

# **Costes derivados de la sobreexplotación del agua subterránea en evaluación de los costes generados por la instalación de plantas desalinizadoras de agua salobre en Canarias: una aproximación**

**Federico Aguilera Klink**  
**Carlos Castilla Gutiérrez**

---

## **1. CONSIDERACIONES EN TORNO A LA SOBREENPLOTAÇÃO**

---

El agua dulce que se extrae de un acuífero subterráneo es, por definición, un recurso físicamente renovable, dadas unas condiciones climáticas constantes e ignorando el caso de los acuíferos confinados situados en regiones donde la lluvia es un fenómeno muy esporádico. Ahora bien, la renovabilidad de un recurso y de una determinada calidad sólo se mantiene si, a lo largo del tiempo y como promedio, el ritmo de extracción iguala a la tasa de recarga del acuífero (uso sostenible).

Lo anterior significa, dadas unas reservas de agua subterránea que, en un primer momento, se podrá extraer más agua de la que el acuífero recarga anualmente, pero que la continuación, durante un largo período, de este comportamiento sobreextractivo (uso no sostenible), conduciría a una situación de degradación y posiblemente de agotamiento del recurso. Parece, no obstante, que el concepto de sobreextracción no es muy preciso.

En efecto, para algunos autores, la sobreexplotación no es nada más que un exceso de extracción sobre la recarga anual que sólo sería perjudicial cuando esta actividad, al ser sistemática y continuada, perjudicase al acuífero. Sin embargo, para Todd (1964, 13-38 y 13-39), la sobreextracción consiste en el exceso de extracción por encima del rendimiento de seguridad, que este autor define como la cantidad de agua que puede extraerse anualmente de un acuífero subterráneo sin que se produzca un

resultado indeseable. Así pues, para este autor la sobreextracción es una actividad perjudicial. Conceptos similares de la existencia de mínimos de seguridad han sido apuntados por algunos autores (Wantrup, 1952, Bishop, 1978). Desde una perspectiva conservacionista, estos autores proponen el mantenimiento de estos mínimos de seguridad como política a seguir para los recursos amenazados de agotamiento o extinción.

Lo relevante, en nuestra opinión, no es el tratar de definir con precisión qué se entiende por sobreextracción, sino conocer qué tipo de costes impone la sobreextracción y qué beneficios se obtienen a cambio, es decir, cuál es el impacto económico a corto y largo plazo, de la sobreextracción. Dos ejemplos nos pueden ayudar a ver esto más claro.

---

## 2. LA SOBREENTRACCIÓN EN ARIZONA Y CANARIAS

---

El caso de Arizona es ilustrativo del reconocimiento de la existencia de una extracción que «... supera ampliamente al rendimiento anual de seguridad y que amenaza con destruir la economía de algunas regiones del Estado y de perjudicar el bienestar y la economía general del Estado y de sus habitantes» («Arizona Groundwater Management Act of 1980», 45-401, *Arizona Revised Statutes*, 1986, pág. 67). Este exceso de extracción se estima que alcanza anualmente los 2.200.000 pies por acre (Johnson, 1980, pág. 1), cantidad que equivale a 2.714,8 Hm<sup>3</sup>.

Vemos claramente que en Arizona la sobreextracción se plantea como una actividad cuyos efectos pueden ser muy graves, de ahí que, para evitar esos efectos, se considere «...necesario conservar, proteger y asignar el uso de agua subterránea, así como proporcionar un marco para la gestión y regulación de la extracción, transporte, uso y conservación de los derechos a usar el agua subterránea...» («Arizona Groundwater Management Act of 1980», 45-401, *Arizona Revised Statutes*, 1986, pág. 67).

Este marco lo constituye la propia Ley de Gestión del Agua Subterránea de 1980, así como los Planes de Gestión del Agua Subterránea que obliga a desarrollar la citada ley, y cuyo objetivo es alcanzar, en las regiones en las que la sobreextracción constituye una amenaza clara, un equilibrio entre la extracción y la recarga para el año 2025.

