



SISTEMA DE RIEGO PREHISPÁNICO EN EL VALLE DE IGLESIA PROVINCIA DE SAN JUAN ARGENTINA

Autor : Lic. Oscar Damiani

INSTITUTO NACIONAL DEL AGUA

CENTRO REGIONAL DE AGUA SUBTERRANEA

U.N.S.J. - F.C.E.F.y N.

Carrera : Licenciatura en Biología

Cátedra: Manejo de Suelos y Recursos Hídricos

Objetivo

-
- ✦ El objetivo de este trabajo es dar a conocer los resultados iniciales de la investigación referida a una forma de manejo del recurso hídrico y del suelo realizada por grupos indígenas prehispánicos que habitaron el norte del territorio de la provincia de San Juan. Se analiza el sistema en lo relativo a las técnicas constructivas, geometrías de los conductos, modelo de funcionamiento, etc.

MARCO TEÓRICO

- ✦ En este trabajo se analizan los conductos de riego prehispánicos que se desarrollaron en el bajo valle del río Blanco-Jáchal, desde la perspectiva teórica del Actualismo.
- ✦ Se analiza en el marco de la Explotación del recurso Agua –Suelo con tendencia a las teorías modernas de Manejo de los Recursos Hídricos.

INTRODUCCIÓN

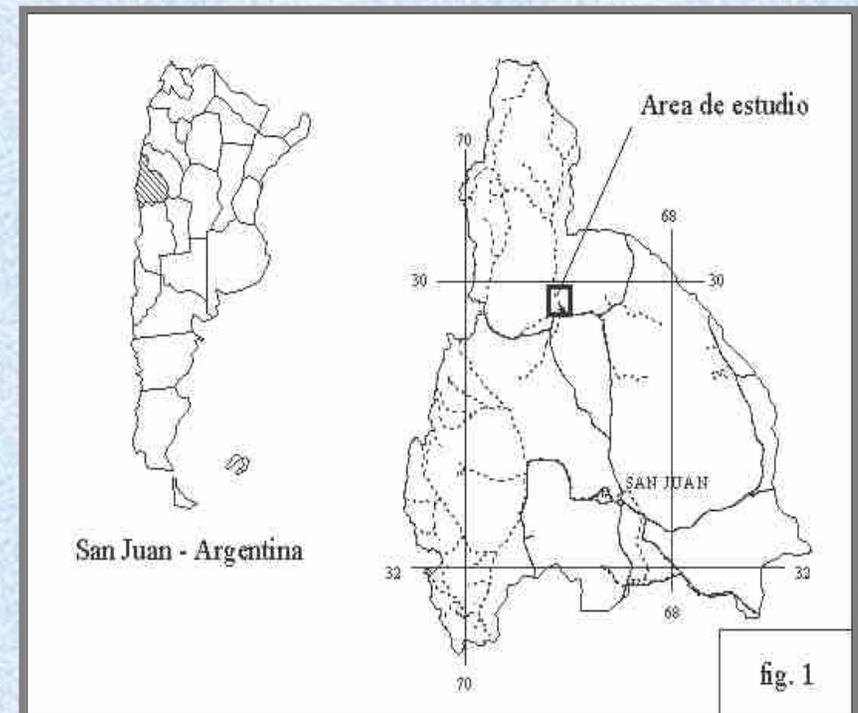
- ✦ La investigación se enfoca sobre testimonios arqueológicos de obras hidráulicas.
- ✦ Inicialmente se insertó en el proyecto “Investigaciones Arqueológicas en los valles de los ríos San Juan, Jáchal y Bermejo” dirigido por M.Gambier.UNSJ, FHyA Inst. Invest.Arq. y Museo.
- ✦ Se continuaron y finalizaron estos trabajos en esta primer etapa en el marco de proyectos internos en el INA-CRAS y Cátedra de Manejos de Recursos Hídricos y Suelos, F.C.E.F. y N. Carrera de Licenciatura en Biología de la U.N.S.J.
- ✦ Actualmente se continúan las investigaciones en las instituciones nombradas en apartado anterior, y otras, con equipo multidisciplinario , estando el proyecto aprobado por comisiones académicas y consejos de investigaciones a nivel nacional.
- ✦ El proyecto está aprobado por la Subsecretaría de Cultura del Superior Gobierno de la provincia de San Juan para continuar los estudios en los departamentos de Iglesia y Jáchal. Resolución N° 0056/SC/2004.

ANTECEDENTES

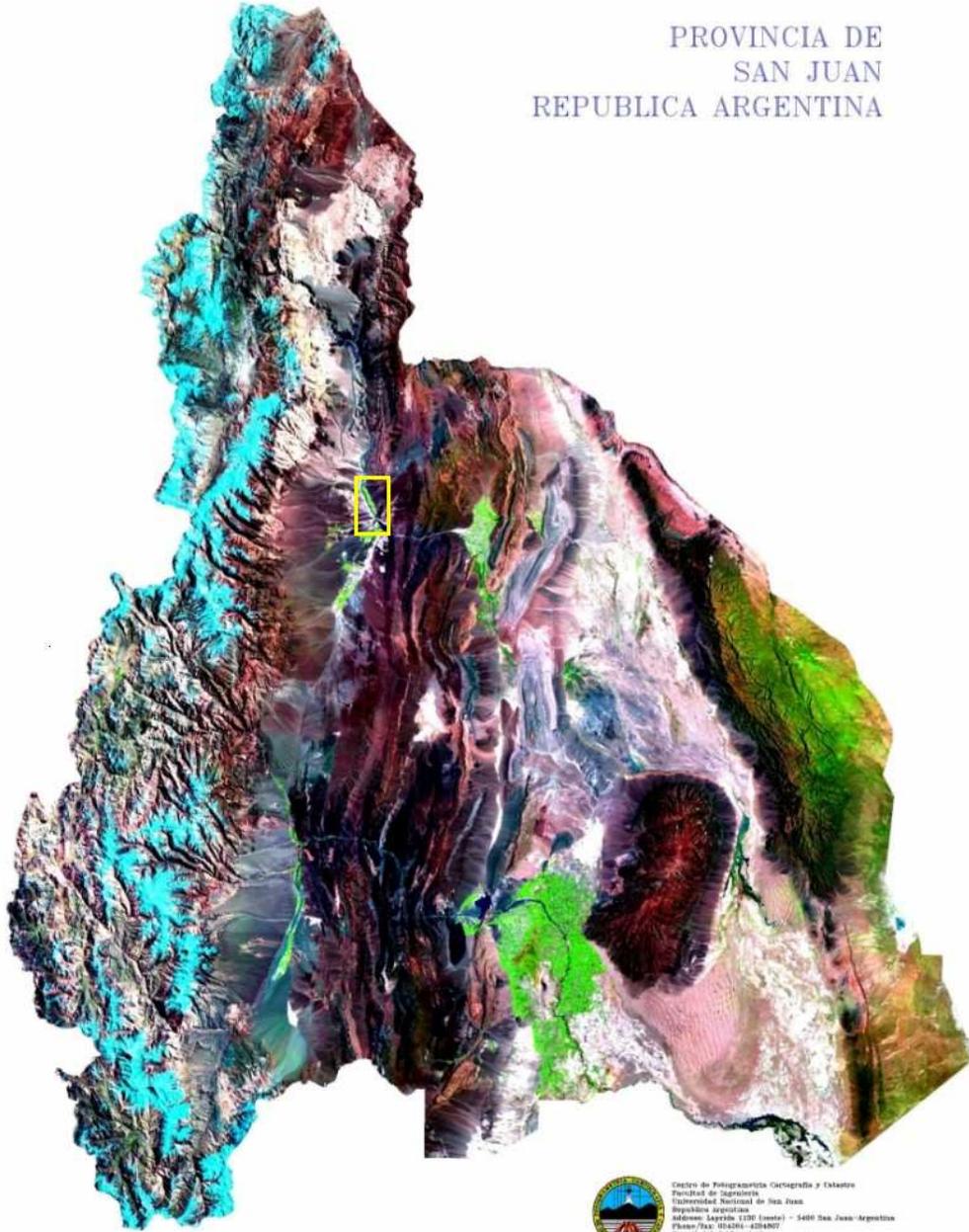
-
- ✦ Ortlof, C.R. Ingeniería hidráulica. Chimú .1981. La tecnología en el Mundo Andino. Inst. Inv. Ant. U.N. Autónoma de México.
 - ✦ Debenedetti, S. 1917. Investigaciones Arqueológicas de los Valles Preandinos de la provincia de San Juan. Publicaciones de la sección Antropología N° 15 Bs.As.
 - ✦ Gambier, M. 1998. La fase Cultural Punta del Barro. Inst. Inv. Arq. y Museo. F.H.yA.U.N.S.J.
 - ✦ Gambier, M. 2000. Prehistoria de San Juan. 2° edición. Ansilta (Ed.)

MATERIAL Y MÉTODO

- ✦ El Valle de Iglesia se sitúa al norte de la provincia de San Juan a 180 km aproximadamente. Limita al oeste con Chile y al norte y este con la provincia de La Rioja.
- ✦ Centros poblados: Villa de Iglesia, Bella Vista, Tudcum, Rodeo, Las Flores, y Angualasto.
- ✦ Actividad económica principal: agrícola, ganadera y turística (actual), a futuro gran minería.



PROVINCIA DE
SAN JUAN
REPUBLICA ARGENTINA



Centro de Fotogrametría Cartografía y Entorno
Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de San Juan
República Argentina
Avenida Laprida 1130 (esq.) - 5400 San Juan - Argentina
Phone/Fax: 02424 - 424807
E-mail: fotobol@unju.edu.ar
www.unju.edu.ar/centro/foctec.html

IMAGEN SATELITAL

PROVINCIA DE SAN JUAN



CLIMA Y GEOMORFOLOGIA



Clima: Kopen BWK.

Viers: En extremo seco, tipo sirio.

Geomorfología: Valle intermontano tectónico Cord. de los Andes por el Oeste, Precordillera occidental por el este.

Integra la gran depresión regional Uspallata-Yalguaraz-Barreal-Calingasta-Iglesia. Formas del paisaje relacionadas a las actividades erosivas acumulativas del tipo glacial, periglacial, aluvial eólica. Unidades principales Montañosa y Deprimida (incluye área de lomadas menores).

