

## CLIMATOLOGIA DE LA PUNA DE ATACAMA Y SU RELACION CON LOS RECURSOS HIDRICOS

HUGO ROMERO, ANDRES RIVERA y PATRICIO FERNANDEZ  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA, UNIVERSIDAD DE CHILE

### INTRODUCCION

En el margen oriental del Desierto de Atacama, subiendo desde Antofagasta hacia la Cordillera de los Andes, un progresivo y maravilloso cambio se aprecia en el paisaje. Las formas redondeadas, con múltiples colores y descubiertas de toda vegetación, empiezan a intercalarse con grandes conos volcánicos, profundas quebradas, fosas tectónicas cubiertas de blancas sales, cerca de las cuales se alimentan aves y mamíferos, de pastos y agua que escurre tímida desde la cordillera.

En algunos de esos parajes, el hombre ha vivido desde hace miles de años, primero recolectando frutos y cazando auquénidos, para luego cuando su desarrollo cultural le permitió sortear los avatares de la naturaleza, quedarse a cultivar y domesticar animales.

En este vasto territorio altiplánico de Antofagasta, coexisten hoy en día, las mismas culturas que se sedentizaron hace más de 4.000 años, junto a las mejores expresiones de modernidad, como son la ciudad de Calama y la mina de cobre de Chuquicamata, las cuales embebidas de un espíritu de progreso y crecimiento, usan y manejan los recursos naturales, en una búsqueda creciente de rentabilidad y optimización económica.

Con el pasar de los años, el cambio en los sistemas naturales ha sido constante, en un contexto casi permanente de escasez de agua, lo que ha acentuado la competencia por su detección y aprovechamiento.

San Pedro de Atacama, Ascotán y los salares, entre otros lugares de interés, representan el esfuerzo milenario, del hombre y la naturaleza, en alto sinergismo y complementación, por lo que son percibidos en Chile y el extranjero, como sitios casi mágicos, en muchos casos al nivel de las grandes expresiones de la cultura Inca en Perú o Tiahuanacu en Bolivia.

En base a estas características, el turismo se está transformando en una actividad de grandes perspectivas económicas, lo que ha traído consigo un aumento de la población flotante, la compra de tierras indígenas por afuerinos y un aumento en la demanda del agua.

Por otro lado la modernización económica del país y la existencia en el altiplano de numerosos recursos naturales, en especial mineros, ha generado un aumento de las inversiones productivas, lo que también se ha traducido en una mayor demanda de agua.

La falta de trabajo en los asentamiento poblados altiplánicos, la aculturización de sus habitantes y las grandes potencialidades que reflejan las ciudades, ha aumentado la emigración a Calama y Antofagasta, lo que se suma a un importante crecimiento demográfico de las mismas, por las crecientes actividades económicas ligadas a la producción. Todo lo anterior, también se ha traducido en un aumento de la demanda de agua.

Este es el marco donde se desarrolla el presente trabajo, en el cual el cambio climático y la tendencia árida, se contraponen al crecimiento de las actividades económicas, lo que se ha traducido en variados problemas culturales y sociales de los habitantes. La intención de los autores, es describir cómo ha sido la evolución y situación climática actual, los principales problemas detectados y las proyecciones que se avizoran.

### PALEOCLIMAS FINI-PLEISTOCENICOS

La región altiplánica de Antofagasta, se caracteriza por su gran dinamismo tectónico y volcánico, factores esenciales en la constitución de su estructura en el Cuaternario.

Según Abele (1991), las formas del Altiplano de Chile entre los 18° y los 24° de Lat. Sur muestran una mantención de condiciones hiperáridas desde el Mioceno Superior. Dicha aridez se manifiesta en la escasa disección de las ignimbritas allí depositadas y en que la mayor parte de los salares y lagunas, tienen distintos niveles de cota sin que hubiesen desaguado a nivel superficial, por lo que siempre han sido embalses endorréicos.

Durante el Pleistoceno, la región fue cubierta a lo menos tres veces por glaciares, los que tuvieron un mayor desarrollo en las vertientes Este de la Puna, lo que implica un aporte de humedad proveniente desde el interior del continente.

