

METODOLOGÍA PARA LA ASIGNACIÓN CONCERTADA DE AGUA (MACA)

• Julio César Jesús-Salazar* • Jesús Abel Mejía-Marcacuzco
Universidad Nacional Agraria "La Molina", Perú

*Autor de correspondencia

Resumen

JESÚS-SALAZAR, J.C. & MEJÍA-MARCACUZCO, J.A. A Metodología para la asignación concertada de agua (MACA). *Tecnología y Ciencias del Agua*. Vol. V, núm. 1, enero-febrero de 2014, pp. 165-174.

En las últimas décadas se han desarrollado muchos métodos de simulación y optimización matemática para resolver la complejidad del cruce de variables de los dominios natural y social que permita gestionar de manera integral el agua; desafortunadamente, la mayoría de estas aplicaciones no incorporaron en sus cálculos el concepto de equidad. Tal situación representa un factor limitante en el balance de resolución de conflictos. Este artículo presenta la metodología aplicada a un proyecto piloto en una cuenca hidrográfica tutorial como herramienta de gestión integrada de recursos hídricos, e incorpora en una sola arquitectura tres componentes fundamentales: *equidad, sostenibilidad y eficiencia*. La Metodología para la Asignación Concertada de Agua (MACA) se desarrolla en dos etapas: 1) *asigna* los derechos iniciales sobre el uso de agua, utilizando una red de trabajo nodo-enlace de la cuenca hidrográfica y tres procedimientos de asignación: Programación Multiperiodo Priorizado del Caudal Máximo de la Red, Ribereño Modificado de Asignación de Agua y Lexicográfico MiniMáx de Ratios de Sequía. 2) En la segunda etapa se *reasigna* los derechos hasta lograr el uso eficiente del agua a través de transferencias de valor; mediante la Teoría de Juegos Cooperativos se logra el beneficio neto asociado con el valor del agua. Este método, aplicado en una cuenca hidrográfica tutorial CHVS, comprendió cuatro subcuencas de un Gobierno Regional Piloto, obteniéndose altos beneficios netos en el marco de la participación, en alianza simulada de actores y escenarios.

Palabras clave: asignación concertada, reasignación, derechos de agua, valor del agua.

Introducción

El proceso de asignación de los derechos del uso de agua (Bruns *et al.*, 2005; Koehler, 1995) en los países en desarrollo se puede ubicar dentro de tres

Abstract

JESÚS-SALAZAR, J.C. & MEJÍA-MARCACUZCO, J.A. A methodology for concerted water allocation (CONWA). *Water Technology and Sciences (in Spanish)*. Vol. V, No. 1, January-February, 2013, pp. 165-174.

In recent decades, many models have been developed for simulation and mathematical optimization to solve the complexity of cross of natural and social variables domain for an integrated water resources management (IWRM); unfortunately, most of these applications do not incorporate the concept of equity in their quantitative estimates. This situation represents a limiting factor in the balance of resolution of conflicts over water use. This paper presents the methodology applied in a tutorial project of a pilot watershed, to develop a tool for integrated water resources management incorporating into a single architecture three fundamental components: Equity, Sustainability and Efficiency. The methodology for concerted water allocation (CONWA) has two stages: 1) assigns initial water use rights using a river basin node-link network and three allocation methods: the priority-based multiperiod maximal network flow programming, modified riparian water rights allocation and lexicographic minimax water shortage ratios. 2) The second stage reassigns the rights to achieve efficient use of water through transfers of value; the reallocation of the net profit associated is carried out by applying the theory of Cooperative Games. This method was applied in a CHVS tutorial watershed, comprising four sub basins of a Pilot Regional Government, yielding high net benefits under simulated participation of a large alliance of actors.

Keywords: concerted allocation, reallocation, water use rights; water management.

doctrinas básicas generales: derechos ribereños, derechos de primera apropiación y derechos de asignación pública. En las últimas décadas se han desarrollado muchos aplicativos de simulación y optimización matemática para manejar de

forma fundamental las variables del dominio natural y social (DNS) (figura 1) (Grigg, 2005). Dentro del dominio natural, se debe reconocer que las tres variables sobre el agua, cantidad (C), calidad (Q) y flujo de ecosistemas (S), con sus interdependencias y retroalimentación, pueden conducir a restricciones y conflictos (Coplin y O’leary, 1974). Tales restricciones inherentes y multifacéticas del sistema natural del agua no pueden separarse de manera fácil de las variables del dominio social: valores y normas sociales (V), economía (E), y gobernabilidad (G), que interactúan en una variedad de formas, creando diferencias contextuales, muchas veces insolubles (Islam y Susskind, 2013).