Lo que nos interesa destacar con esta breve exposición del caso de Arizona es lo siguiente:

Cuadro 1

**La sobreextracción en Tenerife y Gran Canaria (1980) Hm<sup>3</sup>**

	<i>Tenerife</i>	<i>Gran Canaria</i>
<i>Aporte de agua</i>		
Infiltración.....	240	101,5
Reinfiltración de agua de riego.....	70	22,2
Aporte total .....	310	123,7
<i>Salidas de agua</i>		
Extracción por pozos y galerías .....	210	84,2
Salidas al mar .....	220	65
Total salidas .....	430	149,2
<i>Sobreextracción</i> .....	120	25,5

FUENTE: SOLER, C. y LOZANO, O. (1985). Elaboración propia.

a) Que se reconoce la existencia de sobreextracción y de sus perjuicios potenciales.

b) Que se considera el agua subterránea como un recurso renovable que interesa mantener como tal (dicho de otra manera, que es más costoso seguir con la sobreextracción que acabar con ella, lo que implica la existencia de un análisis económico).

c) Que se aplican una serie de medidas de carácter legislativo que permiten una gestión o una política económica del agua subterránea y, por lo tanto, la eliminación, a largo plazo, de los efectos perjudiciales de la sobreextracción.

La situación en Canarias se puede decir que es algo diferente de la expuesta de Arizona. En efecto, la sobreextracción en Canarias existe desde hace tiempo (ver cuadro 1), y ha sido cuantificada por los expertos, pero, en general, se evita hablar de sobreextracción empleando en su lugar el término déficit que parece menos duro. Lamentablemente, el cambio de etiqueta no consigue cambiar los efectos de la sobreextracción y así, en un trabajo muy reciente se llega a hablar ya de «agotamiento irreversible de algunos acuíferos» (Braojos, 1988, pág. 23).

En realidad, el uso del término déficit nos parece cuando menos ambiguo, pues la existencia de la sobreextracción es evidente. Si tenemos en cuenta, por ejemplo en el caso de Tenerife, que las entradas de agua suponen un total de 310 Hm<sup>3</sup>, mientras que las salidas al mar ascienden a 220 Hm<sup>3</sup>, es obvio que el aporte o recarga neta anual sólo puede ser de

---

Cuadro 2

**Plantas desalinizadoras de agua salobre.**  
Capacidad instalada en la isla de Gran Canaria (m<sup>3</sup>/día)

---

1983 .....	350
1987 .....	4.050
1988 .....	28.000
1989 .....	34.000

---

FUENTE: CALERO, R. (1987), VEZA, J. M. (1988) y encuesta propia (1989).

90 Hm<sup>3</sup> (que se transforma en 20 Hm<sup>3</sup> si descontamos la reinfiltración procedente del agua de riego), cantidad que es claramente inferior a los 210 Hm<sup>3</sup> que se extraen de galerías y pozos, por lo que se puede y se debe emplear el término sobreextracción.

Tenemos ya, en primer lugar, una diferencia con respecto a Arizona y es que no se reconoce claramente ni la sobreextracción ni, por tanto, sus perjuicios potenciales. La segunda diferencia está relacionada con la primera y consiste en que se considera, implícitamente, al agua subterránea como un recurso de carácter agotable. La tercera, finalmente, estriba en la ausencia de una política de gestión del agua subterránea.

Un ejemplo claro de este tipo de actitud hacia el agua subterránea, lo constituye la sobreextracción producida por la instalación de plantas desalinizadoras de agua salobre. El cuadro 2, muestra la evolución de la capacidad instalada de este tipo de plantas en Gran Canaria. En cualquier caso, esta actitud hacia la sobreextracción en Canarias está relacionada, fundamentalmente, con la consideración del agua subterránea como recurso agotable, consideración que paso a explicar.