Dichas glaciaciones, requirieron un significativo aumento de precipitaciones, condición que, no fue sincrónica con el Late

Glacial Maximum (LGM) entre los 23.000 y 18.000 A.P., por lo que según Garleff Stingl (1987), en dicho período se dió una mayor aridización, fruto de un mayor descenso de la línea del Permafrost.

Entre los 17.000 y 15.000 A.P., Messerli *et al.* (1993) plantean un aumento de las precipitaciones del orden del 60 %, con un componente de verano y origen en la circulación atmosférica del Este. Esta mayor humedad, pero en un ambiente frío, condujo a la recarga de agua subterránea en la cuenca de Atacama.

Durante el Glacial tardío (15.000-11.000 A.P.), Messerli *et al.* (1993) constataron la formación de grandes cuerpos de agua subterránea y extensos lagos superficiales, los cuales son sincrónicos con el Paleolago Tauca, en el Sur del Altiplano Boliviano. Los aumentos de precipitación fueron del orden del 120 %, también con componente de verano. El polen típico de los Andes bolivianos encontrado en los estratos de dicho período en las lagunas Lejía y Tuyagto, evidenciarían un transporte por la circulación del Este.

En base a dichos planteamientos, se postula un cambio de condiciones secas y frías imperantes en el Máximo Glaciar (LGM) hacia húmedas en el Glacial Tardío, lo que en términos climáticos significaría un aumento de las lluvias de verano, de fuente Este.

Las evidencias paleohidrológicas provenientes del Altiplano Peruano-Boliviano, indican que entre 12.500 y 11.000 A.P. los Paleolagos (Tauca) cubrieron un área 4 veces más extensa que en la actualidad, lo que indicaría un aumento de 30-50% de las precipitaciones anuales. Estas tendrían su origen en lluvias tropicales de verano, asociadas al desplazamiento hacia el Sur, de la Convergencia Intertropical (Seltzer, 1993).

Esto significa en términos climáticos, que la componente zonal de la circulación atmosférica fué poderosa. Las precipitaciones conectadas a los vientos del Oeste fueron más intensas para las latitudes medias, pero su influencia no significó cambios al Norte de Copiapó (27° Sur).

De los antecedentes recopilados, queda clara la alta variabilidad climática de finales del Pleistoceno en la región, pero se ratifica una tendencia de sequedad a pesar de los episodios húmedos.

## **EL HOLOCENO Y SUS DISTINTOS ESTADIOS EN RELACION CON LA ARQUEOLOGIA**

La densa vegetación, la abundante vida animal y los recursos hídricos, fueron la base para las primeras culturas de cazadores y recolectores, que probablemente llegaron al Altiplano Atacameño al final del Pleistoceno, cerca de los 13.000 A.P. (Núñez, 1992).

Durante el Holoceno temprano, el clima tuvo un carácter templado y húmedo, con unos 3,5° C más que las temperaturas actuales de verano, evidenciada por la aparición de suelos profundos unos 500 metros más arriba que en la actualidad. Estas condiciones favorecieron la aparición de los primeros cazadores y recolectores en la primera ola de ocupación Paleoindia.

En dicho periodo se dió también una importante recarga de los acuíferos, algunos de los cuales son aprovechados hoy en día.

Entre los 8.500 y 4.800 A.P., según Núñez (1992) escasos sitios arqueológicos muestran una baja ocupación, constituída por cazadores y recolectores. Este período, es considerado como con un clima con mayores temperaturas que las actuales y gran sequedad, definido como un puzzle arqueológico.

Entre los 5.000 y 3.000 A.P. el óptimo climático, implicó un aumento de los asentamientos humanos, que combinaron la caza y la recolección, como actividades económicas. En torno a dicho periodo se encuentran también las primeras evidencias de domesticación de camélidos, lo que significa un uso óptimo de los recursos de los distintos pisos altitudinales, así como gran intercambio entre la costa y el interior.

Entre los 3.000 y 2.000 A. P. hay algunas evidencias de decrecimiento en las precipitaciones, compensadas por la domesticación y la irrigación en el oasis de San Pedro de Atacama. Se constata menor recurrencia del "Invierno Boliviano" y la reducción de la precipitación líquida de carácter ciclónico .

