

DE AGUAS Y TIERRAS: APORTES PARA LA REACTIVACIÓN DE CAMPOS AGRÍCOLAS ARQUEOLÓGICOS EN LA PUNA ARGENTINA.

Pablo Tchilinguirian (*)

Daniel E. Olivera (**)

RESUMEN

El presente trabajo contribuye al estudio del sistema agrícola con regadío prehispánico del Bajo del Coypar, para evaluar la prefactibilidad de recuperación de terrenos para cultivo en un ambiente de Puna, Antofagasta de la Sierra (Provincia de Catamarca).

Se ha planteado un trabajo interdisciplinario en el cual el estudio de los suelos y la calidad de las aguas han realizado aportes importantes en dirección a los objetivos del Proyecto.

Se analizan los mencionados aportes y su relevancia para los objetivos de la investigación arqueológica. Los indicadores controlados permiten distinguir las diferentes potencialidades de aptitud para la agricultura en los distintos sectores de la Cuenca Inferior del río Punilla.

El análisis realizado permitió confirmar la racionalidad tecnológica del sistema prehispánico y evaluar favorablemente su potencial factibilidad de reactivación, teniendo en cuenta la necesidad de una organización adecuada de los recursos hídricos actuales.

ABSTRACT

This paper contributes to research on prehispanic agricultural systems with irrigation in the Bajo of Coypar. Its purports to evaluate the prefeasibility of reclaiming land for cultivation in the Puna environment of Antofagasta de la Sierra, province of Catamarca.

We set up interdisciplinary work, in which studies on soils and water have contributed heavily to the objectives of the project.

We analyze these contributions and their relevance to the archaeological research. The indicators that have been monitored allow us to identify different potential and capabilities for agriculture in various sectors of the lower basin of the Punilla river.

Analysis confirmed the technological rationality of the prehispanic system, as well as a favorable evaluation on feasibility for reactivation, keeping in mind the need for an adequate organization of the presently available water resources.

(*) Geólogo, SEGEMAR.

(**) Arqueólogo, INAPL, CONICET y UBA.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

El objetivo del presente trabajo consiste en estudiar el sistema agrícola con regadío prehispánico del Bajo del Coypar, para evaluar la prefactibilidad de recuperación de terrenos para cultivo en un ambiente de Puna, Antofagasta de la Sierra (Provincia de Catamarca).

En estos casos, el aporte de estudio de la capacidad productiva de los suelos, la calidad de las aguas y el conocimiento de las estructuras agrícola-productivas pre-hispánicas resultan imprescindibles para evaluar la posibilidad de recuperar los antiguos campos de cultivo.

Por lo tanto, se ha planteado un trabajo interdisciplinario en el cual el estudio de los suelos y la calidad de las aguas han realizado aportes importantes en dirección a los objetivos perseguidos por el Proyecto.

En este trabajo analizaremos algunos de los mencionados aportes y su relevancia para los objetivos de la investigación arqueológica. En primer lugar, resumimos brevemente las evidencias que poseemos de la ocupación humana pre-hispánica en Antofagasta de la Sierra, en particular la referida a los sistemas agrícolas tardíos, para luego cotejarla con la información del medio bio-físico.

MÉTODO DE TRABAJO

El desarrollo del presente estudio se realizó a través de tareas de campo y gabinete. Las tareas de terreno incluyeron levantamientos topográficos, análisis geomorfológicos y muestreo sistemático de sedimentos y fuentes hídricas de todos los sectores del Fondo de Cuenca de Antofagasta de la Sierra y alrededores. Las tareas de gabinete incluyeron la utilización de técnicas de sensores remotos (p.e.: fotografía aérea e imágenes LANSAT), y la digitalización de imágenes a través de GIS (ARCINFO).

La elaboración del mapa de suelos se realizó mediante la interpretación del mapa geomorfológico y geológico y la descripción de varios perfiles de suelos. Los análisis edafológicos fueron realizados por el equipo del Laboratorio de Suelos (Facultad de Agronomía) de la U.N.C.A., a cargo de la Ing. Olga Pernasetti.

Los perfiles se realizaron en las distintas unidades geológico-geomorfológicas y en los diferentes sectores que desde el punto de vista arqueológico tienen relevancia productiva. Este último tema se sistematizó de antecedentes previos y de la interpretación de mapas planimétricos y fotos aéreas (escala 1: 10.000) que ilustran la ubicación de sitios y estructuras.

Con el fin de delimitar las tierras en cuanto a su capacidad de uso productivo (ver Mapa 1) se aplicó la metodología del INTA (1961) y la FAO (1979).

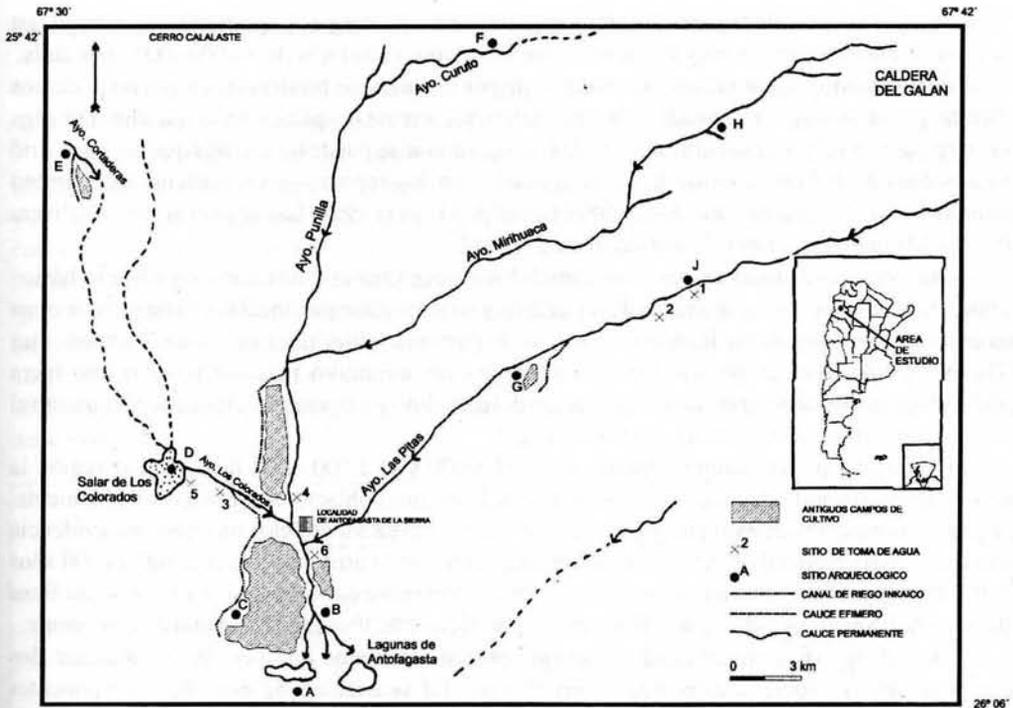
La información relacionada con el agua se relevó en campo (caudales) y a partir de la interpretación de los análisis químicos realizados por la Facultad de Agronomía de la U.N.C.A.

La evaluación de la calidad química del agua de riego se basó en los métodos definidos por el Handbook Agriculture del U.S. Department of Agriculture (Laboratorio de Salinidad de Suelos 1994).

Por último, los ensayos de infiltración se realizaron en base al método del doble anillo, el cual consiste en un cilindro que se empotra un par de centímetros en el suelo y posteriormente se llena de agua y se miden los descensos del nivel a través del tiempo. Los ensayos cubrieron entre 3 a 7 hs.

EL PROCESO CULTURAL PREHISPÁNICO EN LA PUNA MERIDIONAL

Las evidencias arqueológicas disponibles para la Puna Meridional permiten establecer la existencia de ocupaciones humanas que se remontan a ca. 10.000 años A.P. y llegan prácticamente hasta la actualidad. A lo largo de este dilatado proceso cultural se distinguen profundos cambios



Referencias Figura 1.

Muestras de agua: 1- Las Pitas-Puesto Cruz (Real Grande); 2- Las Pitas-Ayo. Los Helechos (Real Grande); 3- Los Colorados-Ojo de Agua 2; 4- Río Punilla aguas arriba de la unión con Ayo. Los Colorados; 5- Los Colorados-Ojo de Agua 1; 6- Río Punilla aguas debajo de la unión con Los Colorados.

Sitios Arqueológicos: A- La Alumbreira; B- Casa Chavez Montículos; C- Bajo del Coypar ; D- Laguna Colorada; E- Campo Cortaderas; F- Cueva Cacao 1A; G- Peñas Coloradas; H- Cueva Miriguaica; J- Real Grande

Figura 1. Mapa del sector del Fondo de Cuenca de Antofagasta de la Sierra (Catamarca), con detalle de sitios y sectores de cultivo arqueológicos.

evolutivos que llevan desde grupos con economías absolutamente cazadoras-recolectoras hasta los actuales grupos pastoriles puneños.