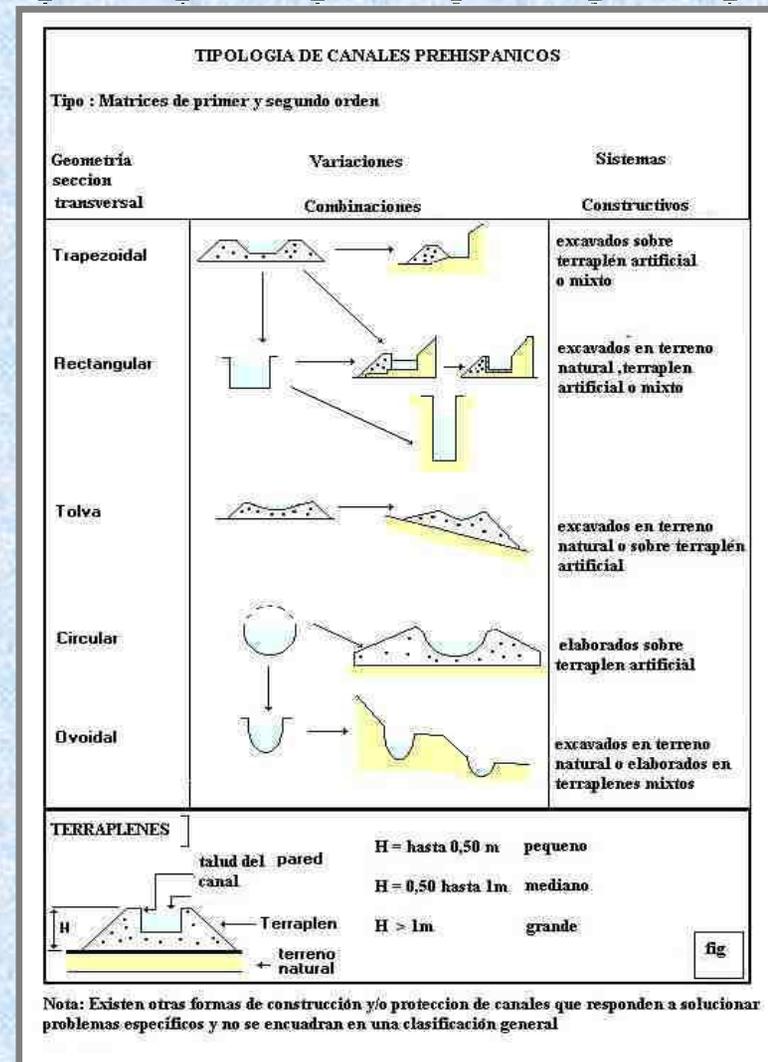
TIPOLOGÍA

- ✦ Canales Matrices de 1° y 2° orden.
- ✦ Variaciones de la geometría de los canales prehispánicos según tipo de terreno involucrado y pendientes (correcciones) naturales en función del caudal transportado.

TIPOLOGÍA DE CANALES PREHISPANICOS		
Tipo de canal : de Captación y de 3º orden (acequias de riego)		
Geometría		Sistemas constructivos
Planta	Perfil	
		Toma libre: ejecutadas en ríos o arroyos de caudales elevados. En rodados y fondo del canal piso natural sin tratamiento.
		Azud de derivación: transversal al cauce del río arroyo o manantial de bajo caudal. En rocas o rodados. ídem anterior.
Derivaciones para riego y estructuras hidráulicas de funciones específicas		
		Toma de agua sobre terreno natural o terraplen-Cambio de sección del canal. Con o sin escalón en el fondo
		Desarenador : Exclusivamente en terraplen, con o sin escalón. Actúa por disminución de velocidad del fluido.
		Derivador o toma de agua en "Y" o a 90°. Sobre terraplen o terreno natural
		Toma de agua múltiple Solamente acequia principal en terraplen. Acequias menores excavadas en terreno natural con tratamiento

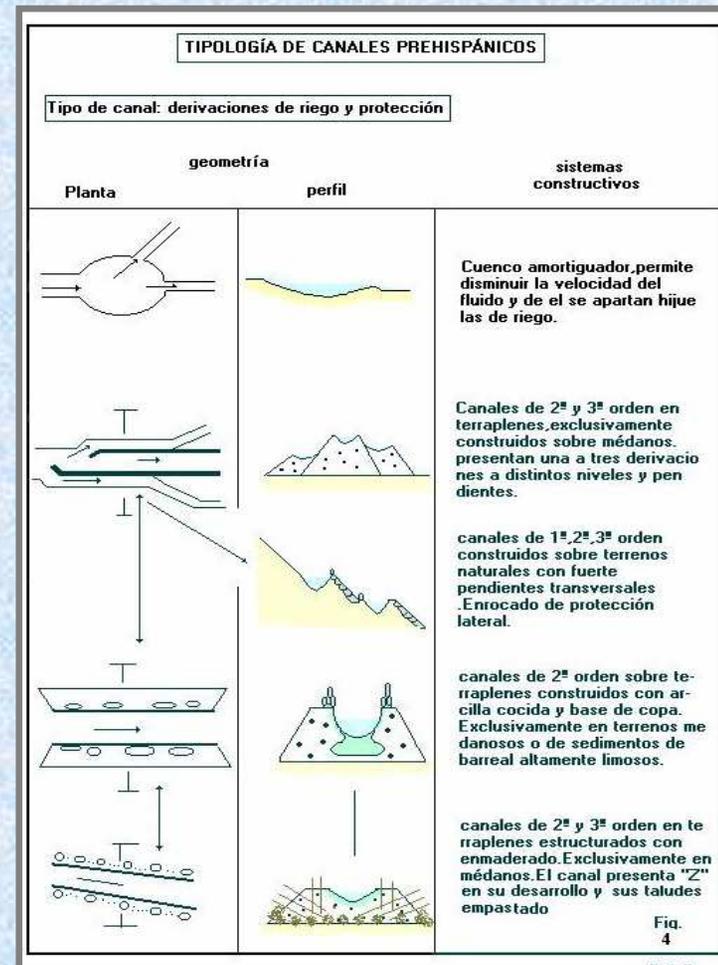
TIPOLOGÍA

- ✦ Obras de Captación y canales de 3° orden.
- ✦ Acequias o hijuelas de riego.
- ✦ Toma de agua en función del recurso hídrico.
- ✦ Manejo de los caudales en función del riego.
- ✦ Derivaciones de alimentación.
- ✦ Control de sedimentos.



TIPOLOGIA

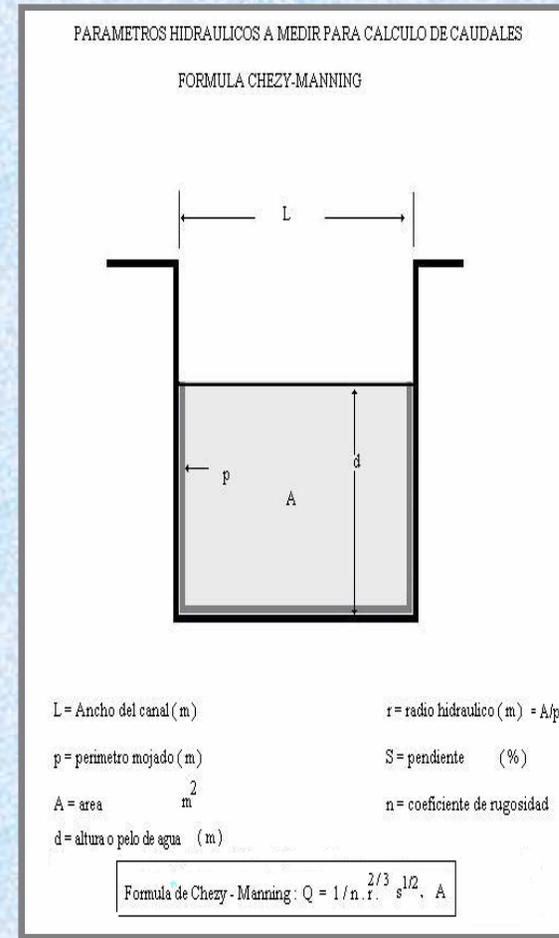
- ✦ Geometrías Especiales.
- ✦ Amortiguadores de Energía.
- ✦ Canales Múltiples.
- ✦ Canales con estructuras especiales.
- ✦ Enmaderados, rip-rap de protección, escalonados, con base especiales en arcilla cocida.



PARÁMETROS HIDRÁULICOS PARA CÁLCULO DE CAUDALES

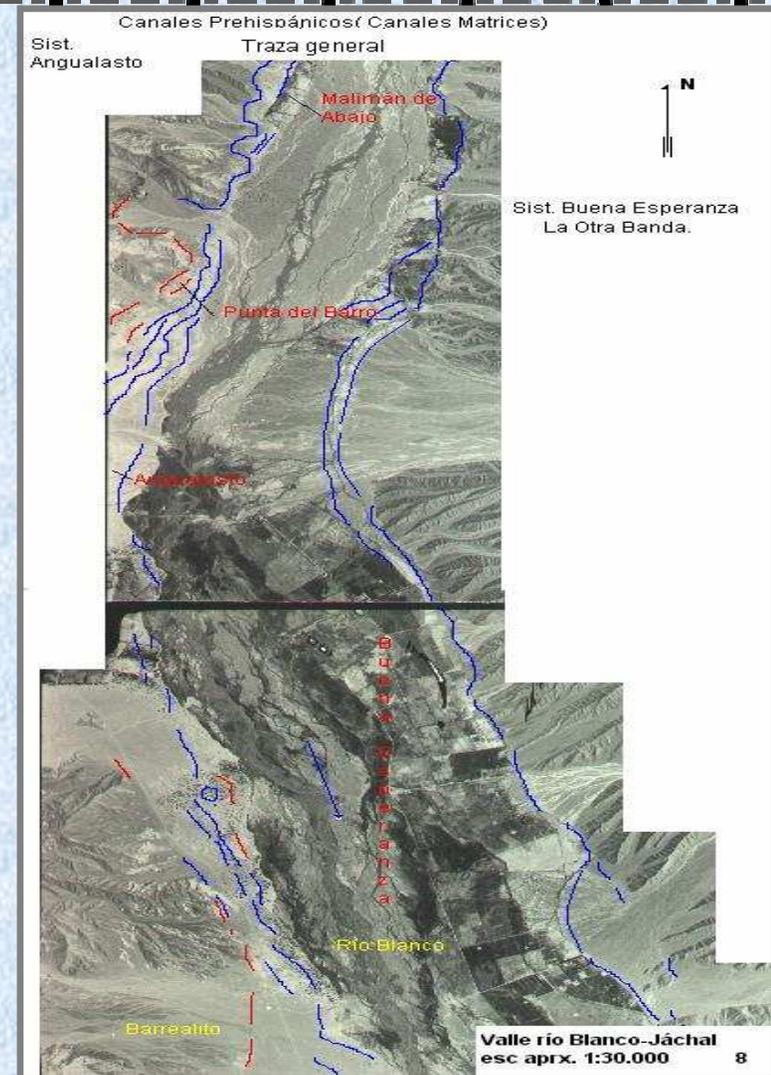
- ✦ Fórmula de Chezy-Manning.
- ✦ Expresión matemática que vincula a la fórmula general del gasto o caudal en función de la pendiente del conducto y el coeficiente de rugosidad de las paredes.
- ✦ $Q = A (\text{área}) \cdot V$ (velocidad del fluido) expresada en l/s o m³/s.

