

La política del manejo de los embalses de los distritos de riego de México

Enrique Palacios Vélez
Lucina Flores Pérez

Colegio de Postgraduados

La Comisión Nacional del Agua tiene una clara política sobre la operación de los embalses en los distritos de riego para minimizar sus derrames; pero no la tiene en cuanto a la posibilidad de secarlos, a pesar de que los impactos socioeconómicos negativos pueden ser más significativos que los que llegaran a producir los derrames. En efecto, se observa que a partir de 1993, después de que se transfirieron las responsabilidades del manejo de los más importantes distritos de riego del país a sus organizaciones de usuarios, la tendencia en el manejo de los embalses que regulan las corrientes que abastecen los distritos de riego muestra una franca tendencia a la baja, llegando a niveles mínimos en dos ocasiones y posiblemente se llegue a niveles aún menores en 1999. Como ejemplo se muestra el comportamiento de las presas en la región lagunera, donde en 1996 solamente se regó un tercio de la superficie del distrito, después de varios años de extraer volúmenes muy superiores a los recomendados en un decreto presidencial de 1988. En este trabajo se muestra, utilizando como ejemplo datos de la región lagunera, que los volúmenes que se extraen sobre la disponibilidad media generan beneficios menores y producen menos empleos que los que generarían si se guardaran para utilizarlos en épocas de escasez.

Palabras clave: embalses, productividad media y marginal del agua, sequía, empleos.

Introducción

Para la regulación del agua de riego, los distritos de riego del país cuentan con 134 embalses, cuya capacidad total es de 72.4 km³ y una capacidad útil de 48.4 km³. Los distritos de riego usan como promedio unos 30 km³/año y la mayor parte de esta agua proviene de estos 134 embalses.

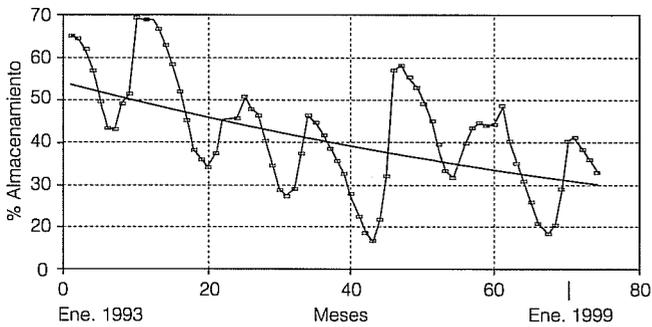
La disponibilidad de agua es muy variable de un año a otro; sin embargo, una de las funciones principales de las presas de almacenamiento es regular los escurrimientos de los ríos y almacenar agua en los años abundantes para utilizarla en los secos; así, en el río Yaqui se han construido tres presas, cuya capacidad es cercana a los 7 km³, un poco más del doble del escurrimiento medio del río; en la región lagunera, las dos presas ubicadas sobre el río Nazas tienen capacidad para almacenar casi tres veces el escurrimiento medio del río. No obstante, después de que se ha transferido la responsabilidad de operar los distritos a sus asociaciones de usuarios, se ha observado con

preocupación la tendencia a extraer anualmente toda el agua que sea posible de las presas.

En efecto, como se observa en la ilustración 1, los almacenamientos de los 134 embalses tienen una franca tendencia a la baja a partir de 1993, con niveles mínimos de almacenamiento en julio de 1996 (16.8%) y en julio de 1998 (18.8%), los cuales posiblemente lleguen a ser menores en 1999 por el nivel inicial, que es el mínimo observado.

La Comisión Nacional del Agua (CNA) autoriza cada año las extracciones de las presas y la Subdirección Técnica tiene especial cuidado de evitar los derrames de los embalses; sin embargo, no se ha evitado secarlos. Anteriormente, cuando la responsabilidad de la operación era de la Secretaría de Recursos Hidráulicos o de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, se cuidaba de no llegar al extremo de secar los embalses, pero recientemente no se ha mantenido un volumen mínimo en presas que garantice la regulación de los ríos y, como se nota en la mencionada ilustración, se ha llegado a niveles mínimos de almacenamiento.

Ilustración 1. Variación de los almacenamientos en México.