De manera desafortunada, la mayoría de estas aplicaciones no incorporó los conceptos de equidad en sus cálculos cuantitativos (Dinar, 2001). Una gran parte se asignó con el criterio de suma cero, creándose conflictos en muchos casos (Becker y Ester, 1999). También los aplicativos de caudal de red de costo mínimo y las formulaciones de programación lineal tienen la restricción común de ausencia de métodos sistémicos formales para fijar los coeficientes apropiados de los costos unitarios (Aadland y Koplín, 2004) y asegurar que se asigne el agua en orden de prioridad, lo cual se aprecia al incluirse los caudales de retorno, los caudales ecológicos (Dinar y Howitt, 1997), o los derechos de almacenamiento de reservorios,

dado que estos pueden ser usados de nuevo por los usuarios secundarios aguas abajo.

La mayoría de los estudios se produjo del año 2000 al presente, con el enfoque de aumentar la eficiencia y efectividad de la gestión de los recursos hídricos, y se centró alrededor de mecanismos económicos y de mercado (Dinar *et al.*, 2003; Islam y Susskind, 2013) para promover su efectividad. Fisher *et al.* (2002) sostienen que los mercados de agua en realidad aún no son mercados libres y competitivos, por lo general son regulados por el gobierno y existe gran ausencia de vendedores y compradores al detalle e independientes. Además, en un mercado libre con asignación eficiente, los costos sociales deben coincidir con los costos privados, y los beneficios sociales deben estar alineados con los privados. Sin embargo, los usos del agua producen “externalidades” que impactan la cantidad y calidad del agua a otros usuarios, lo cual aún no se maneja de forma integral.

Asimismo, en estas externalidades no se aplican los cálculos de los costos individuales y beneficios típicos (Crossmit y Green, 1982; Dickinson y Heaney, 1982); por el contrario, se incrementan los costos sociales. Las políticas hídricas (Coplin y O’leary, 1983) de muchos países revelan que ellos consideran para ciertos usos el valor público principal del agua al valor privado (a menudo la agricultura), pero con costos muy inferiores. Mientras no

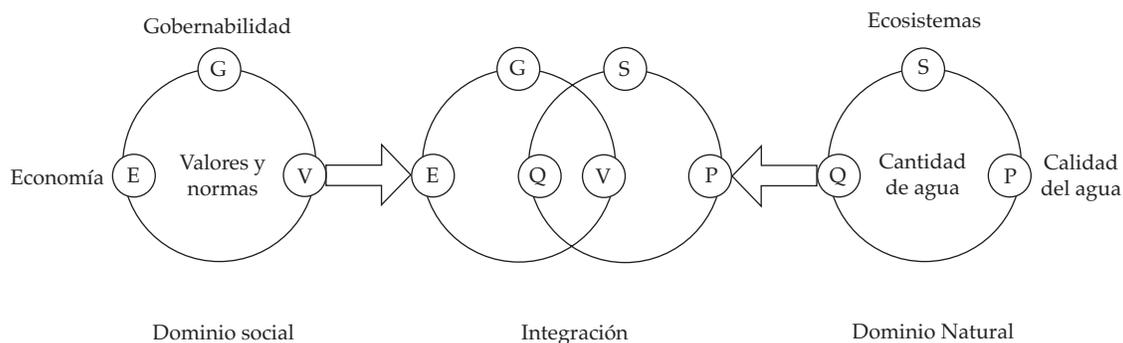


Figura 1. Dominios natural y social en el proceso de asignación del agua.

se produzcan los mercados de agua de modo automático de acuerdo con las asignaciones socialmente óptimas, se pueden construir *métodos de optimización económica* que guían la política y asignaciones de agua, a fin de alcanzar beneficios óptimos sociales (Dinar *et al.*, 1986). Para lograr el desarrollo sostenible y una sociedad segura, las instituciones con sus metodologías de asignación del uso de agua deben modernizarse por regiones con escasez hídrica y considerar que el agua no es un bien público, ni privado en su totalidad, sino una mezcla de ambos tipos de bienes.

El propósito de este trabajo fue diseñar una metodología básica para la asignación concertada del agua (MACA), que se acerca al juego de valores del agua de sumatoria no cero (Caswell y Frisvold, 2000).

Metodología

La Metodología de Asignación Concertada de Agua (MACA) es un aplicativo ampliado de la asignación equitativa, sostenible y

eficiente de los recursos hídricos en una cuenca hidrográfica, que se basa en una red de trabajo nodo-enlace de la cuenca, cuya configuración se aprecia en la figura 2. La metodología tiene dos grandes etapas (ver figura 3).

Etapas 1: asignación de derechos iniciales

Incluye los aplicativos de Programación Multiperiodo Priorizado de Caudal Máximo, Ribereño Modificado de Asignación de Agua y el Lexicográfico MiniMáx de Ratios de Sequía, para derivar la asignación de derechos iniciales del uso de agua de forma competitiva (Dinar *et al.*, 1997). El primero es muy flexible y aplicable a los sistemas de derechos del uso de agua de primera apropiación, ribereño y público. El segundo, en esencia, es una forma especial del primero, adaptado para la asignación de agua bajo el régimen ribereño. El tercero se aplica a un sistema de derechos de uso público del agua, que adopta el concepto de la mínima equidad lexicográfica.

