

Proyectos de irrigación y la fertilización del desierto*

CALOGERO M. SANTORO V.¹, LAUTARO NÚÑEZ A.², VIVIEN G. STANDEN¹,
HÉCTOR GONZÁLEZ¹, PABLO A. MARQUET³ Y AMADOR TORRES H.⁴

RESUMEN

A diferencia del fenómeno mesoamericano y andino nuclear en el área Centro Sur Andina la aplicación de paleotecnologías de regadío complejas no está asociada a regímenes sociopolíticos centralizados. Por el contrario, su aplicación ocurrió en el contexto de señoríos y/o jefaturas (Service 1962) de baja escala territorial y poblacional, dispersos en insulas demográficas rurales insertas en redes de complementariedad precisamente no centralizadas (Núñez y Dillehay 1979). Consecuentemente, el desarrollo hidráulico constatado en los valles y oasis de las subáreas Valles Occidentales y Circunpuna, donde se inserta el desierto chileno, no provocó ni requirió de una "revolución hidráulica". Tampoco sirvió para sostener los niveles de complejidad y poder alcanzados por estas sociedades. En este contexto se presenta un conjunto de casos orientados a comprender la complejidad y envergadura de los proyectos hidráulicos prehispánicos desde el punto de vista arqueológico. Estas obras hidráulicas reconocidas incluyen canales en zonas de desagüe, canales de conducción y canales de trasvase localizados en la sierra de Arica, en el desagüe de la quebrada de Tarapacá, valle del Loa, oasis piemontanos de Socaire y San Pedro de Atacama.

ABSTRACT

In opposition to the Mesoamerican and nuclear andean phenomenon, found in the South Andean center area, the application of complex irrigation paleotechnologies is not associated to centralized sociopolitical regimes. On the contrary, its application occurred in the context of señoríos and/or jefaturas (Service 1962) of low territorial and population scales which are scattered in rural demographic islands inserted in networks of non centralized complementation (Núñez and Dillehay 1979). Consequently, the hydric development verified in the valleys and oasis of the sub area occidental valleys, where the Chilean desert is found did not arise or required a hydric revolution. It was not also able to keep the levels of complexity and power reached for these societies. It is shown in this context, a complex of events oriented to understand the complexity and size of the prehispanic hydric projects join an archaeological point of view. Those known hydric works, include channels in draining zones, transportation channels, and decant channels located in the Sierra of Arica.

Introducción

Las obras de ingeniería hidráulica se asocian normalmente a sociedades estratificadas, dado que su construcción y administración requieren de inversiones de energía y tecnología de gran envergadura, lo que supondría la presencia de un sistema sociopolítico centralizado, particularmente en zonas áridas o semiáridas con focos civilizatorios tal como ocurrió en los Andes Centrales (Moseley 1974; Ortloff *et al.* 1983). El modelo de evolución social de las sociedades preindustriales ha insi-

* Resultados de los proyectos FONDECYT 1970597 y Sectorial 5960011.

- 1 Universidad de Tarapacá, Departamento de Arqueología y Museología, Casilla 6-D, Arica, Chile.
- 2 Universidad Católica del Norte, Instituto de Investigaciones Arqueológicas y Museo San Pedro de Atacama, Chile.
- 3 Pontificia Universidad Católica de Chile, Departamento de Ecología, Alameda 340, Santiago, Chile.
- 4 Universidad de Tarapacá, Facultad de Agronomía, Casilla 6-D, Arica, Chile.

do que la ejecución de obras hidráulicas con tecnologías complejas y a gran escala provocaron y fue precisamente una condición para el surgimiento y desarrollo de sociedades complejas estratificadas, al interior de procesos de cambios reconocidos como “revolución hidráulica” (Wittfoguel 1955: 48). Este modelo partía del supuesto que las obras tecnológicas complejas requieren de un sistema político centralizado para la toma correcta de decisiones en la construcción, operación y mantenimiento del sistema, así como los recursos económicos para sustentarla, tal como ocurrió en los Andes Septentrionales.

Este modelo teórico ha sido reivindicado por Kolata (1986, 1991, 1993), para explicar el complejo sistema agrícola de campos elevados que habría sostenido la economía del estado de Tiwanaku. También Mitchell (1981) y Orloff (1981) estimaron que el desarrollo hidráulico conducente a implementar y expandir las redes de canalización en las tierras bajas de los Andes Septentrionales y Centrales, durante épocas prehispánicas tardías, son ejemplos significativos de este modelo. Especial interés presentaron los estudios de Orloff y colaboradores (1983) sobre el gran canal intervalle Chicama-Moche, considerado el paradigma de la paleotecnología hidráulica pre-europea bajo condiciones de ambientes áridos.

En el espacio andino del pasado, el manejo de los recursos agrarios se inició desde épocas tempranas (*ca.* 3.000 a.p) a través de la creación de tecnologías adaptadas a los valles bajos, zonas de quebradas y cuencas endorreicas con recursos de aguas estacionales, valles serranos y altiplano, en un contexto de expansión extensiva de los cultivos de los complejos tropical-semi-tropical en las tierras bajas y del complejo cordillerano en las tierras altas, considerandos mutuamente complementarios y altamente productivos a nivel de poblaciones en crecimiento sostenido (Lumbreras 1970).

La agricultura en los Andes Centro Sur requirió de inversiones tecnológicas y sociales para cultivar los suelos aluviales de origen volcánico, jalonados desde el altiplano hasta la costa dado sus límites naturales en términos de disposición de agua y suelos eficientes. Todavía hoy, las comunidades agropastoriles del norte de Chile son

capaces de diseñar, construir y mantener sistemas de irrigación, no sólo para la conducción de aguas a lo largo de una cuenca, sino también para emprender empresas más complejas, como canales intervalles o de trasvase de agua de una cuenca a otra, a base del conocimiento tradicional etnotecnológico o “etnocientífico”.

1. Las estrategias tecnológicas

En este artículo se sintetizan datos arqueológicos de obras hidráulicas, para los períodos Intermedio Tardío y Tardío (900-1500 años d.C.), localizados en las zonas de Valles Occidentales y Circumpuna de Atacama (norte de Chile), complementados con información etnohistórica y etnográfica. Las soluciones tecnológicas reconocidas podrían tipificarse de la siguiente manera:

(a) Canales de desagüe: Se corresponden con obras de canalización simple de aguas excedentarias, torrenciales y esporádicas conducidas hacia áreas normalmente no cultivadas al interior de valles y/o quebradas, tal como ocurre en el valle de Azapa (Keller 1946); en Timar (González 1990) en el valle de Lluta, o a través de grandes zonas marginales de desagüe natural según lo observado en Pampa del Tamarugal y el Salar de Atacama. En ambos casos, se requiere baja inversión de trabajo, consistente en canales y “eras” de cultivos cavadas en la tierra, normalmente abandonadas luego de agotados los efímeros recursos de agua, hasta que una nueva temporada de “avenidas” de agua permita reconstruir parcial o totalmente el sistema. La efectividad de este tipo de estrategia, aparentemente desventajosa, se basa en su alto rendimiento por superficie cultivada, dado que se conjuga una serie de factores, tales como: condiciones óptimas de clima (cálido, exento de heladas y de dramáticas fluctuaciones diarias de temperatura), suelos nuevos creados por los sedimentos de arena, arcilla y componentes orgánicos arrastrados por las “avenidas”.

(b) Canales de conducción: Se trata de sistemas complejos de canales de conducción de aguas permanentes a sectores en laderas de valles cordilleranos. Esta estrategia requiere de mayores conocimientos técnicos, para “domesticar” la fuerte pendiente, y una gran inversión de fuerza de trabajo para la construcción de canales, normal-

mente empedrados; y la preparación de suelos agrícolas en sistemas de andenerías, regados por una compleja red de canales matrices y secundarios. Este tipo de solución técnica se encuentra más desarrollada en la precordillera, donde el riego puede ser suplementario con el aporte de precipitaciones estacionales, que permiten la realización de actividades complementarias como el pastoreo en praderas naturales adyacentes. Aguas abajo, en alturas inferiores a 2.000 m.snm, el sistema de canalización y andenerías se desarrolló a una escala menor (i.e. valles de Codpa, Timar, etc.). Los canales de conducción son de menor complejidad tecnológica que los de trasvase, en la medida que presentan una menor longitud y transportan una menor cantidad de agua a través de un mismo sistema hidrográfico (como una quebrada), desde cotas más altas hacia las más bajas, más abrigadas y con suelos más apropiados para la agricultura semitropical.

