

El balance hídrico en las cuencas de Mendoza: aportes para su medición

The water balance in Mendoza: measurement proposals

*Armando A. Llop, Graciela E. Fasciolo, Alicia E. Duek,
Eduardo A. Comellas y Mauricio J. Buccheri*

armandollop@yahoo.com.ar - gfasciolo@hotmail.com - danaduek@hotmail.com -

eduardocomellas@hotmail.com - mauriciobucheri@yahoo.com.ar.

Instituto Nacional del Agua. Centro de Economía, Legislación y Administración del Agua (INA – CELA).

Resumen

La Ley N°8051/2009 de Ordenamiento Territorial y Usos del Suelo de Mendoza subraya la importancia de considerar la disponibilidad de agua para garantizar un uso equilibrado del territorio. La Ley General de Aguas de 1884 y la Constitución Provincial de 1916 destacan la necesidad de verificar la existencia de excedentes hídricos previa a la entrega de nuevas concesiones. Considerando al balance hídrico como un elemento para el manejo de la sustentabilidad del recurso hídrico y del suelo, los objetivos del presente estudio son: describir los componentes del balance para las cuencas de Mendoza, proponer alternativas para su medición y esclarecer su incidencia en la planificación del territorio. El balance hídrico se mide a nivel de cuenca o subcuenca y se entiende como la diferencia entre la oferta y la demanda de agua, para verificar la existencia de excedentes. La oferta proviene de los afloros de los ríos y de evaluaciones de recarga subterránea y está afectada cuantitativamente por la contaminación. La demanda está integrada por los diferentes usos: doméstico, riego, industrial, municipal y ambiental. Se discuten y proponen alternativas de estimación para los términos de la demanda. Ante la falta de mediciones directas sobre los elementos que integran la demanda, se recomienda realizar mediciones indirectas utilizando coeficientes de uso de agua por unidad de consumo. Se sugiere modelizar el balance hídrico como variable importante para la construcción de escenarios alternativos y del modelo territorial deseado.

Palabras clave: agua, balance, cuenca, Mendoza, territorio

Abstract

Law 8051 of Land Use Planning and Soil Use in Mendoza, which was passed in 2009, recognizes the importance of considering water availability to ensure a balanced use of the land. The Water Law of 1884 and the Provincial Constitution of 1916 refer to the need to check the existence of water surpluses before granting new water use permits. Since water balance is a crucial element for managing water and soil sustainability, the objectives of this study are to describe the system's components in the Mendoza basins, to propose measurement alternatives and to explore its impact on land use planning. The water balance is measured at the basin or sub-basin level and since it is considered as the difference between water supply and demand, it is possible to check the existence of water surpluses. The water supply comes from river gauging and from groundwater recharge. Water supply is affected by surface and groundwater pollution. Water demand comes from different uses: domestic, irrigation, industrial, municipal and environmental. Assessment alternatives are discussed and proposed. Given the lack of direct measurements of water demand, it is recommended to conduct indirect measurements using water use coefficients per unit of consumption. The study proposes to model the water balance as a relevant variable to construct alternative scenarios and to apply them to the intended land use model.

Key words: water, balance, basin, Mendoza, territory.

Este trabajo es producto del "Proyecto balance hídrico a nivel de cuenca y subcuenca. Construcción de escenarios para oferta y demanda de agua", 2012-2013. INA–CELA, en el marco PID 08/2009, convenio marco INA/UNCuyo. Mendoza. Argentina.

Introducción

La mayoría de las cuencas del Oeste y Sur de Argentina están caracterizadas por su aridez y su consecuente dependencia de pocas y escasas fuentes de agua. Esta situación ha fundado los distintos sistemas naturales todavía presentes y ha configurado la ocupación del territorio por parte de las distintas actividades que realiza el hombre.

Es así como puede observarse la conformación de *los oasis* y todo lo que ello implica en materia de concentración de actividades socioeconómicas que, incluso, conduce a la constitución de una cultura particular.

En la época de la incipiente ocupación de las cuencas de la provincia de Mendoza no se necesitaban balances hídricos, pues sobraba el agua. Pero ya en 1916 la Constitución de dicha provincia destaca claramente que las nuevas concesiones de agua se deben dar solo después de realizar el aforo de los ríos y verificar la existencia de excedentes hídricos.

Un caso paradigmático más reciente puede observarse en la planificación de la ocupación territorial, llevada adelante en la constitución del Estado de Israel, donde por lejos el sistema hídrico fue el determinante de la ocupación territorial.