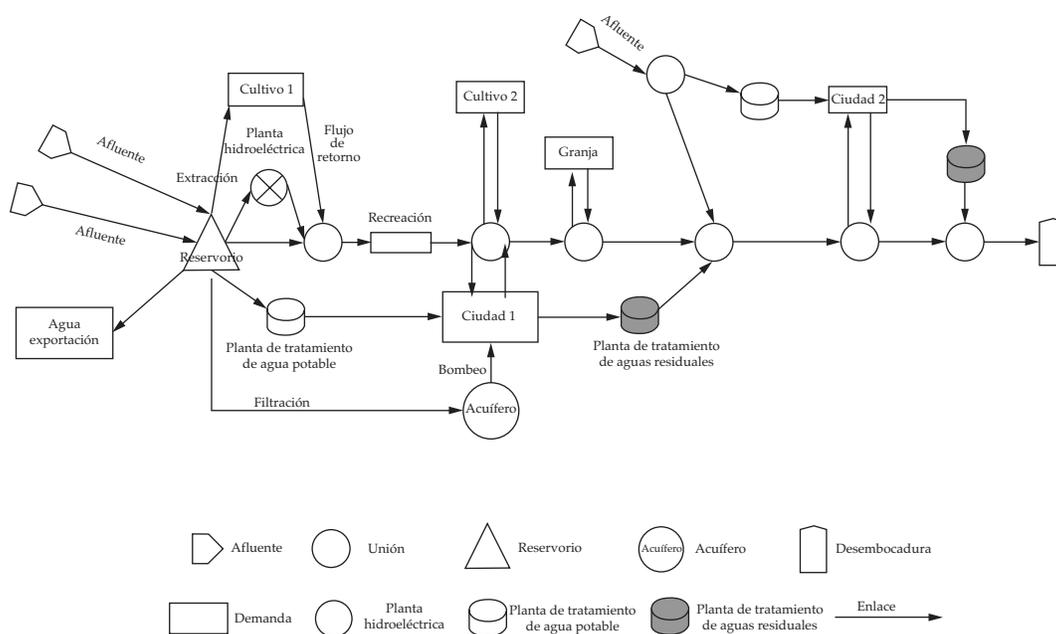


Figura 2 Ejemplo de una red de trabajo de la cuenca hidrográfica.