Debido a los objetivos de este trabajo, nos limitaremos a delinear muy resumidamente las características del proceso cultural en la Cuenca de Antofagasta de la Sierra, enfatizando los criterios económicos y de uso del espacio en relación a los recursos de subsistencia.

En el sitio Quebrada Seca 3 (QS3) se ha establecido una prolongada secuencia de ocupaciones cazadoras recolectoras, cuyos fechados límites son ca. 9050 y 5400 años A.P (Aschero, Elkin y Pintar 1991; Aschero, com. personal). Existen ciertos elementos que apuntan a un posible proceso de domesticación de camélidos en QS3 (Elkin 1996; Olivera y Elkin 1994) y Aschero propone dos modelos de asentamiento-subsistencia para el sitio, el más tardío de los cuales indicaría un grado de movilidad más restringido.

Sin embargo, la fecha más tardía de QS3 (2480±60 A.P.) corresponde, posiblemente, a un evento de ocupación agro-pastoril plenamente establecido. Como es habitual aparece un lapso difícil de llenar entre el 4.500/5.000 A.P. y el 3.000/2.500 A.P., característico de las distintas regiones del Noroeste Argentino y Norte de Chile. Sin embargo, algunos sitios de nuestra región (p.e., Peñas Chicas 1 y Punta de la Peña 4) parecen indicar que no existió un desdoblamiento de la región durante el lapso mencionado.

Tenemos evidencias indudables de que la coexistencia evolutiva de los camélidos y el hombre en la Puna de Atacama fue extremadamente íntima desde principios de la ocupación

humana y, por lo tanto, el conocimiento del comportamiento, fisiología y requerimientos ambientales de esos animales debía ser muy profundo entre los grupos cazadores de 5.000/6.000 años atrás.

Por supuesto, la aún escasa información disponible impone prudencia, ya que no podemos afirmar que existió una continuada y, mucho menos, recurrente ocupación de los paisajes puneños a lo largo de todo el proceso cultural de 10.000 años, aunque se puede hipotetizar que nunca existió un absoluto desdoblamiento de la Puna apoyados en los registros cronológicos que parecen apuntalar esta idea (Fernández Distel 1980; Lavallée y García 1992; Lavallée et al. 1997; Olivera 1998; Olivera y Elkin 1994; Yacobaccio et al. 1994).

Durante varios miles de años los camélidos parecen haber constituido un recurso básico dentro de las estrategias económicas de los grupos y su sobreabundancia relativa respecto de otros recursos de caza podría indicar que no estuvo expuesto a situaciones de "stress" importantes (Olivera 1998). Así, es posible pensar en un proceso evolutivo regional puneño que fuera paulatinamente incorporando la domesticación del camélido y mayores niveles de sedentarismo al sistema a partir de, por lo menos, 5.000 años A.P.

Es posible que en algún momento, entre el 3.000 y el 2.500 A.P., llegaran a la región la agricultura y la tecnología cerámica a través de relaciones interpoblacionales o, más probablemente, de grupos portadores de esos elementos. El sitio Casa Chavez Montículos ha puesto en evidencia una recurrencia espacial de ocupaciones que abarcan un lapso prolongado (ca. 2.400 a 1000 años A.P.). Poseemos fuertes evidencias (Olivera 1992; 1996) para considerar al sitio como una Base Residencial con alto grado de sedentarismo y, posiblemente, una ocupación anual permanente.

Dentro de cierta continuidad procesual, existen elementos que permitirían plantear dos componentes ergológicos diferenciales en el sitio. La separación de esos dos componentes coincidiría con el episodio de desocupación temporaria detectado entre los niveles V y VI de la estratigrafía (Olivera y Nasti 1994). En ambos momentos, los grupos estarían explotando un mosaico ambiental que incluiría: los fondos de cuenca (3.400 m.s.n.m.) aptos para el pastoreo de verano y la agricultura; las quebradas intermedias (3.500 a 3.900 m.s.n.m.) con recursos de pastura alternativa y de agricultura en menor escala; las quebradas altas y el pajonal (más de 3.900 m.s.n.m.) con pasturas de invierno y recursos de caza.

Los momentos tempranos del proceso son los que evidencian mayores relaciones con el Norte de Chile, asociados con una economía básicamente pastoril y cazadora de camélidos, aunque sin descartar cierto aporte agrícola (Olivera 1992; 1998). Sin embargo, por encima del 2000 A.P., se produciría una potenciación de la ocupación espacial de la cuenca, un incremento de la demografía y una optimización en la explotación de los diferentes sectores de recursos. Asimismo, el incremento del componente agrícola en la economía estaría relacionado con la llegada de grupos provenientes de los valles mesotermiales más bajos (Hualfín, Abaucán, etc.).

Estos hechos se verían reflejados, entre otros elementos, a través de las características del arte rupestre, existiendo una asociación no anárquica entre los sitios con arte y otros de diferente funcionalidad en el sistema de asentamiento-subsistencia (Olivera y Podestá 1995). Esta presencia de elementos valliserranos continuaría luego del 1.000 A.P. y se contrastaría con la fuerte presencia de registros correspondientes a la denominada Cultura Belén.

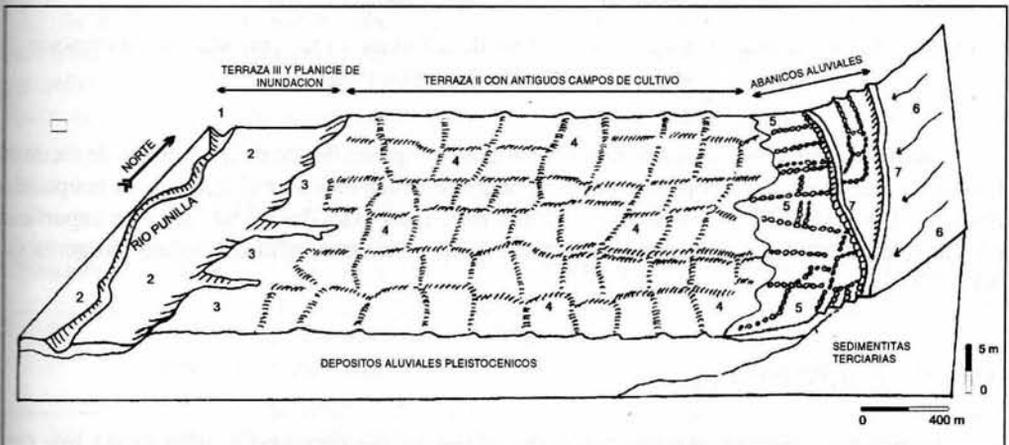
Con la llegada de elementos Belén se observa una paulatina y clara complejización sociopolítica manifestada, por ejemplo, en la aparición de asentamientos urbanos de gran tamaño y población, asociados a importantes obras de infraestructura agrícola con sistemas de regadío muy desarrollados como en el caso de Bajo del Coypar (Olivera y de Aguirre 1995). Estos sistemas agrícolas serían luego explotados por los Inkas que, incluso, parecen introducir ciertas mejoras técnicas (op. cit. 1995).

El interés del Proyecto, que motiva el presente trabajo, fue estudiar las causas del abandono del sistema agrícola de Bajo del Coypar y evaluar la posibilidad de su reutilización, en razón de las graves dificultades que atraviesa la población actual en materia de pasturas para la cría del ganado.

EL SISTEMA AGRÍCOLA PREHISPÁNICO DE BAJO DEL COYPAR

El área de estudio se localiza en la baja cuenca del Río Punilla que se encuentra dentro del ámbito de la Puna Catamarqueña y cercano a la localidad de Antofagasta de La Sierra (ver figura N° 1).

El sistema agrícola, ubicado a unos 3 Km. de la villa actual sobre la margen occidental del río Antofagasta (Punilla) en dos sectores: 1- en las laderas y piedemonte de los Cerros del Coypar y 2- en la Terraza Media del río Punilla (ver figura N° 2). Cada sector incluye diferentes sectores con características infraestructurales distintivas. Sobre la ladera baja se observan restos de andenerías, mientras que hacia el piedemonte se extienden cuadros de cultivo con paredes de piedra (pirca) perimetrales. El resto del campo (Terraza Media) se encuentra cubierto por una especie de damero irregular demarcado por pequeñas elevaciones de terreno ("bordos") que no parecen encerrar antiguas pircas en su interior (ver figura N° 2 y 3). Asimismo, restos de otro tipo de construcciones, de funcionalidad aún indeterminada, aparecen esparcidas por diferentes sectores del campo.