Desde los 2.000 A.P. hasta la actualidad, las condiciones áridas han prevalecido, lo que ha implicado disminución de los recursos hídricos y abandono de algunos poblados. Las actividades se redujeron a los oasis más estables, tales como San Pedro, Chiu Chiu, Lasana y otros que se abastecen de sistemas hídricos provenientes de la Cordillera.

Un caso particularmente ejemplificador del impacto de los cambios climáticos sobre los asentamientos poblados altiplánicos, es el de TULOR. Sitio arqueológico trabajado por el padre Le Paige y excavado por arqueólogos de la Universidad de Chile (Ana María Barón, actual alcaldesa de San Pedro y Javier Tamblay), quienes han dado en 2.000 años antes del presente, el periodo de inicio de su abandono.

Las primeras actividades agrícolas allí localizadas, se basaron en la recolección de los frutos del Algarrobo y Chañar, así como del cultivo del maíz y la crianza de llamas.

Tulor se localiza a unos 5 kilómetros al Sur de San Pedro de Atacama, en el sitio donde el río San Pedro pierde fuerza y su cauce pierde pendiente, inundando un sector fértil. Este punto está justo al Este de las menores alturas de la Cordillera de la Sal, por lo que la intensidad de los vientos locales es mucho mayor allí que en otros de los ayillos de San Pedro.

Cuando el clima comenzó nuevamente a revertirse, a los 2.000 A.P., la mayor sequedad, aportó mayor cantidad de arenas y polvo las cuales fueron arrastradas por fuertes vientos provenientes del llano de la Paciencia, volcándose dentro de la cuenca del Salar de Atacama, justo frente a Tulor. Este proceso natural implicó la formación de una duna, la que progresivamente avanzó en dirección del Ayillo, comenzando su cubrimiento.

Los habitantes, construyeron una muralla defensiva, la que fue impotente ante la fuerza de las arenas, por lo que definitivamente, debieron abandonar las casas y tierras de cultivo, desplazándose un poco más al Norte a los otros sectores fértiles del oasis.

A esa altura de la historia, los atacameños, ya habían logrado un nivel cultural agroalfarero, con sistemas de regadío y domesticación, por lo que no desaparecieron, tal como ocurrió con sus antepasados del período Paleoindio.

En la actualidad, sólo es posible apreciar una mínima parte del sitio arqueológico, la que ya ha sido descubierta por las arenas, que siguen su camino de destrucción hacia el Sur-Este, donde el frente de avance tiene más de 5 metros, que caen verticales sobre el desierto y el resto del ayillo de Tulor.

Esa porción visible, muestra los signos de 2.000 años de abrasión, por lo que murallas de originales 2,5 metros, hoy sólo muestran 30 centímetros de altura.

Según Messerli *et al.* (1993) el fenómeno de El Niño, es una posible interpretación climatológica a los hallazgos paleoecológicos descritos en el último período.

En términos de síntesis, parece probable que el inicio del upwelling (surgencia) de aguas frías en el Este del Pacífico después de los 5.000 A.P. (Enfield, *in* Messerli *et al.*, 1993) sea correlacionable con el aumento de la sequedad en el desierto costero, que avanzó progresivamente dirección del Altiplano, el cual sólo se abastece en la actualidad, por precipitaciones estivales tropicales, sin afectar el hiperárido desierto central y costero del Norte de Chile. Esto ha implicado que después de los 2.200 A.P., y bajo los 3.500 m s.n.m., no se ha dado más que una recarga parcial de los acuíferos, con escasa cubierta vegetal y progresiva aridización.

## TOPOCLIMATOLOGIA ACTUAL

El Altiplano Chileno es el margen meridional-occidental del Gran Altiplano Sudamericano Peruano-Boliviano. Como tal, sus características climáticas generales, tienen igual génesis y dinámica temporal. Sin embargo, su carácter marginal, implica una especificidad y diversidad marcada, respecto del resto de la región altiplánica.

El conjunto de los elementos diferenciadores del Altiplano de la Región de Antofagasta, lo definen como un sector transicional, entre los dos grandes sistemas climáticos que afectan a gran parte del país. El continental-estival, desde la región altiplánica al norte, y el frontal-occidental, desarrollado progresivamente en dirección al Sur. En cualquier caso, el componente continental-estival representa un porcentaje variable entre el 80 y 50 % del total de precipitaciones del área .

