

OPORTUNIDAD PARA CHILE Y SU NORTE GRANDE EN EL DESARROLLO MUNDIAL DE LA TECNOLOGIA EN ZONAS ARIDAS

por PETER C. DUISBERG, PH. D.

Presidente del Comité de Investigaciones en Zonas Desérticas y Áridas, Asociación Americana para el avance de las Ciencias, Div. Suroeste y Montañas Rocallosas

Fotografías del Departamento de Fotocinematografía de la Universidad

Se está llevando a efecto una revolución tecnológica que hará posible que el hombre realice civilizaciones industriales pobladas modernamente en áreas consideradas actualmente como desiertos inútiles. Esta revolución será más rápida y exitosa si va acompañada del desarrollo de conceptos sociales más sabios sobre el valor, el uso y la conservación del agua.

Numerosos factores se combinaron desde el término de la segunda guerra mundial para crear un interés en las potencialidades de las zonas áridas.

Muchos países esencialmente áridos han nacido a la vida independiente y su gran preocupación para el desarrollo de una economía estable los ha hecho examinar las posibilidades de las tierras áridas. Muchos países tecnológicamente adelantados de regiones templadas han experimentado escasez de agua y han incrementado sus esfuerzos investigativos. Los informes a las Naciones Unidas han indicado que la población mundial podría casi triplicarse dentro de 50 años, y se ha sugerido que una mejor utilización del tercio de la superficie mundial que es árida o semiárida podría ofrecer una esperanza. Con esta idea en mente la UNESCO ha establecido un Programa en Zonas Áridas para organizar los conocimientos y señalar las necesidades de investigaciones, estimular el interés y patrocinar una colaboración internacional. El resultado neto de todo ha sido una aceleración de la investigación, sin precedentes, la cual está resultando en aplicaciones prácticas y posibilidades que se hubieran considerado fantásticas hace 15 años.

Chile, con cerca de $\frac{2}{3}$ de su territorio nacional desde Arica a partes de Tierra del Fuego, árido o semiárido, puede ser uno de los beneficiados importantes en esta revolución técnica de las zonas áridas. El país necesitará visión y previsión para obtener la ventaja máxima y debería comenzar pronto a planificar seriamente.

Recientes desarrollos de zonas áridas y su significado para Chile. 1. *Energía solar.* Este campo se está desarrollando a fantástica velocidad, especialmente desde el simposium mundial después de 1954. Hay mucho interés industrial y nuevos Institutos para investiga-

ciones. Es casi cierto que revolucionará el cuadro de la energía en el Norte y tendrá aplicación en todas las otras partes áridas o semiáridas de Chile. Los estudios del Centro Universitario de la Universidad de Chile indican que la radiación solar en por lo menos 80.000 km² de la pampa es igual a cualquiera otra parte del mundo y disponible el 99,2% de los días.

a. La necesidad eventual del Norte sería el calentamiento industrial de agua y plantees de electricidad solar. Se dice que algunas unidades rusas producen 18 toneladas de vapor por hora. C. G. Abbot de EE. UU., ha confeccionado una unidad pequeña de 10 m² que produce 10 kw-hora diarios de electricidad. Se estima que se podría producir corriente con un aparato de esta clase con un costo de 2-3 centavos el kw-hora. En Chuquicamata producen actualmente electricidad con un costo de 1,7 a 1,8 centavos el kw-hora. El camino por recorrer no parece muy largo.

b. Se han fabricado comercialmente motores solares de hasta 3,5 H. P. para bombear agua, etc. Otros motores experimentales trabajan hasta 100 H. P. Estos podrían tener amplia aplicación en Chile.

c. Calentamiento de casas y agua y refrigeración solar. Estos ya se están empleando y tendrían gran utilidad para Chile.

d. Funcionan en Antofagasta algunas cocinas solares experimentales. En la India un modelo práctico se está vendiendo a US\$ 17 y otro a US\$ 4. Al reemplazar a la Llaretta, que se usa para el cocimiento y calefacción, por cocinas solares en el Norte Grande, esta planta de lento crecimiento se salvaría de la extinción.

e. Se están empleando hornos solares que alcanzan temperaturas de 6.000° C, especialmente en trabajos metalúrgicos y de cerámica.

f. Existen hoy en día varias aplicaciones industriales fotoeléctricas, sobre todo en la industria telefónica.

2. *Desmineralización del agua.* Los costos son hoy lo suficientemente bajos para numerosas aplicaciones prácticas, si se combinan con los conocimientos mo-



Oasis de Pica, provincia de Tarapacá

ernos sobre el reempleo del agua, el control de la evaporación y los diseños industriales.

