

Manejo óptimo del recurso hídrico en San Juan, ¿es posible?



Dr. Ing. Oscar Raúl Dölling

Doctorado en Ciencias de Ingeniería en la Pont. Universidad Católica de Chile. Tesis en “Sistemas de Apoyo a la Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas”

¿Hace falta manejar el agua?

San Juan es una de las provincias que ha realizado y está realizando una de las mayores inversiones en sistemas de almacenamiento y distribución de agua para distintos usos en la Argentina, habiendo sido hasta ahora prioridad la inversión en el sector de riego.

A pesar de ello, el logro del esperable progreso socio económico de la provincia y de su sostenibilidad temporal no será posible si no se toma conciencia de que no solo es necesario saber diseñar y construir adecuadamente los componentes del sistema hídrico sino que es imperioso también saber “operar” los sistemas ya construidos. Este comentario que, a simple lectura parece trivial, no lo es tanto si se analizan las causas reales de los problemas que hasta hoy solo hemos sabido diagnosticar y lamentar tales como la rotura de obras de derivación, colmatación de diques, rotura de canales, anegamiento de suelos, etc., lo cual entrega una imagen de total desconocimiento, imprevisión y descontrol en situaciones perfectamente conocidas, controlables y predecibles.

Lamentablemente no es solo una la causa de nuestros problemas de manejo del agua y el evidente descontrol que sobre ella se tiene, sino varias y algunas muy complejas, aunque no imposibles de solucionar.

Este artículo propone una solución factible a la mayoría de nuestros problemas de manejo del recurso agua.

Una de las fuentes más importantes de problemas deriva de la falta de integración de los aspectos científicos, sociales, económicos, legales e institucionales lo que va en contraposición a lo que la gestión de los recursos hídricos necesita para ser exitosa. La solución de los conflictos entre los distintos usos del recurso no puede ser encarada en las condiciones legales e institucionales actuales, ni tampoco implementada si no se logra la debida jerarquización y correcta ubicación de los profesionales de la ingeniería hidráulica dentro de la estructura de las instituciones encargadas del manejo del recurso hídrico. Un cambio de tal profundidad, es posible únicamente con el apoyo de toda la comunidad hídrica y un fuerte compromiso del sector político, entendiéndose que del manejo inteligente de las aguas depende la vida y la prosperidad de nuestra provincia.

El diseño y la operación sustentable de los sistemas de aprovechamiento hídrico es el único camino para evitar degradar nuestro ecosistema tal como lo estamos haciendo hoy día. Se requieren lineamientos claros para el uso del agua y marcos regulatorios y de control

adecuados a fin de reducir la vulnerabilidad del ecosistema y lograr a su vez un marco de equidad en el uso del agua como insumo de producción por parte de todos los potenciales usuarios.

El origen del recurso hídrico es único, ya sea que provenga de una fuente superficial o de una fuente subterránea. La conectividad hidrogeológica que generalmente existe entre ambas fuentes de agua hace que la explotación de una de ellas repercuta en la disponibilidad de la otra. El control del aprovechamiento y protección del agua superficial y subterránea debe por lo tanto ser centralizado, de tal manera que permita concentrar la toma de decisiones, evitando el conflicto entre usuarios y promoviendo el control del manejo desde una visión integral, por hoy completamente inexistente.

¿Podemos alcanzar un manejo inteligente del agua?

La respuesta es sí. La creación de un organismo dependiente del Poder Ejecutivo provincial, tal como un Consejo formado por representantes de distintos Comités de Cuencas (uno por cada cuenca en la provincia), representantes de los usuarios del agua, representantes del ámbito científico y representantes de las ONGs, constituye la solución a este problema.

Está actualmente en manos del Poder Ejecutivo provincial un proyecto de Ley que tiene por objeto crear un ámbito convenientemente regulado, que asegura la participación de todos los usuarios del recurso hídrico en la coordinación de Planes de gestión de cuencas hidrográficas de largo, mediano y corto plazo, hecho que permitirá entre muchas otras ventajas, concertar ágilmente los mecanismos y procedimientos para enfrentar situaciones extremas de emergencia, escasez, sobre explotación y contaminación de las aguas. Es decir permite formar las bases para un desarrollo sostenible y sustentable de las cuencas hidrográficas de nuestra provincia, basándose en los principios de política hídrica unitaria, integral y flexible. La propuesta está encuadrada en el II Diálogo Interamericano sobre Administración de Aguas, que tuvo lugar en Buenos Aires en septiembre de 1996 y que recomienda en su *Declaración de Buenos Aires* la gestión integrada de recursos y cuencas hídricas a través de mecanismos económicos y regulatorios dotando a los sistemas jurídicos que norman el uso y preservación de los recursos hídricos de amplitud, claridad, flexibilidad y permanencia a largo plazo, propiciando la participación de todos los usuarios y su inclusión en la legislación para la gestión integrada del agua, creando un ámbito de acuerdo entre los distintos usuarios muy útil en situaciones de conflicto de intereses.