$$Q = 1/n \cdot r^{0.66} \cdot s^{0.5} \cdot A$$



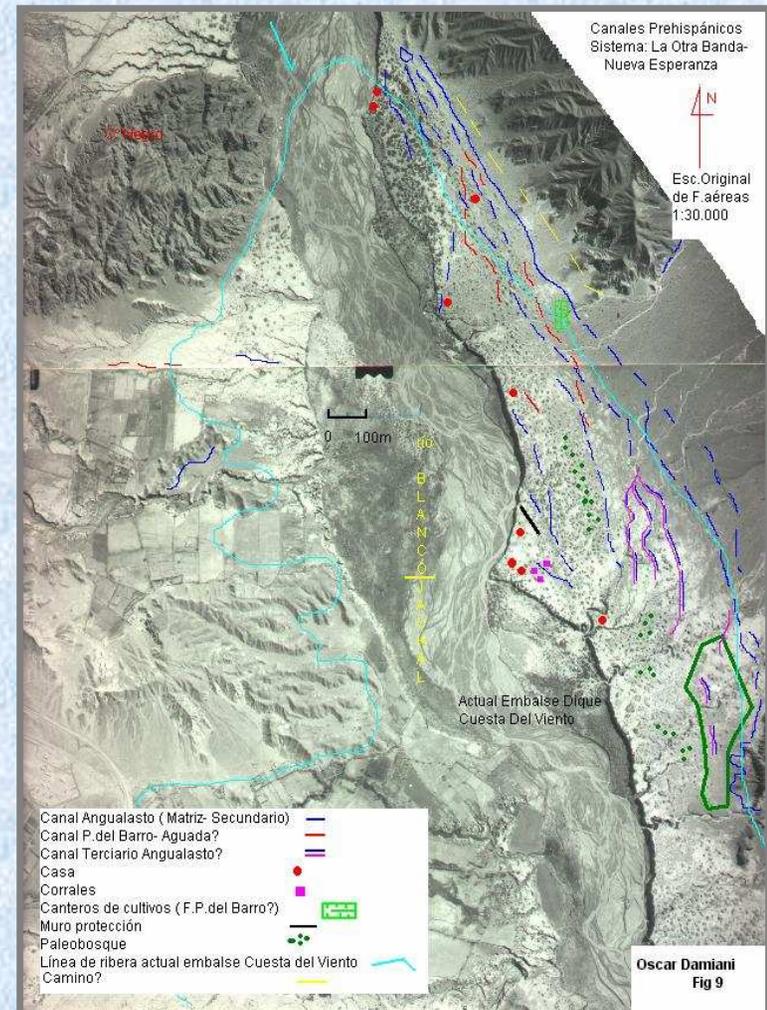
RESULTADOS

- ✦ **Sistema Angualasto**
- ✦ Cota Inicio: 1830 m.s.n.m. Localidad Norte: Malimán de Arriba.
- ✦ Cota Final: 1560. Localidad: C° Negro de Colola.
- ✦ Longitud (considerando un solo canal matriz): 22 km; considerando los de 2° orden: 60 km; con hijuelas y riego: 120 km.
- ✦ Q Traspinico = 1 a 1,5 m³/s
- ✦ Final 0,050 m³/s



RESULTADOS

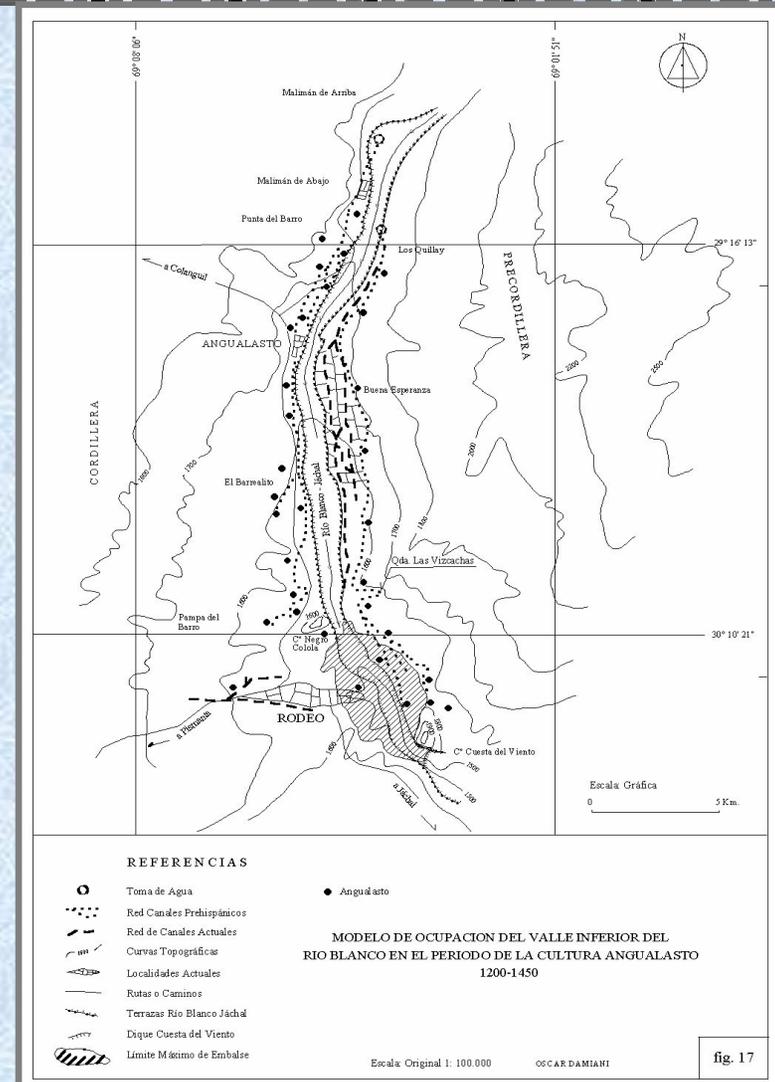
- ✦ Sistema : Buena Esperanza
La Otra Banda
- ✦ Cota Inicio: 1750 m.s.n.m.
Localidad: Norte de Los
Quillay
- ✦ Cota Final: 1530 m.s.n.m.
Vertiente occ. C° Cuesta del
Viento.
Matriz unitario 20 km.
Con canales de 2° orden 50
km.
No se consideran egueras.



SISTEMA DE RIEGO

Modelo de ocupación del valle inferior del río Blanco en el período de vigencia de la cultura Angualasto 1200-1490 (Gambier, M. 2000)

✠ Relación de Sitios Arqueológicos de grupos de cultura Angualasto y sistema de riego asociado



Modelo de Funcionamiento del Sistema Prehispanico

✦ Sistema Angualasto

✦ $Q(i) = 1$ a $1,5$ m³/s

✦ $Q(f) = 0,050$ m³/s

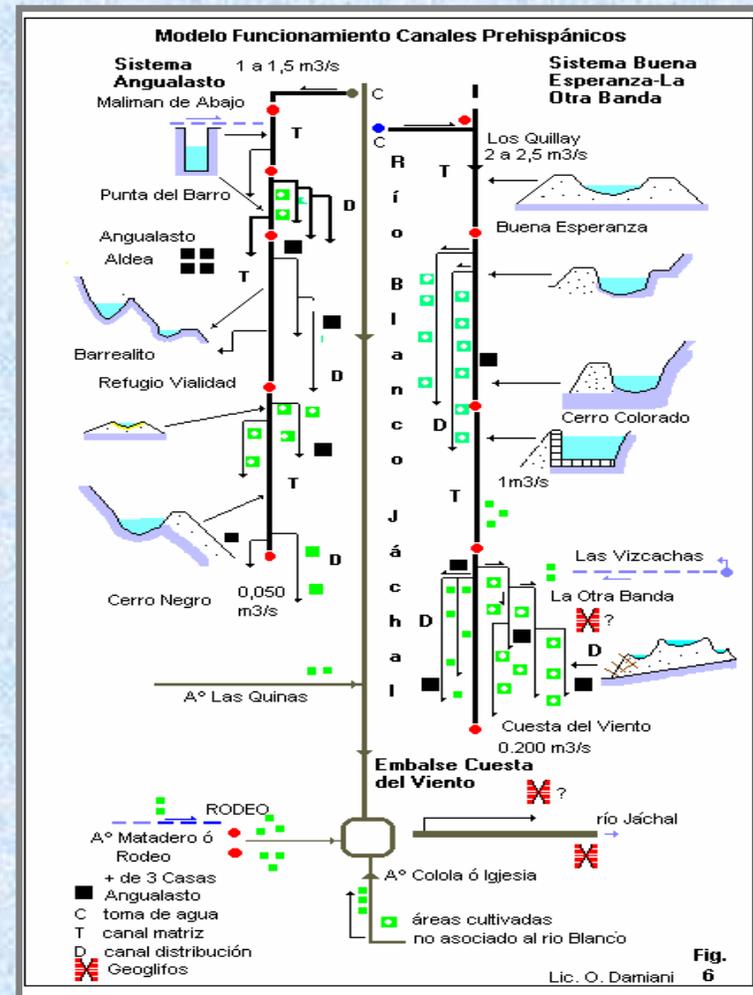
✦ Abastecía margen derecha, actuales localidades de Malimán de Arriba, Abajo, Punta del Barro de Angualasto, Angualasto, y los sitios localizados desde la última localidad hasta la vertiente norte del C° Negro de Colola, Rodeo.

✦ Sistema Buena Esperanza –La Otra Banda.

✦ $Q(i) = 2$ a $2,5$ m³/s

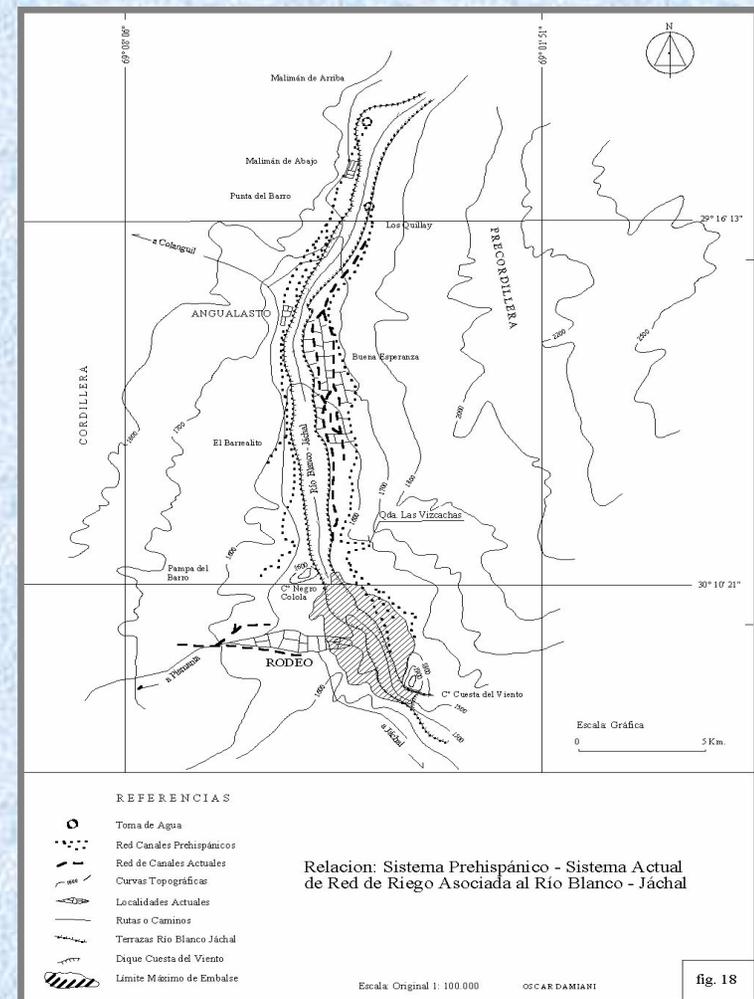
✦ $Q(f) = 0,200$ m³/s

✦ Abastecía margen izquierda actuales localidades de Los Quillay, Buena Esperanza y desde este punto La otra Banda hasta finalizar en la vertiente noroccidental del C° Cuesta del Viento.