En la provincia de Mendoza la Ley 8051 de Ordenamiento Territorial y Usos Del Suelo del año 2009, en su artículo 3.b, considera la importancia de la "disponibilidad de agua en función del balance hídrico de cada cuenca hidrológica" para cumplir con el objetivo de "garantizar un sistema urbano, rural y natural equilibrado".

En el Plan Estratégico de Desarrollo Mendoza 2030, exigido por dicha Ley, considera a la gestión integral de los recursos hídricos como su eje estratégico N° 11 y, dentro de éste, destaca al balance hídrico como mecanismo esencial para optimizar la asignación. (Argentina, Secretaria de Medio Ambiente, 2011, pp.232-233)

Sokolov y Chapman (1981, p. 12), en su clásica guía de métodos de cálculo de balance hídrico, lo definen como:

"la diferencia entre todos los recursos hídricos que ingresan a un sistema y los que salen del mismo, en un intervalo de tiempo, y que para la determinación del balance hídrico se debe hacer referencia al sistema analizado, la cuenca hidrogeológica".

Así mismo afirman la importancia de este instrumento en la ocupación del territorio considerando que

"a partir de un estudio de balance hídrico es posible hacer una evaluación cuantitativa de los recursos de agua y sus modificaciones por influencia de las actividades del hombre y es fundamental para conseguir un uso más racional de los recursos de agua en el espacio y en el tiempo, así como para mejorar el control y redistribución de los mismos".

Por lo expuesto hasta aquí, y siendo el balance hídrico un instrumento clave para el manejo sustentable del agua y del suelo, los objetivos del presente estudio son:

- Describir los componentes del balance hídrico en las cuencas de Mendoza.
- Proponer alternativas para la medición de las diferentes variables que integran el balance hídrico.
- Establecer la incidencia del balance hídrico como instrumento para el ordenamiento territorial.

La importancia del balance hídrico en la legislación de Mendoza

La idea de contar con un balance hídrico previo al otorgamiento de las concesiones de aguas superficiales son requisitos exigidos tanto por la Ley General de Aguas de 1884 como por la Constitución de 1916, ambas de la provincia de Mendoza. Específicamente, la mencionada Ley en su Título V de las Concesiones sobre el Aprovechamiento del Agua, prescribe:

Artículo 122 - "En toda nueva concesión de aprovechamiento de aguas públicas, se determinará la cantidad que corresponda como máximo, si es para riegos, a razón de uno y medio litros por segundo, para cada hectárea de terreno".

Artículo 128 - "Donde existan aprovechamientos en uso de un derecho reconocido y valedero, solamente podrán hacerse otras concesiones, en el caso de que, del aforo de las aguas en años ordinarios, resultare sobrante el caudal que se solicite, después de cubiertos completamente los aprovechamientos existentes".

Artículo 129 - "Cuando del aforo resulte no haber sobrante de aguas en años ordinarios, solo podrá concederse el derecho de aprovechamiento eventual".

A esto hay que anteponer la jerarquización en los usos del agua que hace esta misma Ley en el siguiente artículo.

Artículo 115 - "En las concesiones de aprovechamiento especiales de aguas públicas, se observará el siguiente orden de preferencia 1 abastecimiento de poblaciones 2 abastecimiento de ferrocarriles 3 riegos 4 molinos y otra fábricas 5 estanques para diversos o criaderos de peces".

Por su parte, la Constitución provincial declara:

Artículo 194 - "Mientras no se haga el aforo de los ríos de la Provincia y sus afluentes, no podrá acordarse ninguna nueva concesión de agua sin una ley especial e informe previo del Departamento de Irrigación, requiriéndose para su sanción el voto favorable de los dos tercios de los miembros que componen cada Cámara.

Una vez efectuado el aforo, las concesiones de agua sólo necesitarán el voto de la mitad más uno de los miembros que componen cada Cámara.

Las concesiones que se acuerden, mientras no se realice el aforo, tendrán forzosamente carácter eventual".

Artículo 195 - "Una vez practicado el aforo de los ríos y arroyos, así como cada vez que se construyan obras de embalse que permitan un mayor aprovechamiento del agua, el Departamento de Irrigación, previo los estudios del caso, determinará las zonas en que convenga ampliar los cultivos, remitiendo los antecedentes a la Legislatura, para que ésta resuelva por el voto de la mitad más uno de los miembros que componen cada Cámara, si se autoriza o no la extensión de los cultivos".