---

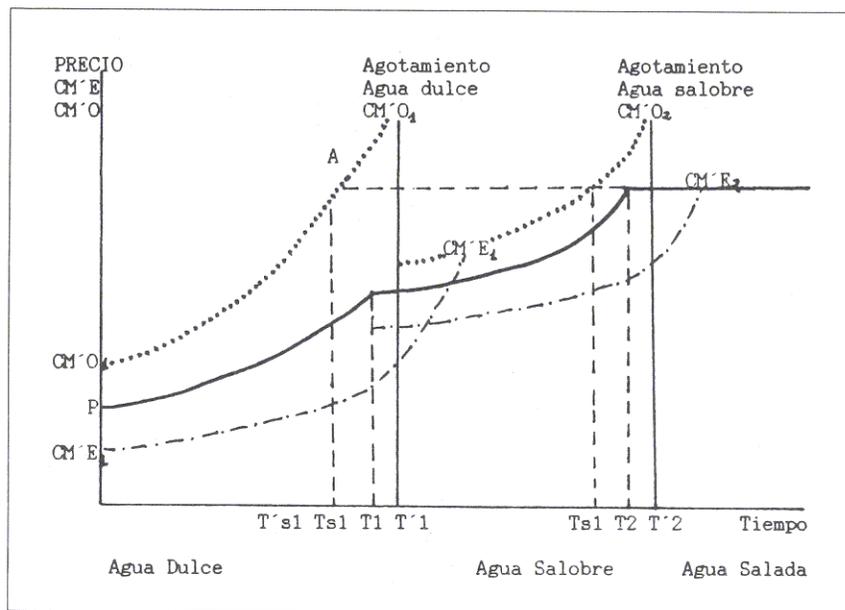
### 3. EL AGUA COMO RECURSO AGOTABLE

---

La consideración del agua subterránea como recurso agotable, está relacionada con la disponibilidad de técnicas de desalación de agua, y hace referencia al agua como un recurso que presenta, sucesivamente, diferentes calidades, a saber: dulce, salobre y salada (equiparables para nosotros a otros tantos recursos de diferente naturaleza). Esto significa que, en primer lugar, se extraería el agua dulce y una vez agotada se instalarían plantas de desalinización que permitirían inicialmente la extracción de agua salobre y finalmente, a medida que la calidad de esta agua se fuera dete-

Gráfico 1

## El agua como recurso agotable de diferentes calidades



riorando a causa de la extracción continuada, nos encontraríamos con agua de mar que habría igualmente que desalinizar.

Esta consideración podría descansar sobre la regla de Hotelling (1931), de acuerdo con la cual el precio de un recurso agotable está formado por dos componentes: a) el Coste Marginal de Extracción  $CM'E$  y b) el Coste de Oportunidad o Renta de Escasez, por lo que podríamos escribir:

$$P = CM'E + CO \quad [1]$$

El gráfico 1 nos puede ayudar a entender la aplicación de la citada regla. Podemos suponer, en efecto, que la extracción se inicia en el momento  $T_0$ , creciendo  $CM'E$  y  $CO$  a medida que aumenta, respectivamente, el coste de perforación y a medida que el recurso (agua dulce) se va agotando, por todo lo cual, el precio del agua va elevándose. (Nos olvidaremos en esta ocasión de los posibles fallos del mercado o de la existencia de

propiedad común, pues no afectan directamente a la relevancia del razonamiento.)

Por su parte,  $T1$  indica el momento en el que el precio del agua ha subido tanto que comienza a ser rentable la instalación de plantas desalinizadoras que permitan la utilización del agua salobre. Nótese que en este momento, aún no se ha producido el agotamiento total del recurso agua dulce, que viene delimitado por la línea de agotamiento en  $T1$ . Sin embargo, en la medida que la extracción continúa, ahora para abastecer a las plantas desalinizadoras, el agotamiento se produce en muy breve plazo.

Durante todo el período  $T1-T2$ , se generaliza el uso de las mencionadas plantas, pero a medida que se extrae el agua salobre, el acuífero continúa su degradación, es decir, se produce una progresiva intrusión de agua de mar que, poco a poco, va sustituyendo el agua salobre.

Lo anterior significa que el precio de mercado del agua salobre desalinizada, tras un período de estabilidad o de ligero crecimiento, tenderá a subir continuamente, pues los costes de desalinización aumentan al aumentar la salinidad del agua. Dicho de otra manera, el agua salobre es también un recurso agotable cuyo precio de mercado incorporará, igual que sucedía con el agua dulce, una renta de escasez.

Finalmente, al llegar al momento  $T2$  el precio ha subido tanto que comienza a ser rentable la desalinización de agua de mar, situación que, en el fondo, es similar a la desalinización de agua salada, no salobre, procedente del acuífero subterráneo ya salinizado. Nuevamente, es posible que no se produzca el agotamiento del agua salobre en un primer momento ( $T2$ ) ya que se hace rentable directamente la desalinización de agua salada, sin embargo, este tema no es ahora tan relevante como en el caso del agua dulce, pues de  $T1$  en adelante, la salinidad del agua no permanece constante, sino que va aumentando, de manera que el agua salobre no tiene un carácter homogéneo como lo tenía el agua dulce. Dado que el agua salobre no puede usarse directamente su agotamiento sólo es relevante respecto a las tecnologías de desalinización por lo que, lo que ocurra a partir de  $T2$  no se relaciona con la situación de  $T1$ . Efectivamente, si se sigue extrayendo del acuífero y ahora ya para las plantas desalinizadoras de agua salada, se producirá el agotamiento total del agua salobre en  $T2$  (línea de agotamiento del agua salobre); si, por el contrario, estas nuevas plantas se abastecen directamente del agua del mar, se conservará una cantidad de agua salobre pero de muy alta salinidad no útil para el consumo.