Las precipitaciones que en cada verano afectan al Altiplano, tienen su origen en los alisios que acarrearán gran cantidad de humedad proveniente desde el Atlántico Tropical, la cual es transportada por la circulación continental ligada a la Alta de Bolivia. Esta configuración coincide con la presencia de intensa actividad convectiva, en especial sobre las cadenas montañosas, producida por fuerte radiación basal, con un gradiente vertical de temperatura superadiabático en los primeros 500 a 1.000 m sobre la superficie, generándose convección húmeda y precipitación (Fuenzalida y Rutllant, 1986).

Sobre el Altiplano de Antofagasta, la combinación de trayectorias zonales a 500 Hp y una fuerte convección térmica, posibilitan la advección de masas de aire relativamente húmedas desde el NE y Este, precipitando.

Las trayectorias de masas de aire continental, son dirigidas al sur y forzadas por la presencia de la Cordillera, por lo que los sectores Occidentales de la misma y bajo el nivel de inversión térmica, se mantienen con predominio anticiclónico. Sin embargo, en algunos puntos logran sortear la gran barrera orográfica de los Andes a través de portezuelos, valles y fosas tectónicas. Es en estas condiciones, cuando factores locales, tales como la fuerte convección producida en lagos, lagunas, salares y fosas, se liga con la advección relativamente húmeda del NE y Este, proceso que alimenta la convección húmeda y la precipitación.

En la última década, se han detectado fuertes eventos lluviosos en los años 1975, verano de 1984 y verano de 1987. Desde dicha fecha a la actualidad, se ha vivido una prolongada sequía, con inusuales nevazones invernales, en los años 1983, 1992

y 1993. Estas últimas parecen ser causadas por una ciclogénesis de barlovento que afecta a frentes que se desplazan de Norte a Sur.

Se postula que la incidencia del fenómeno El Niño, implica menores precipitaciones estivales de origen Norte y Este y mayores lluvias invernales en la región altiplánica de Antofagasta. El incremento de las precipitaciones invernales y primaverales, de origen frontal occidental, pueden alcanzar un carácter catastrófico en la costa del Pacífico, produciendo inusuales nevazones en la cordillera de los Andes.

Al año siguiente de la ocurrencia del fenómeno El Niño, se restablecen las condiciones "normales" de circulación, las que junto a eventos cálidos en el Atlántico, han implicado fuertes precipitaciones estivales de origen continental, tales como en 1984 al año siguiente del mayor Niño del siglo (82-83).

La mantención de condiciones similares a las de años Niño, por períodos de tiempo prolongado, implicaría períodos de sequía en el Altiplano, acompañados de mayores temperaturas, tales como los observados en la última década (Rivera y Romero, 1993).

## ASPECTOS HIDROLOGICOS

Las cuencas altoandinas de la región en estudio, se caracterizan por ser del tipo endorreicas, donde es posible encontrar en sus depresiones salares y sectores lagunares importantes, las que son irrigadas temporalmente, dando origen a vegas y bofedales, que ofrecen una importante dinámica ecológica tanto desde el punto de vista de la capacidad de carga de avifauna y fauna terrestre silvestre, como para la sustentabilidad en el uso antrópico de estos significativos recursos de pastoreo y desarrollo de ganado auquénido. Estas cuencas se desarrollan en la zona de la Puna de Atacama, presentándose también hacia el norte, como es el caso de las cuencas de los salares de Ascotán-Carcote, y hacia el sur la del Salar de Punta Negra (CONSECOL, 1986).

Es importante señalar que estas cuencas altoandinas, presentan los mayores montos potenciales de aprovechamiento de aguas, fundamentalmente de sus napas confinadas. Sin embargo, los montos de recarga están en función de altas variaciones de los aportes hídricos, tanto del punto de vista temporal como espacial. Lo anterior ha llevado a diferentes autores a postular que ciertos sectores del Altiplano de la región poseerían aguas calificadas como fósiles, pues provendrían en sus orígenes, de las paleolagunas que aquí se desarrollaron, bajo condiciones climáticas más húmedas que las que actualmente se conocen.