Complementariamente, la Ley de Aguas Subterráneas 4.035 de 1974 de Mendoza, considera también la necesidad de tomar acciones para restringir el uso del recurso cuando éste afecte negativamente al balance de agua subterránea, básicamente en su artículo 23:

Artículo 1 - "La investigación, exploración, uso, control, recarga, conservación, desarrollo y aprovechamiento de las aguas subterráneas, para cuya extracción sea necesaria la construcción de obras, se rigen en el territorio de la provincia por la presente ley y las reglamentaciones que en su consecuencia se dicten".

Artículo 23 - "La autoridad de aplicación podrá:

1) establecer turnos, restringir, limitar o regular por resolución fundada, el uso o la extracción de agua subterránea, cuando a causa de ello puede alterarse el equilibrio del balance hidrológico del acuífero, sea por descenso de niveles, desmejoramiento en la calidad de sus aguas o por cualquier otra causa.

2) establecer zonas de protección alrededor de la perforación, en las que podrá limitar, condicionar o prohibir actividades que puedan afectar su normal explotación.

3) solicitar, al poder ejecutivo, la declaración de agotamiento de la fuente, cuando su disponibilidad se encuentre totalmente comprometida con concesiones

otorgadas, en cuyo caso, no se admitirá respecto de la misma ninguna solicitud de nuevo aprovechamiento y la delimitación en zonas de reserva".

Los instrumentos legales arriba detallados indican claramente la importancia que se otorga al balance hídrico en la legislación del agua superficial y subterránea de Mendoza. En este sentido, es importante mencionar que no se han otorgado concesiones de agua para riego definitivas desde la promulgación de la Ley General de Aguas de Mendoza: desde tal momento, solo se han otorgado permisos temporarios o concesiones eventuales.

Si bien se han llevado adelante numerosas mediciones de caudales en puntos de aforo representativos por considerables periodos y se han realizado balances hídricos con múltiples finalidades, la Administración del Agua no ha establecido un balance definitivo que permitiera proceder al saneamiento del estado de las concesiones. La elaboración de un balance hídrico se ha constituido en uno de los objetivos de política de la reciente Administración del Departamento General de Irrigación -DGI- iniciada en abril de 2012.

El balance hídrico como herramienta para el ordenamiento territorial

Desde la definición de ordenamiento territorial, manifestada por la Carta Europea de Ordenación del Territorio (Comunidad Económica Europea, 1983), es posible establecer la consistencia entre las políticas espaciales, la dotación de recursos naturales y el desarrollo convergente.

Así, el ordenamiento territorial es la expresión espacial de las políticas económicas, sociales, culturales y ecológicas de la sociedad. A su vez, constituye una disciplina científica, una técnica administrativa y una política con un enfoque interdisciplinario y global, cuyos objetivos son el desarrollo equilibrado de las regiones y la organización física del espacio.

Para la consecución de estos objetivos resulta imperioso contar con herramientas propicias para prever el impacto de las políticas y acciones sobre el territorio y sus recursos asociados. En ese sentido, y dada la importancia estratégica que adquiere el agua en la zona de estudio, es menester contar con un instrumento que permita orientar el desarrollo del espacio de modo que no se comprometa la disponibilidad cuantitativa y cualitativa del recurso hídrico.

Para asegurar la sustentabilidad del recurso, y por lo tanto de las actividades productivas y sociales que se desarrollen en función del mismo, debe garantizarse su adecuada y periódica contabilización.

El balance hídrico constituye un herramienta pertinente para el ordenamiento territorial básicamente porque, de resultar su signo positivo y su magnitud relativamente importante, se habilita la posibilidad de implementar políticas de asignación de agua que permitan expansión territorial; mientras que, de resultar negativo o de una magnitud exiguamente positiva, habilita el desarrollo de acciones preventivas.

En síntesis, podemos decir que el balance hídrico es una herramienta de la gestión territorial que tiene las siguientes cualidades:

- 1) orienta las actividades y los usos del suelo en las cuencas;
- 2) permite el manejo de la oferta del agua sosteniblemente;
- 3) fomenta el uso eficiente del agua;
- 4) estimula la realización del inventario del recurso hídrico superficial y subterráneo;
- 5) fortalece el Sistema de Información Ambiental y Territorial de la Ley 8051.

La medición del balance hídrico

Para abordar el tema mediante un enfoque sistémico se considera al agua en el marco del ciclo hidrológico y se adopta el tradicional criterio de definir a la cuenca como unidad de análisis, utilizando el año como unidad de tiempo. En esta oportunidad se hará especial referencia a la provincia de Mendoza: cuenca norte, cuenca centro y cuenca sur. Se analiza la oferta de agua superficial y subterránea, por un lado, y la demanda según sus usos, por el otro. La primera está sujeta a procesos naturales y antrópicos y, en el caso de proyectar escenarios futuros, al cambio climático¹. La segunda, se encuentra afectada por el crecimiento poblacional, el desarrollo socioeconómico y el cuidado del medio ambiente.