En la nueva situación, a partir de  $T_2$ , no existiría renta de escasez ya que la disponibilidad de agua salada es enorme y no existe, por el momento, el problema del coste de oportunidad de su extracción. Ahora y en adelante, el precio del agua dependerá estrictamente de la eficiencia de los diferentes sistemas de desalinización y del coste de la energía.

¿En qué medida es válido, desde un punto de vista económico, el enfoque anterior? o, dicho de otra manera, ¿cuáles son los criterios económicos sobre los que se basa el mantenimiento de la sobreextracción y, por lo tanto, la consideración del agua subterránea como recurso agotable? (falso por otra parte desde el punto de vista científico). Habrá que suponer que se basa en el análisis coste-beneficio y que los beneficios que se obtienen por este aprovechamiento del acuífero superan a los costes. El problema consiste, una vez conocidos los beneficios<sup>1</sup>, en determinar con precisión cuáles son los costes de sobreextracción o, si se prefiere, a qué nos referimos cuando hablamos de costes de sobreextracción.

---

#### 4. ALGUNOS CRITERIOS PARA EVALUAR LOS COSTES DERIVADOS DEL AGOTAMIENTO DEL AGUA SUBTERRÁNEA

---

Hotelling menciona de pasada el problema de los costes externos o costes sociales, es decir, el de aquellos costes que se originan al extraer agua de un pozo pero que recaen sobre las personas que extraen agua de otros pozos y que habría que añadir a los costes privados de extracción. Sin embargo, la aplicación habitual de la regla de Hotelling excluye este tipo de costes externos (Howitt y Nuckton, 1981) que, además, no recaen sólo sobre el colectivo de extractores de agua, sino que afecta a los consumidores actuales y futuros.

Piénsese que el efecto final de la consideración del agua como recurso agotable de diferentes calidades es, naturalmente, la desaparición del acuífero como tal en un plazo de tiempo más o menos breve. Obrando de esta manera, se incurre en una clara irreversibilidad (se convierte un

<sup>1</sup> No entramos ahora en el estudio de estos beneficios, que consideramos como dados; el uso que se hace del agua extraída es producto de una asignación, a la cual va asociado un coste de oportunidad. En un análisis económico global, habría que incluir esta perspectiva a la hora de evaluar el resultado de la gestión del recurso.

recurso renovable en no renovable)<sup>2</sup>. Mientras que si se considera como un recurso renovable, se puede, en teoría, utilizar la carga, que es una cantidad anual aproximadamente constante, durante un número de años infinito con un coste equivalente al de la extracción privada. Es decir, si se puede contar con un suministro inagotable pero limitado, aunque importante en volumen y con un coste relativamente bajo, ¿por qué agotarlo?

Este tipo de razonamiento coincide con el que proponen, entre otros Hueting (1980, 1986) y Repetto *et al.* (1989) como enfoque económico de los problemas ambientales y que nosotros aplicamos al agua como recurso natural. Para este autor, el medio ambiente (un acuífero), constituye un capital o activo natural que puede ser objeto de diferentes usos o proporcionar distintas funciones ambientales o sencillamente funciones. Cuando un uso o función se realiza perjudicando esa u otra función o amenazando su existencia futura, se produce la pérdida de una de ellas y, por lo tanto, la pérdida de capital. La pérdida de una función origina un coste, en nuestro caso el no contar con un suministro sostenible de agua.

De acuerdo con Hueting (1986, pág. 2), el análisis económico de un recurso natural (acuífero) debería seguir los siguientes pasos:

- 1.—Inventario de las funciones.
- 2.—Inventario de los beneficios producidos por esas funciones, primero en términos físicos y después en términos monetarios.
- 3.—Estimación de la posibilidad de usar de manera sostenible esas funciones.
- 4.—Enumeración de los casos en los que existe conflicto entre los usos de diferentes funciones.
- 5.—Inventario de las consecuencias actuales y futuras ocasionadas por las pérdidas de funciones, es decir, estimación de los costes físicos y evaluación monetaria de los mismos.

Por su parte, Pearce y Markandya (1987) y Pearce (1987), desde un punto de vista más académico sugieren la utilización del concepto de

<sup>2</sup> Ni siquiera en el caso de un recurso no renovable se justifica, económicamente, el agotamiento (si se incluyen todos los costes reales), aunque existen dificultades en la gestión. Pero en el caso de un recurso renovable, la elección del agotamiento es un caso extremo de ineficiencia en la asignación de recursos, además de ser social y moralmente muy poco aceptable.