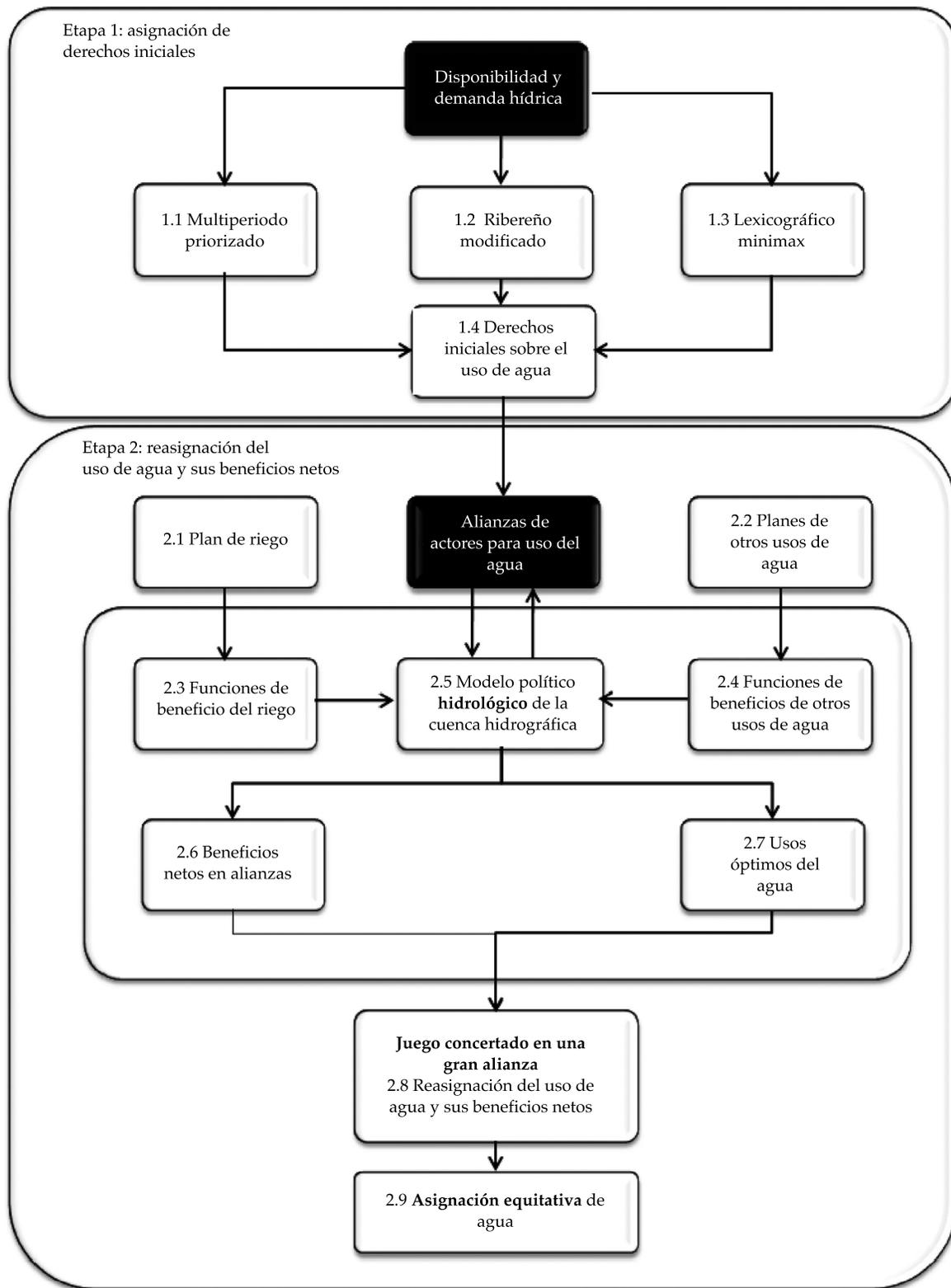


Figura 3 Diagrama de flujo de la Metodología de Asignación Concertada del Agua (MACA).

Etapa 2: reasignación del uso de agua y de sus beneficios netos

Comprende el ingreso de los datos hidrológicos, los datos de la demanda, los derechos de agua iniciales, y los planes de uso de los recursos hídricos de los cuales se extraen los beneficios netos correspondientes. En esta etapa se producen alianzas entre actores y usuarios de los derechos iniciales para concertar de manera equitativa, sostenible y eficiente la asignación del agua. Las informaciones de los planes ingresan a través de la red de trabajo (*networking*) de la cuenca al Modelo Político Hidrológico de la Cuenca Hidrográfica (MPHCH), donde se desarrolla el análisis de usos y beneficios, para encontrar los esquemas óptimos de asignación del agua y de sus beneficios netos, en concertación entre actores aliados.

Con la finalidad de eliminar los conflictos por el uso de agua entre los actores, se adopta la reasignación del uso de agua y de los beneficios netos, que se proyecta en una Gran Alianza mediante la aplicación de la Teoría de Juegos Cooperativos (Barret, 1994; Becker y Easter, 1991; Aumann y Dréze, 1974). El uso económicamente eficiente del agua bajo la gran alianza se logra a través de las reasignaciones del uso de agua basadas sobre los derechos iniciales de agua y los métodos aplicados (Dinar *et al.*, 2002).

Restricciones y balances

Existen tres tipos de restricciones en el método de asignación concertada del agua: (1) *restricciones del dominio natural*, (2) *restricciones políticas* y (3) *restricciones de control*. En su formulación se realizan algunos supuestos básicos.

Restricciones del dominio natural

Las restricciones del dominio natural están establecidas por los balances de masa y los límites de capacidad. En la figura 4 se muestra el balance para un nodo general.

Las ecuaciones del balance y de la contaminación para un nodo general k durante cada periodo t se representan como:

$$\begin{aligned}
 S(k,t) - S(k,t-1) &= \sum_{(k_1,k) \in L} Q(k_1,k,t) \\
 &- \sum_{(k_1,k) \in L} Q_1(k_1,k,t) + Q_g(k,t) - Q_c(k,t) \\
 &- \sum_{(k,k_2) \in L} Q(k,k_2,t) \quad \forall k \in V
 \end{aligned} \tag{1}$$

$$\begin{aligned}
 C_p(k,t)S(k,t) - C_p(k,t-1)S(k,t-1) \\
 &= \sum_{(k_1,k) \in L} C_p(k_1,k,t)Q(k_1,k,t) \\
 &- \sum_{(k_1,k) \in L} Z_{pl}(k_1,k,t) + Z_{pg}(k,t) - Z_{pc}(k,t) \\
 &- \sum_{(k,k_2) \in L} C_p(k,k_2,t)Q(k,k_2,t), \quad \forall k \in V
 \end{aligned} \tag{2}$$

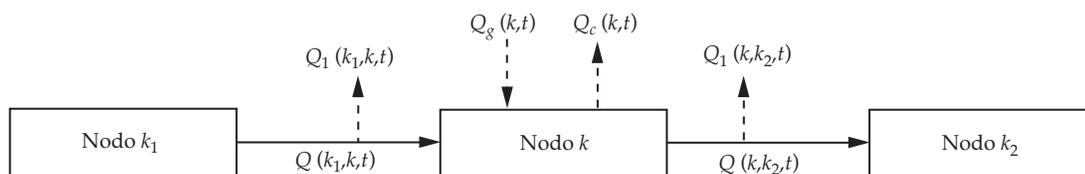


Figura 4. Balance de las variables del dominio natural en un nodo general k .