La oferta de agua

La oferta de agua superficial está determinada por procesos hidrológicos naturales que se expresan en términos de lluvias y por precipitaciones níveas que se acumulan en las cuencas imbríferas de los ríos que las nutren. Tanto las precipitaciones anuales como los derrames asociados, son variables aleatorias con parámetros bien estimados para los principales ríos de Mendoza. El informe físico-ambiental del Marco Estratégico para la provincia de Mendoza, denota que el derrame de agua superficial en la Provincia es, en total, de 5.941 hm³ por año (UNCuyo, 2004, p. 22). De esta cifra global, alrededor del 44%

¹ Para muchos autores, variabilidad climática.

se corresponde con el derrame en la cuenca Norte, el 43% se manifiesta en la cuenca Sur, mientras que el resto, 13%, es observable en la cuenca Centro.

El origen nívico de los caudales permite estimar, con una anticipación de algunos meses su derrame a través de inferencias en función de la nieve acumulada. Esto resta incertidumbre a la previsión de los volúmenes que estarán disponibles para ser utilizados en el siguiente ciclo productivo.

En función de lo anterior, y a través del estudio de series históricas, es posible reconocer y anticipar las oscilaciones cíclicas y estacionales. No obstante, ciertos estudios realizados por el Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales -IANIGLA-, indicarían que los caudales de los ríos estarían siendo impactados negativamente por efectos derivados del Cambio Climático Global, Boninsegna (2009). Tener presentes los cambios futuros sobre los regímenes de precipitaciones constituye una posición para efectuar la construcción de escenarios alternativos a largo plazo.

Puede afirmarse que el volumen hídrico superficial dependerá, entre otras variables, de las características hidroclimáticas, la topografía, las características del suelo, la cobertura vegetal, el grado de intervención antrópica y el criterio de operación de la infraestructura hídrica emplazada en la zona. En términos matemáticos, la oferta superficial anual de agua es igual a la suma del derrame de los ríos netos de la infiltración.

Por el lado del agua subterránea, según la misma fuente, el valor medio anual posible de extraer en función de la infraestructura vigente es cercano a los 1.108 hm³ (UNCuyo, 2004, p.22). De esta última cifra, alrededor del 70% es atribuible a la cuenca norte, cerca del 20% a la cuenca centro y el restante 10%, a la sur.

Nótese que el comportamiento del agua subterránea se presenta de manera totalmente distinto al del agua superficial. Mientras el derrame superficial constituye una variable flujo, dada su esencia netamente dinámica puesta de manifiesto durante un periodo de tiempo, el agua subterránea constituye una variable stock, ya que tiene un carácter estático determinado por el volumen almacenado en el subsuelo en un momento determinado.

No obstante su condición estática, el stock de agua subterránea varía de un periodo a otro. Crece en función de la recarga (que puede ser natural o artificial), y decrece a raíz de las extracciones por bombeo, vertientes o flujo subterráneo. Puede apreciarse que cuando la descarga del sistema o bombeo se torna mayor que la recarga, el stock de agua subterránea se reduce. Si esta dinámica se mantiene, comienza a generarse un proceso de sobreexplotación con sus consecuentes costos sociales. Estos costos, por su naturaleza

económica, son denominamos externalidades negativas y se manifiestan a través del agotamiento paulatino del stock de agua, o bien a través de la salinización o degradación del recurso. Contrariamente, si la recarga es mayor al bombeo durante una serie significativa de periodos, el stock de agua subterránea se incrementa y es posible, considerando además otros factores, desarrollar una política de expansión territorial con mayor laxitud.

Finalmente, considerando tanto la fuente de origen superficial como la subterránea, la oferta total de agua (OT) puede definirse, a los fines del balance hídrico, como la suma del derrame de los ríos netos de la infiltración (DRNI), el nivel de las precipitaciones pluviales en el llano (PP) y la recarga de los acuíferos subterráneos (R). La ecuación (1) resume matemáticamente este concepto, estando las variables que la integran expresadas en forma homogénea, en volumen por una unidad de tiempo.

$$OT_t = DRNI_t + PP_t + R_t \quad (1)$$

Cabe destacar que aquellas intervenciones antrópicas en la cuenca, que se traducen en contaminación de agua superficial y subterránea, alterna la calidad y la cantidad, por lo tanto, son condicionantes de la disponibilidad de agua definida en los términos arriba descriptos.