La propuesta se centra en crear un órgano consultivo superior en la materia de gestión de los recursos hídricos, autárquico, que dependa directamente del Poder Ejecutivo Provincial, que, junto con la Administración del Estado permita la representación en su seno de Comités de Cuenca, así como de las organizaciones

profesionales y económicas más representativas del ámbito provincial, relacionadas con los distintos usos del agua. Este órgano sería, así formado, un integrador natural de los aspectos científicos, legales, institucionales, sociales, físicos, económicos y ambientales. El proyecto propone otorgarle a dicho órgano entre otras atribuciones las siguientes: formular un programa hidráulico provincial, actualizarlo y vigilar su cumplimiento; administrar y custodiar las aguas provinciales; preservar y controlar la calidad de las mismas así como programar, estudiar, construir, operar, conservar y mantener las obras hidráulicas dentro del territorio provincial directamente o a través de organismos de gobierno competentes o de concesiones cuando sea necesario. También propone que sirva como órgano conciliador, a petición de los usuarios y como árbitro en la solución de los conflictos relacionados con el agua; promover el uso eficiente del agua y su conservación en todas las fases del ciclo hidrológico, e impulsar una cultura del agua que considere a este elemento como un recurso vital y escaso, promoviendo también la investigación científica y el desarrollo tecnológico en materia de agua y la formación y capacitación de recursos humanos.

Es posible el manejo óptimo?

La respuesta es sí, aunque en general hablar de optimización en problemas tan complejos como el manejo integral de una cuenca es una tarea matemática que tiene principio pero no fin. Esto se debe a que una verdadera optimización requiere el uso de técnicas de optimización matemática de funciones no lineales, conocidas bien por los ingenieros y los economistas donde la precisión en sus resultados se basa fundamentalmente, no solo en la

calidad de la información disponible, sino en la capacidad de representación que la función objetivo y las ecuaciones de restricción hacen del problema a resolver. En sistemas tan complejos y dinámicos como los sistemas hídricos con multipropósitos lograr una perfecta capacidad de representación a través del uso de las técnicas de optimización matemática es una tarea muy compleja. En general es deseable reemplazar el término de *sistemas de optimización de la gestión* por el de **Sistemas de apoyo a la gestión**, poniendo en su lugar las cosas, dado que estos sistemas se utilizan como herramientas para apoyar al gestor en el proceso de toma de decisiones, que orientan sobre cual es la política de manejo “mejor” entre un conjunto de opciones posibles para un determinado escenario hidrológico y estado del sistema.

Será posible optimizar el sistema hídrico del río San Juan luego de construirse los embalses de Caracoles y Punta Negra?

Por supuesto que sí, de hecho mi Tesis de Doctorado fue aplicada a resolver el problema de la distribución eficiente del agua a nuestro sistema con dichos embalses incluidos. La misma constituye un buen aporte en el campo de la gestión de los recursos hídricos, ya que se concentra en el desarrollo de un procedimiento que potencia las posibilidades de búsqueda de soluciones, uniendo dos enfoques clásicos de la investigación de operaciones que son: la simulación y la optimización, brindando al gestor de un sistema hídrico complejo una herramienta dinámica que le permite fácilmente personalizar tanto el problema como la búsqueda de la gestión óptima del sistema global.

Tal aporte se materializa a partir de la combinación estratégica de tres herramientas matemáticas y cuatro conceptos básicos, que ya han sido utilizados en forma separada por otros investigadores en el pasado. Las tres herramientas son la *simulación de procesos continuos*, las *redes neuronales artificiales* y los *métodos de optimización*. Los cuatro conceptos son la *utilización de reglas y restricciones*, la *parametrización de reglas de operación*, el *cálculo de medidas de efectividad de los distintos usos del sistema* y la *ponderación relativa del multipropósito y de medidas de efectividad de los usos*. La combinación de estas 7 piezas fundamentales, permitió generar novedosas y potentes ideas, tales como la utilización de las redes neuronales artificiales para construir un modelo matemático mixto resultante de la mezcla del modelo de simulación del sistema hídrico y del modelo de optimización seleccionado, que resalta las bondades de ambos al funcionar en forma simultánea y minimiza las limitaciones de cada método usado en forma independiente. Como resultados de este trabajo se introduce un concepto simple, pero potente, el cual consiste en la construcción de *funciones objetivo ponderadas dinámicas* adaptables fácilmente por el usuario para realizar la búsqueda de políticas de gestión óptimas de acuerdo a los requerimientos cambiantes de los usuarios, sin necesidad de modificar el modelo de simulación.

Este sistema de apoyo computacional, da la posibilidad, al usuario para adaptar fácilmente el modelo matemático a las variaciones constantes del sistema físico real, las cuales son inevitables por el

dinamismo de la oferta y las demandas de agua. Este mismo sistema computacional le permite adaptar la respuesta del modelo a los cambios de las condiciones de entorno tales como las prioridades relativas asignadas a los distintos propósitos y fijar una importancia relativa a cada índice de evaluación del fallo de cada uso.