Respecto al análisis químico, los recursos hídricos que están disponibles en la Región de Antofagasta, son en su gran mayoría no potables, por el alto contenido de diversos componentes tóxicos (Arsénico y Boro), los cuales se encuentran ligados fundamentalmente a rocas volcánicas cenozoicas que prevalecen en el territorio andino oriental, particularmente de centros volcánicos más recientes o con actividad latente. El Arsénico estaría principalmente relacionado con el volcanismo andesítico, mientras el Boro, lo estaría particularmente con el volcanismo riolítico a dacítico. Ambos se incrementarían extraordinariamente en áreas de volcanismo latente activo, como en el caso de las aguas de los géysers de El Tatio (ESSAN 1992).

Las contaminaciones por sólidos disueltos, con la inclusión de cloruros y sulfatos, resultan de baja cuantía en las cabeceras de las hoyas altoandinas y se incrementan gradualmente en la medida del avance de los recursos hídricos aguas abajo.

Las aguas subterráneas poseen una característica hidroquímica bastante similar a las aguas superficiales, con importantes cantidades de Arsénico, Boro, sulfatos, cloruros y sólidos disueltos. Estas aguas no son en general de gran profundidad y cuando se trata de aguas subterráneas con recorridos cortos o poco distantes, poseen una buena calidad química, superior a la de el o los probables acuíferos más profundos de menor calidad inferida.

## FACTORES HUMANOS Y SU RELACION CON EL RECURSO HIDRICO

En la región de Antofagasta cohabitan dos estilos de vida que tienden a ponerse cotidianamente en conflicto. Por un lado en los sectores costeros, se desarrollan los más importantes asentamientos poblados de la región, con una dinámica propia de las grandes urbes minero-industriales en expansión y crecimiento constante. Destaca la ciudad de Antofagasta, inserta dentro de una comuna que alcanza una población de 226.749 habitantes (SIECOM, 1992). Otro centro urbano de importancia es Calama, cuya población comunal es de 120.602 habitantes (SIECOM, 1992), la que continúa en un desarrollo permanente ligado al crecimiento y expansión de la Gran Minería del Cobre, fundamentalmente de la División Chuquibambilla.

Este crecimiento via industrialización y expansión derivada fundamentalmente de la actividad minera cuprífera y sus economías de escala y urbanización asociadas, tiende a contrastar notoriamente con la dinámica económica de los sectores altiplánicos, donde la actividad principal se resume en el desarrollo agrícola de pequeños oasis y/o en la actividad pastoril que en función de las características climáticas e hidrológicas anteriormente explicitadas, hace que los habitantes hayan asumido la transhumancia como forma de vida desde tiempos prehispánicos.

Según el estudio de INYGE (1991), existe una mala utilización del agua en las comunidades agrícolas, debido al uso de

técnicas arcaicas de cultivo y de deficientes técnicas de riego, lo que otorga una baja rentabilidad económica a los cultivos. Dentro de estos centros poblados, destaca San Pedro de Atacama, localizado en la cabecera norte del Salar de Atacama, que basa su actividad económica en la producción agrícola y pastoril, las que pueden calificarse como de subsistencia.

Caso aparte es el turismo, implementado por afuerinos con reciente pero floreciente desarrollo. De hecho en la actualidad existen numerosos proyectos de inversión turística, construcción de hoteles y camping, que permitan satisfacer a los más de 25.000 turistas que anualmente llegan a San Pedro (comunicación verbal Municipalidad de San Pedro de Atacama).

En las márgenes orientales del Salar de Atacama se desarrollan también pequeños pueblos (Toconao, Peine, y Camar), los que subsisten basados en un relación muy rica entre hombre-naturaleza, que se desarrolla en conjunción a una fuerte herencia del pasado atacameño de los habitantes.