RELACIÓN SISTEMA ACTUAL CON EL PREHISPÁNICO

- ✦ **Sistema Actual Margen izquierda abastece con dos canales Buena Esperanza.**
- ✦ **Q(max.) Canal del Alto y del Bajo) 1,490 m³/s.**
- ✦ **Sistema Actual Margen derecha Abastece Malimán de Ariba y de Abajo.**
- ✦ **Q(max) 0,400 m³/s**
- ✦ **Angualasto alimentación independiente Manantial Punta del Alto.**
- ✦ **Q = 0,100 m³/s**



CAUDALES Y DERRAMES PROMEDIOS ACTUALES

CAUDALES PROMEDIOS Y DERRAMES ANUALES		
Para río Blanco-Jachal Dirección de Hidráulica de la provincia_Delegación Iglesia (dic 1981)		
Localidad	caudal promedio (m.3/s)	derrame (Hm.3/año)
Buena Esperanza	0,75	23,13
Para Manantiales y Arroyos		
Canal Agua Negra Rodeo	0,659	21,9
Canal Agua Blanca Rodeo	0,268	8,5
Canal Colola Centro y norte	0,243	7,66
Manantial Rodeo	0,368	11,63
Angualasto canal del Alto y Bajo (represa)	0,022	0,7
Total	2,363	50,39

Sistema Prehispánico y Balance Comparado

Caudales promedios y derrame de los canales Prehispánicos (calculados en base fórmula de Chezy_Manning)		
Nombre	Caudales (m.3/s)	derrame (Hm.3/año)
Sistema Angualsto		
caudal máximo probable	1,5	47,3
caudal mas probable	1	31,53
La Otra Banda		
caudal máximo probable	2	63,07
caudal mas probable	1,5	47,3
	Total Máx. Prob. 3,5	Máx. Prob. 110,37
	Mas Prob. 2,5	Mas Prob. 78,83

Derrame actual (DA) (1981) = Sumatoria Río Blanco + Sumatoria de Arroyos y manantiales y otra fuentes

$$DA = 23,13 + 50,39 = 73,49 \text{ hm}^3/\text{año}$$

Derrame Antiguo (DAN) (cult. Angualasto) = Sumatoria Sistema Angualasto + Sumatoria B. Esperanza

$$DAN = 31,53 + 47,30 = 78,83 \text{ hm}^3/\text{año}$$

Caudales y Derrames Sistema Prehispánico

Caudales y Derrames calculados a una eficiencia del 60%				
Sistema Angualasto	caudal	eficiencia	Vol MaxProb	Eficiencia
	(m3/s)	60%	(Hm. 3/año)	60%
Max.Prob	1,5	0,9	47,3	28,38
Mas Prob	1	0,6	31,53	18,92
Sistema Buena Esperanza				
La Otra Banda				
Max. Prob.	2	1,2	47,3	28,3
Mas Prob.	1,5	0,9	47,3	20,3

Derrame total (60%) = Sistema Angualasto + Sistema B. Esperanza-La otra Banda

$$DT_{(60\%)} = 18,92 + 28,38 = 47,30 \text{ Hm}^3/\text{año} \text{ (para probable) (1) } 2702,8 \text{ ha}$$

$$DT_{(60\%)} = 28,38 + 37,84 = 66,22 \text{ Hm}^3/\text{año} \text{ (máximo probable) (2) } 3784 \text{ ha}$$

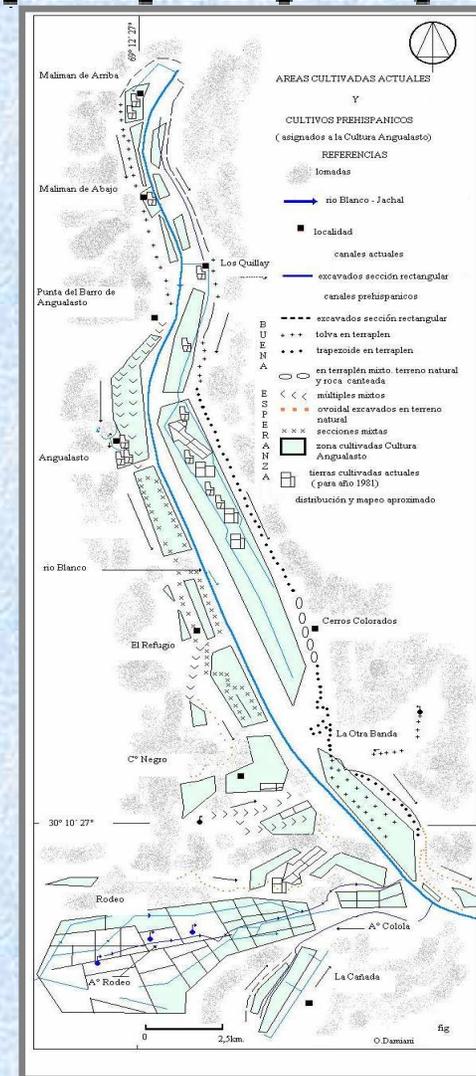
Áreas cultivadas Actuales VS Áreas Cultivadas Cultura Angualasto

Hectáreas regadas por río Blanco Jáchal

LOCALIDAD	HECTÁREAS
Malimán de Arriba y Abajo	67
Buena Esperanza (incluye Los Quillay)	354
TOTAL	421

Regadas por manantiales y arroyos, año 1981

LOCALIDAD	HECTAREAS
Rodeo	1010
Angualasto	63



HECTÁREAS CULTIVADAS POR GRUPOS CULTURALES ANGUALASTO

Superficie Cultivada por Cultura Angualasto (Valle Inferior río Blanco-Jachal)			
Localidad	Ha	Localidad	Ha
Malimán de Arriba	60	Latitud de Malimán de Arriba-Los Quillay	94
M. de Arriba-Angualasto	116	Los Quillay-Latitud de Angualasto	60
Angualasto	46	Buena Esperanza	258
Angualasto-El Refugio	117	La Otra Banda	250
El Refugio-C° Negro de Colola	58		
Rodeo	40		
Totales	659 Ha		662 Ha
total cultivado con registro arqueológico 659 + 662 = 1.321 hectáreas			

Superficie Total cultivada asociada a manantiales y arroyos Cultura Angualasto

Localidad	Hectáreas
Rodeo (500)	500
Angualasto	63
Totales	563
Valor total arqueológico de tierras cultivadas 1321 + 563 = 1.884 ha	

ST (Sumatoria Total) = Suma de los cultivos actuales + Suma cultivos Arqueológicos

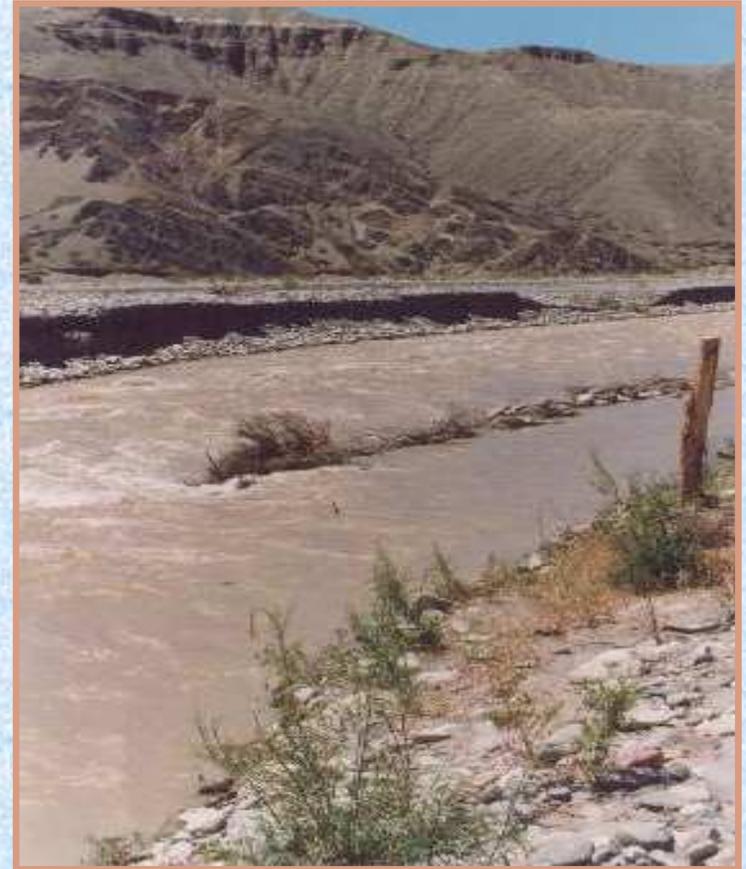
$$ST = 1494 + 1884 = 3.378 \text{ hectáreas}$$

El valor obtenido de por sí es notable ya que las tierras cultivadas por la cultura Angualasto (1.884 ha) en la actualidad no se utilizan por estar afectadas en su mayor extensión por una intensa erosión hídrica. Este valor de 3.378 ha representa casi el 50% del empadronado total actual del valle de Iglesia y se trata de un solo sector, lo que hace lícito suponer que a los fines de la Cultura Angualasto la cifra a obtener superaría ampliamente este valor