Coste Marginal de Oportunidad ( $CM'O$ ) como un concepto que nos permite evaluar el coste total o real de una acción o de una política que agota una unidad de un recurso natural renovable, es decir, el  $CM'O$  se puede considerar como una medida que pretende identificar y evaluar el coste social del agotamiento de un recurso renovable. El  $CM'O$  no es nada más que la regla de Hotelling ampliada para que incluya los costes sociales o externos, de manera que siguiendo a Pearce, se puede desagregar en tres componentes:

$$CM'O = CM'D + CEM' + CM'U \quad [2]$$

Donde  $CM'D$  representa el coste marginal directo de la actividad o coste de extracción del recurso más el coste de oportunidad de uso del recurso;  $CEM'$  hace referencia a los costes externos o costes sociales. En nuestro caso vendría dado, en principio, por el coste que la degradación del acuífero impondría sobre los propios usuarios del mismo, pero como además resultarían afectadas otras actividades económicas, consumidores (en ambos casos habría un encarecimiento y una pérdida de calidad del agua, pues el agua desalinizada no es un sustituto perfecto) y ecosistemas (sin duda los efectos ambientales estarían presentes) habría que incluir los costes económicos correspondientes a todos estos efectos. Finalmente,  $CM'U$  indica el coste para los usuarios futuros de contar con una unidad menos del recurso original o, en nuestro caso, de no contar con el recurso original.

El cálculo del  $CM'O$  es realmente complejo, debido sobre todo al tipo de información que es necesaria tal como señala Schramm (1986), y pone de manifiesto la dependencia que las ciencias sociales tienen de la información facilitada por otras ciencias para poder llevar a cabo la evaluación económica. Sólo contando con una buena información sobre los efectos físicos y ambientales de la sobreextracción, proporcionada por ciencias como la hidrología, la geología o la ingeniería agrícola, entre otras, se puede obtener un cálculo fiable del  $CM'O$ .

Queremos resaltar el hecho de que cuando la actividad da lugar a la producción de irreversibilidades, como es el caso que nos ocupa (la degradación del acuífero es un efecto no anulable una vez que ocurre), el  $CM'O$  crece vertiginosamente, al hacerlo sus componentes, en especial  $CM'U$  y  $CEM'$ . En efecto, en la medida que una irreversibilidad es un coste que se impone a todas las generaciones futuras, la cuantía (calculable en ocasiones por varios métodos) para cada generación multiplicada por un número

alto de generaciones futuras (como sustituto del infinito) nos dará una cifra realmente astronómica.

La inclusión del  $CM'O$  en el gráfico 1 indica la hipotética evolución de los costes totales de extracción del agua. Es decir, lo que se quiere representar es el hecho según el cual, los costes que se derivan de la degradación del acuífero serían tan elevados que superarían, antes de  $T_1$  (a partir de  $Ts_1$ ) a los costes de desalinizar agua de mar (punto A de la gráfica) y, por supuesto, a los de desalinizar agua salobre. Por tanto, a partir de  $Ts_1$  se comenzaría a desalinizar directamente agua de mar ya que es rentable desde la nueva óptica económica global (es decir, incluyendo costes sociales, etc. recogidos en el  $CM'O$ ).

El Coste Marginal de Oportunidad se plantea como concepto a seguir y emplear si lo que se desea es llevar a cabo una gestión sostenible de acuífero, puesto que en definitiva el citado coste nos indicará «...el precio mínimo consistente con el uso sostenible» (Pearce, 1988, pág. 64).

Ahora bien, la especificación de los costes no implica automáticamente la incorporación de los mismos por parte de las personas que extraen el agua. Es conveniente recordar, por lo tanto, de acuerdo con Mishan (1971), que lo que constituye un coste para la empresa depende de la legislación existente. Así pues, en ausencia de una legislación sobre la extracción del agua o bajo una legislación permisiva, es casi seguro que los propietarios de los pozos consideren como costes de extracción, únicamente los costes que recaigan sobre ellos mismos (costes privados), pudiendo darse una infravaloración de los costes totales al ignorar los costes sociales y provocar, en consecuencia, una sobreextracción perjudicial.

Por el contrario, la existencia de una legislación restrictiva o, sencillamente, de una legislación que concediese un valor económico (negativo) a los perjuicios ocasionados por la sobreextracción, tal y como ocurre en Arizona, llevaría a los propietarios de pozos a incorporar, no sólo los costes privados, sino, además los costes sociales, por lo que cabría esperar que la aplicación de la regla del coste-beneficio, bajo este diferente marco institucional, evitaría la degradación del acuífero.