(c) Canales de trasvase: Es un sistema de alta complejidad tecnológica y de inversión de trabajo, utilizado para traer aguas desde una cuenca hidrográfica (sin potencial agrícola) a otra mejor, con el objeto de suplementar su sistema de riego, ya sea por agotamiento de las fuentes de aguas locales o por expansión de la superficie agrícola. El trasvase implica resolver problemas técnicos tales como trazado, pendiente de la obra, taludes, ancho de fondo, altura, tipo de material de revestimiento, rugosidad caudal de conducción, etc. También se deben considerar las obras de arte o complementarias como saltillos, bocatomas, salidas de agua, compuertas, etc.

Si aplicáramos un criterio evolucionista, se podría plantear que los canales de desagüe pudieron ser la primera o más antigua forma de manejo hidráulico, introducida durante el Formativo, seguido de los canales de conducción y trasvase. A modo de hipótesis, sugerimos que a consecuencia de una serie de cambios políticos, económicos y ecológicos que culminaron con la desarticulación de Tiwanaku (ca. 1000 d.C.), las comunidades locales rearticulaban sus sistemas socioeconómicos, lo que incluyó la expansión agrícola a base de diversos tipos de proyectos hidráulicos y construcción de andenerías. A diferencia de lo ocurrido en otros ambientes de los Andes, el desarrollo de obras hidráulicas similares no se asocia aquí

con una transformación de los sistemas igualitarios y tradicionales de los regímenes de organización social. Como ocurre en la actualidad, postulamos que la tecnología hidráulica pudo materializarse gracias al trabajo comunitario concertado por líderes locales y especialistas que no tuvieron la oportunidad de adquirir posiciones hegemónicas para controlar el uso de dichas obras para beneficio personal. A diferencia del acceso y control de la producción de bienes de valor de uso, como aquellos de *status* (piedras preciosas, manufactura metálica, etc.) la circulación de alimentos no se involucró con el enriquecimiento señorial.

En este contexto, se presenta una serie de casos de sistemas de irrigación de origen prehispánico, algunos actualmente en uso, con el objeto de ilustrar los esfuerzos tecnológicos emprendidos por los pueblos de agricultores, localizados a lo largo de valles y oasis del desierto del norte de Chile (18° a 24° Latitud Sur) donde ha existido un déficit crónico de agua para sostener una agricultura extensiva. Estos casos son los siguientes: (a) los trasvases: Jurasi-Tilivire, Aroma-Tilivire y Vilasamanani-Socoroma en la sierra de Arica; (b) los canales de desagüe: Quebrada de Tarapacá-Pampa Iluga y Pampa Quipisca o Duplisa en la depresión intermedia desértica de la Pampa del Tamarugal; y (c) canales de conducción y trasvase: Topaín o Paguayte de la cuenca del río Loa; Socaire y el canal de desagüe río San Pedro-Beter en la cuenca del Salar de Atacama (Figura 1; Tabla 1).

2. El paisaje del desierto diverso

El desierto de Atacama es parte de una unidad geomorfológica mayor: El desierto peruano-chileno, que forma una franja continua de más de 3500 km desde el norte del Perú hasta el norte de Chile con segmentos de mayor o menor recursos de norte a sur (Rauh 1985; Rundel *et al.* 1991; Marquet *et al.* 1998). La distribución de la vegetación en el desierto de Atacama se asocia a tres unidades fisiográficas (Villagrán *et al.* 1982, Gutiérrez *et al.* 1998). La primera unidad, con nulas posibilidades para la agricultura prehispánica corresponde a la cordillera de la Costa, de relieve abrupto, que cae directamente sobre el océano, o sobre una estrecha plataforma costera donde llueve raramente. En esta unidad, la vegetación se

Localidades	Tipo	Valle o zona irrigada
Jurasi-Tilivire	Trasvase	Socoroma
Aroma-Tilivire	Trasvase	Socoroma
Vilasamanani-Socoroma	Trasvase	Socoroma
Tarapacá-Pampa Duplisa	Desagüe	Pampa Duplisa
Canal Topain o Paguaytate	Trasvase	Loa-Salado
Canales de Socaire	Trasvase y conducción	Socaire
Río San Pedro-Beter	Desagüe	Borde norte Salar de Atacama

Tabla 1. Obras hidráulicas prehispánicas en los valles y oasis del desierto del norte de Chile

concentra en la desembocadura de los ríos y sobre los cerros de la cordillera de la Costa conformando los sistemas de lomas costeras y oasis de neblinas. La segunda, corresponde a la Depresión Intermedia, que posee unos 200 km de ancho y se intercala entre la cordillera de la Costa y la Cordillera de los Andes hasta unos 2.000 m de altura. En esta unidad las condiciones son extremadamente áridas y la vegetación se encuentra restringida a los cursos de ríos o quebradas transversales y a zonas donde la capa de agua freática permite la existencia de bosques de tamarugos y algarrobos. Aquí se desarrolla la agricultura de Valle bajo sobre la base de canales de desagüe principalmente. La tercera unidad, corresponde a la cordillera de los Andes donde destacan 4 pisos vegetacionales que se localizan sobre los 2.500 m y son dependientes de las precipitaciones estivales (“Invierno Boliviano”) cuya variación en intensidad y duración afecta a los ciclos de contracción y expansión de la actividad agrícola en el área, fundamentalmente a base de irrigación con canales de conducción y de “trasvase”. Así, durante períodos de intensas precipitaciones, cuando la recarga fluvial es óptima, la disponibilidad de aguas permite extender las obras agrarias aguas abajo, constituyendo una de las más acertadas respuestas adaptativas a un régimen árido extremo y fluctuante (Núñez 1971).

En este contexto, las condiciones ambientales regionales determinan la mayor o menor disponibilidad de aguas de regadío, dependientes de las fluctuaciones de la descarga fluvial. El régimen climático altamente fluctuante crea situaciones contradictorias e impredecibles para las ocupaciones humanas que dependen directamente de estos recursos. Las dramáticas alteraciones en la disponibilidad del recurso agua dificulta, hasta el día de hoy, la mantención de una economía agraria estable.

3. Antecedentes sobre Paleotecnología Hidráulica

La maestría en el manejo de las aguas en los valles del desierto chileno sorprendió a cronistas como Bibar (1966 [1558]), quien describió la existencia de un sistema de riego en la Quebrada de Tarapacá, a base de canales de conducción. Sin embargo, el rescate de los componentes técnicos, como el contexto histórico, social y ceremonial del regadío, han tenido poca atención en la literatura regional. Proyectos de ingeniería hidráulica para irrigar las zonas bajas y más desérticas del norte de Chile durante la época colonial han sido bien documentados (Bermúdez 1975; Larraín y Couyoumdjiam 1975; Hidalgo 1985; Larraín 1974). Hidalgo (1985) y Núñez (1972). Estos estudios han enfatizado la documentación de Loza-



Figura 1. Ubicación canales de desagüe, conducción y trasvase, norte de Chile: (1) trasvase Jurasi-Tilivire, (2) trasvase Aroma-Tilivire, (3) trasvase Vilasamanani-Socoroma, (4) canal desagüe Tarapacá-Duplisa/Iluga, (5) trasvase Topain, (6) canal desagüe río San Pedro-Beter, (7) canales conducción y trasvase Socaire.

no Machuca válidas para el siglo XVI, relacionado con un proyecto, no realizado, de un canal de trasvase atribuido a los Incas, iniciado desde una cuenca en el altiplano, la laguna Mauri, hasta el "Valle del Algarrobal" (Pampa del Tamarugal) en cuyo borde occidental se ubicaba la mina de plata, del Sol o Huantajaya, explotada precisamente durante el período Inca con recursos trasladados desde la quebrada de Tarapacá. Una descripción muy completa de los proyectos de irrigación de la Pampa del Tamarugal, con canales de trasvase, reconocidos durante los siglos XIX y XX, ha sido elaborada por Luis Castro (comunicación personal, 1999) quedando fuera de duda el valor de estas obras en términos de continuidad de solucio-

nes homologables frente a la optimización de los espacios más bajos y a su vez más áridos.