La demanda de agua

La demanda agregada o demanda total de agua en un período dado está determinada por la suma de las demandas sectoriales. Esto es, la demanda poblacional (agua potable), la demanda para riego, la demanda industrial, la demanda urbana para riego de parques y arbolado público y la demanda ambiental o ecológica. Cada una de estas demandas está determinada, a su vez, por la suma de los consumos de todos los usuarios. La caracterización de cada demanda es de suma importancia para la formulación de los posibles escenarios, lo que permite estimar las trayectorias futuras de las demandas sectoriales y la demanda agregada de agua para la cuenca. Cada una de las demandas se satisface, en mayor o menor proporción, a través de una componente de origen superficial o subterráneo.

En la ecuación (2) se formaliza la demanda total de agua en un determinado período t (DT_t), siendo ésta igual a la suma de la demanda poblacional (DP_t), la demanda de agua con fines de riego (DR_t), la demanda industrial (DI_t), la demanda urbana para riego de parques y arbolado público (DP_t) y la demanda ambiental (DA_t).

$$DT_t = DP_t + DR_t + DI_t + DP_t + DA_t \quad (2)$$

A continuación, se caracterizan cada una de estas demandas, identificando los principales argumentos o factores que la determinan. Esto permite establecer los criterios básicos para su posterior modelación.

Demanda poblacional

La demanda poblacional o para uso humano es prioritaria en toda comunidad por múltiples razones, como también ocurre en las cuencas bajo análisis. La Ley General de Aguas de la provincia de Mendoza, en su título V, artículo 115, así lo determina. Asimismo, por el hecho que el uso humano del agua es priorizado por los valores y necesidades de subsistencia de la comunidad, hoy el reconocido en la arena internacional el derecho humano al agua. Además, esta prioridad está plasmada en todas las leyes o códigos de agua.

El derecho humano al agua en realidad aparece en la gran mayoría de las leyes provinciales del país al establecer el uso común del agua. El mismo es el derecho que tiene toda persona de satisfacer sus necesidades básicas, tales como agua para la bebida, preparación de alimentos, de higiene, abrevado de ganado, y otros elementos que hacen a la subsistencia básica de la vida.

Finalmente, existen razones económicas que determinan que éste es un uso prioritario, lo que se manifiesta en la reducida elasticidad de la demanda de agua potable², indicando que la comunidad está dispuesta a pagar altos precios por el recurso cuando éste es escaso.

Idealmente un sistema de agua y saneamiento bien instalado cuenta con macro, meso y micro medición. A los fines de un balance hídrico a nivel cuenca alcanza con la macro medición, que es la medición del agua potable producida entregada a la red de distribución. El resto tiene que ver con el manejo interno del sector.

En general se evidencia ausencia de una cultura de medición y control, lo que aunado a las restricciones presupuestarias en las empresas prestadoras, se llega a la conclusión de que para estimar el balance hídrico habrá que conformarse con información presunta.

Una de las formas para estimar la demanda poblacional, consiste en utilizar coeficientes de consumo de agua potable per cápita y afectarlos al total de la población en estudio. Para el caso del Gran Mendoza, se cuenta con buenas estimaciones de estos coeficientes

² Las distintas estimaciones de la elasticidad precio de la demanda de agua potable arrojan, en general, valores próximos y menores a -0,3, lo que caracteriza a una demanda considerablemente inelástica: si aumenta mucho el precio, el consumo cae muy poco.

del año 1992 (Fasciolo y otros, 2010, pp. 122-123) y los datos provenientes de Obras Sanitarias Mendoza, de acuerdo a R. Gabrielli (ponencia, 10 de septiembre de 2003), en ambos casos mediante muestras representativas. De acuerdo a estas fuentes, el rango de estos coeficientes se encuentra, en promedio, entre 280 y 318 litros por habitante por día. En el balance también hay que tener en cuenta el agua no contabilizada (pérdidas por conducción), de la cual no existe una buena estimación.

Demanda para riego

Esta demanda presenta el máximo uso, que ha sido evaluado en 89% del total de los usos de agua en la provincia de Mendoza (UNCuyo, 2004, p.22). Existe información bastante profusa, aunque contradictoria según las fuentes, acerca del volumen de agua utilizado por el sector.

El agua superficial se distribuye en las cuencas bajo análisis mediante sistemas de canales que asemejan una estructura dendrítica, compuestos por canales primarios, secundarios, terciarios, que pueden llegar a cuaternarios o más. Es allí donde se producen las pérdidas denominadas de conducción y distribución.