Ejemplos notables de los métodos más adelantados, son los siguientes:

a. Proceso de destilación termal, como el Ciclo de Badger. Algunas estimaciones de planes para una propuesta planta para 75.000 m³ señalan un costo de operación de cerca de \$ 60 chilenos por metro cúbico. Iquique, por comparación, usa al presente 5.000 m³ al día.

b. Electrodialisis. Se ha informado que una Compañía en Sudáfrica ha construido una planta para 15.000 m³ diarios basada en 4 años de felices ensayos pilotos. No se dispone de información sobre costos. Sin embargo, algunas unidades más pequeñas y presumiblemente más caras, usando el mismo procedimiento, tienen costos de operación de cerca de \$ 150 chilenos por m³ de agua salobre, tal como la que se encuentra en la Pampa del Tamarugal.

c. Destilación solar. Todavía no existen planteles pilotos que operen en gran escala. No obstante, se han confeccionado diseños para instalaciones que produ-

cirían hasta 4.000 m³ diarios, las cuales darán datos sobre los costos. El procedimiento promete mucho al país y se están efectuando trabajos experimentales en Antofagasta a cargo del Centro Universitario Zona Norte.

3. *Control de la evaporación.* Las pérdidas por evaporación en la pampa son, en promedio, de 2,2 metros anuales. Los ensayos realizados en Australia en lagos y represas indican que se puede ahorrar hasta el 50% del agua mediante el uso de películas monomoleculares de sustancias orgánicas inocuas, tal como el alcohol cetílico.

4. *Diseños de Ingeniería para el uso mínimo de agua.* Una compañía en los EE. UU. logró diseñar una planta de acero en la que el agua se vuelve a usar por siete veces, disminuyendo de este modo las necesidades de agua desde 260.000 litros por tonelada de acero hasta 5.600 litros. Varios planteles que producen electricidad por medio de vapor de agua, han bajado el consumo de agua de 320 litros a 4 litros por kw-hora de electricidad producida.

5. *Reempleo de aguas servidas previamente tratadas.*

Se está usando industrialmente agua servida ya usadas, en numerosos lugares. Se estima que es posible recuperar la mitad del agua que se distribuye a las ciudades, como agua servida. Antofagasta espera regar varias centenas de hectáreas.

6. *Empleo de agua de mar o salobre donde no es importante la calidad del agua.* Serían necesarias cañerías con una alta capacidad anticorrosiva. El uso de estas aguas sería importante en varias partes de la costa de Chile. Ya se está empleando agua salina en Chuquicamata.

7. *Nucleificación de nubes.* Se ha probado que las operaciones realizadas han sido estadísticamente significativas bajo un tipo de condiciones específicas de nubes. Es completamente posible que podrían aplicarse en la producción de nieve en la alta cordillera, y en Magallanes. Se necesitan estudios preliminares para obtener información básica.

8. *Condensación de las neblinas.* Los estudios sobre la condensación y absorción de humedad mediante sales delicuoscentes seguidas de destilación solar están en la etapa incipiente. Las condiciones chilenas en el Norte favorecen especialmente la experimentación, debido a que las densas camanchacas están combinadas con una fuerte radiación solar. Se están efectuando estudios en Antofagasta, en la Universidad del Norte.

9. *Control del derretimiento de las nieves.* Aparentemente se pierde una gran cantidad de nieve en la Cordillera por sublimación y evaporación, dejando picnículos de nieve penitente. En Rusia y otros países se está experimentando con facilitar el derretimiento mediante el empleo de polvo de carbón, etc.

10. *Aumento del rendimiento de las vertientes de montañas.* Numerosos estudios pilotos han indicado el tipo de cambios que pueden efectuarse en las especies arbustivas y de zonas semiáridas, sin aumentar indebidamente el peligro de la erosión y al mismo tiempo aumentar los rendimientos de agua. Exhaustivos ensayos pilotos, realizados en regiones áridas de Arizona, EE. UU., pueden ser instructivos para Chile.

11. *Reabastecimiento de agua freática.* El agua de las crecidas de los ríos se conservan en México y partes del Sudoeste de EE. UU., mediante pozos de reabastecimiento. De este modo, también se reabastece el agua subterránea con el agua superficial, distribuyéndola sobre material permeable.