Otros estudios, esta vez de Martínez (1987), han analizado el riego en la comunidad de Chiapa, desde una perspectiva antropológica estructuralista, asociándolo con el calendario solar y medidas andinas del período pre inka. Barthel (1959), por otra parte, entrega para Socaire un detallado análisis de las obras de regadío en relación a rituales actuales de raíces prehispánicas, con especial énfasis al rol de los cerros sagrados como fuentes generadores del recurso y su prolongación a través de los canales, jerarquizados en el ceremonial de la "limpia de canales" o festividad de la Prima-

vera Andina (*Talatur*). El trabajo etnográfico de Lagos y colaboradores (1982), sobre "la limpieza de canales" de Río Grande, muestra el sistema de organización comunitaria para la realización de las obras de limpieza y reparación del sistema de regadío, realizado precisamente bajo un riguroso ambiente ritualístico y de organización comunitaria.

En verdad, todo el trabajo vinculado con el uso del agua del desierto más extremo del mundo pasa por un discurso ritualístico estrictamente asociado. Así, el trabajo de la limpieza de canales en sí mismo es una celebración religiosa, no se concibe la ejecución de ésta y otras obras agrícolas sin la invocación a las fuerzas que gobiernan la naturaleza. Los andinos entienden que para incrementar la producción de la tierra no basta la aplicación de fuerzas mecánicas y tecnológicas, sino también es fundamental pedir a los dioses para que la acción mecánica produzca los frutos esperados (van Kessel 1990). No obstante lo anterior y, reconociendo la importancia de la ideología en las operaciones tecnológicas, se debe recordar que factores de este tipo son difíciles de pesquisar en el registro arqueológico que nos preocupa.

Hasta ahora las investigaciones en el norte de Chile sobre las características tecnológicas y el rol del regadío artificial prehispánico han sido aislados. Las complicaciones para comprender las soluciones de ingeniería y su cronología, las reutilizaciones y su efecto en la economía regional no han permitido conocer con detalles la evolución de estas paleotecnologías a lo largo de la secuencia del desarrollo cultural de las sociedades agrarias del desierto, desde el Formativo Antiguo hasta el tiempo Inca. Entre estos aportes destaca la monografía de Field (1966) que, aunque no trata de los sistemas de riego propiamente tal, ofrece una detallada descripción de los tipos de andenerías reconocidas en los valles altos del sur de Perú y norte de Chile. La reunión sobre Etnociencia Andina que nos convocó en San Pedro de Atacama en enero de 1999 y que motivó este manuscrito, está orientada también a evaluar el tema hidráulico prehispánico conocido hasta ahora a través de descripciones aisladas (Alliende *et al.* 1993; Castro 1988; Núñez 1991, 1993; Osorio y Santoro 1989; Rivera *et al.* 1995-96; Santoro *et al.* 1989).

4. Canales de la Sierra de Arica

La hidráulica de la Sierra de Arica recién comienza a conocerse en sus aspectos tecnológicos, extensión geográfica y contexto cronológico cultural. Los trasvases que se presentan a continuación sirvieron para suplir el déficit de agua de la quebrada de Socoroma, de condiciones microclimáticas favorables para la agricultura con productos tales como: maíz, papas, orégano, lo que contrasta con quebradas alledañas como la de Putre, expuesta a fuertes fluctuaciones de temperatura diurnas y estacionales. En la quebrada de Putre, sin embargo, es posible observar también una compleja red de canales de conducción que irrigan amplias zonas de andenerías por ambas laderas, como también las terrazas que flaquean el fondo de la quebrada.

4.1. Trasvase Jurasi-Tilivire (Aroma)

Este canal se origina en la quebrada de Jurasi a 3.900 m.snm, a pocos metros al este de las termias del mismo nombre. Allí se ubicaba la bocatoma (UTM 7.986.811 E / 446.299 N), de la cual no quedan evidencias, ya que fue erosionada por crecidas del río que cortaron la parte inicial del canal. Este se hace visible a pocos metros de la bocatoma, en la ladera de la quebrada. El borde exterior del canal, en gran parte de su extensión, está reforzado por un muro de mampostería de piedra, con una altura promedio de 50 cm., y se repiten las obras de artes descritas para el trasvase Vilasamanani-Socoroma (Osorio y Santoro 1989). En los sectores de depresiones, o cárcavas profundas, se construyeron rampas de paredes de piedra para mantener la pendiente uniforme del canal. Este trasvase remonta la ladera sur de la quebrada de Jurasi y luego de un recorrido de 4 a 5 km hacia el suroeste, desagua en la quebrada Chilcane; continua por la quebrada Aroma y termina en la quebrada Tilivire (conocida localmente como Aroma), afluente de la quebrada de Socoroma. Parte del caudal trasvasado se utilizó en las andenerías de Tilivire (Aroma) y otra parte se canalizó hasta la quebrada de Socoroma, para regar las andenerías de la ladera sur.

Segmentos del trasvase Tilivire (Aroma)-Socoroma se pueden observar en la pampa interfluvial, que une ambas quebradas, gravemente alterado por

fallas geológicas. Estos movimientos tectónicos han provocado diferencias de varios metros en el terreno. Comuneros del valle de Socoroma lograron, hace pocos años, rediseñar y poner en funcionamiento el canal de trasvase, combinando estrategias andinas tradicionales con materiales modernos.

4.2. Trasvase Aroma-Tilivire (Aroma)

Este trasvase se origina en la parte alta de la Quebrada de Aroma (UTM 7.983.009 N / 442.719 E), a una altura de 3.200 m.snm. La bocatoma y parte del canal emergente han sido destruidos por efecto de la construcción de la Ruta 11 (carretera internacional Arica-La Paz). Bajo la cota del trazado prehispánico se construyó, recientemente, un canal con bases de piedra y mortero de cemento, posiblemente usado en la construcción de dicha ruta.

El canal antiguo se distingue claramente por su muro exterior de mampostería de piedra, cubierto por una tupida capa de líquenes y alcanza más de un metro de altura cuando las condiciones del terreno lo requieren. Este muro exterior sirvió de contención para soportar el lecho del canal, cuyo ancho no supera los 50 cm. El canal remonta la ladera norte de la quebrada de Aroma, continúa por la Loma Cotañane y luego conecta con la Quebrada de Chilcane, para acceder a las Quebradas de Tilivire o Aroma. Los trasvases Jurasi-Tilivire, y Aroma-Tilivire dan cuenta de la irrigación de la banda norte de la quebrada de Socoroma, mientras que el trasvase Vilasamanani-Socoroma, que se describe a continuación, irriga la ladera sur del valle.

4.3. Trasvase Vilasamanani-Socoroma

Originado al interior de la Quebrada Vilasamanani, a una altura de 3.300 m. snm (UTM 7.975.515 N / 438.508 E) cuyo caudal presentaba un gasto de agua de 5 l/segundo (aforo de junio de 1988), lo que no se compara con la capacidad de conducción del canal, calculado en 150 a 250 l/segundo (Osorio y Santoro 1989). La Quebrada Vilasamanani disminuye su caudal aguas abajo por efecto de infiltración y evaporación, para desaguar en la pampa Tantalcollo, donde se transforma en una cárcava con pocas posibilidades para la agricultura, dada la falta de suelos adecuados, su exposición al viento y

las fluctuaciones de temperatura durante el día y la noche. El canal presenta un muro exterior en gran parte de su trazado y aprovecha como pared interior la roca natural del talud de las quebradas que recorre (Vilasamanani, Titinumaña, Rosaspata, Cerro Jarismalla y quebrada del Gallo (Osorio y Santoro 1989, Figura 4). En su trazado se observa una serie de obras de artes como diques/canal, canal interceptor y saltillos. Al ingresar a la quebrada del Gallo, el canal corre paralelo al camino del Inca que conectaba la localidad de Socoroma, entre Tarapacá y Tacna (Santoro 1983). El trasvase se conecta con una red de canales matrices que alimentan varios kilómetros de una ancha franja de andenerías que se levantaron por la ladera sur de la quebrada de Socoroma. Junto con los canales de trasvase descritos más arriba, conforman una compleja red hidráulica.

