales disponibles en el mes de noviembre está acotado a valores entre 0,50m³/s y 1,30m³/s con un promedio de 0,85m³/s, por lo que sería necio esperar valores mayores a estos. Sin embargo, dentro del mes hay días con caudales del orden de 0,1 y 0,3m³/s, por lo que es muy importante realizar una racionalización del recurso, utilizando estructuras de reserva y realizando mejoras para optimizar el riego.

380. El módulo promedio del río previsto en Palo Pintado es de 1,43m³/s (de agosto a diciembre) posible de transportar con un canal de 2,4m³/s. Para los años con registro se obtuvo un máximo de 1,92 y un mínimo de 0,98m³/s.