En los casos de las cuencas de Mendoza, los sistemas de riego son administrados por el DGI y las Asociaciones de Regantes, denominadas Inspecciones de Cauce. La autoridad hídrica central administra diques y canales primarios, el resto es administrado por las Inspecciones de Cauce. La mayoría de los canales son de tierra, lo que lleva a elevadas ineficiencias en la asignación del agua superficial.

Puede decirse, en términos generales, que la eficiencia de asignación del agua de riego (río-planta) en las cuencas de Mendoza, se encuentra cercana al 33%. Este valor ha sido estimado como una media ponderada de las eficiencias de riego en las cuencas norte y centro de Mendoza, medidas por el Centro Regional Andino (CRA) del Instituto Nacional del Agua (INA), y presentadas por Fasciolo y otros (2010, p.161).

Es importante destacar que los datos de eficiencia de uso del agua normalmente reportados, del 30% al 40% en la provincia, suelen estar mal interpretados pues se omite la necesaria "fracción de lixiviación", que es función de la calidad del agua y del suelo. Esta fracción es la cantidad de agua, por sobre las necesidades de la planta, necesaria para lavar las sales que se acumulan en el suelo. La ausencia de dicha fracción incrementa el proceso de salinización del suelo y conduce a la eventual muerte de la planta. Este coeficiente oscila entre el 20 y 30% del agua que requiere la planta (Llop y Fasciolo, 2011, p.73)

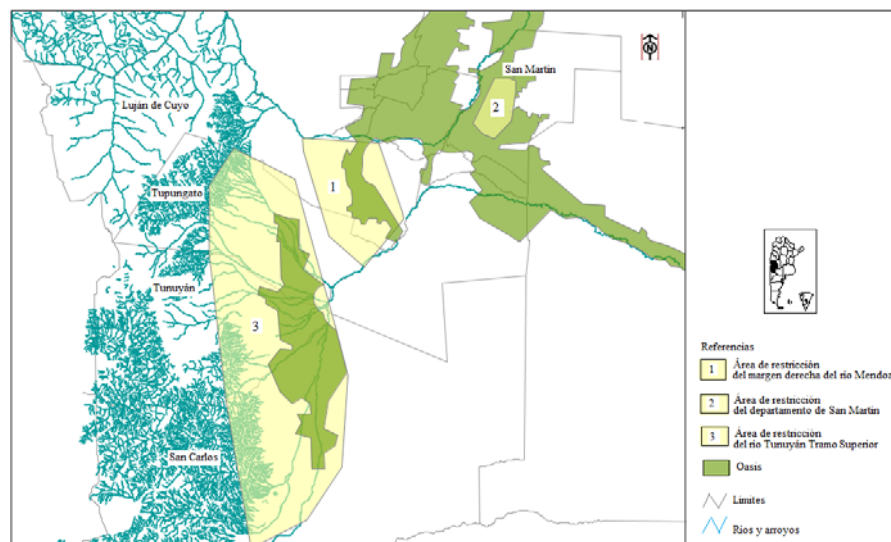
Esto equivale a decir que existe un importante margen para avanzar en el incremento de la eficiencia para mitigar las potenciales reducciones del recurso asociadas a eventos como el cambio climático. Pero esto involucra, más que grandes inversiones, cambios culturales en los regantes y mejoras en la gestión de las Inspecciones de Cauce y de la Administración Central.

El agua subterránea se ha manejado de una manera totalmente descentralizada y anárquica, de tal modo que los productores se han comportado como si este recurso fuera de naturaleza privada: cada productor con capacidad de pago establece sus equipos de bombeo con el solo requisito de solicitar permiso a la autoridad pública que, generalmente, lo termina otorgando salvo en casos donde existan declaradas restricciones.

Lo anterior ha conducido a delimitar en Mendoza, tres áreas de restricción dentro de las cuales no está permitida la construcción de nuevas perforaciones. Dentro de estas áreas, solo es posible tramitar una solicitud de permiso de perforación para reemplazar pozos en mal estado (los cuales son segados) siempre que ambos se encuentren dentro de la misma propiedad y sean de idénticos diámetros.

En la Figura N° 1 se han sombreado en amarillo las áreas de restricción ubicadas en el oasis norte y oasis centro de Mendoza.

Figura N° 1. Áreas de restricciones para la construcción de perforaciones para la explotación de aguas subterráneas en los oasis norte y centro. Mendoza. 2012.