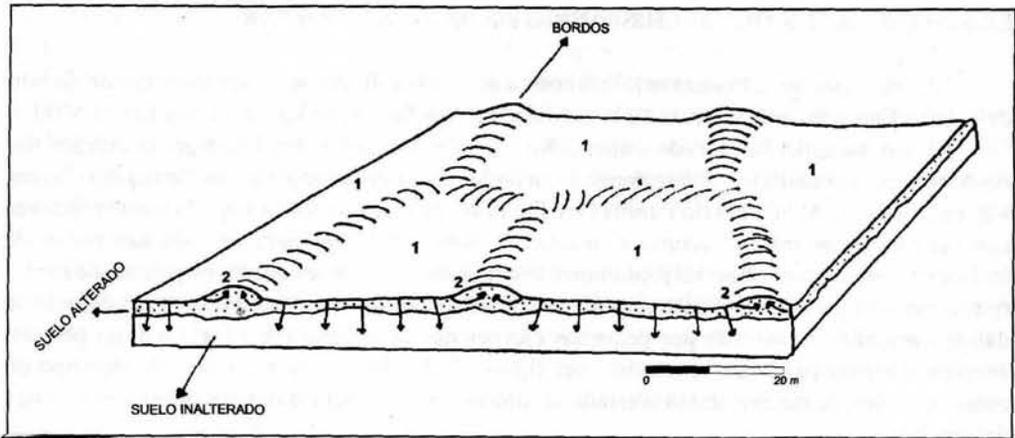


Referencias: 1- Cauce Río Punilla; 2- Terraza Inferior sin evidencias agrícolas prehispánicas; 3- Terraza II sin evidencias agrícolas prehispánicas; 4- Terraza II con evidencias agrícolas prehispánicas; 5- Abanicos Aluviales con evidencias agrícolas prehispánicas; 6- Talud; 7- Antiguo canal de riego probablemente de época incaica.

Figura 2. Diagrama de un corte ideal del Sector de Bajo del Coypar con el detalle de sus propiedades geomorfológicas y topográficas relacionadas con el sistema agrícola prehispánico.

Los antiguos campos de cultivo se caracterizan por formar parcelas, melgas o canteros de 30 a 50 m por 30 a 50 m de lado (ver figura N° 3). Los lados de la parcela conforman unas tenues elevaciones o "bordos" de 0,20 m de elevación y 1,5 m de ancho. Las estructuras son poco visibles y cubren una superficie de unas 830 ha. Este tipo de sistema de riego, actualmente tiene diferentes denominaciones; sin embargo, generalmente, se la conoce como riego por inundación en canteros (Fuentes Yague 1998).

Las investigaciones realizadas (Olivera 1988; Olivera et al. 1995; Olivera y de Aguirre 1995; Tchilinguirian y Barandica 1995 e.p.; Tchilinguirian y Olivera 2000), permitieron registrar evidencias de un complejo sistema de irrigación (acequias, andenes, reservorios, etc.). El canal o acequia principal, detectado por fotos aéreas y luego relevado en el terreno, sigue la ladera de los cerros y colecta las aguas provenientes de un curso en la Quebrada de Laguna Colorada (ver figura N° 1). Esta última, una quebrada transversal que se abre a unos 2-3 Km. del comienzo de la extensión de campos de cultivo, posee agua permanente la cual proviene de tres manantiales cuyas áreas de recarga se ubican en el Cerro Calalaste, ubicado a 30 km al sur y a más de 6.000 m de altura.



Referencias: 1- Zona de interbordo; 2- Bordos con enriquecimiento de sales.

Figura 3. Diagrama ideal de un sector de los suelos de la Terraza II y sus propiedades de infiltración hídrica en las áreas de cultivo arqueológicas.

Recientes fechados radiocarbónicos obtenidos de fogones dentro de los sectores de recintos habitacionales asociados (sitio Bajo del Coypar 2), permiten extender el inicio de la ocupación hasta *ca.* 1.000 años AP, mientras que registros materiales extraídos de tumbas y en superficie indican que su uso llegó indudablemente hasta épocas inkaicas e, incluso, hispano-indígenas (s. XV/XVI).

ASPECTOS BIOFÍSICOS

La región se encuentra por encima de los 3.200 m.s.n.m y presenta un clima árido y frío, con precipitaciones estivales muy poco frecuentes, localizadas, intensas y de corta duración y precipitaciones nivales desde Mayo a Agosto que generalmente no alcanzan en conjunto los 100 mm anuales. Los procesos de meteorización física (García Salemi 1986) y la acción eólica son los más importantes.

Existen varios cursos de agua permanentes cuya variación de caudal a lo largo del año no es tan significativa como para generar problemas graves de abastecimiento. El relevamiento del caudal se obtuvo a través de encuestas a los pobladores de la zona como de mediciones puntuales y anuales (1999) que se realizaron desde que se iniciaron las actividades de investigación. El curso colector es el río Punilla, el cual nace en las alturas de la Sierra de Calalaste y desemboca en las Lagunas de Antofagasta (ver figura Nº 1). Los afluentes más importantes de este colector son el arroyo Mirihuaca y el arroyo Las Pitas por margen derecha y el arroyo Los Colorados por margen izquierda.

Los suelos presentes en la zona pertenecen a dos grandes tipos: los Entisoles o suelos de escaso desarrollo pedogenético y los Histosoles o suelos orgánicos o de vega. Los primeros presentan muy escaso desarrollo biológico, tal como lo indican los muy bajos contenidos en materia orgánica (0,3 a 0,4%), bajos contenidos en fósforo (6 a 7 ppm) e inexistencia de nitrógeno. Son levemente alcalinos (pH: 7,4 a 7,8) a moderadamente alcalinos (pH: 7,9 a 8,4) y escasamente a moderadamente conductivos (0,01 a 2,5 mmho/cm) y los compuestos químicos solubles y potencialmente aprovechables por las plantas son el Ca y Mg. Los segundos son suelos orgánicos, con texturas más finas (arenas y limos) y donde el horizonte superficial se encuentra enriquecido por materia orgánica y es de color negro. Presentan pH alcalinos, altos contenidos en fósforo y nitrógeno y pueden ser fuertemente salinos. Son suelos con humedad constante y freáticas someras (< 0,7 m).

TIERRAS

Evaluación de tierras para su uso productivo

Los suelos presentes en la región son de muy escaso desarrollo pedológico y son para uso restringido de algunas especies vegetales agrícolas o para pasturas. Las limitaciones o restricciones agrícolas más importantes y frecuentes que presentan los suelos estudiados son: 1- la extrema aridez o falta de agua; 2- las bajas temperaturas; 3- las elevadas amplitudes térmicas. Sin embargo y ante la presencia de varias de estas limitantes productivas en los suelos, se han reconocido más de 800 ha que presentan evidencias de actividades productivas bajo regadío de épocas prehispánicas.

Los antiguos campos de riego se localizan dentro de la clase de uso IV siguiendo la clasificación del INTA (1961) o de la F.A.O. (1979). Los suelos involucrados dentro de esta clase de uso son aptos solamente para una muy limitada variedad de cultivos o para pasturas. Sin embargo, cabe aclarar que éstas son las tierras más favorables que se presentan en la zona y las que han sido totalmente trabajadas y ocupadas en épocas prehispánicas.

Se han reconocido varias subclases de uso de tierras dentro de la clase de uso IV. Las subclases se distinguen por presentar diferentes tipos y magnitud de limitaciones o restricciones agrícolas de las antes mencionadas. En el área de estudio se reconocieron cinco subclases de suelos dentro de la clase IV, que se ordenan en la Tabla 1 y se ilustran en la figuras N° 2 y N° 4.

Tabla 1. Tipos de suelos presentes en el área de estudio.

Símbolo	Suelos	Tipo de Suelo	Limitaciones	Uso	Superficie (ha)
S1	Suelos de la Terraza II	Torriortentes borólicos, Fase pedregosa	Baja retención Erosión eólica	Cultivo bajo riego	983
S2	Suelos de los conos aluviales	Torriortentes borólicos, Fase inclinada	Baja Retención Erosión eólica	Cultivo bajo riego	23
S3	Suelos de los barreales	Torriortentes salinos	Salinidad media, anegamiento alto		3
S4	Suelos de la planicie aluvial y terraza III	Acuentes e Histosoles	Salinidad media a alta freática somera (menos de 50 cm)	Pasturas de alto rendimiento	1.370
S5	Suelos de las pendientes, mesetas y pedimentos	Torriortentes petrocálcicos y borólicos	Erosión hídrica, salinidad alta, rocosidad elevada y pendientes medias y fuertes	Pasturas de bajo rendimiento	Resto del área

* Sin tener en cuenta la limitación por falta de agua.

Suelos de la Terraza Media

Los suelos de la terraza II se localizan preferentemente sobre la margen derecha del río Punilla (ver figura N° 4). Ocupan un total de 983 ha, de las cuales 50 ha están bajo cultivo actual

y 830 ha, con antiguos campos de cultivo prehispánicos. Actualmente, casi la totalidad de los canales de riego prehispánicos no están en uso y existe un leve incremento de la superficie total cultivable (1%) en los últimos 10 años (1986 a 1998).