El sistema que he desarrollado, SARH-2000, incluye varios sistemas de modelación entre los que se destacan:

a) Un ambiente de simulación de procesos continuos que permite al usuario modelar con detalle y precisión sistemas complejos de recursos hídricos que incluyan múltiples embalses, acuíferos, elementos de distribución de agua, y simular distintas políticas de operación del sistema de aprovechamiento y distribución de agua, bajo distintos estados de las variables iniciales y distintos pronósticos probables de la oferta y de demanda de agua. De esta forma, entrega al administrador la posibilidad de visualizar gráficamente y almacenar digitalmente la evolución de los valores de todas las variables de interés durante el proceso de simulación.

b) Un módulo de diseño, entrenamiento, validación y prueba de redes neuronales artificiales que incluye un sistema dedicado a desarrollar tales modelos para el pronóstico de volúmenes de escurrimiento en cuencas pluvio nivales y para encapsular el comportamiento del modelo de simulación. Este último debe ser capaz de entregar

las mismas respuestas que el modelo de simulación (indicadores de evaluación de fallo) para las mismas prioridades de uso, políticas y restricciones de operación.

c) Un módulo de apoyo a la toma de decisiones que utiliza el modelo de red neuronal para encapsular al modelo de simulación y permitir al usuario definir su propia función objetivo y buscar dentro de un espacio de soluciones acotado por las restricciones dadas por el propio usuario, aquella política de gestión que optimice el valor de la función objetivo formulada.

d) Un sistema de control (figura 1) que permite al usuario: interactuar con los distintos ambientes incluidos en el sistema bajo un entorno tipo *Windows*®, crear el modelo de simulación de un sistema hídrico complejo, crear y modificar fácilmente las reglas de operación de cada elemento para el control de aguas presentes en el sistema, desarrollar modelos de redes neuronales, gestionar las bases de datos, visualizar resultados,

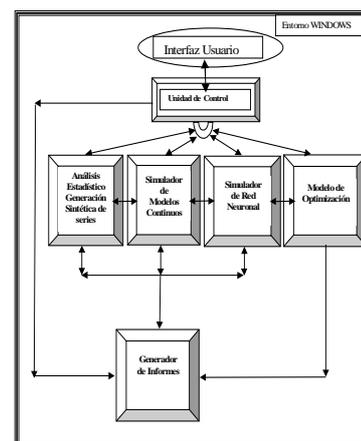


Figura 1: Arquitectura del ambiente SARH-2000

alternar de un ambiente a otro y elegir, en base al análisis de índices de evaluación de fallo del sistema, aquel conjunto de

reglas que optimice la gestión del sistema en base a una función objetivo diseñada por el propio usuario, dando la posibilidad al usuario de personalizar los propósitos de la gestión a través de los valores de importancia relativa que el mismo asigne a cada uso y la importancia relativa dada a cada índice de evaluación de fallo para cada uso o propósito en particular.

En conclusión San Juan puede lograr optimizar el manejo de sus recursos hídricos.

Yo estoy seguro de que así será, el problema es si es hoy esto probable, es decir: ¿existe la voluntad política de encarar una reforma legal-institucional tal como la creación de un Consejo para el Manejo Integral de Cuencas que genere un ámbito adecuado para formular Planes de manejo a largo, mediano y corto plazo utilizando herramientas tan potentes como el SARH-2000? Por otro lado estos sistemas necesitan de información abundante y de buena calidad de distintas variables hidrológicas que exigen una observación rigurosa y constante en el tiempo para poder dar buenos consejos a sus usuarios. El ejemplo clásico en San Juan es la observación esporádica que se está realizando de los niveles freáticos en el Valle del Tulúm gracias a iniciativa propia de algunos profesionales del Departamento de Hidráulica de la provincia, pero como dije antes, si no existe un Plan rector a largo mediano y corto plazo de poco sirven estas inquietudes esporádicas, las que terminan generalmente en un cajón solo como buenas intenciones.

En definitiva la probabilidad de que San Juan logre optimizar la administración del agua y por ende logre una mejor calidad de vida es directamente proporcional a la capacidad de los gobernantes de cambiar leyes e instituciones y

adaptarlas a las exigencias actuales, privilegiando a la capacidad y al profesionalismo para los puestos claves dentro de la estructura organizacional de sus instituciones, adoptando nuevas tecnologías y fundamentalmente creando un órgano consultivo que elabore Planes a largo , mediano y corto plazo basados en el análisis de clásicos indicadores de comportamiento del sistema hídrico tales como la vulnerabilidad o magnitud de los fallos, la frecuencia de los fallos y la resiliencia o capacidad de recuperación del sistema a estados de fallos de los distintos sectores de usuarios, bajo ciertas consignas de operación. Considero que éste es el único camino posible hacia el progreso económico del conjunto social de nuestra provincia y hacia la eliminación de numerosos conflictos de intereses entre usuarios, los cuales de seguro van a surgir en cuanto se inauguren las nuevas centrales hidroeléctricas de Caracoles y Punta Negra, por lo cual creo es conveniente anticiparse.