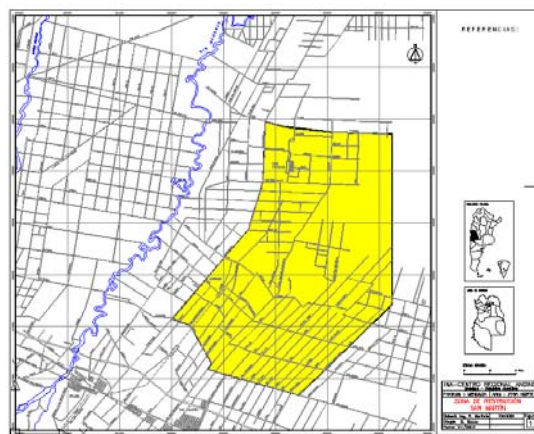


Fuente: Centro de Economía, Legislación y Administración del Agua. Instituto Nacional del Agua. MENDOZA. *Mapa de zona de restricciones en los oasis norte y centro de Mendoza.* Mendoza: Lugar.

El detalle y la identificación de las áreas de restricción es el siguiente:

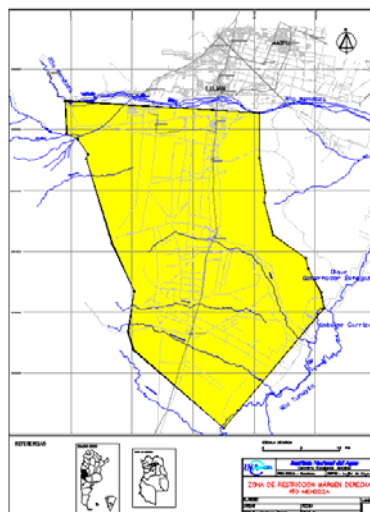
- En la Figura N° 2 se muestra el área de restricción a la construcción de perforaciones en San Martín establecido por la Resolución vigente N° 758/11 HTA-DGI.
- En la Figura N° 3 se presenta el área de la margen derecha del río Mendoza, subcuenca del Carrizal, la que está restringida a nuevas perforaciones de acuerdo a Resolución vigente N° 252/09 HTA-DGI.
- En la Figura N° 4 se puede ver la cuenca del río Tunuyán Tramo Superior la que tiene restringida la construcción de perforaciones según Resolución N° 722/11 HTA-DGI.

Figura N° 2. Área de restricción para la construcción perforaciones, departamento de San Martín. Mendoza. 2012



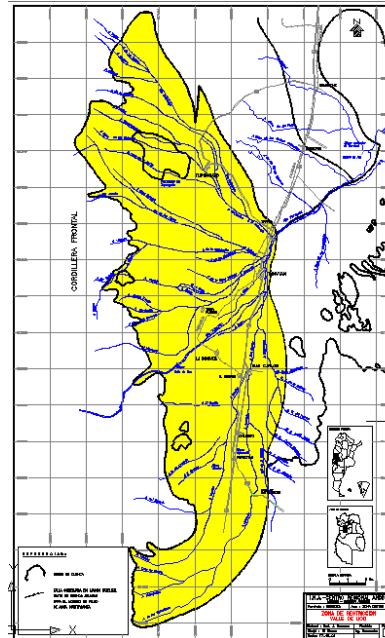
Fuente: Centro Regional Andino. Instituto Nacional del Agua. *MENDOZA. Mapa de zona de restricciones en el departamento de San Martín, Mendoza.* Mendoza: Lugar.

Figura N° 3. Área de restricción para la construcción de perforaciones, margen derecha del río Mendoza. Mendoza. 2012



Fuente: Centro Regional Andino. Instituto Nacional del Agua. *MENDOZA. Mapa de zona de restricciones en la margen derecha río Mendoza, Mendoza.* Mendoza: Lugar.

Figura N° 4. Área de restricción para la construcción de nuevas perforaciones, río Tunuyán Tramo Superior. Mendoza. 2012



Fuente: Centro Regional Andino. Instituto Nacional del Agua. *MENDOZA. Mapa de zona de restricciones en la Cuenca del río Tunuyán Superior, Mendoza.* Mendoza: Lugar.

No se mide el consumo del recurso subterráneo, que se encuentra subsidiado a través del pago de la energía. Esto acelera su sobreexplotación ya que se reducen los costos de uso del recurso hídrico. En el uso de agua subterránea, el regante debe pagar, además de la inversión, un costo que es el gasto en kW hora utilizado en el bombeo, los costos de mantenimiento, y administrativamente un pequeño monto por perforación y por año al DGI. La existencia del consumo energético es equivalente a un pago por unidad de extracción del agua, lo que hace que la utilización racional del agua subterránea resulte mucho más eficiente que la utilización del agua superficial. Cabe destacar que las áreas de surgencia no presentan costos asociados al consumo energético. El efecto precio es, claramente, un determinante de la eficiencia en la utilización del recurso.