La gestión racional de la sequía

La sequía es un fenómeno que se presenta periódicamente en las cuencas de la mayor parte de los ríos del país, con efectos negativos para la agricultura en general; sin embargo, este efecto debería tener menor significación en la agricultura de riego. Una de las funciones principales de los embalses es regular el régimen de los ríos, por lo que conviene dejar siempre un volumen remanente de un ciclo a otro, que permita una mejor operación para el siguiente periodo, en el caso de que se presenten aportaciones menores que las medias.

Desafortunadamente, en años recientes se ha extraído el volumen máximo posible de las presas, bajo el supuesto de que también se logrará un máximo ingreso para los productores. Pero la realidad es que la productividad marginal del agua para los volúmenes mayores que las extracciones medias generalmente es baja; esto implica que no es una buena estrategia utilizar toda el agua que se haya almacenado en una presa en los años abundantes, como se demostrará más adelante.

Un manejo adecuado de los recursos hidráulicos debe garantizar la satisfacción de una demanda media de agua siempre que sea posible. Así, Llamas (1996), señala que "... En una planificación racional de los recursos hidráulicos debe asegurarse que en todo momento exista una seguridad razonable de que, o bien la curva de demanda no intercepte la de disponibilidad, o bien, lo que es más usual en regiones de baja hidrolicidad, que existan reservas suficientes para atenuar las consecuencias de los déficit probables".

Este mismo autor propone una estrategia para la gestión racional de una sequía, indicando que cuando la demanda de agua media es superior a las disponibilidades, la gestión racional consiste en poder compensar los déficit posibles a un nivel de probabilidad correspondiente al riesgo máximo que pueda soportarse.

También señala que, para el caso de sequías persistentes, la gestión adecuada será mediante la estabilización o incluso la reducción forzada de la demanda de agua, como se muestra en la ilustración 2.

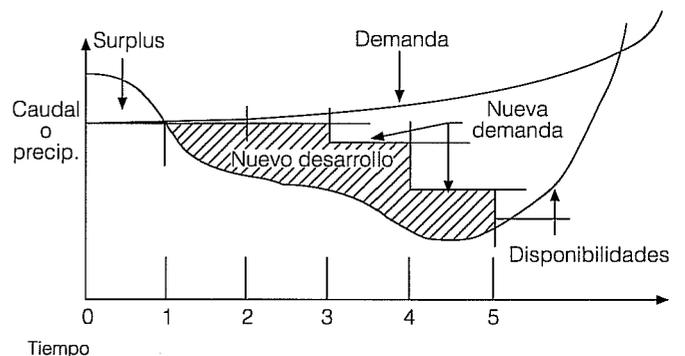
Sin embargo esto no ha sucedido en México, ya que aun en caso de sequía se mantiene una demanda relativamente alta y se extrae el máximo de agua posible.

El manejo de las presas en la región lagunera

Así, se puede presentar como ejemplo el manejo de las presas Lázaro Cárdenas y Francisco Zarco en el distrito de riego de la región lagunera. En el ciclo agrícola 1995-1996, estas presas se encontraban casi vacías, por lo que solamente se utilizó un volumen de 409 Hm³, con lo que se regó alrededor de un tercio de la superficie usualmente regada en el distrito; en el siguiente ciclo agrícola, 1996-1997, hubo una recuperación en las presas y se les sacó la mayor parte del agua que entró, un volumen de 1,043 Hm³, así que para el ciclo siguiente ya hubo restricción, y en el de 1997-1998 nuevamente se observó una condición similar a la de 1995-1996, con menos de 20% de la capacidad de las presas.

En este distrito se han llevado a cabo varios estudios tendentes a definir una política de operación de los embalses. El primero que se llevó a cabo, como consecuencia de la sequía que se presentó en 1962, se derivó finalmente en un Decreto Presidencial de fecha 12 de noviembre de 1963, publicado en el *Diario Oficial de la Federación* del día 27 del mismo mes, en el que se ordena que los volúmenes extraídos de la presa Lázaro Cárdenas no excedan de los 800 millones de metros cúbicos anuales. Este decreto se modificó el 26 de febrero de 1988 mediante otro Decreto Presidencial que, en su artículo primero, segundo párrafo, dice: "Cuando en el sistema de presas Lázaro Cárdenas (El Palmito) y Francisco Zarco (Las Tórtolas), exista el 1º de octubre de cada año, un volumen que

Ilustración 2. Gestión de una sequía (Llamas, 1996).