Estos pueblos altiplánicos están sufriendo un proceso de depresión sociocultural que tiende a adoptar características preocupantes. Por un lado la falta de fuentes de trabajo permanentes y bien remuneradas. Por otro, una estructura de propiedad que no se acomoda al desarrollo agrícola moderno, dificultando el acceso a nuevas tierras a los potenciales agricultores jóvenes, lo que asociado a una escasez de agua casi permanente, hace que la población joven emigre a los centros urbanos-industriales donde por falta de capacitación y que por el propio rechazo del habitante ciudadano a los inmigrantes, no accedan a mejores oportunidades laborales, engrosando así los círculos marginales de pobreza de las ciudades.

**PROBLEMAS ACTUALES EN RELACION AL RECURSO HIDRICO**

Las problemáticas actuales en lo que se refiere al recurso hídrico, pueden resumirse como los conflictos generados entre los demandantes de agua locales y la escasa y variable oferta de este recurso. Como demanda de agua se entiende, toda aquella agua tanto potable como no potable que es requerida para el surgimiento y estabilidad tanto de los procesos productivos como de los asentamientos poblados de la región, en una dimensión temporal. Pueden definirse así, los siguientes sectores de demanda: Demanda para procesos industriales mineros y no mineros de agua fresca, principalmente para la Gran Minería de Cobre y su actividad industrial anexa, como por ejemplo, Chuquicamata y Minera Escondida; demanda para consumo urbano, manejada principalmente por la Empresa de Servicios Sanitarios de Antofagasta ESSAN, la cual surte de este recurso a las ciudades regionales; demanda de consumo de agua potable para las comunidades altiplánicas y para sus actividades agrícolas, las que son satisfechas localmente.

La oferta del recurso se entiende, como toda aquella agua (tanto superficial como subterránea), que en función de sus montos y calidades físico-químico-biológicas, satisficaría los requerimientos de los potenciales demandantes del recurso hídrico.

La demanda de agua de los sectores industriales y urbanos ha sufrido un aumento considerable en los últimos años, en función del crecimiento progresivo de las inversiones en el sector minero-extractivo, como asimismo del crecimiento de las ciudades.

Las demandas actuales y futuras (proyectadas al año 2000), de agua, pueden resumirse en la siguiente tabla:

**TABLA 1.  
DEMANDA DE AGUA EN L/S**

SECTOR	AÑO 1.990	AÑO 2.000
MINERO - INDUSTRIAL	2.833	6.065
URBANO (1)	1.003	1.055
AGRICULTURA (2)	6.793	S/D

(1) Incluye Antofagasta, Mejillones, Calama, Tocopilla, María Elena, Pedro de Valdivia y Coya Sur.

(2) Incluye Hoya del Río Loa y Hoya del Salar de Atacama, junto a otras extracciones menores. (Fuente: INYGE, 1991).

Esta demanda de agua, contrasta con la producción potencial de agua de la hoya del Río Loa, (principal fuente de extracción del recurso líquido), que asumiendo una precipitación del 50% de probabilidad de excedencia, asciende a 9.473 lts (INYGE, 1991).

El resto de la oferta de agua es aportada por la hoya del Salar de Atacama, cuyas aguas se utilizan en la agricultura de las comunidades que se encuentran en las inmediaciones del Salar.

Por tanto no existiría un déficit importante, entre la oferta del recurso hídrico y la demanda del mismo, dentro de un contexto global y actual de desarrollo, salvo en pequeños poblados como Quillagua, que por localizarse en los sectores terminales del curso del Río Loa, reciben exiguos aportes del recurso hídrico, lo cual imposibilita su desarrollo agrícola.

Sin embargo, dada las actuales restricciones para el consumo de agua potable en algunos centros poblados como asimismo del aumento futuro de la demanda de agua para los sectores minero-industrial y urbano, los sectores altoandinos, en especial los salares y ríos altiplánicos, se presentan como alternativas importantes para la satisfacción de eventuales déficits de agua, lo cual podría afectar negativamente, tanto a las comunidades altiplánicas espacialmente asociadas, como al delicado equilibrio ecológico de los ecosistemas andinos constituidos fundamentalmente por una rica variedad de avifauna estacional y de diversas poblaciones de fauna terrestre. Cabe agregar que la demanda se incrementa en forma constante, sin tomar en cuenta las enormes variaciones temporoespaciales que posee la oferta de recursos hídricos en la región.