12. *Utilización de cultivos de bajo requerimiento de agua:*

a. Existen cultivos que tienen aplicación en regiones marginales entre zonas de secano y áreas donde se explotan los cultivos convencionales o donde el agua es escasa (guar, curagüilla para escobas).

b. Se han mejorado algunas especies como *Parthenium argentatum*, para goma; *Rumex hymemsepalus*,

para tanino, y *Cucurbita foetidissima*, etc., para aceites semisecantes y secantes y proteínas, de modo que sus rendimientos son substancialmente más altos que los que se obtienen con estas especies silvestres. Algunas han resultado técnicamente factibles, pero son económicamente marginales bajo los altos costo de producción de los Estados Unidos. Las condiciones pueden ser favorables en Chile.

c. En México algunas plantas silvestres como la Candelilla (*Euphorbia cerifera*), para cera; Lechuguilla (*Agave lechuguilla*), para fibra, posible precursor de materia prima para la obtención de hormonas sexuales y cortisona, y Larrea divaricata, para antioxidantes, se cosechan al estado natural y son la base de importantes industrias. En Chile se exportan plantas nativas de zonas áridas, como el Algarrobillo, para el tanino, y el Quillay, por las saponinas. La *Opuntia ficusindica*, introducida en Chile, produce frutos o tunas comestibles. Todos éstos y otros deberían investigarse como posibilidades de estas zonas áridas, las cuales no son apropiadas realmente para pastizales y que no pueden regarse.

13. *Mejoramiento de los forrajes.* En Magallanes, Tierra del Fuego y otras partes de Chile, las plantas nocivas como la "mata negra" (*Verbena tridens*) y la "mata amarilla" (*Senecio patagonicus*) y algunos de los pastos "coirones" duros, están siendo reemplazados por mejores especies de pastos y leguminosas. Unas 350.000 Ha. en el altiplano del departamento de Arica solamente, podrían estudiarse con un propósito semejante. Partes del Alto Perú, bajo condiciones bastante similares, tienen más valor económico.

14. *Perfeccionamiento de los animales.* Animales como las llamas y alpacas se adaptan bien a las condiciones del altiplano y tienen un importante valor económico en el Perú. Su número en Chile árido parece ser relativamente bajo. La CORFO está estudiando planes para investigar este aspecto.

Tecnología de Zonas Áridas y el Norte Grande. La atención de todo Chile está centrada en los problemas económicos del Norte Grande. La pregunta lógica es, ¿cómo podrían usarse los inminentes avances de la investigación de zonas áridas para ayudar en esta situación? La preocupación inmediata sería la salud de la industria salitrera. Sin embargo, es obvio que no se puede desarrollar una economía fuerte y permanente en el Norte Grande, hasta que no se superen los problemas que derivan de la carencia de agua y de energía barata. Para obtener el agua que necesita, la pequeña población de más o menos 250.000 personas existente ha tenido que construir una extensa y costosa red de cañerías desde la Cordillera. Si se sigue con este procedimiento, a medida que aumente la demanda per cápita, la región pasará de una crisis

de agua a otra, hasta que haya finalmente desviado todas las fuentes en la Cordillera. Entretanto, pocos hombres de negocios depositarán su confianza en una zona cuya población y mercado están continuamente limitados por el agua. La economía seguirá dependiendo de la extracción de minerales o petróleo del subsuelo, y se hundirá o desplomará a medida que ellos se agoten o resulten antieconómicos. Por otra parte, si pueden ser superados los factores limitantes básicos, la región se encontraría con numerosas circunstancias favorables, que podrían emplearse para estimular un desarrollo permanente.

Circunstancias favorables si las limitaciones básicas son superadas

- 1- Inmensas reservas de minerales metálicos y no metálicos que por lo menos podrían ser refinados.
- 2- Excelentes perspectivas de biología marina. Condiciones de clima muy favorable.
- 3- Las Empresas industriales encontrarían:

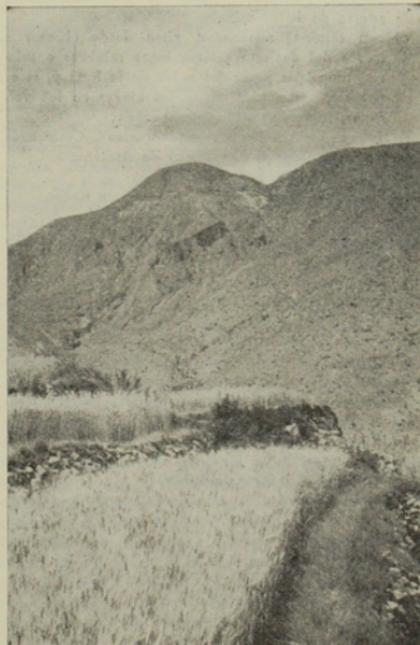
- a) clima moderado invariable
- b) clima saludable con pérdidas mínimas por enfermedades de obreros
- c) mucho espacio para la planificación moderna de ciudades e industrias a costos bajos, para evitar los problemas de congestión de las actuales grandes urbes
- d) costos potencialmente bajos de construcción, basados en diseños adaptables al clima
- e) bajos costos de mantención y corrosión mínima, especialmente en la Pampa
- f) caminos baratos de construir y mantener en la pampa; pocos problemas en relación con los derechos de vía
- g) las acomodaciones de recreación en la costa, cordillera o en canchones, serían fácilmente accesibles con buenos caminos; éstos incluirían las playas, la pesca, cacería, ski, excursiones, etc.