Cuadro 1. Relación almacenamiento-extracción (Hm³).

Almacenamiento al 1o. de octubre	Volumen a extraer en el ciclo agrícola
> 2,155	1,300
1,830-2,155	1,175
1,420-1,830	1,050
1,010-1,420	925
<1,010	800

sumado supere los 2,873 millones de m³, se permitirá la extracción de hasta 250 millones de m³ adicionales a los ochocientos que determina el párrafo anterior”.

Adicionalmente, en 1991 la Gerencia Regional Norte de la CNA mandó hacer otro estudio a una empresa, con el fin de afinar los estudios anteriores, para lo cual se utilizó programación dinámica y sus resultados coinciden en términos generales con los obtenidos anteriormente. En el cuadro 1 se muestran las propuestas de extracciones, según este estudio, en función de los volúmenes que se tengan en el conjunto de las dos presas para el día primero de octubre del ciclo agrícola que se inicie. Como se observa, tiene alguna variación con relación a lo que define el último Decreto Presidencial, con la ventaja de que da mayor flexibilidad al manejo de las presas.

No obstante, la operación de las presas se ha llevado a cabo sin seguir los lineamientos de estos decretos ni los del estudio mencionado, ya que en el periodo de 1987 a 1996 se extrajeron volúmenes muy superiores a los recomendados, que llegaron a superar en un año los 1,600 millones de m³, y en cinco de los diez años considerados, las extracciones fueron superiores a los 1,400 millones de m³.

Análisis de la productividad del agua en la región lagunera

Flores (1999), en un estudio que llevó a cabo en este distrito, utilizando técnicas de simulación y optimización, propone una política de operación de las presas muy apegada a lo dispuesto en los decretos presidenciales referidos y demuestra que podría haberse obtenido un mayor ingreso, y generado más mano de obra, si las extracciones no hubieran rebasado los límites recomendados.

Con objeto de evaluar el efecto del agua de la presa en el beneficio bruto para el distrito de riego, se buscó una relación funcional entre estas variables. Sin embargo, para encontrar esta relación es necesario considerar solamente el efecto del agua en el benefi-

cio, para lo cual se calculó dicho beneficio a precios y rendimientos constantes de un año base, a fin de evitar el efecto del cambio de precios, principalmente por el proceso inflacionario y el efecto que pueden tener el cambio tecnológico, las plagas y las enfermedades sobre los rendimientos, así como otras variables que pueden distorsionar la relación buscada.

Con este objeto, se calcularon los beneficios brutos con la siguiente relación:

$$VP_j = \sum_{i=1}^n S_{ij} R_{io} P_{io} \quad (1)$$

donde:

VP_j = valor de la producción en el año (j).

S_{ij} = superficie del cultivo (i) en el año (j).

R_{io} = rendimiento de cultivo (i) en el año base (1994).

P_{io} = precio del producto (i) en el año base (1994).

Adicionalmente, se calcularon para cada año, considerado los coeficientes técnicos proporcionados por los Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA, 1996), los jornales de ocho horas que se requerirían para la producción de cada cultivo, con el fin de encontrar una relación entre los volúmenes de agua utilizados para riego y el número de jornales generados.

El año base seleccionado fue el de 1994, debido a que en dicho año se disponía de la información para todos los cultivos que se regaron en el periodo analizado. Este periodo está comprendido entre el ciclo

Cuadro 2. Volúmenes usados, beneficios y jornales.