5. Canales de la depresión intermedio desértica

Pampa Iluga, situada en el área de desagüe de la quebrada de Tarapacá, ha sido uno de los espacios más estudiados en relación a la optimización y ampliación del potencial agrario del desierto chileno (Bergoing *et al.* 1971; Bermúdez 1975; Billingham 1893; Bodini *et al.* 1972-73; Börgel 1975; Cañas 1884; Hidalgo 1985; Larraín 1974; Larraín y Couyoumdjian 1975; Lozano Machuca 1885; Núñez 1971; Risopatrón 1906; Veloso 1974). Se distinguen sectores aislados con campos de *melgas* rectangulares limitados por domos alzados, para favorecer el regadío por inundación, a través de *pongos* o compuertas conectadas a canales secundarios, alimentados, a su vez, por un canal matriz. Así, se configuran “archipiélagos” entre extensiones abruptas y aluviones con clastos y grandes rodados, limitados entre el drenaje de las quebradas de Aroma y Mamiña, a pocos kilómetros al este de la carretera Panamericana.

En estos campos reticulados de cultivo, se localizan campamentos prehispánicos y subactuales de diversas épocas, orientados de acuerdo a la fluctuación del flujo de agua. Se observan *melgas* superpuestas en distintas direcciones, otras más erosionadas, apenas visibles, de probable data más temprana, incluyendo sectores cubiertos por avalanchas de agua y barro. El acceso a Pampa Iluga desde los siglos X al XV (período prehispánico) y

del XVI (inicio de los asentamientos hispánicos aledaños) a los siglos XVIII y XIX (colonial/republicano) indica la perduración del sistema de irrigación con “canales de desagüe”, de las aguas excedentarias, torrenciales y esporádicas de la quebrada de Tarapacá, dependiente del régimen fluvial de verano, cuya intensidad alcanzaba, en algunos años, hasta los cantones salitreros, ubicados hacia el borde oeste de la Pampa del Tamarugal (Cañas 1912).

5.1. Canales de desagüe de la quebrada de Tarapacá

Estos canales sirvieron para conducir aguas desde la desembocadura de la quebrada hacia distintas áreas de cultivo en la pampa Iluga como también a la zona de drenaje de la quebrada de Quipisca o Duplisa, con suelos más extensos y topografía adecuada para cultivos en *melgas*. Estos canales se originan entre las cárcavas que desaguan la quebrada. El efecto de *avenida*, si bien es catastrófico inicialmente a lo largo del interior de las quebradas, una vez derramado en las cuencas aguas abajo de las desembocaduras se establece un acumulamiento lento en las zonas más deprimidas, conformando verdaderas lagunetas. Precisamente, los terraplenes de la carretera panamericana suelen actuar ocasionalmente como verdaderos diques. Los canales de Tarapacá desvían las aguas de *avenida* cuando éstas llegan a un nivel superior, apegándose al barranco sur de la quebrada, hasta alcanzar el plano aterrazado, oportunidad en que se proyecta al cono de deyección de Quipisca. Es decir, mientras la *avenida* avanza al oeste del área de desagüe, el canal se ajusta a la cota precisa para alcanzar el *melgar* de Quipisca donde se procede a la distribución a base de compuertas (**pongos**).

Para entender el modelo hidráulico de los canales de la Quebrada de Tarapacá, es necesario reconocer el régimen pluvial alto-andino variable, con eventos secos y húmedos, es decir, con “inviernos bolivianos” efímeros o intensos. Con los eventos muy lluviosos de verano se produce el fenómeno de *avenidas* o sobre recarga fluvial de efectos catastróficos e incremento excepcional de los cursos de agua, en períodos cortos de tiempo. Durante el siglo XVIII, por ejemplo, habrían existido ciclos secos y húmedos (Larraín 1974), observa-

dos particularmente por O’Brien en el año 1776 (Bermúdez 1975; Hidalgo 1985), quien describe y grafica en su cartografía un período de sequía para la mitad de ese siglo, que habría provocado que la irrigación artificial de los campos de *melgas* de Pampa Iluga quedara, momentáneamente, en desuso. Para el siglo XIX estos “aluviones” se han identificado y fechado en forma más precisa. Al respecto, Billinghamurst (1886) señala un ritmo de *avenidas* intermitentes relacionadas a la reactivación del regadío canalizado sobre los reticulados de *melgas* por los años: 1819, 1823, 1853, 1868, 1878, 1884 y una de gran potencia que formó una laguna superficial entre Huara y Pozo Almonte (Bowman 1940). El control y uso de estos eventos excepcionales a través de paleotecnologías hidráulicas concretas, referido en las fuentes coloniales y las observaciones etnográficas, dan cuenta de un uso intermitente de los suelos de las pampas de Iluga y Quipisca hasta tiempos tan recientes como 1972, oportunidad en que Pampa Iluga fue ocupada por escasas familias aymaras, cultivadores de trigo, procedentes del altiplano tarapaqueño (Núñez 1971).

Los suelos donde desaguan los cursos de las Quebradas de Tarapacá y Quipisca son de alto valor agrícola. Las observaciones de Veloso (1974), basadas exclusivamente en fotointerpretación, le permitieron reconocer espacios cultivados en los desagües de las quebradas de Tarapacá y Quipisca, y sugerir la existencia de los canales de Tarapacá, señalando un segmento en su Figura 3. Precisamente entre las extensas fajas no afectadas por las torrenceras, cubiertas por grandes clastos de los conos de deyección, hemos constatado, en terreno, la existencia de pampas inclinadas con depósitos sedimentarios de lenta acumulación, útiles para la implantación de técnicas de regadío sobre retículos de *melgas*.

Los “canales de desagüe” de la quebrada de Tarapacá, a diferencia de los canales al interior de Arica, fueron excavados en la arena y raramente fueron delimitados por piedras. Por esta misma razón, su curso, aunque tiene una dirección este-oeste en su parte inicial y una dirección norte-sur en su parte final, presenta un típico diseño meándrico para buscar la pendiente natural menos erosiva.

Un aspecto paleotecnológico complementario al uso de canales, se observó en el área de desagüe de la quebrada Quipisca. Se trata de otra innovación hidráulica orientada a controlar los rebalses erráticos de las aguas de *avenidas* a nivel de pampas abiertas. Se advierte una rampa o plataforma elevada y continua de tierra de 1,5 a 2 m de alto, 4 a 5 m de ancho y una extensión de más de 200 m de largo, preparadas con un alto despliegue de energía humana, pocas veces observado en el área. Este es un típico dique de contorno que sigue una misma curva de nivel del terreno con el objeto de controlar y represar el escurrimiento de *avenidas* de agua y luego canalizarlas para irrigar espacios con suelos óptimos. En las épocas de grandes *avenidas*, se pudo formar un pequeño espejo de agua que una vez desecado, sus sedimentos en suspensión debieron crear un rico suelo agrícola, ocupado temporalmente.

Se observó un patrón común en la construcción de los canales y sistemas de *melgas* en pampas Iluga y Quipisca, consistente en la extracción de arenas y rellenos sedimentarios en franjas de 1 a 2 y más metros de ancho, cuyos sedimentos se acumulan en sus bordes, incluyendo piedras grandes, como protecciones laterales. Además, presentan dos técnicas de control de la velocidad del flujo. Sectores con trazados a modo de meandros y bifurcaciones para dividir el flujo atenuando su caudal.