- 4- Los actuales altos costos de los alimentos deberán ceder ante un esfuerzo dirigido:

- a) pescados y productos marinos de bajo costo
- b) posibilidades de una importante producción de carne y fibra animales, en el altiplano, basada en las experiencias de Magallanes y Perú
- c) posibilidad de alimentos altamente proteicos a partir del alga *Chlorella*, probable uso de algas marinas, etc., y algunos concentrados producidos con riego para las necesidades de animales lecheros



Llamas en el valle de Azapa



Terrazas de cultivo de trigo en la Sierra de Tarapacá

- d) las perspectivas de regadío agrícola adicional no cubren más de 15.000 Há., pero incluyen excesos de productos tropicales difíciles de cultivar en otras partes
- e) el éxito alcanzado en experiencias con cultivos hidropónicos sin gran refinamiento, demuestra la posibilidad de cultivar verduras en cualquier época o estación del año. Requiere un diseño que minimice las pérdidas por evaporación. Podría tener mercado más allá de los límites regionales
- f) los alimentos básicos de gran volumen, como el trigo, se traerían desde el sur.

5 Potencial turístico:

- a) pesca, especialmente en el mar, incluyendo albacora
- b) historia, especialmente Iquique: las salitreras; pueblos fantasmas; casas de sal; canchones; guerra de 1879; minas
- c) con caminos adecuados, giras desde el mar a través del desierto estéril, lagos salobres o salares, montañas parecidas a las de la luna y, si es posible, hasta la línea de las nieves en los volcanes, tomarían sólo pocas horas
- d) interesantes hallazgos arqueológicos. Comienzos de un Museo en San Pedro de Atacama
- e) caza y posibilidades para el ski
- f) las playas más cálidas de Chile, para nadar.

Hay esperanzas de que la tecnología de regiones áridas, que se está desarrollando sea capaz de solucionar para siempre los problemas domésticos e industriales de agua y energía del Norte Grande, en el futuro previsible. Si se adoptan y se siguen sabiamente estos desarrollos, la región tendrá una oportunidad de llegar a ser una parte permanente, fuerte y estable de la economía chilena. Sin embargo, esto no sucederá automáticamente y debería comenzarse ahora su cuidadoso estudio. Con objeto de ahorrar esfuerzo y dinero, debería hacerse un intento para solucionar los problemas inmediatos, de un modo tal, que sean más fáciles las soluciones de largo alcance.

Sería una sabia idea la de organizar en un esfuerzo

cooperativo común, las agencias gubernamentales, los programas de asistencia técnica de las Naciones Unidas y de EE. UU., los programas de investigación de la Universidad y de las industrias mayores de la zona. Aun después de resolver las condiciones limitativas básicas, el desarrollo de la economía estará todavía lejos de ser fácil. Muy probablemente éste vendrá lentamente con el desenvolvimiento de recursos naturales terrestres y marinos adicionales. Ya se están necesitando en el mercado actual, pequeñas industrias adicionales y desarrollo agrícola. Si se introduce la utilización de la energía solar en Chile, a través del Norte Grande, ella puede extenderse hasta la parte industrial central, para las muchas aplicaciones en este campo.

Puede que haya algunos que piensen que debería intentarse aplicar los adelantos en zonas áridas a otras regiones áridas de Chile, además del Norte Grande. Es ventajoso centralizar el esfuerzo en un área. Sin embargo, es erróneo considerar el Norte Grande como una región homogénea, pues incluye casi todos los tipos de clima y ecología de las regiones áridas y semiáridas de Chile. Es así, por ejemplo, cómo el altiplano tiene muchos problemas comunes con las tierras de pastoreo de Tierra del Fuego. Los arbustos nativos de la cordillera tienen similitud ecológica con aquellos que se encuentran a menores alturas mucho más al sur. De este modo, el Norte Grande podría considerarse como una especie de planta piloto, en la cual podrían realizarse trabajos sobre zonas áridas que pudieran ser beneficiosos para todo el país.

Finalmente, la naturaleza no reconoce fronteras internacionales. Chile y Perú ganarían mucho con el establecimiento de un esfuerzo investigativo conjunto, en los campos de la desmineralización de aguas y de la energía solar. Un lugar apropiado para un instituto científico podría ser la línea de la Concordia. Argentina, Bolivia, Chile y Perú, están encarando problemas similares en la utilización del altiplano y podrían cooperar en beneficio mutuo. El desierto y las zonas áridas de Chile y sus vecinos, parece ofrecer una frontera para el genio creador y una oportunidad para establecer un nexo adicional de fraternidad.

N. de la R. La bibliografía y referencias utilizadas por el autor pueden solicitarse a la dirección del Boletín