Ciclo agrícola	Volumen (Hm³)	Beneficio millón \$ 1994	Jornales millones	Prod. med. \$ 1994/m³
77-78	1139.697	454.314	8.037	0.399
78-79	1208.273	464.732	7.867	0.385
79-80	1134.248	449.819	7.700	0.397
80-81	980.354	421.916	7.183	0.430
81-82	1286.460	440.570	7.441	0.342
82-83	882.220	318.602	5.090	0.361
83-84	889.270	329.131	5.743	0.370
84-85	1245.806	432.444	7.615	0.347
85-86	1280.345	438.016	7.646	0.342
86-87	1365.234	432.803	7.493	0.317
87-88	1586.808	514.543	8.105	0.324
88-89	1580.944	480.585	7.956	0.304
89-90	1088.098	404.306	6.892	0.372
95-96	409.149	126.128	2.201	0.308
90-91	1439.167	398.340	5.151	0.277
91-92	1612.084	396.713	2.683	0.246
92-93	1352.818	362.389	2.467	0.268
93-94	1432.550	389.197	3.223	0.272
94-95	955.529	284.747	3.333	0.298

agrícola de 1977-1978 y el de 1995-1996. La información sobre los volúmenes utilizados, las áreas regadas, rendimientos y precios de los cultivos, fueron proporcionados por personal del distrito de riego.

Un resumen de los resultados del cálculo de los beneficios netos a precios y rendimientos constantes de 1994, así como el del número de jornales generados cada año, se presenta en el cuadro 2, donde además se incluye una estimación de la productividad media del agua.

Se observa en este cuadro que los datos correspondientes a los años de 1990-1991 a 1994-1995, se han colocado al final, debido a que en este periodo se redujo a un mínimo la producción de algodón, debido a lo cual disminuyeron substancialmente la generación de empleos y también los beneficios brutos, por lo que no se tomaron en cuenta para la estimación de las relaciones beneficio-volumen y jornales-volumen.

La función beneficio-volumen obtenida mediante regresión, con un aceptable coeficiente de determinación de $R^2 = 0.91$, fue la siguiente:

$$B = 605.327 - \frac{203669}{V} \quad (2)$$

donde:

B = beneficios brutos en millones de pesos de 1994.

V = volumen de agua usada en Hm^3 .

De aquí también puede obtenerse la productividad marginal del agua mediante simple derivación, de manera que:

$$\text{Productividad marginal del agua} = \frac{dB}{dV} = \frac{203669}{V^2} \quad (3)$$

También se obtuvo la relación entre los jornales generados y el volumen de agua usado, obteniéndose la siguiente función con un $R^2 = 0.89$:

$$J = 10.21 - \frac{3383.28}{V} \quad (4)$$

donde:

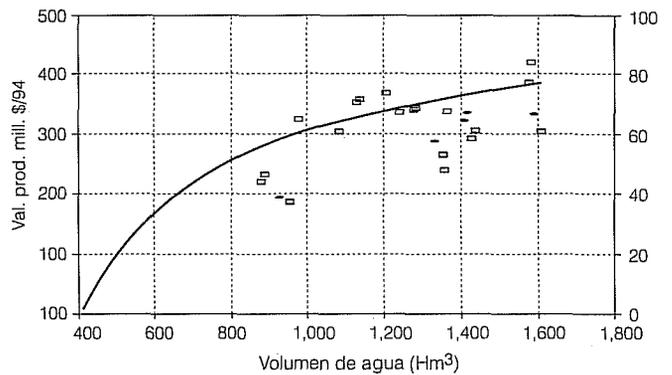
J = millones de jornales de ocho horas generados por los cultivos regados.

V = volumen de agua utilizado en Hm^3 .

Como en el caso anterior, también puede obtenerse la productividad marginal de los jornales en función del volumen utilizado, esto es:

$$\text{Productividad marginal de jornales} = \frac{dJ}{dV} = \frac{3383.28}{V^2} \quad (5)$$

Ilustración 3. Relación beneficio-volumen en el Distrito 0-17, región lagunera.



En la ilustración 3 se presentan los valores de beneficio y volumen, y se marcan en oscuro los datos no considerados en el cálculo de la función. La línea continua es la función.

La función de la productividad marginal se presenta en la ilustración 4, donde, además, se muestra el valor de $200 Hm^3$, cuando el agua se utiliza en volúmenes mayores de $1,400 Hm^3$ y el valor de los mismos es $200 Hm^3$, pero cuando el agua se usa en el rango de 800 a $1,000 Hm^3$. El valor respectivo es el área bajo la curva de la productividad marginal del agua, marcado con puntos, que se puede evaluar fácilmente integrando la función (3) entre los dos valores considerados.