Entre los campos de cultivo el canal matriz se bifurca en un lado para regar una unidad de *melgas*, en tanto que el otro se conduce hacia un paño de suelo adecuado para constituir otra unidad cultivada, y así continuar a lo largo del "archipiélago". Estos ingenios fueron construidos por aymaras y quebradeños locales, instalados en campamentos temporales. Estas colonias campesinas temporales retornaban a sus cabeceras aldeanas permanentes en los oasis interiores, o en el altiplano, una vez que se agotaba el flujo excepcional de agua y los tiempos de cosecha; de acuerdo al más clásico modelo de verticalidad (Núñez 1971; Murra 1972).

¿De qué tiempo datan las primeras ocupaciones intermitentes entre estos desagües excepcionales? Uno de los canales de desagüe de la quebrada de Tarapacá fue descrito como posiblemente prehispánico, en el desarrollo del "Proyecto Tarapacá",

en su trayecto por el borde sur de la quebrada, pero no se logró identificarlo (Núñez 1971; Bergoeing *et al.* 1971). Tampoco, se vinculó a la canalización para irrigar las *melgas* de pampa Iluga. Estas fueron redescubiertas en la exploración aérea realizada por Lautaro Núñez junto al general Eduardo Yensen y Delbert True en el año 1967 (Núñez 1971).

Las exploraciones arqueológicas previas han dado cuenta de restos cerámicos y otros indicadores culturales, correspondientes a los siglos X al XIV y XVIII y XIX (Núñez 1971), confirmado por otro estudio de campo realizado con Jorge Hidalgo junto con el segundo y primer autor a comienzo de los años ochenta (comunicación personal). Efectivamente, se identificaron en Iluga evidencias aisladas de cerámica Pica Estriado (preincaica), depósitos de *chalas* de maíz junto a grandes concentraciones de fecas de cuyes, lo que indicaría un primer uso durante el período Intermedio Tardío (900-1450 d.C.). Por otro lado, Checura (Bergoeing *et al.* 1971) da cuenta de cerámica preincaica correspondiente a los estilos ariqueños. El dominio triguero colonial, identificado en terreno con más frecuencia, fue el resultado de la especialización agraria de la quebrada de Tarapacá ("el pan de Tarapacá"), vigente hasta el siglo XIX y parte del siglo XX.

Nuestro trabajo de campo, que motivó en parte este artículo, ha confirmado que los registros cerámicos y las obras de canalización pertenecen al patrón prehispánico Arica y Pica, lo que avala el carácter preincaico del uso agrícola de la Pampa del Tamarugal, basado en el manejo de las aguas de *avenidas* con canales de desagüe. En particular, podemos señalar que el canal Quebrada de Tarapacá-Pampa Quipisca presenta importantes evidencias para afirmar que se trata de un canal de origen prehispánico: (a) a lo largo del trazado se constataron varios *loci* con componentes cerámicos de los tipos San Miguel, Gentilar, Pocoma, Taltape y Pica, correspondientes al período Intermedio Tardío; además de cerámica Negro sobre Rojo (Chilpe) de origen serrano, y cerámica de superficie bruñida de color rojo, de origen altiplánico, (b) estos componentes, junto a restos de artefactos de molienda, instrumentos de piedra, fragmentos de malaquita, etc., se encontraron dentro y fuera de conjuntos de dos o más

recintos pircados, de arquitectura simple ubicados en distintos puntos a lo largo del trazado del canal; (c) el diseño de círculos y alineamientos de piedras que parecen corresponder a geoglifos; estas figuras se ubican igualmente en las inmediaciones del trazado del canal y pueden ser interpretadas como elementos ceremoniales vinculados a ritos propiciatorios del calendario agrícola prehispánico de la zona.

La combinación de los canales de desagüe y diques de contorno para aprovechar las avenidas de la quebrada de Tarapacá, hacia las pampas de Iluga y Quipisca, son por ahora los ingenios hidráulicos de data preincaica más exitosos de las tierras bajas, a juzgar por su extensión y pervivencia hasta tiempos contemporáneos. Por otro lado, posiblemente representan una continuidad de los sistemas de riego de posible época Formativa, asociada al sitio Ramaditas (Rivera *et al.*, 1995-96).

6. Subárea Circumpuneña de Atacama

Obras hidráulicas con complejas redes de canalización se han identificado en las cuencas del río Loa y Atacama. Los casos Ayquina, Toconce y Paniri (Alliende, Castro y Gajardo 1993; Castro 1988) muestran grandes complejos hidráulicos compuestos por canales de regadío, cultivos terrazados y *camellones*, de data preinca (900-1470 d.C.). Aquí llama la atención la presencia de grandes montículos de tierra y piedra (*rumimoko*) o acumuladores de agua con fines agrícolas.

6.1. Canal de conducción Topain o Paguaytate

Cerca del pueblo Topain, se ha localizado un canal de trasvase que sale del curso inferior de una quebrada actualmente seca, de la hoya Loa-Salado. Recorre algo más de 1 km de este a oeste, a través de un espacio plano y desértico, hacia un cerrillo "isla" donde se desarrolló una ocupación aldeana en la punta oriental, que abarca desde el pie a la pendiente media, incluida la cumbre superior (Le Paige 1957). La presencia de varios tipos de estructuras, silos y cerámica monocroma, sugiere distintos tiempos de ocupación preincaica, aunque todas de corta duración.

Se trata de un modelo de irrigación artificial muy sofisticado por cuanto conduce aguas hacia un

cerro isla con pendientes adecuadas para la implantación de agricultura en terrazas. Para este efecto, la acequia principal "ascendió" hacia la cumbre y desde allí se bajaron canales perpendiculares para el riego de las terrazas ubicadas en el flanco abrigado del suroeste. El área de andenería cubre un espacio cercano a 1 km por unos 100 m de ancho. Cada andén es una plataforma de unos 5 x 1,5 m con alturas variables de 50 cm, regados por canales paralelos descendentes, ubicados a intervalos de 5 m aproximadamente (Le Paige 1957). Este caso representa bien al grupo de canales de trasvase o intercuenca, en conexión a una ladera adecuada para la implantación de andenerías. Por otra parte, es el único caso donde la quebrada o fuente de agua se encuentra actualmente seca. Esta situación involucra dos posibles explicaciones: (a) se aprovechó un evento climático húmedo y estable en algún momento de la secuencia agrocerámica entre los 1200 a 1450 d.C.; (b) eventos lluviosos estivales no estables de más corta duración, reactivaron el curso seco, dando lugar a asentamientos de uso intermitente, asociado a excedentes ocasionales de agua en la quebrada referida, asimilable al modelo de aprovechamiento de las *avenidas* de la quebrada de Tarapacá.

6.2. Sistemas de canalización de Socaire

En la cuenca del Salar de Atacama, Patricio Núñez (1993) ha descrito un sistema de canales de regadío de data Inca en el ámbito agrario de Socaire, al sureste de San Pedro de Atacama. Se trata de la mayor concentración de canales que conducen aguas hacia las tierras de "Algarrobilla". El mismo autor (Núñez 1991) da cuenta que la mayor actividad de regadío de la cuenca de Atacama, derivada de un complicado sistema de ingeniería hidráulica, ocurrió en Socaire. Se sugiere que el sistema de irrigación, compuesto por cinco sistemas de canalización mantuvo bajo regadío unas 400 hectáreas de terrazas, andenerías y *melgas*, levantadas al interior de las quebradas o en pampas alledañas de interfluvio (Núñez 1991, 1993). El complejo sistema hidráulico integraba una red de más de 60 km lineales de canales matrices y secundarios de conducción, canales de trasvase y desagüe, entre la cota de 3.700 hasta los 2.400 m. snm, correspondiente a las zonas de desagüe (Algarrobilla).