Los suelos de esta clase se clasifican dentro del orden de los Entisoles (Torriortentes borólicos, Fase pedregosa). Los suelos de dicha zona tienen un perfil compuesto por un horizonte superficial que puede ser Av o Ap y varios horizontes de material aluvial denominados C1, C2, C3. Dichos suelos se desarrollaron en sedimentos aluviales de composición gravo-arenosa del Pleistoceno tardío.

Los suelos se localizan en relieves planos que geomorfológicamente conforman una antigua terraza del río Punilla (Terraza Media). Se clasifican dentro de la clase textural arenosa con 4 a 6 % de limo más arcillas y 5 a 10% de grava. A partir de tres ensayos de infiltración se determinó que las velocidades son de 4 a 4,5 m/día y con velocidades iniciales de 9,5 a 14,5 m/día en los primeros 5 a 20 minutos. Dichos valores clasifican al drenaje interno del suelo como rápido según las escalas usadas por Kohnke (1968, citado en Custodio 1980). Sin embargo estos antecedentes se aplican preferentemente para zonas húmedas; en este caso y siguiendo los comentarios del Lic. Damián (com. personal), los cuales tienen en cuenta los antecedentes de las zonas áridas de la provincia de San Juan, los valores son bajos.

El horizonte superficial Ap tiene de 30 a 50 cm de espesor y es de color amarillento claro. Presenta gran cantidad de clastos que se encuentran desordenados y con estructura caótica. Este horizonte coincide espacialmente con la presencia de los bordos e interbordos pertenecientes a antiguos campos de cultivo prehispánicos (Foto 1). Debido a ello se interpreta que este horizonte es indicador de antiguos horizontes de laboreo agrícola (ver figura N° 3).

Se practicaron 3 calicatas en "Bordos" y 4 calicatas en los interiores de parcela (Interbordo) encontrando que la conductividad aumentaba para el caso de los suelos presentes en el bordo (ver Tabla 2) hecho que se podría explicar por la concentración diferencial de sales que acontece cuando se practica una operación de riego (Wadleigh y Fireman 1949).

La conductividad eléctrica del Horizonte Ap es 3 a 9 veces más alta que el intervalo más profundo (20 - 40 cm). Semejante comportamiento sucede con el contenido del potasio (K) y sodio (Na) solubles y no así con el Na y K intercambiables, lo que podría indicar una cierta homogeneidad del material originario.

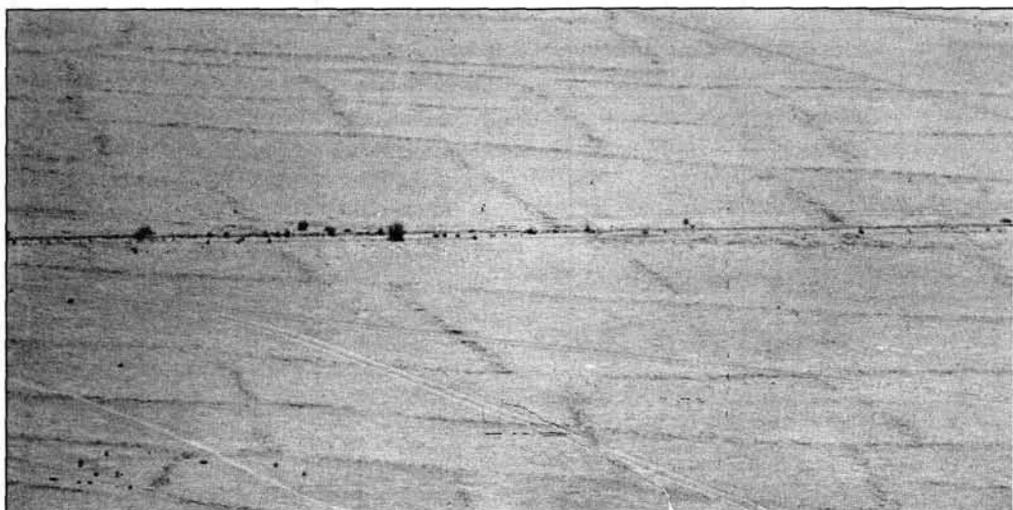


Foto 1. Detalle de un sector del sistema agrícola arqueológico de Bajo del Coypar (Fondo de Cuenca de Antofagasta de la Sierra, Terraza II) donde se observan los "bordos" e "interbordos" dispuestos en damero irregular.

El horizonte Av es el horizonte natural o no perturbado del suelo, presenta 5 cm de espesor y coincide espacialmente con la ausencia de bordos e interbordos. Por lo tanto, se interpreta que es un horizonte indicador de la ausencia de antiguos laboreos.

Dentro de los restantes aspectos químicos, todas las determinaciones realizadas no se apartan de las características generales mencionadas, sin embargo pueden presentarse suelos salinos (8 a 19 mmhos/cm) cercanos al ambiente de Playa Limosa (ver figura N° 4).

Estos suelos presentan algunas condiciones favorables para el desarrollo agrícola como ser: 1- ocupan un terreno casi llano (gradiente con 0,8% al Sur); 2- son no inundables; 3- presentan una profunda penetración radicular (más de 200 cm y sin horizontes cementados); 4- texturas que permiten el laboreo con herramientas; 5- buena aireación; 6- se ubican topográficamente por debajo de los puntos de suministro de agua para riego; 7- se encuentran relativamente cercanos (entre 10 a 6.000 m) de los puntos de toma de agua de los ríos.

Las limitaciones que presentan estos suelos para ser usados con fines agrícolas son; 1- los bajos contenidos de materia orgánica y nutrientes; 2- la elevada erosión eólica una vez escareado el suelo; y, 3- la presencia de un microrelieve de bordos e interbordos prehispánicos que dificultarían el drenaje de agua de riego excedente.

Suelos de los abanicos aluviales

Estos suelos se localizan inmediatamente al oeste de los anteriormente descriptos. Ocupan alrededor de 23 ha y en épocas prehispánicas la totalidad de la superficie se encontraba bajo producción. Actualmente no son cultivados debido fundamentalmente a que los puntos de

Tabla 2. Propiedades Químicas de los suelos de la Terraza II del río Punilla
(Sitio de muestreo: al oriente del Bajo del Coypar)

Suelos de la terraza II										
Posición arqueológica	Punto de muestreo A		Punto de muestreo B				Punto de muestreo C			
	Interbordo		Bordo		Interbordo		Bordo		Interbordo	
N° de Muestra	27	28	19	20	25	26	17	18	23	24
Profundidad (cm)	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
Arena (%)	96.2	96.2	93.2	95.2	94.2	91.2	92.2	95.2	93.2	97.2
Limo (%)	2.8	2.8	6.8	4.8	4.8	8.8	6.8	4.8	6.8	2.8
Arcilla (%)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Carbono orgánico (%)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Materia orgánica (%)	0.4	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4
pH	8	8	8.1	8	8	8.1	8	8	8.6	8
Calcáreo	2.4	2.7	1.8	2.4	2.7	2.2	2.8	2.8	2.4	2.2
Conductividad (mho/cm ² a 25°C)	440	110	2720	300	2230	510	19700	5590	10	160
Fósforo (ppm)	5.4	5.4	7	6.4	7	6.2	5.4	5.4	6.2	6.2
Sodio (me/100g)	0.9	1.2	1.2	0.7	1.5	0.9	4.2	1.2	0.7	0.7
Potasio (me/100g)	0.1	0.1	1	0.4	0.1	0.1	2.2	0.9	0.2	0.1
Calcio (me/100g)	6.3	5.5	11.4	7.6	11.4	5.7	21.3	14.1	7.2	7.6
Magnesio (me/100g)	7.4	8.2	14.5	9	11.3	12.3	23	14.7	9	7.9
Ca + Mg (me/100g)	13.7	13.7	25.9	16.6	22.7	18	44.3	28.8	16.2	15.5
K soluble (me/l)	1	0.8	1.7	0.4	2.8	0.4	11.9	2.5	0.5	0.6
Ca+Mg soluble (me/l)	17.3	27	235.8	0.7	55.8	16.6	-	331.2	100.1	10.1
RAS	0.7	0.9	0.8	0.7	0.9	0.9	-	0.7	0.2	0.5
Índice de absorción de potasio.	2700	3000	-	3200	-	3200	-	-	-	2800
Sodio soluble (me/l)	1.9	3.1	8.7	1.9	4.8	2.7	37.8	8.7	1.1	1.2