Donde t es el índice de los periodos de tiempo (amplitud del periodo es Δt), $t \in T = \{1, 2, \dots, \tau\}$ (τ es el índice más largo de los periodos); $S(k, t)$ es el volumen de almacenamiento para el nodo almacenamiento (reservorio o acuífero) $k \in STO$ al final del periodo t ; $Q(k_1, k, t)$ representa al caudal del nodo k_1 al k durante el periodo t ; $Q_1(k_1, k, t)$ representa las pérdidas por transporte debido a la evaporación, fugas y filtraciones del caudal del nodo k_1 al k ; $Q_g(k, t)$ es la ganancia del ajuste del afluente al nodo k durante el periodo t para las descargas de los pequeños tributarios, drenajes de captación local, filtraciones en el tramo del río o caudales de otras fuentes; $Q_c(k, t)$ es el agua consumida en el nodo k a causa de actividades económicas y evaporación; p es el índice de tipos de contaminantes, $p \in P = \{1, 2, \dots, \xi\}$ (ξ es el índice más grande de los contaminantes); $C_p(k, t)$ es la concentración del contaminante p en el nodo almacenamiento k al final del periodo t ; $C_p(k_1, k, t)$ representa la concentración del contaminante p en el caudal del nodo k_1 al k durante el periodo t ; $Z_{pl}(k_1, k, t)$ representa las pérdidas de transporte del contaminante p en el caudal del nodo k_1 al k ; $Z_{pg}(k, t)$ es la cantidad total de contaminante p adicionado al nodo k durante el periodo t debido al ajuste del afluente $Q_g(k, t)$ y de actividades de uso del agua; $Z_{pc}(k, t)$ representa la eliminación de los contaminantes p en el nodo k . Se observa que $S(k, t) = 0, \forall k \in V \setminus STO$.

Para el nodo fuente $k \in IN$, la afluencia total recibida de fuera de la red fluvial se representa como $Q_{IN}(k, t)$, mientras $Q(k_1, k, t)$ representa los caudales desde otros nodos al k . Para el nodo salida $k \in OUT$, el efluente total del nodo k fuera de la red fluvial se representa como $Q_{OUT}(k, t)$ y no existe $Q(k, k_2, t)$ nunca más. En todo este trabajo, sin señalar específicamente las unidades de almacenamiento, serán hectómetros cúbicos (Hm^3), equivalentes a millones de metros cúbicos (MMC); las unidades de concentración y descarga son g/l, y miles de toneladas (kton), respectivamente.

Restricciones políticas

Las restricciones políticas son una mezcla de las variables hidrológicas, económicas y sociales que se producen cuando se asignan los derechos del uso de agua. Las restricciones políticas típicas establecen los límites para la demanda en los nodos, almacenamiento o enlaces, junto con los límites de capacidad, formando los límites inferior y superior para los almacenamientos y caudales, tales como:

Caudal mínimo de k_1 al k :

$$Q(k_1, k, t) \geq Q_{\min}(k_1, k, t) \forall (k_1, k) \in L \quad (3)$$

El afluente máximo total para el nodo demanda j :

$$\begin{aligned} & \sum_{(k_1, j) \in L \setminus L_{sep}} (1 - e_L(k_1, j, t)) Q(k_1, j, t) \\ & \leq \max(Q_D(j, t) - Q_a(j, t), 0) \\ & \forall j \in AGR \cup MI \cup HPP \end{aligned} \quad (4)$$

Volumen mínimo para un nodo almacenamiento k :

$$S(k, t) \geq S_{\min}(k, t) \forall k \in RES \cup AQU \quad (5)$$

El efluente mínimo de una desembocadura:

$$Q_{out}(k, t) \geq Q_{out\min}(k, t), \forall k \in OUT \quad (6)$$

Concentración máxima de contaminante p en el enlace (k_1, k) :

$$C_p(k_1, k, t) \leq C_{p\max}(k_1, k, t), \forall (k_1, k) \in L \quad (7)$$

Concentración máxima mezclada de contaminante p en los afluentes al nodo de no almacenamiento k :

$$\begin{aligned} 0 & \leq C_{pN}(k, t) \leq C_{pN\max}(k, t), \\ & \forall k \in V \setminus (RES \cup AQU) \end{aligned} \quad (8)$$