En el ámbito de San Pedro de Atacama, los sistemas hidráulicos de posible origen preincaico también fueron complejos cuya pervivencia actual ha sido descrita por B. Lynch (1977). Se trata de un sistema iniciado, posiblemente, a comienzos de la era cristiana, por poblaciones locales que adaptaron esta tecnología a las condiciones hidrológicas y de suelo de la localidad. Una reactivación y posiblemente modernización de los sistemas habría ocurrido en épocas incaicas.

6.3. Canal de desagüe río San Pedro-Beter-borde norte Salar de Atacama

En las cotas bajas al sur de los *ayllus* de Tular, incluyendo Beter (con los sectores Beteruyo y Yamala), Poconche (con el sector Lichaiti) y Cucuter, además del borde norte del Salar de Atacama también hemos explorado campos de *melgas* de cultivo, irrigados con canales de desagüe del río San Pedro, que parten al este de la localidad de Conde Duque. La exploración fue guiada, en parte, por el seguimiento del canal matriz, lo que permitió descubrir un complejo y extenso sistema de *melgas* de cultivo, que cubren un área aproximada de 10 km², asociada a varios kilómetros de canales matrices y secundarios. Parte de este sistema todavía se encuentra en operación y existe memoria histórica de su utilización intensiva, de gran impacto económico en la comunidad de San Pedro de Atacama, durante la primera mitad del siglo XX. El resultado de las exploraciones permitió registrar importantes indicadores culturales que demuestran el origen prehispánico de este sistema hidráulico.

El sistema se organizaba sobre la base de un canal matriz conectado a la parte alta del río San Pedro (sector Conde Duque). En los sectores cercanos a la bocatoma, estos canales tienen más de tres metros de ancho y profundidad y se observan como verdaderos cañones que surcan la superficie. El canal matriz recorre desde la bocatoma hasta el borde norte del salar, alrededor de 30 km, representando uno de los ejemplos más notables, por su extensión, de canalización de aguas de avenidas, observado hasta ahora en el norte de Chile. En su extensión el sistema de canalización adopta un patrón dendrítico de canales, que permite ir aumentando la superficie cultivada dependiendo

de la disponibilidad de agua y los turnos de descanso de la tierra.

Vistos desde el aire, a través de la fotografía aérea, estos campos de cultivos se presentan como un gran paño reticulado de forma triangular con su base hacia el norte, conectado al río San Pedro y su base hacia el sur, hacia las playas del salar. Se observa también que el canal matriz se bifurca en dos principales, uno conectado a la irrigación de las *melgas* al sureste de los *ayllus*, Poconche y Cucuter, y el otro para irrigar las *melgas* hacia el suroeste de los *ayllus*, Beter y Tular.

Los canales conectados a las *melgas* miden en promedio 1 a 1,5 m de ancho y unos 50 cm de profundidad y fueron surcados en la arena sin revestimientos de piedra u otros materiales. El canal matriz y algunos canales secundarios se siguieron en terreno para obtener puntos georreferenciados. En estas transectas fue posible descubrir áreas restringidas con acumulaciones de restos de ocupación. En varios sectores se reconocieron áreas empedradas de forma circular usadas como trillas vinculadas al cultivo de trigo, desarrollado desde época colonial y en uso hasta el siglo XX.

Este sistema de irrigación demanda una gran inversión de trabajo en la canalización y preparación de las *melgas* y, aunque oportunístico, está bien estructurado y permite un uso eficiente de las aguas de avenidas de carácter estacional. Así, las *melgas* se activaban en épocas de mayor disponibilidad de agua, producto de un aumento de la pluviosidad regional. El sistema también depende de napas subterráneas que se hacen más superficiales hacia los bordes del salar. De esta manera, después de plantada la semilla, los cultivos son irrigados en dos turnos de agua solamente, lo justo para conseguir que la planta pueda obtener por sí misma la humedad del subsuelo.

Las *melgas* se caracterizan por amplias extensiones de terreno socavados unos 25 cm hasta medio metro de profundidad para eliminar la capa de suelo superficial, normalmente colmatada de sales. Este desmonte forma un domo en los bordes de cada *melga* para crear un ambiente cerrado y sellado, requerido por el sistema de irrigación por inundación, similar al patrón descrito para pampa de lluga. En algunos casos los domos fueron se-

llados también con restos vegetales (i.e. paja de trigo). Estos campos deprimidos de cultivo tienen variadas medidas, dependiendo, en parte, de las condiciones del terreno, el tipo de cultivo y la disponibilidad de agua. Ejemplos observados al sur de Beter, cerca de la playa del salar, miden unos 20 m de ancho por 30 m de largo.

La prospección arqueológica permitió reconocer componentes de origen colonial y subactual en gran parte de la extensión de estas *melgas* de cultivo. Sin embargo, también se descubrieron restos cerámicos de origen prehispánico ubicados en *loci* más restringidos a lo largo de los canales y áreas de cultivo. El *locus* más importante y de mayor tamaño se descubrió en las *melgas* de Poconche, a 2.369 m.snm (UTM 7.459.534 N / 582.685 E). En un área de 15 a 20 m de radio, se registraron los siguientes indicadores culturales: (a) fragmento de cerámica negra pulida, (b) fragmento de cerámica negra incisa, (c) artefactos líticos (raederas, martillos, raspadores), (d) escoria de fundición de cobre y, (e) fragmentos de obsidiana. Este hallazgo nos permite establecer que este sistema estuvo en uso desde épocas prehispánicas. Es posible que el espacio cubierto con las *melgas* de cultivo represente una expansión continua de habilitación y aprovechamiento de este sistema, desde épocas prehispánicas hasta el presente.

7. Discusión y conclusiones

En los Andes el desarrollo de la agricultura prehispánica se vincula en general a complejos sistemas de riego tecnificado. En los casos de los Andes Centrales y el área Circumtiticaca estos sistemas se asocian a formaciones sociales jerarquizadas bien estructuradas y con economías agropecuarias macrorregionales, pero todavía se debate si la construcción y mantención de estos sistemas requirió o motivó el desarrollo de una estructura tecnológica dependiente de una administración política centralizada (Erickson 1996; Kolata 1986, 1991; Stanish 1994).

Los casos presentados en este estudio demuestran que las zonas periféricas de los valles y oasis de la costa y sierra del norte de Chile también fueron escenario de la aplicación de sofisticados sistemas de irrigación para hacer frente al crónico problema de falta de agua. Estas obras hidráulicas,

que en tiempos prehistóricos tardíos y coloniales incluyeron, simultáneamente, canales de desagüe, conducción y trasvase, son ejemplos de los esfuerzos realizados por los pueblos del desierto del norte de Chile para contrarrestar las drásticas condiciones de aridez, manejando los flujos de *avenidas* de aguas, que en grandes cantidades pueden ser perjudiciales para la agricultura. Destaca la situación de los canales de desagüe de la quebrada de Tarapacá y río San Pedro, cuyo funcionamiento depende de los fenómenos de crecidas de ríos y *avenidas* derivados de eventos excepcionales de precipitación, de baja predictibilidad y baja frecuencia temporal, ocurridas en zonas más bien marginales no articuladas en el sistema agrícola normal. Todo lo cual limita aún más la necesidad de crear una estructura social y tecnología estable, ya que no sería funcional por largos períodos de inactividad.

Es interesante notar que las poblaciones locales aplicaron eficientemente estas tecnologías en un marco de organización política segmentada y no centralizada (Durstón e Hidalgo 1999; Hidalgo y Durstón 1998; Núñez 1991; Santoro 1995). La energía y tiempo empleados para su construcción y funcionamiento sirvió para fines comunitarios y no provocó ni requirió de la organización de regímenes sociopolíticos jerarquizados. Por el contrario, el manejo de los sistemas de irrigación asociado a complejas instalaciones de canales, andenerías, eras y *melgas* de cultivos, radicó exitosamente, a nivel de organizaciones comunales, como ha sido observado en algunos casos de los Andes nucleares (Erickson 1996; Netherly 1984; Stanish 1996).