En efecto, el valor de los $200 Hm^3$ entre $1,400$ y $1,600$, es de 18.18 millones de pesos de 1994 , mientras que el valor para el mismo volumen entre 800 y $1,000 Hm^3$, es de 50.92 millones de pesos de 1994 ; es decir, 2.8 veces mayor. Un cálculo muy similar se puede hacer con relación a la creación de empleos, cuya curva es del mismo tipo que la que se muestra en la ilustración 4. En este caso, el número de jornales generados por los $200 Hm^3$ entre $1,400$ y $1,600 Hm^3$ es de 0.302 millo-

Ilustración 4. Productividad marginal del agua en la región lagunera.

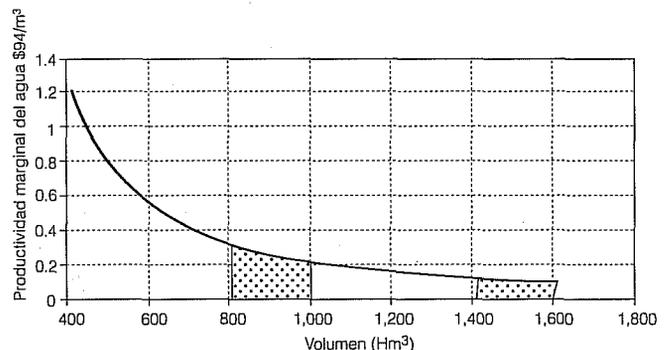
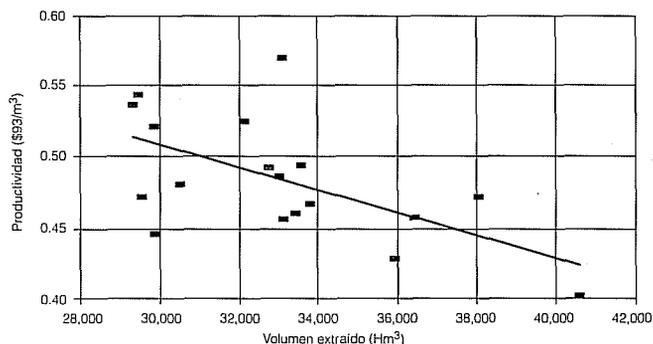


Ilustración 5. Productividad media del agua en distritos de riego de México.



nes de jornales; es decir, 302 mil jornales. En cambio, entre 800 y 1,000 Hm³ se generan 845,820 jornales.

Por lo anterior, se demuestra que es una mala estrategia vaciar las presas cuando se llenan, ya que si se guarda un volumen para usarse en otra ocasión, cuando se presenta una sequía, por ejemplo, se generará un mayor beneficio, además de más empleos.

Esta situación se puede confirmar al considerar los volúmenes extraídos en el ámbito de todos los distritos de riego de México en el periodo comprendido entre 1980 a 1996, como se puede ver en la ilustración 5, donde se muestra la relación entre la productividad media del agua a precios deflactados (1993) con el índice implícito de precios del PIB agrícola y el volumen total extraído para todos los distritos de riego del país. Se nota que para volúmenes mayores de 34 km³ el valor de la productividad del agua disminuye considerablemente.

Obsérvese que la productividad media del agua decrece conforme se ha extraído un mayor volumen de las presas del país. La disminución es del orden de 2% por cada km³ adicional que se extrae de las presas.

Como se indicó anteriormente, en el estudio llevado a cabo por Flores (1999) se simuló la operación de las presas, ajustándose a una extracción similar a la propuesta tanto por los decretos como por el estudio que la CNA realizó en 1991, para el periodo de 1987 a 1996, con el objeto de demostrar que se podía lograr un beneficio mayor si se ajustaban las reglas de operación a las extracciones recomendadas, según el almacenamiento que se tenía disponible al inicio del ciclo agrícola.