La concentración máxima de contaminante p para el nodo almacenamiento k :

$$C_p(k, t) \leq C_{p\max}(k, t), \forall k \in RES \cup AQU \quad (9)$$

Y concentración máxima de contaminante p en el efluente de la desembocadura:

$$C_{pout}(k, t) \leq C_{pout\max}(k, t), \forall k \in OUT \quad (10)$$

Donde $Q_D(j, t)$ es la demanda total del agua del nodo demanda j , y $C_{pN}(k, t)$ es la concentración mezclada del contaminante p en los afluentes al nodo de no almacenamiento k , satisfaciendo:

$$\begin{aligned} & C_{pN}(k, t) \left[Q_a(k, t) + \sum_{(k_1, k) \in L} (1 - e_L(k_1, k, t)) Q(k_1, k, t) \right] \\ & = C_{pa}(k, t) Q_a(k, t) \\ & + \sum_{(k_1, k) \in L} (1 - e_{pL}(k_1, k, t)) C_p(k_1, k, t) Q(k_1, k, t), \\ & \forall k \in V \setminus (RES \cup AQU) \end{aligned} \quad (11)$$

Nota: las restricciones de la calidad del agua serán usadas con sumo cuidado y sólo cuando sean necesarias, puesto que la imposición estricta de restricciones puede resultar impropia o caer en el espacio de soluciones no factibles.

Restricciones de control

A veces usando sólo las restricciones del dominio natural y del dominio político no se logran restringir por completo las soluciones como se representan en las situaciones del mundo real debido a la abstracción simplificada de la red del río, de los procesos hidrológicos o socioeconómicos. Para compensar esto, se usan las restricciones en el control del sistema. Por ejemplo, si $SRC \in V \setminus STO$, sea el conjunto de nodos no almacenamiento, que se simplifican para proporcionar los suministros de agua a algunos sitios demanda y recibir los caudales de retorno correspondientes de ellos, entonces el afluente total para cualquier nodo $k \in SRC$,

excluyendo los caudales de retorno, deben exceder las derivaciones totales de k para ellos, porque en el mundo real esos caudales de retorno no están disponibles para la derivación en ese nodo. Sea j un nodo demanda de agua, entonces:

$$\begin{aligned} & \sum_{\substack{(k, j) \in L \\ (j, k) \in L}} Q(k, j, t) \leq Q_a(k, t) + Q_{IN}(k, t) \\ & + \sum_{(k_1, k) \in L} (1 - e_L(k_1, k, t)) Q(k_1, k, t) \\ & - \sum_{\substack{(j, k) \in L \\ (k, j) \in L}} (1 - e_L(j, k, t)) Q(j, k, t), \forall k \in (IN \cap SRC) \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} & \sum_{\substack{(k, j) \in L \\ (j, k) \in L}} Q(k, j, t) \leq Q_a(k, t) \\ & + \sum_{(k_1, k) \in L} (1 - e_L(k_1, k, t)) Q(k_1, k, t) \\ & - \sum_{\substack{(j, k) \in L \\ (k, j) \in L}} (1 - e_L(j, k, t)) Q(j, k, t) \forall k \in SRC \setminus IN \end{aligned} \quad (13)$$

Aplicación y resultados del método en una cuenca tutorial

Aplicación

Esta sección presenta la aplicación de la metodología para el caso de uso de una cuenca tutorial denominada Cuenca Hidrográfica Verde Sur (CHVS), caracterizada en sus dominios natural (cantidad, calidad, caudal ecológico), social (economía o capital, valores y gobernanza) y político, en la cual se maneja la mezcla de estas seis variables mediante esta metodología y la red de trabajo por el agua que se muestra en la figura 5. Los caudales históricos naturales de la CHVS se han calculado sobre la base de los caudales diarios registrados y ajustados. El promedio anual de 1912 a 2011 es de unos 9 000 Hm³, con un 17.9, 43.6, 38 y 0.5% en las subcuencas Naranja, Rojo, Azul y Verde Sur, respectivamente. Los