Los casos de complejidad hidráulica presentados, serían una evidencia negativa de la correlación entre estructuras sociales centralizadas y estratificadas con el desarrollo de obras de notable envergadura física y de alta inversión social. Dicho de otro modo, no existiría un nexo causal entre ellas, por lo que su existencia sería un factor más bien independiente, de tal modo que complejidad social y tecnología hidráulica no son eventos directos y causalmente asociados.

Por otro lado, la baja densidad poblacional de los grupos humanos afectada por la precariedad del medio, fue uno de los factores fundamentales que

impidió la estructuración de sociedades estratificadas en el desierto de Atacama. Esto también incidió en que los proyectos hidráulicos de los valles y oasis del norte de Chile fueran de una escala menor, sin posibilidades de ser intensificados por la falta crónica de agua y baja demanda demográfica. Es posible que durante la época prehispánica tardía el sistema funcionara como ocurre hoy entre las comunidades campesinas tradicionales del área de estudio. Actualmente, las obras de construcción, reparación y mantenimiento de los canales matrices y secundarios, andenerías, melgas y canchones, etc. se realizan bajo un esquema de trabajo colectivo dirigido por líderes comunales o locales bajo la asesoría de "ingenieros andinos". Asimismo, la operación del sistema se realiza bajo un régimen reiterado de organización comunitaria basada en turnos, administrado por jueces o alcaldes de agua, que ocupan una posición más bien técnica de escasa o relativa influencia política. Estos jueces o alcaldes de agua son elegidos o pagados por la comunidad de regantes y dependen de los caciques o presidentes de las juntas de vecinos. Nada indica que el manejo tecnológico del riego esté asociado a procesos de concentración de poder político por parte de algunos individuos o grupos dentro de la comunidad en las actuales poblaciones andinas del norte de Chile. Al contrario, la mantención del sistema implica la concertación de intereses solidarios y colectivos, incluyendo la convocatoria ritualística que refuerza ideológicamente la cohesión grupal en un sentido más igualitario. Si actualmente la tecnología hidráulica no es un indicador para señalar procesos de complejización sociopolítica, nada indica que en el pasado no ocurriera lo mismo. En contraste,

procesos de intensificación de la tecnología hidráulica y a gran escala, como en los Andes Nucleares, pudo dar pie al desarrollo de poderes políticos centralizados (Stanish 1994:315). Tal orientación sociopolítica no se corresponde con lo observado en las poblaciones prehispánicas tardías del área Centro Sur Andina, cuya naturaleza no centralizada y de estratificación discreta alcanzó un modelo más dinámico de desarrollo a través de redes de complementariedad. Aquí, la sobredimensión del manejo de los recursos hidráulicos no fue esencial en términos políticos, dado el escenario de uso discontinuo del paisaje desde las tierras altas donde la pluviosidad fue más estable. La falta de espacios adecuados para la agricultura motivó la aparición de alta tecnología de riego a través de canales de conducción y trasvase asociado a extensas zonas de andenerías con menos restricciones en relación a las tierras bajas. En las tierras bajas en cambio, los ambientes más áridos con mayores deficiencias y fluctuaciones en los flujos de agua, asociados a densidades demográficas más bajas, fueron estímulos diferentes para la realización de obras complejas de irrigación a base de "canales de desagüe" para lograr una producción especializada en oasis apropiados para el complejo tropical-semitropical (i.e. orientación maicera). Sin estos óptimos resultados no se habrían posibilitado las conexiones complementarias con la costa y las tierras altas. La consolidación de esa riqueza agraria de oasis fue parte del prestigio macrorregional de los señorios (incluyendo la conexión costera), para lo cual las obras hidráulicas tuvieron un rol importante en la extensión e intensificación de la producción en la tierra.

BIBLIOGRAFIA

- ALLIENDE, P., V. CASTRO y R. GAJARDO. Panirí: Un Ejemplo de Tecnología Agrohídrica. **Actas del XII Congreso Nacional de Arqueología Chilena** Vol 2: 123-127. Museo Regional de la Araucanía, Temuco. 1993
- BARTHEL, T. Ein Fruhingafest der Atacameños. **Zeitschrift Fur Ethnologie** LXXXIV. Heft 1: 25-45. Braunschweig. 1959
- BERGOEING, J.P., O. BERMUDEZ, H. BODINI, J. CHECURA y C. CALOZO. **Programa Interdisciplinario en Tarapacá**. Universidad Católica de Chile-Universidad del Norte. 1971
- BERMUDEZ, O. **Estudios de Antonio O'Brien sobre Tarapacá. Cartografía y Labores Administrativas 1763-1771**. Ediciones Universitarias Universidad del Norte, Arica. 1975
- BIBAR, G. DE **Crónica y Relación Copiosa y Verdadera de los Reinos de Chile**. Fondo Histórico y Bibliográfico José Toribio Medina. Editorial Universitaria, Santiago. 1966 [1558]
- BILLINGHURST, G. **La Irrigación en Tarapacá**. Imprenta y Librería Ercilla, Santiago. 1893
- 1886 **Estudio sobre Geografía de Tarapacá**. Imprenta El Progreso, Santiago.
- BODINI, H., L. VELOSO, O. BERMUDEZ, J. CHECURA y J. P. BERGOEING. Pampa O'Brien. Verificación de Indicadores de Implantación Humana por Fotointerpretación. **Actas del VI Congreso de Arqueología Chilena**. Boletín de Prehistoria, pp. 139-150. Universidad de Chile, Santiago. 1972-73
- BORGEL, R. **La Regionalización Física del Territorio Chileno y sus Recursos Naturales Básicos**. Instituto de Geografía, U. Católica de Chile, Santiago. 1975
- BOWMAN, I. Los Senderos del Desierto de Atacama. **Revista Chilena de Historia y Geografía** 89(97): 185-350. 1940
- CAÑAS PINOCHET, A. **Descripción General del Departamento de Pisagua**. Imprenta del Veintuno de Mayo, de Alberto Echeverría, Iquique. 1884
- 1912 Breve Noticia sobre la Geografía Física de Tarapacá. **Revista Chilena de Historia y Geografía** 7: 196-230.
- CASTRO, V. Terrazas Agrícolas: Una Vieja Tecnología para las Nuevas Generaciones. **Creces** 2: 6-12. 1988
- CASTRO, V., F. MALDONADO y M. VÁSQUEZ. Arquitectura del "Pukara" de Turi. **Actas del XII Congreso Nacional de Arqueología Chilena** Vol 2: 79-102. Museo Regional de la Araucanía, Temuco. 1993
- DURSTON, A. y J. HIDALGO. La Presencia Andina en los Valles de Arica, siglos XVI-XVIII: Casos de Regeneración Colonial de Estructuras Archipiélagicas. **Chungara** 29: 249-274. 1999
- EARL, T. (editor) **Chiefdoms: Power, Economy, and Ideology**. Cambridge University Press, Cambridge. 1991
- ERICKSON, C. **Investigación Arqueológica del Sistema Agrícola de los Camellones en la Cuenca del Lago Titicaca del Perú**. PIWA, Bolivia. 1996
- FIELD, C. **A Reconnaissance of Southern Peru Agricultural Terracing**. Ph.D. Dissertation, University of California, Los Angeles. 1966
- FRIED, M. **The Evolution of Political Society**. Random House, New York. 1967
- GONZÁLEZ, H. **Timar, Diagnóstico Socioeconómico Acerca de la Utilización de dos Espacios Económicos: El Campo y la Ciudad**. Taller de Estudios Aymara, Arica. 1990
- HIDALGO, J. Proyectos Coloniales Inéditos de Riego del Desierto: Azapa (Cabildo de Arica, 1619), Pampa Iluga (O'Brien, 1765) y Tarapacá (Mendizábal, 1807). **Chungara** 14: 183-220. 1985
- HIDALGO, J. y A. DURSTON. Reconstitución Étnica Colonial en la Sierra de Arica: El Cacicazgo de Codpa, 1650-1780. **Actas del IV Congreso Internacional de Etnohistoria** Tomo II: 32-75. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. 1998