En la práctica, como ya apuntamos la dificultad de calcular el  $CM'O$  de una manera exacta, una posible solución sería determinar científicamente el nivel de extracción máximo a partir del cual comienza el deterioro del acuífero; sabemos que a partir de este punto ( $Ts_1$ ), el coste real ( $CM'O$ ) se

dispara, aunque no sepamos su cuantía exacta. La correspondencia de esto último, a nivel institucional, significaría la prohibición de superar ese nivel máximo de extracción. Finalmente, una gestión ideal del recurso nos llevaría aún un poco más lejos; dado que trabajar en el umbral máximo conlleva un riesgo (dificultad de determinar el nivel de manera exacta, posible superación del máximo intencionada o no, etc.), se recomienda un segundo margen de seguridad, siguiendo la prudencia que recomiendan algunos autores (Krutilla, 1967), lo que se traduce en un pequeño retroceso en el nivel máximo de extracción.  $Ts_1$  hasta  $Ts_1'$ .

---

## 5. EVALUACIÓN DE LOS COSTES GENERADOS POR LAS PLANTAS DESALINIZADORAS DE AGUA SALOBRE DE GRAN CANARIA: UNA APROXIMACIÓN

---

La instalación de plantas desalinizadoras de agua salobre se inició en Gran Canaria en 1983 debido, no tanto al crecimiento continuado del precio del agua para uso agrícola, sino principalmente a la dificultad de conseguir agua estando incluso dispuesto a pagar un precio elevado por ella. Esto significa que el motivo más importante era la inseguridad que había en el suministro de agua, por lo que las plantas se instalan para asegurarlo. En la actualidad, sin embargo, también se instalan este tipo de plantas para abastecer a las instalaciones turísticas.

Así pues, la desalinización de agua salobre se presenta como una solución técnicamente no compleja y más barata, por otro lado, que el agua que se podía obtener desalinizando agua de mar. Cada planta se considera como una inversión que se amortiza en una serie de años y de la que sólo interesa conocer el coste por  $m^3$ . Éste es un razonamiento de tipo empresarial perfectamente válido en ausencia de costes sociales, pero no en nuestro caso.

De acuerdo con los datos del cuadro 2, es importante señalar que la capacidad instalada hasta el momento, año 1989, que es de  $34.000 m^3$ /día, equivale a una producción anual de  $12,4 Hm^3$  que, a su vez, requiere una extracción superior a los  $15 Hm^3$ , aplicando un factor de conversión del 75 por 100, por lo que la cantidad realmente extraída representa aproximadamente el 13 por 100 de la infiltración anual.

La aplicación de cualquiera de los dos métodos de evaluación expuestos anteriormente no es muy precisa dada la información con la que se

Cuadro 3  
Evolución de la conductividad y dureza del agua en algunos pozos de agua salobre.  
Zona de Galdar. Gran Canaria

<i>Planta</i>	<i>Fecha análisis</i>	<i>Conductividad (mhos/cm.)</i>	<i>Dureza total (mg.l. de CO<sub>3</sub>Ca)</i>
1	4/86	4.155	910,5
	9/87	4.613	2.400
	4/89	3.990	792
2	6/86	2.900	621
	9/87	3.520	560
	4/89	3.840	624
3	6/86	4.846	931,5
	9/87	10.510	4.030
	9/89	6.300	128
4	9/87	160	—
	1/89	6.070	1.180
	4/89	8.420	2.692
5	4/86	272	20,7
	9/87	4.613	800
	3/89	5.130	928

FUENTE: Servicio Hidráulico de Las Palmas de Gran Canaria.

Cuadro 4  
Consumo energético necesario para producir agua (Kwh/m<sup>3</sup>)

	<i>Agua de pozo (dulce)</i>	<i>Agua de pozo (salobre)</i>	<i>Agua de mar</i>
Elevación.....	1	1	0
Desalación.....	0	2	7

FUENTE: RÍOS (1986), VEZA (1989), PÉREZ VERA (1989).

cuenta en la actualidad. No se conoce, por ejemplo, cómo reacciona el acuífero ante la extracción continuada de agua salobre, es decir, no se sabe, con precisión, cómo va a afectar esa extracción a los demás pozos, aunque se prevé que el efecto a medio y largo plazo sea la inutilización completa del acuífero, tal y como ya ha sucedido en algún área concreta de Gran Canaria.