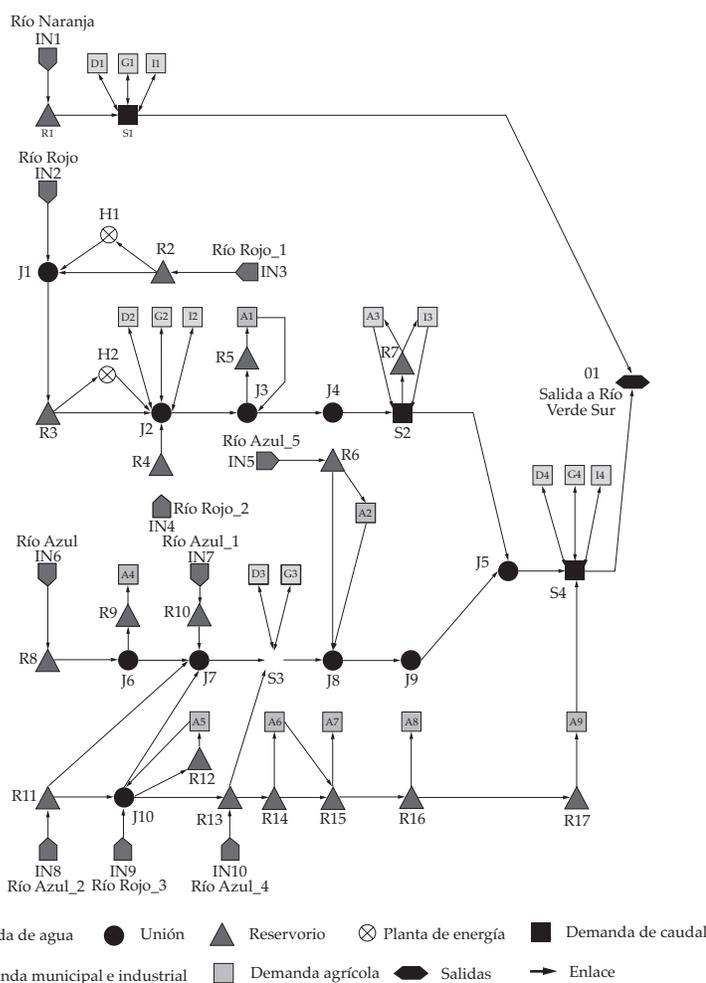


Figura 5. Red de trabajo, Cuenca Hidrográfica Verde Sur en GORE Piloto.

usos trabajados fueron en riego, doméstico, industrial, energético, ecológico, y reservas o almacenamiento. Las funciones de beneficio neto para cada uso se estimaron con 50 corridas de la aplicación para cada caso. Se diseñaron seis escenarios (A, B, C, D, E y F) de acuerdo con las demandas, condiciones hidrológicas y aplicativos respectivos.

Resultados

Etapas 1

Los resultados en los escenarios A, B y C se obtuvieron en una primera corrida, considerando

las *restricciones del dominio natural* con diez programas lineales, cada uno de 2 615 variables de control y 1 620 ecuaciones. Luego, considerando restricciones del balance no lineal de sales, las variables crecieron a 4 523 y a 4 212 ecuaciones. Las soluciones finales estuvieron conforme a los valores iniciales de concentraciones de contaminantes en los ríos y reservorios. Se satisficieron las tasas de abastecimiento/demanda anual para estos escenarios.

Los resultados en los escenarios D, E y F, consideraron sólo *restricciones del dominio natural*, dependientes de la data de entrada. Usando los parámetros Solver y el algoritmo GAMS, se iteraron 180 bucles con 2 098 ecuaciones en una

primera y 1 634 ecuaciones en una segunda. Las soluciones finales estuvieron conforme a los valores iniciales de concentraciones de contaminantes en los ríos y reservorios con 150 iteraciones, con 4 690 ecuaciones en el primer bucle y 4 226 ecuaciones en el último. Las tasas de satisfacción abastecimiento/demanda anual para estos escenarios fueron satisfechas entre 80.2 y 93%.

Etapa 2

Los usos de agua se agruparon en ocho actores: (1) Ciudad N, (2) Hidroestaciones Río Rojo, (3) Ciudad Piloto, (4) Región Industrial Este, (5) Región de Riego Río Rojo, (6) Ciudad SO, (7) Región de Riego Río Azul y (8) Ciudad SE. Debido a la escasez de datos no se consideraron los caudales ecológicos y reservorios. Los ocho actores considerados en el modelo político hidrológico de la metodología aplicada a la cuenca elaboró 255 alianzas; sin embargo, del análisis de los derechos iniciales y de la optimización de escenarios, sólo se tomaron en cuenta cuatro actores: (2), (3), (5) y (7), los cuales tuvieron cambios significativos en sus afluentes y beneficios netos; en tanto que en los otros cuatro, estos efectos fueron nulos o muy pequeños. Esta reducción de actores disminuyó las alianzas a sólo 15. Para cada alianza, según reportes del Solver, hubo 4 801 variables de control, 4 997 restricciones y 5 927 elementos no lineales. El valor de participación en la gran alianza por parte de cada actor fue representado como la ganancia adicional sobre el beneficio neto óptimo independiente que se pudo producir sobre la base de los derechos iniciales otorgados.

Conclusión

En este artículo se presenta la metodología desarrollada para la construcción de la asignación equitativa del agua en diferentes usos para una cuenca piloto. Esta metodología se implementó en estrecha colaboración con ocho actores; consistió en desarrollar el estudio

de la historia de su asignación inicial mediante tres posibles formas definidas de algoritmos que balancearon la disponibilidad hídrica y las demandas respectivas, identificando y modelando las soluciones que permitieron reducir los conflictos.

Se prepararon los datos para un caso general, que permitiera caracterizar los casos de uso de la gestión integrada de los recursos hídricos y asignar de manera eficiente, sostenible y equitativa, el recurso hídrico para diferentes usos; esto permite concluir que cada cuenca tiene su propia característica, por lo que no puede existir un aplicativo único que permita manejar la asignación de los recursos, más bien obedece la toma de decisión a un carácter flexible del recurso adaptado a la problemática de la demanda hídrica, desechando ahora la visión de que el agua sea un recurso escaso.