ÁREA POBLADO ANGUALASTO BUENA ESPERANZA

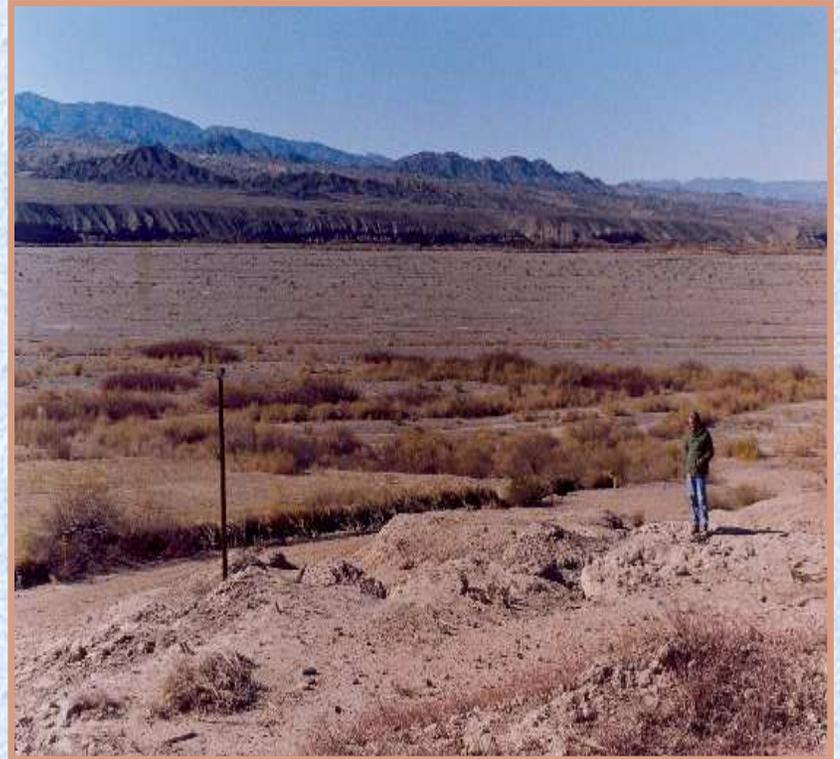
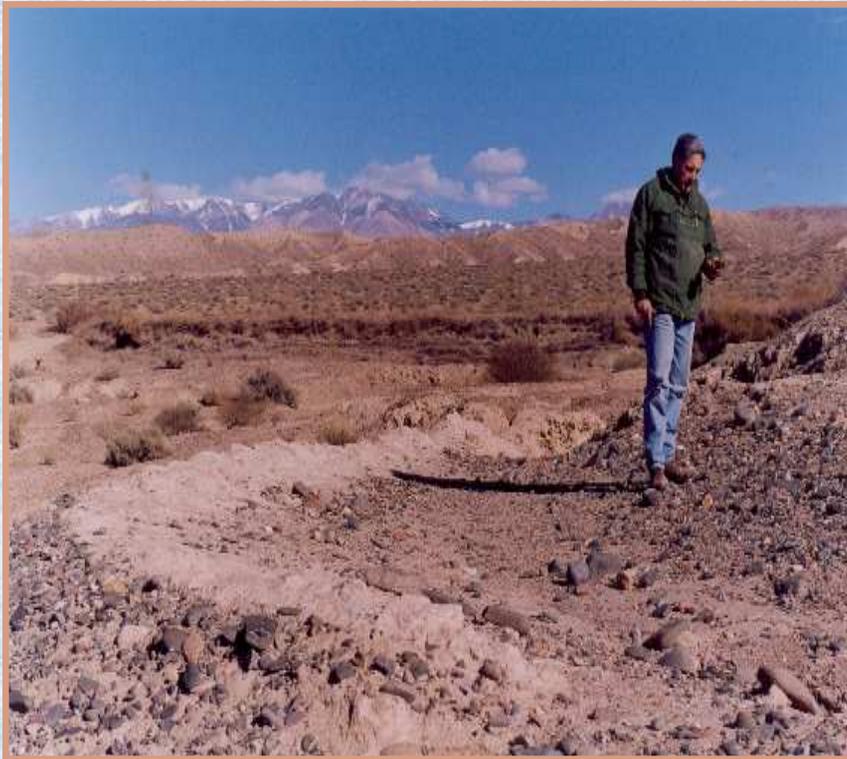


TOMAS DE AGUA ACTUALES (Agua Blanca- río Blanco)



SISTEMA ANGUALASTO

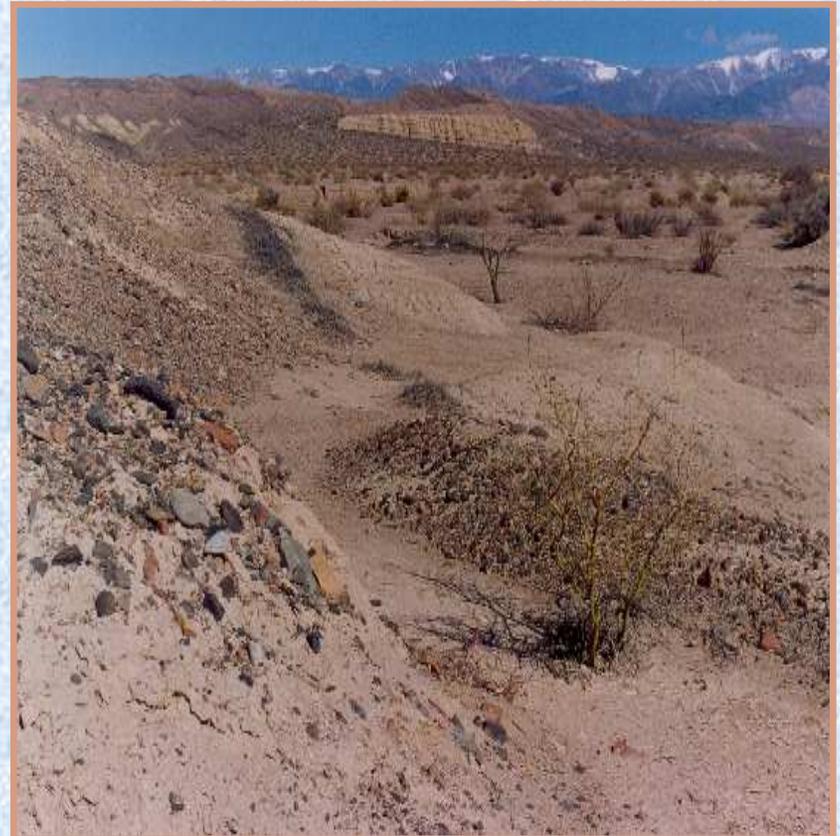
Canal Matriz - Malimán de Arriba (canales múltiples)



SISTEMA ANGUALASTO

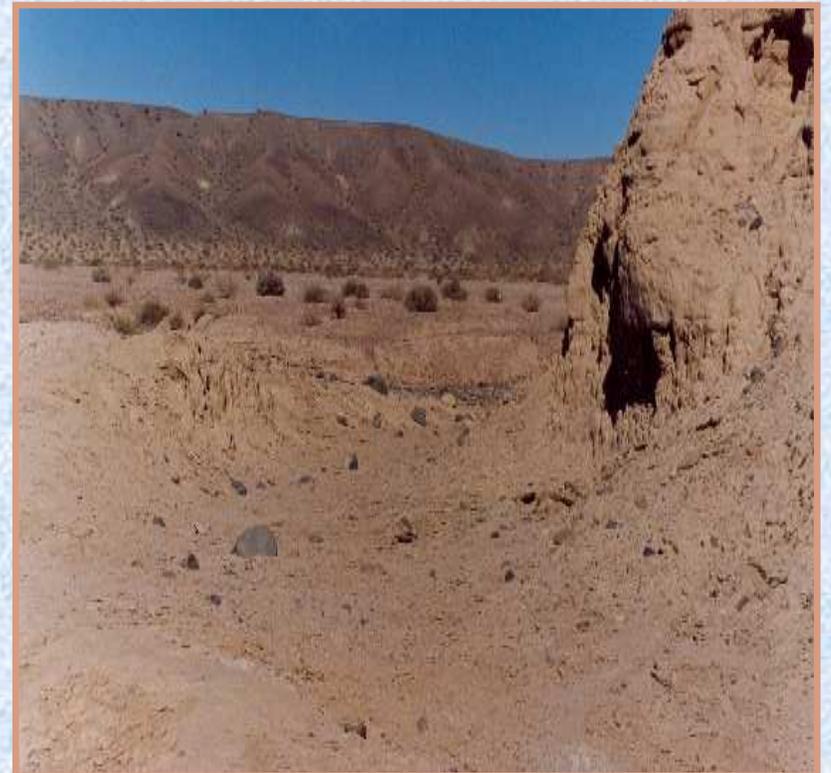
TRAMO MALIMÁN DE ARRIBA

(Canal Matriz único)



SISTEMA ANGUALASTO MALIMÁN DE ARRIBA

(CANAL MATRIZ MIXTO Y POSIBLE COMPUERTA DE RIEGO)



SISTEMA ANGUALASTO

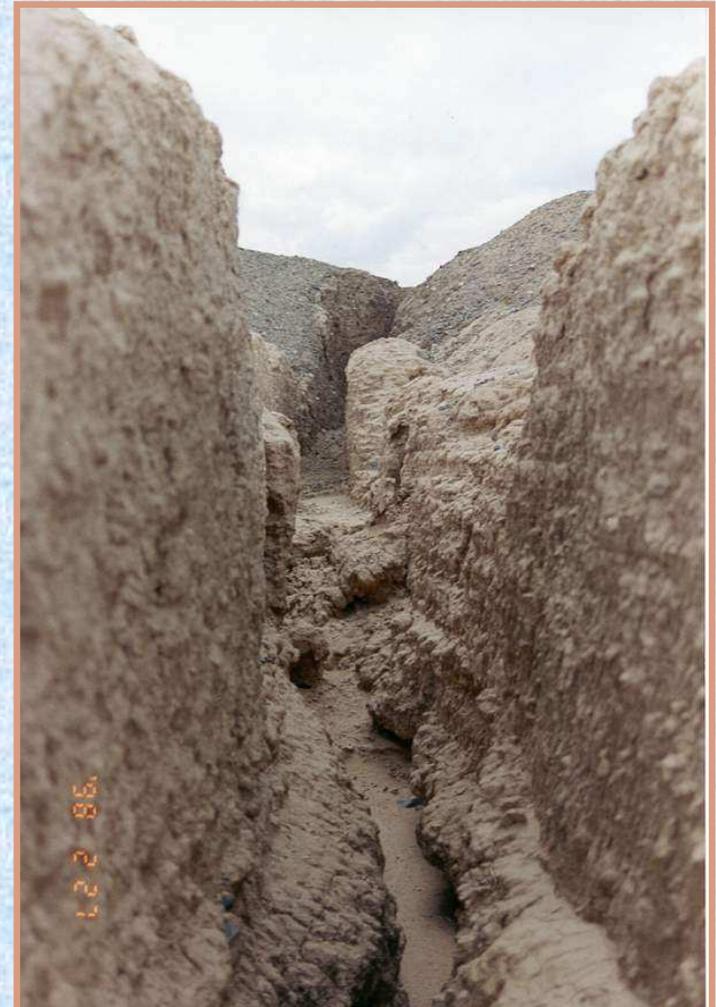
AREA MALIMÁN DE ARRIBA Y ABAJO

CAMPOS DE CULTIVOS PREHISPÁNICOS



SISTEMA ANGUALASTO – CANAL MATRIZ

(Tramo Malimán de Arriba - Punta del Barro)