Por su parte, el análisis de aguas de los pozos en los que se instalan las plantas desalinizadoras, indica un aumento en la conductividad y la dureza de las mismas en términos generales, pero hace falta, además, profundizar en el significado de estos análisis y relacionar los mismos con la época y la pluviosidad del año en la que se realizan, así como con las

Cuadro 5	
Costes energéticos anuales de las tres hipótesis de producción de agua (10 millones Kwh)	
<i>Hipótesis 1</i>	
— Extracción de 84 Hm <sup>3</sup> de agua de pozo (dulce) .....	84
— Desalación de 25 Hm <sup>3</sup> de agua de mar .....	175
Total .....	259
<i>Hipótesis 2</i>	
<i>M1</i>	
— Extracción de 84 Hm <sup>3</sup> de agua de pozo (dulce) .....	84
— Desalación de 25 Hm <sup>3</sup> de agua salobre.....	75
Total .....	159
<i>M2</i>	
— Extracción de 50 Hm <sup>3</sup> de agua de pozo (dulce) .....	50
— Desalación de 59 Hm <sup>3</sup> de agua salobre.....	177
Total .....	220
<i>M3</i>	
— Extracción de 20 Hm <sup>3</sup> de agua de pozo (dulce) .....	20
— Desalación de 89 Hm <sup>3</sup> de agua salobre.....	267
Total .....	287
<i>Hipótesis 3</i>	
— Desalación de 109 Hm <sup>3</sup> de agua de mar. Total .....	763

características del terreno en el que se encuentra el pozo. Una muestra de los resultados de los análisis citados, se encuentra en el cuadro 3.

El método que vamos a seguir, a modo de aproximación, para evaluar el coste de oportunidad en el que se incurre por la extracción de agua salobre. Consiste en el estudio del consumo energético necesario para producir de diferentes maneras 1 m<sup>3</sup> de agua. No hay que olvidar sin embargo, que esta aproximación debería incluir, además, la inversión necesaria para producir la energía adicional, así como la inversión en plantas desalinizadoras.

Los datos del cuadro 4, nos permiten evaluar en términos energéticos las tres hipótesis o escenarios en los que nos vamos a mover y que se resumen en el cuadro 5. La primera hipótesis supone que la extracción anual de agua dulce, 84 Hm<sup>3</sup>, se mantiene, tanto en cantidad como en calidad, indefinidamente. Esto exige que el acuífero no sea dañado, por lo que no se extrae agua salobre, sino que toda el agua que sea necesaria, hemos supuesto unos 25 Hm<sup>3</sup> olvidándonos del agua superficial que ya está asignada se obtiene desalando agua de mar.

La segunda hipótesis imagina una situación inestable o de transición desde la hipótesis 1 a la 3. Es decir, imagina un período de tiempo en el que la extracción de agua salobre perjudica al acuífero, por lo que aumenta paulatinamente la instalación de plantas desalinizadoras de agua salobre, y en consecuencia, los costes energéticos de producir la misma cantidad de agua, hasta que se llega a la situación descrita en la hipótesis 3. En un intento de reflejar esa situación de transición, hemos considerado tres momentos o subperíodos, dentro de esta situación, que hacen referencia a una supuesta evolución de la instalación de plantas desaladoras de agua salobre.

Es importante dejar claro que ésta es una fase en la que a corto plazo los costes son bajos, por lo que la instalación de plantas desaladoras de agua salobre se presenta, en principio, como atractiva y conveniente; el problema vendrá a largo plazo y será, probablemente, de carácter irreversible. Dado que a largo plazo el problema de abastecimiento de agua se transforma en una cuestión de disponibilidad de energía, la única alternativa que podría «compensar» el agotamiento del acuífero sería la existencia de fuentes renovables de energía que permitirán la desalación. Pero como incluso este tipo de energía tiene un coste, y por el momento no es bajo, sería más eficiente extraer la mayor cantidad de agua dulce de los pozos y el resto del mar.

La tercera hipótesis imagina una situación en la que el acuífero ha alcanzado un grado tal de degradación, producido por la extracción continuada de agua salobre, que da igual, en términos energéticos, desalinizar este agua que el agua de mar. Esto significa que habría que desalinizar  $109 \text{ Hm}^3$  al año.

Es evidente que distintas hipótesis o situaciones van a proporcionar diferentes resultados, por lo que cabe señalar que en el cuadro 5 sólo aparecen algunas de ellas. Lo importante es tener en cuenta que si la desalación de agua salobre tiene efectos perjudiciales sobre el acuífero y se continúa con su extracción, los extractores actuales están trasladando sobre los extractores futuros, y quizá de un futuro no demasiado lejano, un conjunto de costes realmente importante.