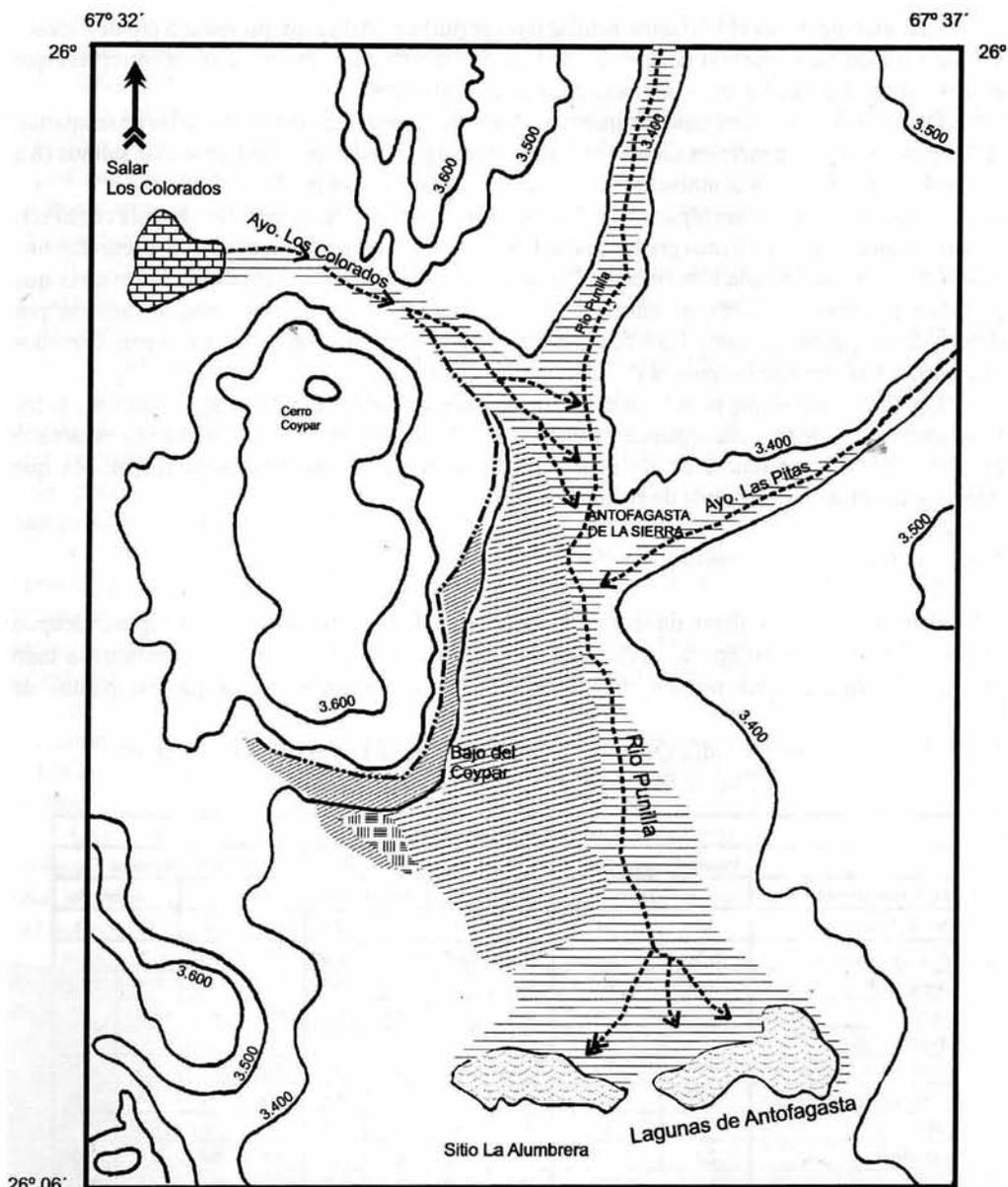


Figura 4. Mapa del sector de Fondo de Cuenca de Antofagasta de la Sierra con el detalle de sus características edafológicas.

suministro actual de agua se encuentran muy lejanos (4.000 a 5.000 m) y los canales de riego actuales se encuentran a menor cota.

Los suelos de los abanicos aluviales (Tabla 3) presentan textura arenosa y contienen alrededor de 5 a 10 % de fragmentos gruesos. Los valores de las propiedades químicas son similares a los suelos de la Terraza Media, aunque presentan mayores contenidos en cationes intercambiables. Ello podría deberse a la mayor participación de material fino proveniente de las litologías (areniscas y limolitas) aflorantes del Terciario, que se ubican en la cuenca de aporte de los abanicos.

Tabla 3. Suelos de los Conos Aluviales.

Muestra	Suelos de los conos aluviales							
					Campo cultivado			
	9	10	11	12	13	14	15	16
Profundidad (cm)	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
Arena (%)	96.2	96.2	94.2	96.2	96.2	95.2	94.2	95.2
Limo (%)	2.8	2.8	4.8	2.8	2.8	4.8	4.8	4.8
Arcilla (%)	1	1	1	1	1	1	1	1
Carbono orgánico (%)	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.2
Materia orgánica (%)	0.6	0.3	0.6	0.4	0.5	0.4	0.4	0.3
Ph	8.1	8	7.8	7.8	8.1	8	7.9	8.4
Calcáreo	3.1	3.2	4	3.8	3	2.1	2.8	2.2
Conductividad (mho/cm ² a 25°C)	390	1970	7170	6790	110	260	210	200
Fósforo (ppm)	8.7	7	14.6	7.9	6.2	6.2	6.2	4.5
Sodio (me/100g)	0.2	0.9	2.2	1.5	0.9	0.5	0.7	0.7
Potasio (me/100g)	0.6	0.4	6.6	4.3	1.2	1.1	1	0.9
Calcio (me/100g)	12.7	16.1	41.2	17.6	5.7	7	7.6	4.7
Magnesio (me/100g)	16.1	19.9	43.2	18.4	8.7	9.2	14	7.2
Ca + Mg (me/100g)	28.8	36	84.6	36	14.4	16.2	21.6	11.9
K soluble (me/l)	0.6	2.1	10.1	31.7	0.4	0.4	0.2	0.4
Ca + Mg soluble (me/l)	18	84.6	788.4	342	9	11.2	10.8	7.9
RAS	0.5	1.1	0.8	0.7	0.8	0.8	0.4	0.5
Índice de absorción de potasio.	3000	-	-	-	3000	3100	3500	3000
Sodio soluble (me/l)	1.6	6.9	15.5	9.9	1.6	1.9	0.9	0.9

Las velocidades de infiltración alcanzaron valores básicos de 5 a 7 m/día y velocidades iniciales de 17 a 24 m/día, debidos seguramente a la presencia de cuevas de *Ctenomys sp*

Estos suelos presentan más limitaciones agrícolas que los suelos de la Terraza Media y por ello involucran a una subclase de suelos con menor aptitud agrícola y de pastoreo.

Las condiciones favorables para su uso son: 1- no son inundables; 2- presentan una profunda penetración radicular; 3- buena aireación; 4- texturas que permiten el laboreo. Las condiciones desfavorables o las limitaciones para su uso son varias y se destacan: 1- baja retención de humedad; 2- elevada erosión eólica durante el laboreo; 3- pendiente E-W (2 a 4%) que obliga a nivelar o aterrizar el terreno; 4- erosión hídrica leve; 5- bajos contenidos en materia orgánica y nutrientes; 6- presencia de un terreno desfavorable para suministrar el agua desde el punto de toma hasta los terrenos de esta clase; 7- relativa lejanía desde el punto de toma hasta la zona (4.000 a 5.000 m);

8- terrenos a mayor cota que el punto de toma de regadío actual.

Las limitaciones mencionadas fueron subsanadas en épocas prehispánicas mediante un manejo conservacionista de las tierras. Se pueden citar: el aterrazamiento, la limpieza de clastos gruesos y la construcción de canales de riego a mayor cota y en terrenos topográficamente desfavorables (ver figura N° 2). Actualmente, ante la falta de mantenimiento y el total abandono del manejo de las tierras, las obras de infraestructura prehispánicas se encuentran muy degradadas por la erosión.

Suelos de la Terraza Inferior y planicies aluviales

Estos suelos se localizan en el ambiente de la planicie aluvial del río Punilla (945 ha) y sus afluentes más importantes son río las Pitas (186ha) y arroyo Los Colorados (241 ha). Los suelos ocupan alrededor de 1.370 ha y actualmente parte de ellas se encuentra bajo uso de pasturas naturales o irrigadas artificialmente. En este tipo de terrenos no se pudieron encontrar evidencias de cultivo prehispánico.

En las planicie aluvial los suelos presentan un perfil A1-Cg, donde el horizonte superficial A1 presenta 10 a 15 cm de espesor, es de color negro, rico en materia orgánica, de textura arenosa, con escasos fragmentos gruesos y se encuentra generalmente húmedo. El horizonte Cg es de color verde claro, textura arenosa y con evidencias de reducción. Las velocidades de infiltración básica de estos suelos se encuentran entre 3,6 a 4,6 m/día y velocidades iniciales de 9,6 a 14,4 m/día.

Los suelos de la terraza inferior presentan una secuencia A1sa-Csa donde el horizonte superficial (A1) de 5 a 10 cm de espesor, es de color gris verde claro, textura arenosa, 10 a 15% de fragmentos gruesos de grava fina, algunos moteados de FeO. El horizonte Csa, presenta color gris claro, es de textura arenosa (10 a 15% de fragmentos gruesos), presenta una salinidad elevada y evidencias de reducción.