SITEMA ANGUALASTO

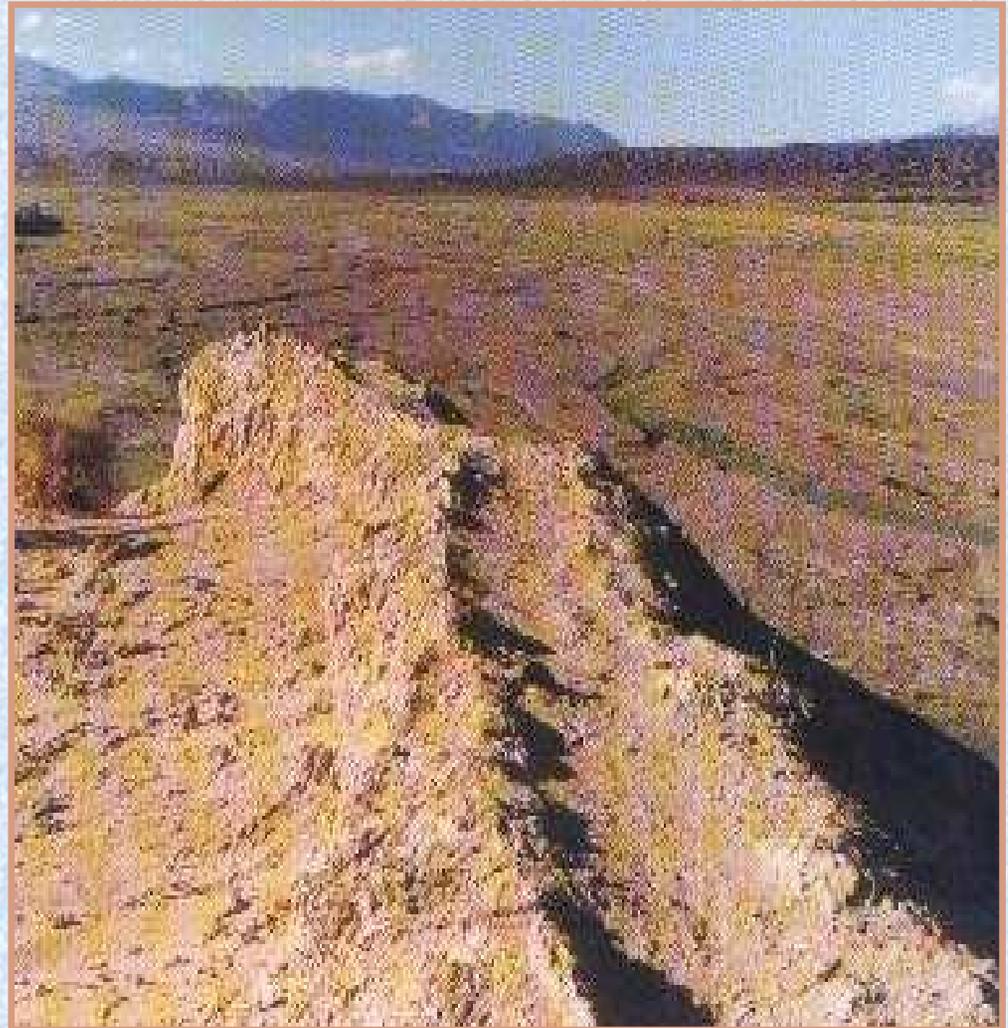
CANAL MATRIZ Y CANTEROS DE CULTIVOS



SISTEMA ANGUALASTO

TRAMO ANGUALASTO- PIEDRA COLGANTE

- ✦ Canal matriz de segundo orden irigaba aproximadamente 30 a 40 ha. con red de hijuelas múltiples.
- ✦ En talud artificial e impermeabilizado.
- ✦ Q (max) calculado 0,120 m³/s.

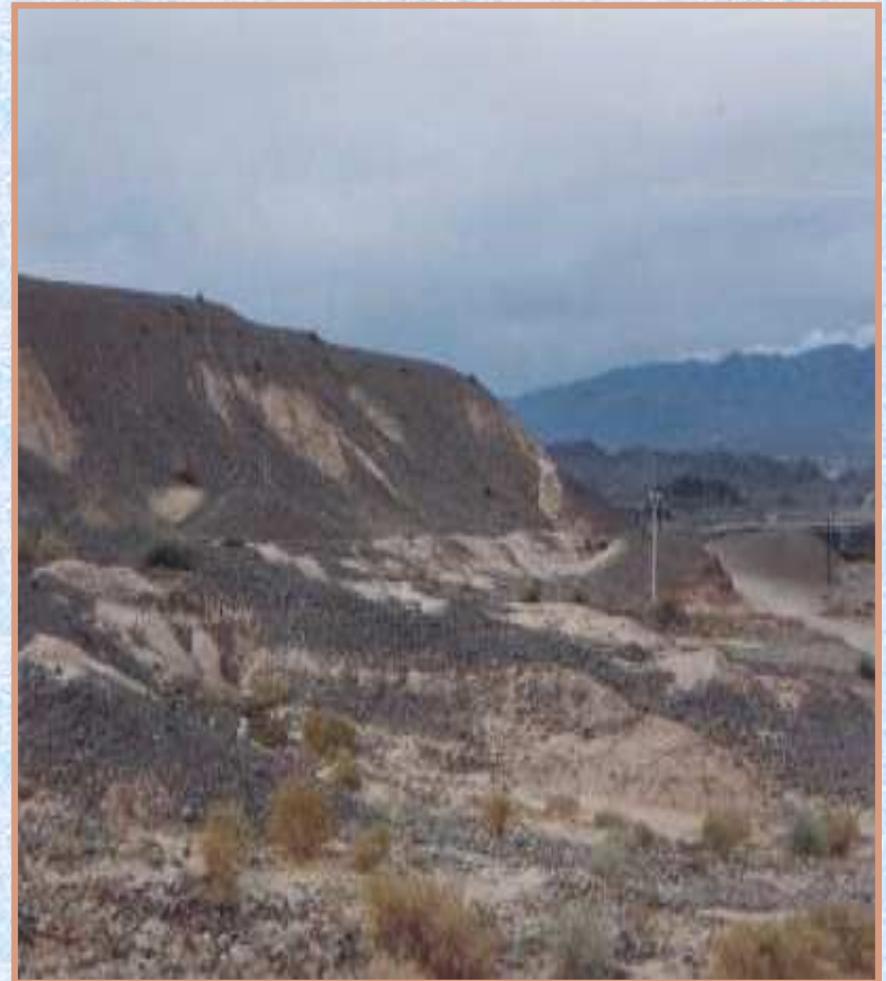


SISTEMA ANGUALASTO

SECTOR C° NEGRO DE COLOLA

(FIN SISTEMA ANGUALASTO)

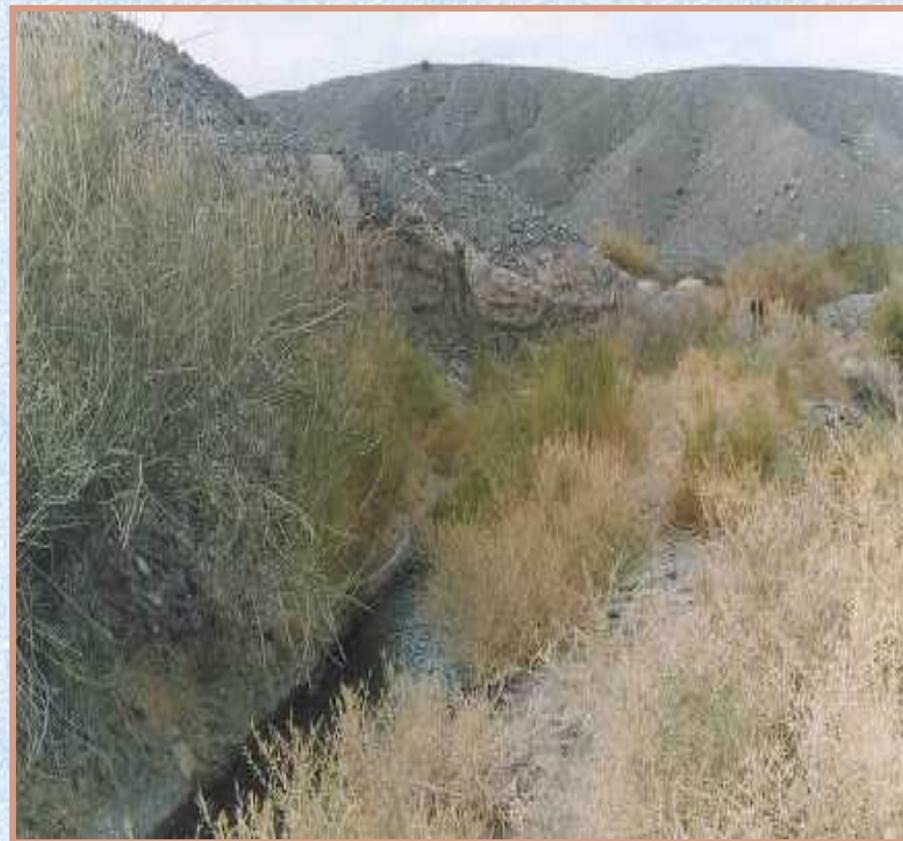
- ✦ Pampa del Barro, canal matriz de segundo orden. Canal de talud mixto
- ✦ $Q(\text{cal.}) = 0.050 \text{ m}^3/\text{s}$
- ✦ Regaba en forma asociada con zona de descarga de agua subterránea del paleocauce donde se localiza el actual poblado de Tudcum, aproximadamente 70ha.