Dentro de los nuevos proyectos en estudio destinados a la satisfacción de la demanda de agua, tanto mineroindustrial como urbano, se pueden destacar por su envergadura los siguientes:

- a) Extracción de agua subterránea por parte de CODELCO Chile, División Chuquicamata, en la cuenca Ascotán Carcote, localizada en la cuenca alta del Río Loa, aproximadamente 230 km al noreste de Calama. Este proyecto que actualmente se encuentra en la etapa de prospección, contempla la extracción de unos 1200 l/seg, los cuales serían acueductados hacia los nuevos megaproyectos que tiene en carpeta la compañía (Mina Radomiro Tomic, El Abra).
- b) Construcción de una represa para el consumo de unos 240 l/seg de agua potable que se conduciría a Antofagasta, por parte de la Empresa ESSAN en el sector del río Putana, uno de los afluentes principales de agua dulce al río San Pedro, que surte de agua a la comunidad homónima. Dicha extracción se proyecta en base a un canje de aguas con las comunidades de San Pedro.
- c) Extracción de agua, por parte de ESSAN, en la cuenca del Salar de Tara en una fracción aproximada de 1000 l/seg, para el abastecimiento de agua potable de Antofagasta. Debido a que el Salar de Tara presenta una gran biodiversidad, se encuentra dentro de las áreas protegidas de CONAF.

## CONCLUSIONES

Los habitantes de la Puna de Atacama son de origen Atacameño o Aymara. Sus niveles educacionales son elementales. Sin embargo, su conocimiento del territorio, su dinámica y procesos naturales, es evidentemente mayor que la de los afuerinos. Lo más interesante, es que las perspectivas epistemológicas de los habitantes, tienen muy poco que ver con las concepciones modernas de la civilización occidental, basadas en el desarrollo científico-técnico.

Lo primero que destaca es el elevado nivel de sincretismo. La combinación y simbiosis de la fé católica, con elementos culturales nativos de larga data y origen prehispánico, se grafican en sus ritos, experiencias y formas de enfrentar la vida.

Por otro lado, la relación que ellos tienen con su medio ambiente, es radicalmente distinta al que se puede observar en regiones más transculturizadas o donde priman valores economicistas.

El alto nivel de sinergismo, con el que analizan y se explican los procesos naturales, sobrepasa una concepción holista clásica. Lo que para la ciencia moderna tiene carácter objetivo, en cuanto a objeto de estudio, para ellos no es más que una extensión de sí mismos en su entorno.

El significado asignado a los astros, nubes, ríos, montañas y suelos, posee un carácter "sobrenatural" y por ello muy distinto y lejano a lo que la ciencia podría otorgarles.

En este sentido es de fundamental importancia considerar estas características antes de emprender cualquier estudio, proyecto de planificación o inversión económica en el sector.

Las crecientes proyecciones de la demanda de agua potable para Antofagasta y la red urbana regional, deben ser enfrentadas con una optimización de los recursos actualmente en uso. El reciclaje y el uso de fuentes alternativas de abastecimiento, impediría los desequilibrios culturales o ecológicos, de las comunidades del Altiplano.

Ante la propuesta de INYGE (1991) de redirigir hacia usos más rentables las aguas que se pierden por el mal uso agrícola e inadecuadas técnicas de riego en los oasis atacameños, se debe fomentar la discusión y participación de la comunidad toda, a la luz de las características culturales de sus habitantes y considerar que la competencia por los recursos naturales puede provocar mayores trastornos sociales, en especial por la posible emigración de las poblaciones locales hacia los centros urbanos regionales y su consiguiente marginalización social.

Las intenciones de ESSAN, de canjear aguas a cambio de un uso más óptimo de las mismas con las comunidades atacameñas, requiere de la participación plena e informada de los involucrados. Pero más importante, requiere la definición de un plan de desarrollo agropecuario para las comunidades locales, que considere la modernización agrícola y las técnicas de riego de los habitantes, con el fin de evitar las consecuencias de una creciente demanda urbana y de posibles restricciones hidrológicas impuestas por los cambios climáticos.

La tendencia al aumento del turismo y actividades conexas, obliga al Estado, a través de la Municipalidad y Gobierno Regional, a tomar un rol activo en la planificación de la expansión urbana, en especial definiendo la real capacidad de carga del oasis. Un plan regulador para San Pedro, es la alternativa más próxima. Sin embargo, su realización debe considerar las características culturales y naturales de la zona.