Ambos suelos son poco aptos para las tareas agrícolas debido a que presentan limitaciones severas por: 1- presencia de capas freáticas someras que no permiten una correcta aireación y una buena penetración radicular (escaso espesor efectivo); 2- presencia de heladas que inhiben el crecimiento del cultivo; y, 3- presencia de inundabilidad por crecientes. Posiblemente por estas causas dichos suelos no presentan evidencias de campos de cultivo.

Sin embargo, dichos suelos son muy aptos para el desarrollo de pasturas naturales (Foto 2). Las condiciones favorables son: 1- presencia de agua y suelos húmedos en forma permanente; 2- presencia de suelos ricos en materia orgánica y nutrientes; 3- presencia de una vegetación adaptada a los contenidos de salinidad y un régimen de temperatura frío (borólico); 4- tierras ubicadas a igual o menor cota que los puntos de toma de agua para irrigación; y, 5- fácil manejo del terreno para realizar obras de canalización e irrigación. Por estas causas y la gran cantidad de hectáreas involucradas por estos suelos constituyen el principal recurso forrajero de la región.

El mayor peligro agrícola y de regadío de estos terrenos es una salinización de suelos por un mal manejo de la irrigación. Actualmente se encuentran alrededor de 93 ha en la vega del arroyo Los Colorados donde el efecto de la salinización natural y la sobreexplotación de los campos se encuentran muy desarrollados y han degradado parcialmente la antigua vega.

La salinización natural de la alta vega del arroyo Los Colorados está causada por varios factores de origen natural como ser: 1- depositación eólica de sales provenientes del salar de Laguna Colorada; 2- disminución progresiva de los caudales de los manantiales; 3- procesos de deflación eólica y migración de dunas que erosionan o sepultan la antigua vega respectivamente y 4- el descenso de la capa freática (-1 a -2 m) por profundización del cauce. Esto último produce un ascenso capilar de la humedad que arrastra sales y las deposita en la superficie del suelo. Debido a que no hay lavado desde la superficie, ya sea originado por las lluvias como por las inundaciones

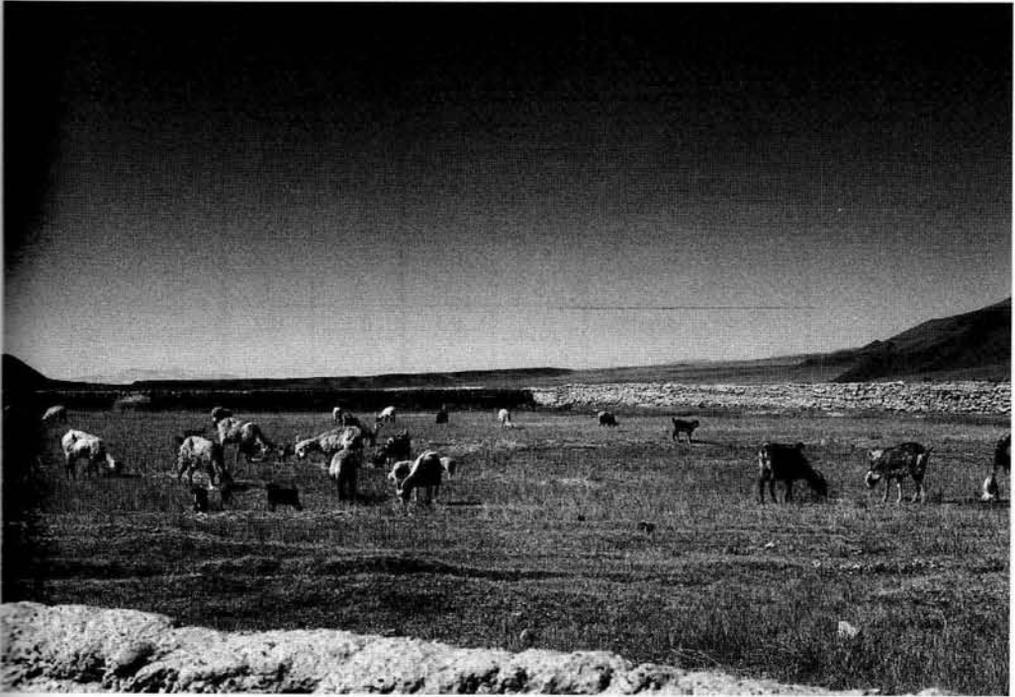


Foto 2. Imagen de un sector de la vega en el Fondo de Cuenca de Antofagasta de la Sierra (Suelos de la Terraza Inferior y planicies aluviales), utilizados para pastoreo de llamas y ovicápridos.

o riego, las sales progresivamente se acumulan formando eflorescencias salinas importantes que terminan por matar a la vegetación original de la vega.

Suelos aledaños a la Playa Limosa

Estos suelos se localizan al sur del área de estudio y se encuentran en las inmediaciones de Coyarcito (ver Mapa 1).

Presentan mayores contenidos de arcillas, Ca y Mg intercambiables, mayor cantidad de K y Na solubles y un valor mayor de R.A.S. (Relación de Absorción de Sodio) que las otras unidades cartográficas de suelos. Ello podría explicarse debido al mayor contenido de sales provenientes de las aguas subterráneas evaporadas de Playa Limosa y en las inmediaciones de él (Tabla 4). Otra explicación del aumento de estas propiedades en los suelos inmediatos a la Playa Limosa es la acumulación de sedimentos eólicos provenientes de la deflación eólica de la misma.

Suelos bajo cultivo actual

Los suelos de los actuales campos de cultivo se localizan en los suelos de la Terraza Media y de los abanicos aluviales, caracterizándose por presentar mayores contenidos de materia orgánica (0,6 a 0,5%) y fósforo (entre 6,4 a 14 ppm) que los suelos sin cultivos. Lo mismo sucede con el contenido de potasio, sodio y Ca + Mg solubles y cationes intercambiables en los perfiles, donde existe un marcado aumento de la materia orgánica y el fósforo.

Tabla 4. Propiedades químicas de los suelos de Playa Limosa.

Suelos de Playa Limosa				
Muestra	Bordo		Interbordo	
	3	4	5	6
Profundidad (cm)	2410	2950	2190	510
Arena (%)	92.2	90.2	92.2	96.2
Limo (%)	4.8	6.8	4.8	2.8
Arcilla (%)	3	3	3	1
Carbono orgánico (%)	0.2	0.1	0.2	0.2
Materia orgánica (%)	0.3	0.2	0.3	0.3
pH	8	8	8.3	8.5
Calcáreo	4.8	3.5	3.6	3.2
Conductividad (mmho/cm ² a 25°C)	2.41	2.95	2.19	0.51
Fósforo (ppm)	8.7	7	7	
Sodio (me/100g)	3.9	2.9	3.5	1.2
Potasio (me/100g)	1.1	0.9	1.1	0.4
Calcio (me/100g)	34.2	25.6	20.9	16.1
Magnesio (me/100g)	32.7	30.2	20.9	13.4
Ca +Mg (me/100g)	66.9	55.8	41.8	29.5
K soluble (me/l)	23.3	15.4	1.5	0.4
Ca+Mg soluble (me/l)	217.8	252.7	31.3	9
RAS	2.4	2.5	2.6	1.4
Índice de absorción de potasio.	-	-	2650	3050
Sodio soluble (me/l)	24.8	27.9	10.5	2.9

AGUAS

Recursos hídricos disponibles

La mayoría del aporte de las aguas proviene de manantiales que son alimentados por un flujo diferido de agua subterránea proveniente de complejos subterráneos y rocosos. En el caso de los arroyos las Pitas y Mirihuaca las surgencias se localizan al pie de la caldera del cerro Galán y seguramente el acuífero es alimentado por los deshielos estacionales y la infiltración de las aguas de la Laguna Diamante ubicada a mayor cota y dentro de la caldera.

En el caso del río Punilla, la alimentación subterránea también es esencial. Los deshielos, las vegas congeladas ubicadas en la Sierra de Calalaste (5.200 m) y en las laderas occidentales del cerro Galán son las principales fuentes.

Los caudales alcanzan a 1800-2.000 m³/h (aforo ubicado en el río Punilla antes de la afluencia con el arroyo Los Colorados), 1.000 a 1.300 m³/h en el arroyo los Colorados (200 m aguas arriba del punto de toma del agua de riego) y 700 m³/h en el arroyo Las Pitas.

Calidad química

En las áreas con suficiente lluvia y con condiciones ideales de suelos, las sales solubles originalmente presentes en los mismos o agregadas por las lluvias son lixiviadas por el agua de percolación o que se infiltra hasta llegar finalmente a la napa y dejar el sistema. Suelos productivos que originalmente eran no salinos y no alcalinos pueden llegar a ser improductivos si las sales solubles o el Na intercambiable se acumulan en demasía, como resultado de una inapropiada operación de riego, un mal manejo del suelo o un inadecuado drenaje. Si la cantidad de agua aplicada a un suelo no excede la necesaria para las plantas, el agua no infiltra por debajo de las raíces y las sales solubles precipitarán en esta zona.