SISTEMA BUENA ESPERANZA – LA OTRA BANDA

Tramo Quillay-Buena Esperanza

Canal matriz 1° y 2° orden



SISTEMA BUENA ESPERANZA – LA OTRA BANDA

Tramo Quillay-Buena Esperanza

Hijuela de riego y herramienta agrícola



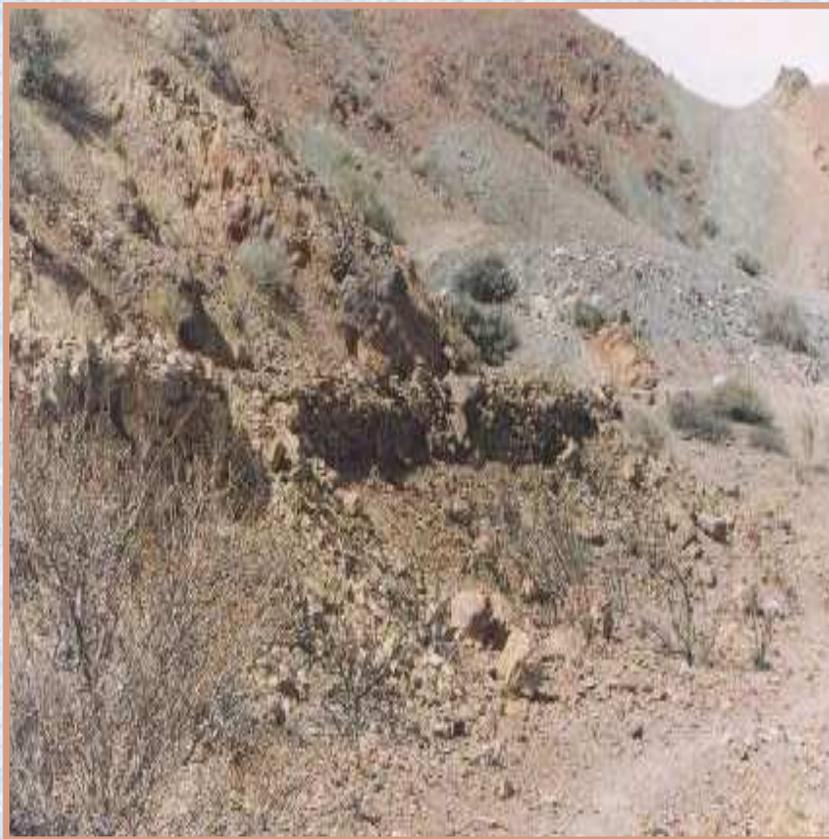
**SISTEMA BUENA ESPERANZA – LA OTRA BANDA
SECTOR BUENA ESPERANZA
CANAL MATRIZ PRINCIPAL MIXTO**



SISTEMA BUENA ESPERANZA – LA OTRA BANDA

SECTOR BUENA ESPERANZA

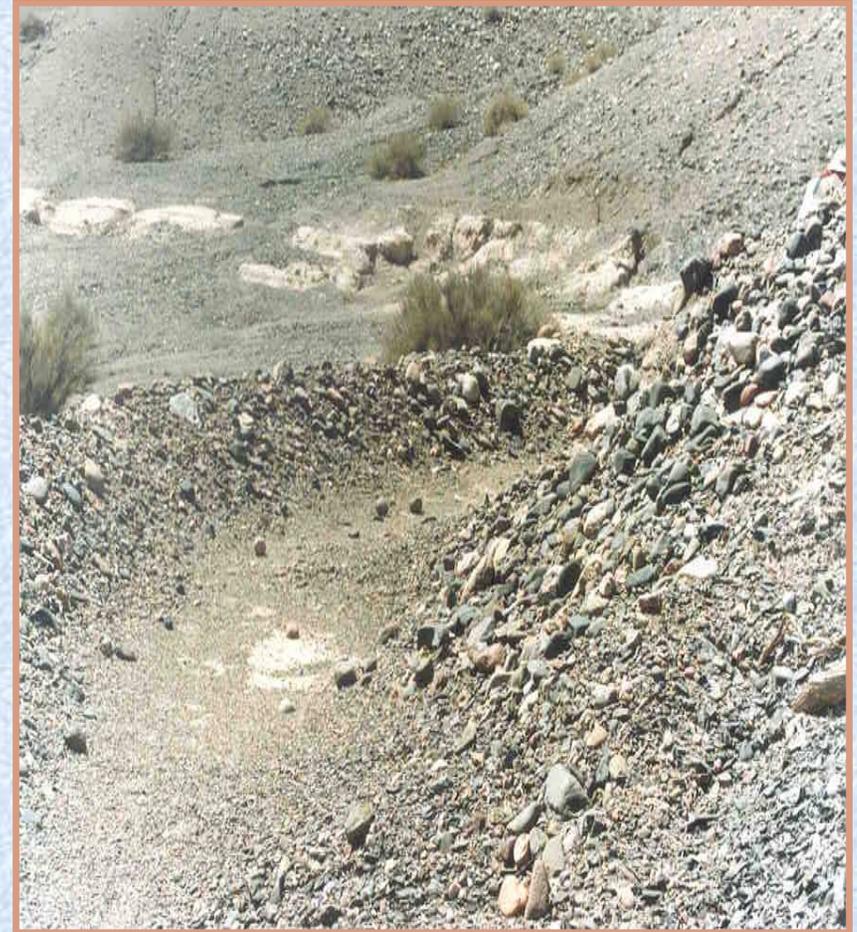
CANAL MATRIZ PRINCIPAL EN TALUD MIXTO



SISTEMA BUENA ESPERANZA – LA OTRA BANDA

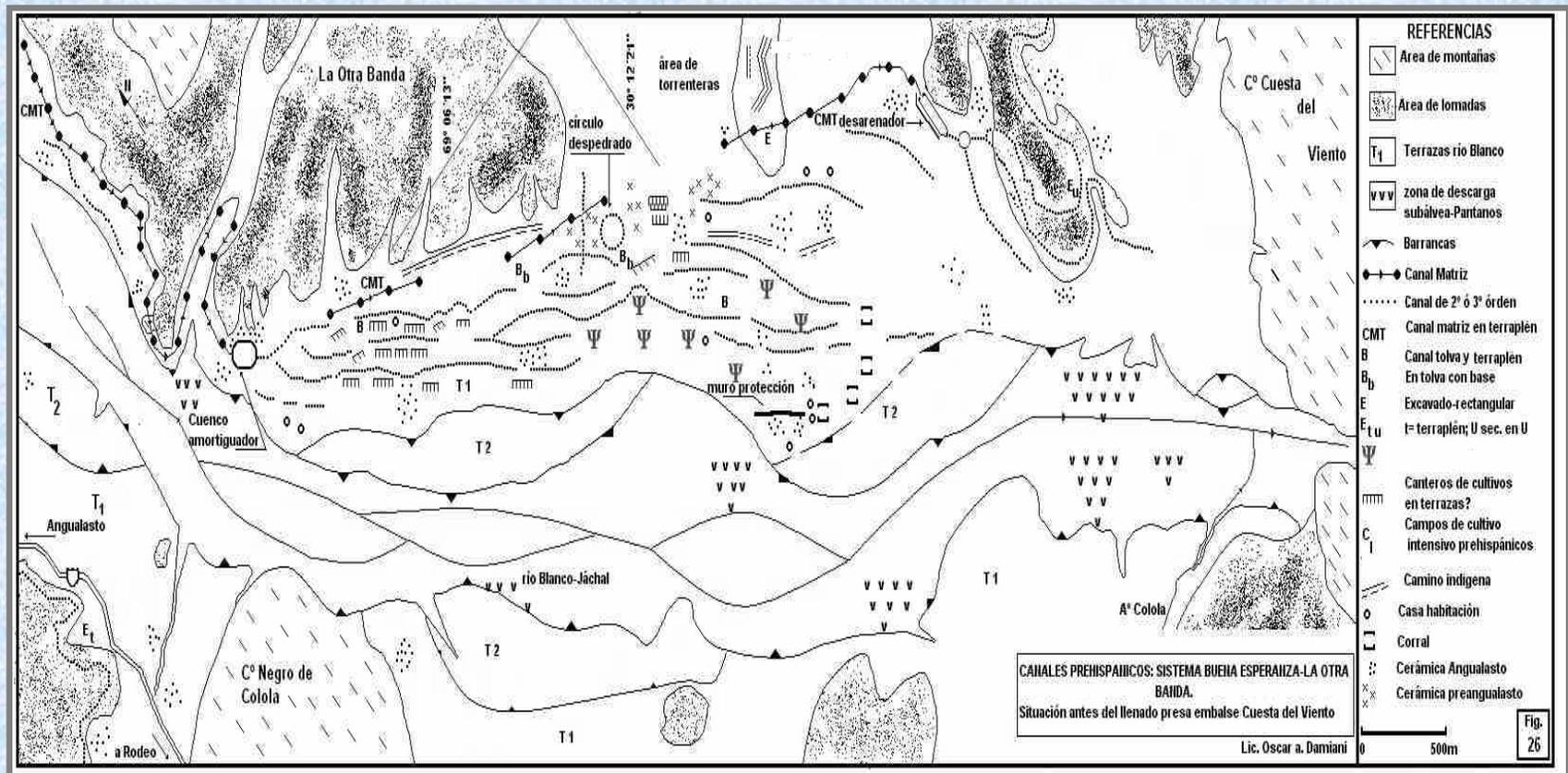
SECTOR BUENA ESPERANZA- LÍMITE CON LA OTRA BANDA

CANAL MATRIZ DE 1° ÚNICO



SISTEMA BUENA ESPERANZA – LA OTRA BANDA

LA OTRA BANDA: OCUPACIÓN ESPACIAL (en elaboración)