En realidad, el *CM'O* de la extracción de agua salobre oscila entre 2 y  $7 \text{ Kwh/m}^3$  o, dicho de otra manera, el coste anual en el que se incurre, expresado en millones de Kwh, oscila entre 159 (ahorro, en un primer momento, de 100 millones de Kwh/año) y 763 (consumo adicional de

504 millones de Kwh/año). Si expresamos estas cantidades en términos monetarios, para un precio actual sin subvencionar de 12 ptas/kwh, resulta que la situación oscilaría entre un ahorro anual de 1.200 millones de pesetas y un coste anual adicional superior a los 6.000 millones de pesetas, sin contar con las inversiones que exige este sistema de producción de agua.

Podemos decir, finalmente que el carácter dinámico de la externalidad generada por la extracción continuada de agua salobre puede considerarse perfectamente como una bomba de relojería. Así es considerada por el Informe del Review Group (1983) sobre la gestión del agua subterránea en Israel, la sobreextracción continuada, y aunque se resaltan, en dicho informe, los logros alcanzados en la desalinización, se advierte sobre la posibilidad de que la mera existencia de esta alternativa tecnológica pueda usarse como argumento para desviar la atención del problema real y para transigir en el aplazamiento continuo de una acción necesaria.

#### BIBLIOGRAFÍA

- ARIZONA GROUNDWATER MANAGEMENT ACT OF 1980 (1986), *Arizona Revised Statutes 1*, West Publishing.
- BISHOP, R. (1978), «Endangeres Species and Uncertainty: The Economics of a Safe Minimun Standard», *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 60, núm. 1.
- BRAOJOS, J. J. (1988), «Zonificación Hidrológica: Evolución de la superficie freática», *Plan Hidrológico Insular de Tenerife*.
- CALERO, R. (1987), «Inventario de Plantas desalinizadoras de Canarias», *Plan Hidrológico de Canarias*.
- CIRIACY-WANTRUP (1952), *Resource conservation-economics and policies*, University of California Press, Barkeley y Los Ángeles.
- HUETING, R. (1980), *New Scarcity and Economic Growth*, North-Holland.
- (1986), «Framework for a cost-benefit analysis for different uses of a tropical humid forest area», *Paper prepared for the Tropenbos seminar at Baarn*.
- HOWITT, R. y NUCKTON, C. (1981), «Is overdrafting always bad?», *California Agriculture*, enero-febrero.
- JOHNSON, J. W. (1980), *Summary of the Groundwater Management Act*.
- KRUTILLA, J. (1967), «Conservation Reconsidered», *American Economic Review*, vol. 57.
- MISHAN, E. (1971), *Los costes del desarrollo económico*, Oikos.
- PEARCE, D. y MARKANDYA, A. (1987), «Marginal Opportunity Cost as a Planning Concept in Natural Resources Management», *Discussion Paper*, núm. 87-06, University College London.
- PEARCE, D. (1987), «Valuing Natural Resources and the Implications for Land and Water Management», *Resources Policy*, diciembre.
- (1988), «Optimal Prices for Sustainable Development», *Economics, Growth and Sustainable Enviroments*, ed. D. Collard, D. Pearce y D. Ulph, Mac.Millan.

- PÉREZ VERA, J. (1987), «Informe sobre la desalinización en Canarias» (no publicado).
- REPETTO, R. *et al.* (1989), «Wasting Assets: Natural Resources in The National Accounts», *World Resources Institute*, Washington.
- REVIEW GROUP (1983), «La gestión de los recursos hídricos en Israel», *Lecturas sobre economía del agua*, vol. 11; AGUILERA (ed.), *Documentos de trabajo*, núm. 1, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de La Laguna.
- RIÓS, M. (1986), «Las energías alternativas y su aplicación a la producción de agua», *Canagua*, Las Palmas de Gran Canaria.
- SCHRAMM, G. (1986), «Practical Approaches for Estimating Resource Depletion Costs», *Natural Resources Economics and Policy Application Essays in Honor of James A. Crutchfield*, Ed. E. Miles, R. Pealy y R. Stokes, University of Washington Press.
- SOLER, C. y LOZANO, O. (1985), «El agua en Canarias», *Boletín de Informaciones y Estudios*, Servicio Geológico.
- TODD, D. (1964), «Groundwater Handbook of Applied Hydrology», *Ven Te Chow*, Mc Graw-Hill.
- VEZA, J. (1988), «Inventario de plantas desalinizadoras en las Islas Canarias», Congreso Europeo de Desalinización, Las Palmas de Gran Canaria, noviembre.