Las características más importantes que determinan la calidad del agua para riego son: 1- la concentración de sales solubles; 2- la concentración relativa de sodio con respecto a otros cationes; y, 3- la concentración de boro, la cual para el presente estudio no se realizó.

Todas las muestras de aguas presentan buenas calidades para el riego por gravedad (Tabla 5). Los valores de pH se encuentran dentro de los límites normales (pH: 6,5 a 8,4). Los valores de salinidad también se encuentran dentro de los rangos tolerables. Las muestras A3, A4, A5 y A6 presentan un leve incremento de la conductividad (250 a 750 mhos /cm) que podrían traer problemas a plantas sensibles a la salinidad o a suelos con salinidad elevada (muestra de suelos 17-18 y 11-12) si no son correctamente lavados. Con respecto al RAS (relación de absorción de sodio), las aguas se clasifican como de bajo contenido de sodio y pueden usarse para el riego en todos los suelos, con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio.

El contenido de sales en el agua no provocaría restricciones para su uso si se tiene en cuenta los buenos drenajes de los suelos de la Terraza Media y el cultivo de plantas tolerantes a la sales como especie forrajera alfalfa (Laboratorio de salinidad de EEUU, 1994).

En los suelos de la Playa Limosa las aguas se enriquecerían en sales en forma perjudicial para los cultivos debido a la evaporación capilar de las aguas subterráneas y de la disolución de las sales en los suelos y costras.

Tabla 5 . Análisis de aguas.

Muestra	Ubicación	pH en agua	Conductividad (mhos/cm 25 C°)	Ca+Mg soluble (meq/lt)	Na soluble (meq/lt)	Relación absorción de sodio (ras)	Clasificación de agua para riego.
1	Las Pitas-Puesto Cruz	6.1	100	1.4	0.6	0.75	Baja salinidad y bajo sodio
2	Las Pitas-Arroyo Los Helechos	5.9	100	1.6	0.5	0.55	
3	Los Colorados-Ojo de Agua 2	6.8	320	4.5	1.2	0.80	Salinidad media y bajo sodio
4	Río Punilla-aguas arriba junta con Los Colorados	6.7	320	3.2	2.2	1.70	
5	Los Colorados-Ojo de Agua 1	6.8	410	4.0	2.5	1.80	
6	Río Punilla-aguas abajo junta con Los Colorados	6.7	380	4.0	1.9	1.30	

CONCLUSIONES

Los estudios realizados hasta el momento permiten avanzar en algunas conclusiones preliminares respecto de la aptitud actual de los terrenos en el Fondo de Cuenca de Antofagasta de la Sierra y la posible reactivación de los antiguos sistemas agrícolas con regadío prehispánicos.

Los estudios permiten sostener que las tierras más favorables para el cultivo bajo riego son las que se localizan en primera instancia en la Terraza Media (figura N° 4), y en segunda instancia en los abanicos aluviales. Por su parte, los suelos más favorables para el pastoreo se ubican en la Terraza Inferior o planicie aluvial. Este aspecto es coincidente con lo observado en tiempos arqueológicos de acuerdo al registro relevado.

Los suelos para el cultivo bajo riego potencial ocupan unas 1.000 ha donde 960 ha corresponden a la Terraza Media y 40 ha a los abanicos aluviales, de las cuales unas 870 fueron utilizadas en épocas prehispánicas. Las restricciones por erosión eólica y falta de retención de agua son los principales problemas. Los suelos para pasturas naturales ocupan 1.370 ha y se extienden desde la Laguna de Antofagasta de la Sierra, hasta el paraje de Paicuqui en el río Punilla (935 ha) y en toda la cuenca del río Mirihuaca (120 ha), Real Grande (186 ha) y Illianco (41 ha). Los problemas de salinidad por mal manejo de la irrigación y el sobrepastoreo son los principales impactos antrópicos de estos suelos.

Los suelos menos aptos para la agricultura bajo riego son los que se localizan marginando a la Playa Limosa y los suelos de la vega. Estos son terrenos donde la productividad es menor debido a la fuerte salinidad y alcalinidad de los terrenos y la baja aireación por freáticas someras.

Las aguas de todos los arroyos son aptas desde el punto de vista de la salinidad, Ph y RAS para ser usadas en los suelos de la Terraza Media y de los abanicos aluviales. Para el caso de ser utilizadas en los suelos de las vegas se debe tener cuidado de no producir fenómenos de salinización, ya que la capa freática se encuentra cercana y la evaporación es muy fuerte.

Desde el punto de vista arqueológico se ha constatado la ocupación humana. La presencia de las melgas con bordos e interbordos, el registro cultural en superficie y la presencia de canales de riego son aspectos evidentes para afirmarla. Lo interesante de este estudio es haber identificado además la presencia de los horizontes Ap (horizontes disturbados por labores antrópicas). Asimismo se encontró que los horizontes superficiales registran un muy leve enriquecimiento de sales. Ello se demuestra por el aumento de las conductividades naturales de 100 a 300 mho/cm a valores por encima de 1.000 a 3.000 mho/cm. Se infiere que dicha salinización superficial es prueba de una antigua operación de riego ya que el aporte de sales provenientes de la capa freática (franja capilar a más de 5 a 10 m) y del viento no es elevado en este sector. La salinización posiblemente sea producto de la extracción continua de la humedad por las raíces de los cultivos practicados y por la evaporación de las aguas de riego (salinidad del agua de riego: 400 mho/cm). Se debe tener en cuenta que actualmente la cubierta vegetal en este sector es prácticamente inexistente.

Existen diferencias poco visibles de las propiedades edáficas entre los suelos de los "Bordos" e "Interbordos" de cada melga. Las diferencias más notorias se reflejan en la variación de los contenidos de salinidad reflejados en un aumento de la conductividad en los suelos de los bordos. Este comportamiento sería explicado por la concentración de sales que provoca una operación de riego con bordos (ver figura N° 3).

Se puede argumentar que en épocas previas a la Inka fueron ocupadas 830 ha de tierras bajas y planas (Terraza Media) y en épocas más tardías (Inkas) se anexaron 40 ha de suelos ubicados en relieves algo más elevados y con más pendiente (ver figura N° 2). Con la anexión de las nuevas 40 ha, aumentó a 870 ha la superficie cultivada. Este aumento de la superficie implicó el empleo de mayor tecnología debido a que obligó a construir complejos canales de riego y terraplenes con el objeto de perfilar el terreno. Actualmente, (septiembre del 1999), solamente están cultivadas 10 ha, es decir, aproximadamente un 2% de lo potencialmente explotable.

De esta forma, los suelos de mayor clase de aptitud (suelos de la Terraza Media) fueron

ocupados primeramente y los suelos de los conos aluviales, menos aptos desde el punto de vista del riego por gravedad, ocupados más tardíamente. Por otra parte, los suelos de la Terraza Inferior y la planicie aluvial por ser menos aptos, evidentemente, no fueron ocupados con fines agrícolas. Esta cronología de la extensión espacial, fue posteriormente avalada por los hallazgos y sitios arqueológicos encontrados.

El sistema agrícola diseñado se puede aplicar a cualquier tipo de suelo, aunque en los suelos arenosos, con menor capacidad de almacenamiento de agua, el tamaño de los compartimentos tiene que ser pequeño, tal como se observa en el caso analizado, para que el agua pueda tener una distribución e infiltración semejante en toda la superficie de la parcela. Por otra parte este tipo de sistema de riego se da en el caso de explotaciones extensivas, donde se implica gran mano de obra (Fuentes Yague 1998). Esto último coincidiría con la cantidad de población (500 personas) que se especula habría presentado en la región a partir de las observaciones realizadas por uno de los autores (Olivera) en el sitio habitacional de Alumbreira.

El análisis realizado permite hipotetizar que la explotación agrícola prehispánica intentó aplicar una tecnología apropiada a las características de suelo y el ambiente regionales, intentando optimizar el rendimiento agrícola potencial de la cuenca.

No sabemos en qué momento y debido a qué causas se comenzaron a abandonar los terrenos de Bajo del Coypar. Nuestros estudios paleoambientales en curso, indican que la inestabilidad marcada del ambiente puneño puede producir períodos de aridez aguda, aún de corta duración, que producirían consecuencias graves en sistemas tan especializados como el de Bajo del Coypar. Tampoco es posible descartar razones relacionadas con el proceso histórico-cultural regional (p.e., redistribución de los esfuerzos productivos en función de los intereses hispánicos por la minería) que pudieran afectar la explotación intensiva del sistema.

Lo cierto es, que nuestros estudios indican una potencial factibilidad de reutilización parcial o total del sistema agrícola con regadío de Bajo del Coypar, apoyada en un desarrollo racional y sustentable sostenido por una adecuada administración y monitoreo del recurso hídrico y edáfico. Por supuesto, que semejante intento requerirá de una organización comunitaria y un adecuado compromiso gubernamental.