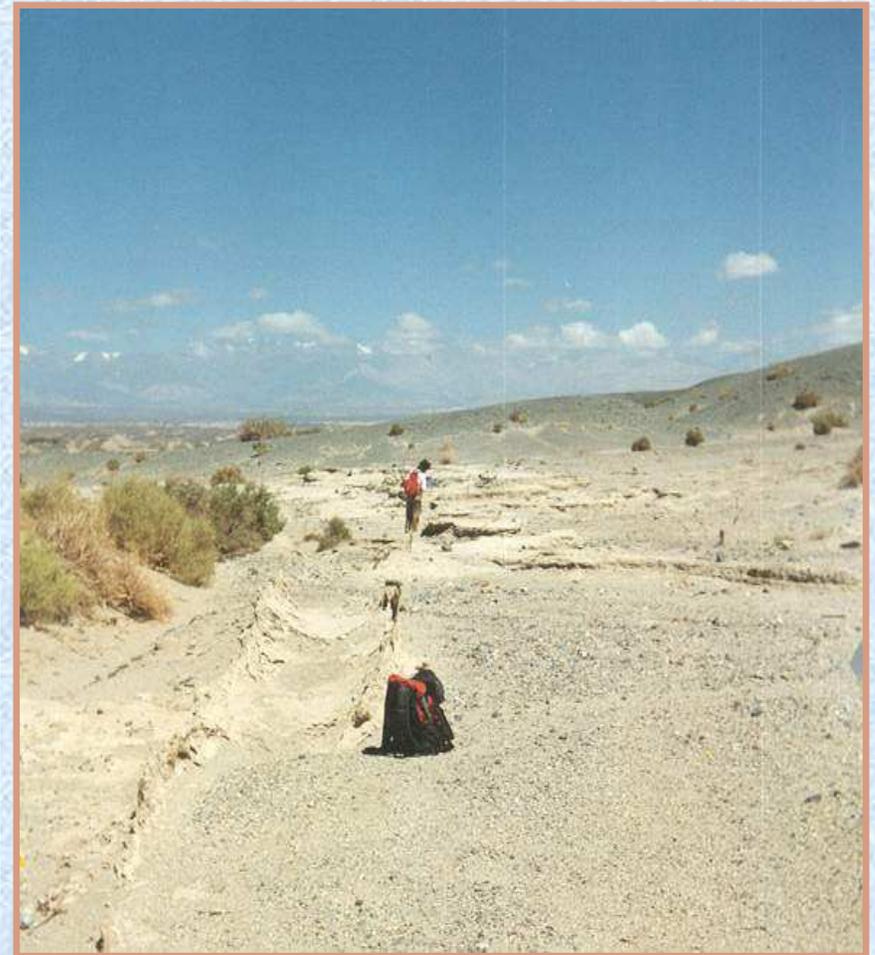
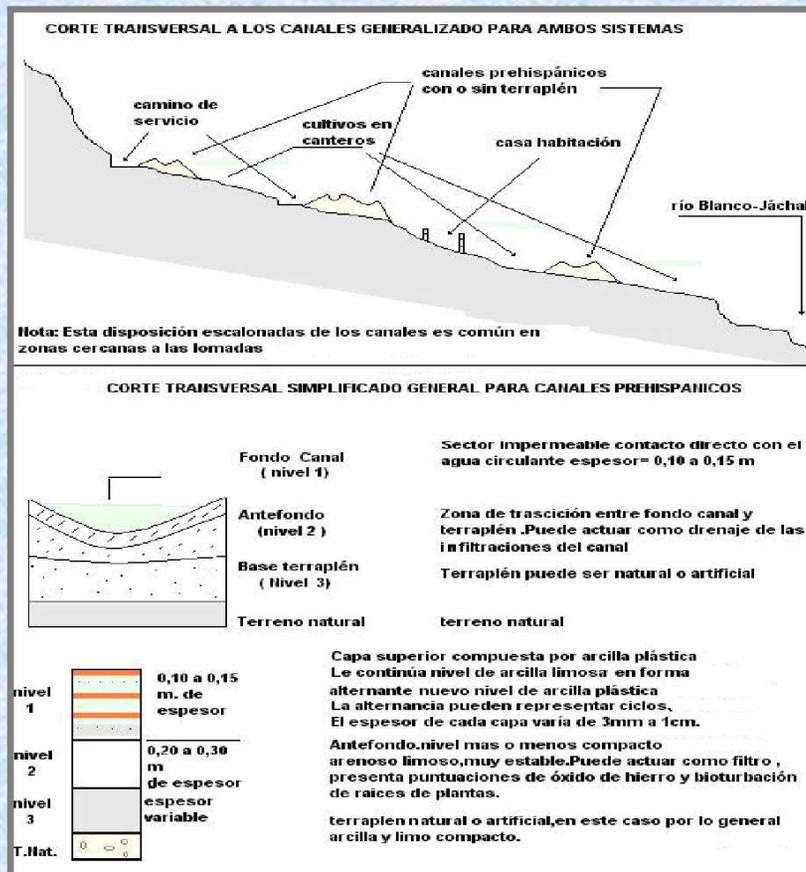
LA OTRA BANDA

DESARENADOR DISPOSITIVO HIDRÁULICO EXTRAORDINARIO



LA OTRA BANDA

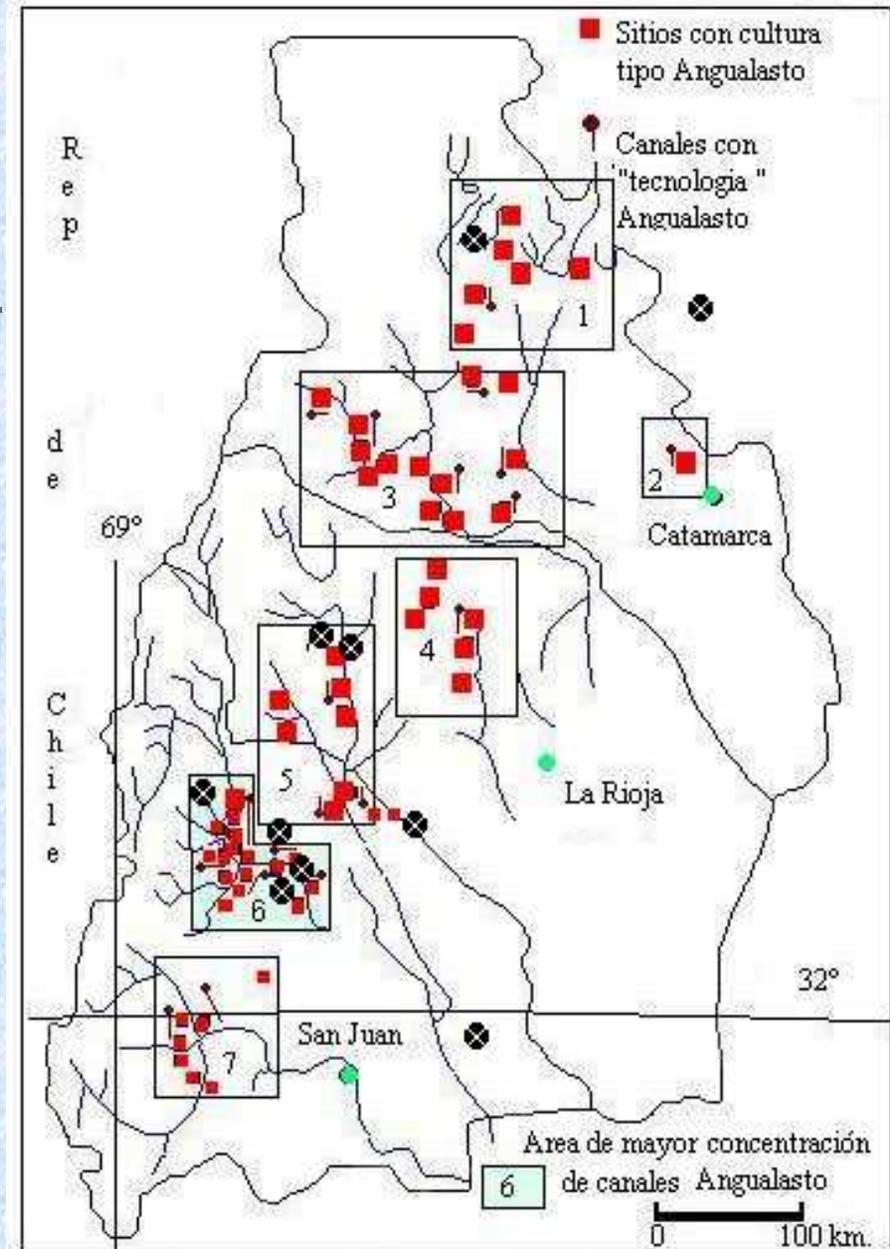
CANAL SECCIÓN CIRCULAR



EDAD DE LOS SISTEMAS

- 
-
- ✦ En la etapa del relevamiento detallado de campo se realizó la recolección sistemática de cerámica asociada en forma inmediata a los canales. Los ejemplares coleccionados (por lo general fragmentos) se depositaron en el archivo del Instituto y Museo Arqueológico. También se mapeó la frecuencia y el sitio de colección de los restos cerámicos. La labor anterior se volcó en un plano de síntesis que muestra la distribución de los sitios con los tipos de cerámica mayoritarios. En términos generales el 90% de la cerámica recolectada es asignable a la cultura Angualasto (1.200 a 1.490 d.C. Gambier, 2000), siguiéndole las asignadas a la cultura Aguada (730 a 1.050 d.C según Gambier, 2000) y muy sectorizada y escasa la perteneciente a la fase cultural Punta del Barro (Gambier, 1977). El resultado del mapeo permite plantear como hipótesis que el denominado sistema Angualasto pudo haber sido iniciado por grupos correspondiente a la cultura Aguada, por lo menos desde su origen hasta cercanías de Piedra Colgante (con dudas), siendo posteriormente aprovechados, perfeccionados y extendidos por los grupos conocidos como **Angualasto**. La base de esta hipótesis la constituye la interceptación de canales de riego que asignamos a la cultura **Angualasto** que cortan y sepultan a canales de menor capacidad y primitivos, excavados en terreno natural.
 - ✦ Para el caso del sistema Buena Esperanza - La Otra Banda ocurre una situación similar. Por un lado es mayoritaria la presencia de sitios **Angualasto**, pero los canales presentan un aspecto más perfeccionado con ciertas modificaciones técnicas constructivas que hacen sospechar la presencia de tecnologías aportadas por el Imperio Incaico.

Dispersión Grupo Culturales Angualasto??



Distribución regional tentativa de la Cultura Angualasto a base de comparación de canales, restos ceramicos y visitas de campo

AGRADECIMIENTOS

✧ Al Prof. Mariano Gambier por sus consejos y la lectura del primer manuscrito en los inicios del trabajo. A los compañeros de trabajo, Lic. Víctor Hugo Sánchez e Ing. Gerardo Salvioli, por sus comentarios y apoyo en las tareas de campo en la zona específica y en las visitas a las provincias de La Rioja y Catamarca. A mi esposa, hijas y alumnas, por la paciencia y ayuda en las tareas de relevamiento de campaña. A la Lic. Claudia Fiorenza, por la adecuación de las figuras. A los Drs. Eduardo Martínez Carretero y Alejandro García por la lectura crítica del trabajo y sus consejos



BIBLIOGRAFÍA

-
- * AGUA Y ENERGÍA ELÉCTRICA DE LA NACIÓN, 1993. Anuario. Buenos Aires. 525 p.
 - * DEBENEDETTI, S., 1917. Investigaciones Arqueológicas de los Valles preandinos de la provincia de San Juan. Facultad de Filosofía y Letras. Publicaciones de la Sección Antropología N° 15 . Buenos Aires. 184p.
 - * GAMBIER, M., 1998. La Fase Cultural Punta del Barro Instituto de Investigaciones Arqueológicas y Museo. UNSJ.197 p.
 - * GAMBIER, M., 2000. Prehistoria de San Juan. 2ª edición. Ansilta (Ed.), 83p.
 - * ORTLOF, C.R., 1981. Ingeniería Hidráulica Chimú. La tecnología en el Mundo Andino- Tomo I. Instituto de Investigaciones Antropológicas- Universidad Nacional Autónoma de México. T: I p 114-115.
 - * RAFFINO, R.A., 1975. Potencial Ecológico y Modelos Económicos en el Noroeste Argentino. Relaciones (Nueva Serie). Sociedad Argentina de Antropología. T: IX p. 25-26 Buenos Aires.
 - * SALVIOLI, G., 1997. Caracterización climática para las áreas Pasma de San Juan, San Luis, Mendoza, La Rioja, Catamarca y Salta. Cóndor Consultores. San Juan.
 - * TRUEBA, S.C., 1974. Hidráulica. (Ed) C.E.C.S.A. México 451 p
 - * ZAMBRANO, J. y O. DAMIANI, 1992. Investigación Hidrogeológica en el Área Cuesta del Viento, departamento Iglesia. Acuerdo Operativo CRAS-SER, San Juan. DI 1-179, CRAS.
 - * ZDENÉK, K., 1971. Geology of Recent Sediments. Central Geological Survey. Praga.547 pag.