- JOHNSON, A. y T. EARLE. **The Evolution of Human Societies. From Foraging Group to Agrarian State.** Stanford University Press, Stanford.
- 1987
- KELLER, C. **El Departamento de Arica.** Zig-Zag, Santiago.
- 1946
- KESSEL, J. VAN La Lucha por el Agua de Tarapacá: la Visión Andina. **Chungara** 14: 141-156.
- 1985
- 1990 Tecnología Aymara: Un Enfoque Cultural. En **Tecnología Andina. Una Introducción**, editado por J. Earls, E. Grillo, H. Araujo y J. Van Kessel, pp. 143-211. Hisbol, Bolivia.
- KOLATA, A. The Agricultural Foundations of the Tiwanaku State: A View from the Heartland. **American Antiquity** 51: 748-762.
- 1986
- 1991 The Technology and Organization of Agricultural Production in the Tiwanaku State. **Latin American Antiquity** 2: 99-125.
- 1993 **The Tiwanaku: Portrait of an Andean Civilization.** Blackwell, Cambridge.
- KNAPP, G. Prehistoric Flood Mangement on the Peruvian Coast: Reinterpreting the "Sunken Fields" of Chilca. **American Antiquity** 47: 144-154.
- 1982
- KUS, W. The Chicama-Moche Canal: Failure or Success? An Alternative Explanation for an Incomplete Canal. **American Antiquity** 49: 408-415.
- 1972
- LAGOS, C. R., E. MENDOZA y N. AMPUERO. La Noche de los Abuelos en Santiago de Río Grande. **Chungara** 9: 247-274.
- 1982
- LARRAIN, H. Análisis de las Causas del Despoblamiento entre las Comunidades Indígenas del Norte de Chile, con Especial Referencia a las Hoyas Hidrográficas de las Quebradas de Aroma y Tarapacá. **Norte Grande** Vol. 1 (2): 125-154.
- 1974
- LARRAIN, H., R. COUYOUMDJIAM. El Plano de la Quebrada de Tarapacá de Antonio O'Brien. Su Valor Geográfico y Socioantropológico. **Norte Grande**, Vol. 1 (3-4): 329-362.
- 1975
- LE PAIGE, G. Descubrimiento en San Pedro de Atacama. **Revista Mensaje** 56 :14-16 y 28.
- 1957
- LOZANO-MACHUCA, J. Cartas del Factor de Potosí Juan Lozano Machuca al Virrey del Perú, en donde se Describe la Provincia de Lípez. **Relaciones Geográficas de Indias**, Tomo II Apéndice III.
- 1885
- LUMBRERAS, L. G. La Evidencia Etnobotánica en el Análisis del Tránsito de la Economía Recolectora a la Economía Productora de Alimentos. **Arqueología y Sociedad** N° 1. Museo de Arqueología y Etnología de la U. Nacional Mayor de San Marcos, Lima.
- 1970
- LYNCH, B. Notas sobre la Irrigación en San Pedro de Atacama, II Región-Norte de Chile. **Estudios Atacameños** 5: 148-150.
- 1997
- MARTINEZ, G. Para una Etnografía del Riego en Chiapa: Medidas y Calendario. **Chungara** 18: 163-179.
- 1987
- MITCHELL, W. P. La Agricultura de Riego en la Sierra Central de los Andes: Implicaciones para el Desarrollo del Estado. En **La Tecnología en el Mundo Andino**, selección y preparación por H. Lechtman y A.M. Soldi, pp. 135-167. Universidad Nacional Autónoma de México, México D. F.
- 1981
- MOSELEY, M. E. Organizational Preadaptation to Irrigation. The Evolution of Early Water-Management Systems in Coastal Peru. In **Irrigation's Impact on Society Anthropological Papers of the University of Arizona**, edited by T.E. Downing y Mc. Gibson, N° 25, pp. 77-82. The University of Arizona Press, Tucson, Arizona.
- 1974
- MURRA, J. V. El "Control Vertical" de un Máximo de Pisos Ecológicos en la Economía de las Sociedades Andinas. En **Visita de la Provincia de León de Huanuco (1562) Iñigo Ortiz de Zúñiga, Visitador**, editado por J. V. Murra, vol. 2, pp. 427-468. Universidad Hermilio Valdizán, Huanuco.
- 1972
- NETHERLY, P. The Management of Late Andean Irrigation Systems on the North Coast of Perú. **American Antiquity** 49: 227-254.
- 1984
- NUÑEZ, L. Cambios de Asentamientos Humanos en la Quebrada de Tarapacá, Norte de Chile. **Serie Documentos de Trabajo** N° 2. Universidad de Chile, Antofagasta.
- 1971
- 1987 Tráfico de Metales en el Area Centro-Sur Andina: Factos y Expectativas. **Cuadernos Instituto Nacional de Antropología** 12: 73-105.
- 1993 **Cultura y Conflicto en los Oasis de San Pedro de Atacama.** Editorial Universitaria, Santiago.
- 1991
- NUÑEZ, P. Sobre Economía Prehispánica de Socaire. Norte de Chile. **Actas del XI Congreso Nacional de Arqueología Chilena** Vol 2: 201-210. Santiago.
- 1991

- 1993 Un Canal de Regadío Incaico: Socaire-Salar de Atacama. **Actas del XII Congreso Nacional de Arqueología Chilena** Vol 2: 145-149. Museo Regional de la Araucanía, Temuco.
- ORTLOFF, C. R. 1981 La Ingeniería Hidráulica Chimú. En **La Tecnología en el Mundo Andino**, selección y preparación por H. Lechtman y A. M. Soldi, pp. 91-134. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- ORTLOFF C. R., M. E. MOSELEY y R. A. FELDMAN. 1983 The Chicama-Moche Intervalley Canal: Social Explanations and Physical Paradigms. **American Antiquity** 48: 375-389.
- OSORIO, A. y C. SANTORO. 1989 Trasvase Prehispánico Vilasamanani-Socoroma, Norte de Chile. **Ide-sia** 11: 37-43.
- RAUH, W. 1985 The Peruvian - Chilean Desert. En **Hot Desert and Arid Shrublands**, editado por M. Evenary, I. Noy-Meir y D.W. Goodall, pp. 239-266. Elsevier, Amsterdam.
- RISOPATRON, L. 1906 **La Línea de Frontera en la Puna de Atacama**. Santiago.
- RIVERA, M., D. E. SHEA, A. CAREVIC, y G. GRAFFAM. 1995-96 En Torno a los Orígenes de las Sociedades Complejas Andinas: Excavaciones en Ramaditas, una Aldea Formativa del Desierto de Atacama, Chile. **Diálogo Andino** 14-15: 205-239.
- RUNDEL, P. W., M.O. DILLON, B. PALMA, H. A. MOONEY, 1991 S. L. GULMON y J. R. EHLERINGER. The Phytogeography and Ecology of the Coastal Atacama and Peruvian Deserts. **Aliso** 13: 1-49.
- SANTORO, C. 1995 **Late Prehistoric Regional Interaction and Social Change in a Coastal Valley of Northern Chile**. Unpublished Ph.D. dissertation. Department of Anthropology, University of Pittsburgh.
- SANTORO, C., J. HIDALGO y A. OSORIO. 1987 El Estado Inca y los Grupos Étnicos en el Sistema de Riego de Socoroma. **Chungara** 19: 71-92.
- SERVICE, E. 1962 **Primitive Social Organization**. Random House, New York.
- STANISH, C. 1994 The Hydraulic Hypothesis Revisited: Lake Titicaca Basin Raised Fields in Theoretical Perspective. **Latin American Antiquity** 5: 312-332.
- VELOSO, F. L. 1974 Características geomorfológicas de la Pampa O'Brien, Pampa del Tamarugal, Tarapacá. **Norte Grande** Vol. I (2): 101-112.
- WITTFOGUEL, K. 1955 Developmental Aspects of Hydraulic Societies. **Irrigation Civilizations: A Comparative Study**, pp. 43-52. Pan American Union, Washington, D.C.