COMENTARIO FINAL

A partir de este momento, debemos avanzar en el estudio paleoambiental de la Cuenca, que venimos llevando adelante, para estimar adecuadamente la variabilidad ambiental a largo plazo, especialmente en lo referido a la disponibilidad del recurso hídrico.

La próxima fase de la investigación, es la evaluación de las especies más aptas y económicamente rentables a cultivar según los requerimientos de tiempo de crecimiento, radiación solar, temperatura, cantidad de agua, nutrientes y adaptabilidad a las propiedades edáficas comentadas. Asimismo, se deberá incluir el diseño de una infraestructura de riego acorde con los requerimientos del sistema. En estas direcciones se dirigirán nuestros futuros esfuerzos.

AGRADECIMIENTOS

El agradecimiento de los autores a nuestros compañeros del Proyecto Arqueológico Antofagasta de la Sierra, muy especialmente al Geólogo Martín Barandika, por su amistad y su importante contribución en las tareas de campo. A la comunidad de Antofagasta de la Sierra por su constante hospitalidad. A la Municipalidad de Antofagasta de la Sierra y a la Dirección de Ganadería de Catamarca, por su apoyo logístico en las tareas de campo. La Ing. Olga Pernasetti y su equipo del Laboratorio de Suelos de la UN de Catamarca, realizaron los análisis de suelos y calidad química de agua y nos aportaron importantes observaciones. La Secretaría de

Cultura de la Nación y el CONICET proveyeron el aporte financiero imprescindible para las investigaciones. El Lic. Alejandro Acosta prestó su colaboración a la lectura final del manuscrito y agradecemos los valiosos comentarios realizados por el Lic. Oscar A. Damiani de la UNJU y el Lic. F.X. Pereyra del SEGEMAR.

Buenos Aires, abril 2001.

BIBLIOGRAFÍA

Aschero C.; D. Elkin y E. Pintar

1991. *Aprovechamiento de recursos faunísticos y producción lítica en el precerámico tardío*. Un caso de estudio: Quebrada Sëca 3 (Puna Meridional Argentina). *Actas del XI Cong. de Arqueología Chilena* (Ed. Sociedad Chilena de Arqueología), II: 101-114. Santiago de Chile.

Custodio, J.

1980. *Hidrología de Aguas Subterráneas*. España.

Elkin, D.

1996. *Arqueozoología de Quebrada Seca 3: Indicadores de Subsistencia Humana Temprana en la Puna Meridional Argentina*. Tesis para optar al grado de Doctor en Filosofía. Fac. Filosofía y letras (U.B.A.).

F.A.O.

1979. Soil Survey investigations for irrigation. F.A.O. *Soils Bulletin*, 42.

F.A.O.

1985. Guidelines: Land evaluation for irrigated agriculture. F.A.O. *Soils Bulletin*, 42.

Fernández Distel, Alicia

1980. "Los fechados radiocarbónicos de al arqueología de la Provincia de Jujuy. Fechas radiocarbónicas de la cueva CH III de Huachichocana, Tiuiyaco e Inca Cueva", *Argentina Radiocarbónico en Arqueología*, I (4/5): 89-100.

Fuentes Yague, José Luis

1998. *Técnicas de Riesgo*. Ministerio de Agricultura y Pesca. España. Madrid. Editorial Muni-Prensa.

García Salemi, Manuel

1986. *Geomorfología de regiones secas: Antofagasta de la Sierra*. Provincia de Catamarca. *Centro de estudio regiones secas.*, IV (1-2) (s/p). Tucumán-Catamarca.

Laboratorio de Salinidad de Suelos de los E.U.A.

1994. *Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos*. Editorial Uteha.

Lavallée, Danielle y Lidia García

1992. "Investigaciones en el Alero Tomayoc: 1987-1989". *Cuadernos*, Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales, Universidad Nacional de Jujuy, 3: 7-11.

Lavallée, D.; M. Julien; C. Karlin; L. García; D. Pozzi-Escot y M. Fontugne

1997. Entre Desierto y Quebrada: Tomayoc, un Alero en La Puna. *Avances en Arqueología*, 3: 9-39. F.F. y L., U.B.A. Tilcara, Jujuy.

INTA

1961. *Atlas de Suelos de la República Argentina*. Instituto de suelos Castelar.

Olivera, Daniel

1988. La Opción Productiva: Apuntes para el análisis de sistemas adaptativos de tipo Formativo del

- Noroeste Argentino. *Trabajos Precirculados del IX Congreso Nac. de Arqueología Argentina*: 83-101. Fac. Filosofía y Letras (U.B.A.). Buenos Aires, 1988.
1992. *Tecnología y Estrategias de Adaptación en el Formativo (Agro-alfarero Temprano) de la Puna Meridional Argentina. Un caso de estudio: Antofagasta de la Sierra (Pcia. de Catamarca, R.A.)*. Tesis para optar al Doctorado en Ciencias naturales. Fac. de Ciencias Naturales, U.N. de La Plata.
1996. El Proyecto Arqueológico Antofagasta de la Sierra: una experiencia de arqueología regional. *I Congreso de Investigación Social: Región y Sociedad en Latinoamérica*, Fac. Fil. y Letras, U.N. Tucumán, 1996.
1998. Cazadores y Pastores Tempranos de la Puna Argentina. *Past and Early History (Eds. S. Ahlgren, A. Muñoz, S. Sjödin y P. Stenborg)*. *Etnologiska Studier*, 42: 153-180 Present in *Andean Prehistory 180*. Etnografiska Museet, Göteborg. 1998.
- Olivera, Daniel y María José de Aguirre
1995. Arqueología Aplicada a la Reactivación de Sistemas Agrícolas Prehispánicos: El aporte interdisciplinario. *Simposio Arqueología e Interdisciplina, Actas XIII Congreso Nacional de Arqueología Chilena, Antofagasta. Revista Hombre y Desierto*, 2: 337-349. Antofagasta, Chile.
- Olivera, Daniel y Dolores Elkin
1994. De Agricultores y Pastores: El proceso de domesticación en la Puna Meridional Argentina. En: *Zooarqueología de Camélidos*, 1: 95-124. Grupo Zooarqueología de Camélidos. Buenos Aires.
- Olivera, Daniel y Atilio Nasti
1994. Site Formation Processes in the Argentine Northwest Puna: Taphonomic Researches on Archaeofaunistic Record Preservation. *Explotación de Recursos Faunísticos en Sistemas Adaptativos Americanos (Ed. J.L. Lanata)*. *Arqueología Contemporánea*, 4: 85-98. Edición Especial. USA, 1993.
- Olivera, Daniel y Mercedes Podestá
1995. Art Resources: Rock Art and Formative Settlement-Subsistence Systems in the Argentine Meridional Puna. *Andean Art: Visual Expression and its Relation to Andean Beliefs and Values (Ed. by Penny Dransart)*: 265-301. Worldwide Archaeology Series. Glasgow.
- Olivera, Daniel.; Patricia Escola; Jorge Reales; María José de Aguirre; Susana Pérez; Silvina Vigliani; Claudia Bisso; Silvina Camino y Virginia Dellino
1995. El asentamiento arqueológico del Bajo del Coypar: Una explotación agrícola Belén-Inka en Antofagasta de la Sierra. *Actas XI Congreso Nacional de Arqueología Argentina (San Rafael, Mendoza)*. En prensa.
- Soil Survey Staff
1975. *Soil Taxonomy. A basic System of soil clasifcation for making and interpreting soil survey*. U.S. Department Agriculture. Handbook N°436, Washington D.C.
- Tchilinguirian, P. y M. Barandica
1995. Acontecimientos naturales que favorecieron el asentamiento humano en ambientes de la Puna Catamarqueña (Anexo I). En: *Hombre y Desierto, Tomo I Simposios*, N°9: 351-352. Sociedad Chilena de Arqueología. Simposio Arqueología e Interdisciplina, Actas XIII Congreso Nacional de Arqueología Chilena, Antofagasta, Chile.
- Tchilinguirian, Pablo y Daniel Olivera
2000. Aportes edafológicos en antiguos campos de cultivo. Antofagasta de la Sierra, Pcia. de Catamarca. *Revista del Cuaternario y Ciencias Ambientales*, 1. CADINQUA.
- Yacobaccio, H.; D. Elkin y D. Olivera
1994. ¿El fin de las sociedades cazadoras?: El proceso de domesticación animal en los Andes Centro-sur,

Arqueología Contemporánea, 5, Edición Especial: "Arqueología de Cazadores-Recolectores" (L. Borrero y J.L. Lanata, comp.).

Wadleigh, C.H. y M.Fireman,

1949. Salt distribution under furrow and basin irrigated cotton and its effect on water removal.. *Soil Scientific Society American Proceedings* (1948), 13: 527-530.