La posibilidad de prospección y extracción de aguas subterráneas, parece una de las mejores opciones. Sin embargo, el análisis de recarga realizado por Messerli *et al.* (1993), plantea el carácter fósil de muchas de ellas, puesto que tienen una recuperación mayor a 40 años. De hecho varias napas actualmente en uso, fueron recargadas entre los 11.000 y 7.000 A.P. Lo que indicaría que se está haciendo uso o se proyecta usar aguas no renovables.

Otra alternativa estipulada por ESSAN, es el aprovechamiento de aguas de los salares tales como Tara. Si bien no existe población en esa zona, la gran biodiversidad que sustentan dichos ecotonos, en un ambiente de alta variabilidad interanual y dependencia de las precipitaciones, obliga a realizar detallados estudios de las líneas de base involucradas.

La actual legislación de aguas, si bien contempla medidas de información y control, no expresa la alta especificidad que existe en una zona como la descrita. Los trámites para aprobar o rechazar peticiones de agua deberían contemplar evaluaciones detalladas de impacto ambiental, la que no debe concentrarse sólo en aspectos típicos de la zona central o del sur de Chile, sino que debe contemplar los factores culturales y de cambio climático específicos de la región altiplánica.

Las empresas que trabajan o solicitan peticiones de agua, deberían informar e incorporar a los habitantes locales en sus quehaceres, para evitar conflictos innecesarios o abusos de poder.

CODELCO y la Gran Minería del Cobre tienen una demanda proyectada muy elevada, lo que obliga a prospectar nuevos recursos. Dichas prospecciones deberían contemplar el funcionamiento del sistema en su conjunto y no deberían entrar en competencia con comunidades que poco o nada pueden hacer frente a su poder político y económico.

De mantenerse la tendencia creciente de demanda de agua por parte de la minería, industria y ciudades y adicionando las perspectivas de aridización y escasez de recursos hídricos debido a los cambios climáticos milenarios, el sistema podrá colapsar a corto plazo.

## BIBLIOGRAFIA

Abele, G., 1991. The influence of age, climate, and relief on the preservation of volcanic landforms in the North Chilean Andes. Bamberg Geographische Schriften Bd. 11, pág. 45-57, Bamberg, Alemania.

CONSECOL, 1986. Balance hidrológico Nacional, IIª Región. Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, Santiago.

ESSAN, 1992. Plan de desarrollo para los servicios de agua potable y alcantarillado de ESSAN S.A. Definición del Proyecto de Inversión, Tomo 11. Santiago. Marzo.

Fuenzalida, H. y Rutllant, J., 1986. Estudio sobre el origen del vapor de agua que precipita en el invierno boliviano. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.

Garleff, K. y Stingl, H., 1987. Investigaciones geomorfológicas sobre aspectos del paleoclima en los Andes argentinos. Investigaciones alemanas recientes en Latinoamérica: Geología, proyectos de la Dt. Forschungsgemeinschaft, Bonn, Alemania.

INYGE, 1991. Análisis y Planificación de los Recursos de Agua en la segunda región de Antofagasta. Informe Final. Santiago.

Messerli, B. *et al.*, 1993. Climate change and natural resource dynamics of the Atacama Altiplano in the last 18.000 years: A preliminary synthesis. Mountain Research and Development, Vol. 13, Nº 2, U. California, USA.

Núñez, L., 1992. Cultura y conflicto en los oasis de San Pedro de Atacama. Ed. Universitaria, Santiago, Chile.

Rivera, A. y Romero, H., 1993. Topoclimatología del altiplano de Antofagasta: Antecedentes para una evaluación paleoclimática. Taller Internacional el Cuaternario de Chile, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Santiago.

Seltzer, G., 1991. Late-Quaternary Glaciation and Climate Change in the central Andes. Mountain Research and Development, Vol. 13, Nº 2, U. California (Berkeley) USA.

SIECOM, 1992. Sistema de estadísticas comunales. Ministerio del Interior, Subsecretaría de Desarrollo Regional, Chile.