Efectivamente, de acuerdo con dicho estudio, en este periodo, los beneficios reales estimados a precios constantes de 1994 fueron de 1,729.32 millones de pesos, con una generación aproximada de 49.52 millones de jornales. Siguiendo las reglas de operación re-

comendadas, con extracciones menores de agua se hubieran podido lograr, en el mismo lapso, beneficios del orden de los 2,453.36 millones de pesos y generado 52.44 millones de jornales.

Finalmente, se deduce que no es conveniente vaciar las presas cuando llegan a llenarse totalmente, ya que el beneficio que se puede obtener con el volumen que se extrae sobre lo que podría ser la disponibilidad media de agua de la cuenca genera un beneficio menor que el que se obtendría si dicho volumen se guarda para usarse en los siguientes años y con mayor razón si son secos. Además de que se requerirá de tiempo para volver a establecer su capacidad reguladora.

Por esta razón, es recomendable que la CNA siga una política similar a la que tiene con relación a evitar derrames, estableciendo límites para la extracción anual, ya que el secar una presa puede tener efectos más negativos, desde el punto de vista económico, que el que puede producir un derrame. Así, por ejemplo, se estima que la reducción en beneficio bruto que se tuvo en 1996 en la región lagunera, cuando solamente se dispuso de 409 Hm³ respecto al valor medio esperado de 1,050 Hm³, fue del orden de los 300 millones de pesos de 1994 y la pérdida de jornales de un poco más de cinco millones.

Recibido: 30/11/98

Aprobado: 3/08/99

Referencias

- CNA, *Estudio para actualizar las políticas de operación del sistema de presas: Lázaro Cárdenas y Francisco Zarco*, Gerencia Regional Norte, Torreón, Coahuila, México, 1991.
- CNA, *Sistema de información de estadísticas agrícolas y Sistema de información de informes de distribución de aguas de los distritos de riego del país*, Gerencia de Distritos de Riego, México, 1998.
- Diario Oficial de la Federación*, Decretos presidenciales con relación al manejo de las presas Lázaro Cárdenas y Francisco Zarco, en la Región Lagunera, México, 1963 y 1988.
- FIRA, *Costos de producción de los cultivos en la región lagunera*, inédito, Torreón, Coahuila, México, 1996.
- Flores, P.L., *Impacto económico de una sequía en el distrito de riego 017, región lagunera, y medidas para aminorar-lo*, tesis de maestría, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México, 1999.
- Llamas, J., "Conflictos en el uso del agua para objetivos múltiples: la experiencia canadiense", *Memorias del Seminario Internacional sobre la Gestión Eficiente del Agua*, Aguascalientes, México, 1996.

Abstract

Palacios Vélez, E. & L. Flores Pérez, "Reservoir operating policies for irrigation districts in Mexico", *Hydraulic Engineering in Mexico (in Spanish)*, vol. XV, num. 3, pp. 127-132, September-December, 2000.

The National Water Commission has a clear policy for operating reservoirs, which are the main source of water for the irrigation districts, to minimize spills. Unfortunately, it has not a similar policy to avoid the drying up of the dams, even if the economic and social negative impacts could be greater than those produced by spills. In fact, since 1993 when most of the irrigation districts were transferred to the Water Users Associations, the total water storage in those reservoirs has shown a tendency to diminish. Twice during the previous years the levels of storage have reached minimum values, and perhaps in 1999 these values could be smaller. To assess the social and economic impact of drying the dams, an example is shown, using information from the Lagunera region, where in 1996 only one third of the district area was irrigated, due to the little water available in the two dams. This situation was the result of the water withdrawals in the previous years, greater than the volume recommended by a Presidential decree of 1988. In this paper, using data from the Lagunera region, the economic and social negative effects of water withdrawal upon the average annual water available, are shown.

Key words: reservoirs, average and marginal productivity of water, drought, labor.

Dirección institucional de los autores:

Enrique Palacios Vélez
Correo electrónico: epalacio@colpos.colpos.mx.

Profesor Investigador Titular del Colegio de Postgraduados
56230, Montecillos, Estado de México, México

Lucina Flores Pérez
Correo electrónico: epalacio@colpos.colpos.mx.

Exalumna C del Colegio de Postgraduados
56230, Montecillos, Estado de México, México