Recibido: 28/05/2012

Aceptado: 25/04/2013

Referencias

- AADLAND, D. and KOPLIN, V. Environmental Determinants of Cost Sharing. *Journal of Economic Behavior and Organization*. Vol. 53, No. 4, 2004, pp. 495-511.
- AUMANN, J. and DRÉZE, J. Cooperative games with coalition structures. *International journal of game theory*. Vol. 3, No. 4, 1974, pp. 217-237.
- BARRETT, S. *Conflict and Cooperation in Managing International Water Resources*. Washington, D.C.: Policy Research Working Paper, The World Bank, Policy Research Department, 1994, 1303 pp.
- BECKER, N. and ESTER, K. Conflict and Cooperation in Managing International Water Resources such as the Great Lakes. *Land Economics*. Vol. 75, No. 2, 1999, p. 233.
- BECKER, N. and EASTER, W. Cooperative and Noncooperative Water Diversion in the Great Lakes Basin. Dinar, A., Loehman, E. (editors). *Water quantity/quality management and conflict resolution: Institutions, processes, and economic analyses*. Westport: Praeger Publisher, 1991, pp. 321-336.
- BRUNS, B.R., RINGLER, C., and MEINZEN-DICK, R. *Water Rights Reform: Lessons for Institutional Design*. Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute, 2005.
- CASWELL, M. and FRISVOLD, G. Transboundary Water Management. Game Theoretic Lessons for Projects on the US-Mexico Border. *Agricultural Economics*. Vol. 24, 2000, pp. 101-111.

- COPLIN, W. and O'LEARY, M. Activities of the PRINCE Project. *Policy Studies Journal*. Summer, 1974.
- COPLIN, W. and O'LEARY, M. Political Analysis through the PRINCE System. *Learning Packages in the Political Sciences (PS23)*. Public Affairs Program. Syracuse, USA: Syracuse University, 1983.
- CROSSMIT, C. and GREEN, D. Water utility costs and rate design for fire protection services. *J. AWWA*. Vol. 74, No. 6, 1982, pp. 270-277.
- DICKINSON, R. and HEANEY, J. Methods for Apportioning the Cost of a Water Resource Project. *Water Resources Research*. Vol. 18, No. 3, 1982, pp. 476-482.
- DINAR, A. Scale and Equity in water Resource Development: a Nash Bargaining Model. *Natural Resource Modeling*. Vol. 14, No. 4, 2001, pp. 477-494.
- DINAR, A. and HOWITT, R. Mechanism for Allocation on Environmental Control Cost: Empirical Tests of Acceptability and Stability. *Journal of Environmental Management*. Vol. 49, 1997, pp. 183-203.
- DINAR, A., KANNAL, Y., and YARON, D. Sharing Regional Cooperative Gains from Reusing Effluent for Irrigation. *Water Resources Research*. Vol. 22, No. 3, 1986, pp. 339-344.
- DINAR, A., MORETTI, S., PATRONE, F., and ZARA, S. *Applications of Stochastic Cooperative Games in Water Resources*. XV Italian Meeting on Game Theory and Application (IMGTA), Urbino, Italy, 2003.
- DINAR, A., RATNER, A., and YARON, D. Evaluating Cooperative Game Theory in Water Resources. In: *Economics of Water Resources: the Contribution of Dan Yaron*. Dinar, A., Zilberman, D. (editors). Kluwer Academic Publisher, 2002, pp. 165-181.
- DINAR, A., ROSEGRANT, M.W., and MEINZEN-DICK, R. *Water Allocation. Mechanisms Principles and Examples 1*. World Bank, Agriculture and Natural Resources Department, IFPRI, 1997.
- FISHER, F.M., ARLOSOROFF, Z., ECKSTEIN, M., HADDADIN, S., HAMATI, A., HUBER-LEE, A., JARRAR, A., JAYYOUSI, U., SHAMIR, U., and WESSELING, H. Optimal water management and conflict resolution: The Middle East water project. *Water Resources Research*. Vol. 38, No. 11, 2002, pp. 12-43.
- GRIGG, N.S. *Water Manager's Handbook. A guide to the water industry*. Aquamedia Publishing, 2005.
- ISLAM, S. and SUSSKIND, L.E. *Water Diplomacy*. RFF Press. New York: Edwards Brothers, Inc., 2013.
- KOEHLER, C. Water rights and the Public Trust Doctrine: Resolution of the Mono lake controversy. *Ecological Law Quarterly*. Vol. 22, No. 3, 1995, pp. 541-590.

Dirección institucional del autor

Dr. Julio César Jesús Salazar
Dr. Jesús Abel Mejía Marcacuzco

Doctorado Recursos Hídricos
Escuela de Post Grado
Universidad Nacional Agraria "La Molina"
Haras De La Molina, Lima, PERÚ
Teléfono: +51 (1) 3401 180
julio.jesus@iclaro.com.pe