La existencia del agua subterránea y la libertad de acceso a la misma, en el marco normativo existente, hacen que tenga todas las características de un bien común. Como tal, en los casos con alta demanda por el recurso, rivalidad en el consumo y ausencia o leve manifestación de mecanismos de exclusión se producirá, de manera inevitable según la teoría económica, la sobreexplotación, degradación y el agotamiento de ese bien en un período de tiempo relativamente breve. Esto se ha manifestado en zonas como el Este de la Cuenca Norte, representadas en las Figuras N° 1 y N° 2 y, puntualmente, en

importantes áreas de los departamentos de San Martín, Rivadavia y Junín, donde se observa un marcado proceso de salinización del agua subterránea.

Los determinantes del proceso de salinización del agua subterránea son:

- a) la Ley General de Aguas, que con su principio de inherencia, impide la reasignación del recurso superficial a zonas en la que el uso del agua subterránea es muy intenso; en el caso de esta importante zona del Este mendocino, miles de hectáreas satisfacen sus necesidades de riego exclusivamente gracias al agua subterránea;
- b) la estructura del suelo en las áreas críticas, que por ser de tipo franco-arenoso facilita la lixiviación del agua en profundidad, colaborando con la aceleración del proceso de intrusión salina;
- c) el alto valor que tiene la asignación del agua a la producción agrícola;
- d) la falta de incentivos que tiene el productor para abordar el fenómeno, por ser este un recurso común. La conjunción de estos elementos hace que se extraiga más agua que la socialmente deseable para asegurar condiciones de sustentabilidad.

En las áreas bajo consideración, indicada en las Figuras 1 y 2, resulta ya prácticamente irreversible la tendencia en la degradación del acuífero, lo que conducirá a la desertificación de importantes áreas, básicamente de aquellas que dependen exclusivamente del agua subterránea. Cabe destacarse acá, que en la cuenca Norte de Mendoza, casi un 70% de las hectáreas cultivadas se encuentran complementadas con las aguas subterráneas. Esto quiere decir que los productores usan el agua subterránea cuando tienen déficit en la dotación de agua superficial.

Para estimar el uso del agua para riego, la mayoría de las fuentes utiliza datos de evapotranspiración de los cultivos y eficiencia de aplicación; estos son aplicados a la superficie cultivada, para la cual existen diversas fuentes de información, tales como censos agropecuarios, registro único de la tierra -RUT-, imágenes satelitales y otros.

En caso de riego con agua superficial se le agregan las pérdidas por conducción y distribución. En Mendoza se ha estimado la demanda de agua para riego en 4.951 hm³ por año (UNCuyo, 2004, p.21).

Uso de efluentes con fines de riego

Las ya avanzadas prácticas de uso de efluentes urbanos e industriales en las cuencas bajo estudio, generalmente denominado reuso, pueden analizarse como una adición a la oferta de agua, con restricciones en cuanto a su uso en función de la calidad de los

efluentes. Es un hecho que los efluentes son utilizados literalmente en todos los casos, independientemente de la formalización institucional de su uso. Es más, las aguas servidas, cuando son utilizadas para riego de cultivos, pueden llegar a tener mayor valor que el agua proveniente de otras fuentes. Factores que colaboran en esta apreciación del recurso son, entre otros, su contenido de fertilizantes y la invariancia de su caudal en el tiempo, lo que equivale a certidumbre en su disposición.

El volumen de efluentes utilizado para riego no siempre se incorpora como componente de la oferta cuando se efectúa un balance hídrico. Si bien esta oferta de agua tiene limitaciones de calidad, en la mayoría de las zonas áridas es empleada en su totalidad para el riego de cultivos. De esta manera, se ha constituido en un factor de crecimiento de la superficie cultivada en zonas que carecen de derecho de riego. En algunos balances se incluye como *oferta de aguas no convencionales* o de *aguas marginales*.

En Mendoza, gran parte de los efluentes domésticos de las ciudades son tratados en establecimientos depuradores y utilizados para riego con diferentes formas administrativas: concesiones internas, concesiones externas o derechos de riego. Es así que los efluentes de la planta depuradora ubicada en Paramillos, departamento de Lavalle han sido asignados a los regantes. Estos se han constituido en nuevos derechos de riego, en una zona dentro de la cuenca del río Mendoza, en la que ya no hay excedentes hídricos.

La estimación de la oferta de agua puede realizarse a partir de los volúmenes de agua tratada en los establecimientos, si existe esta medición. La misma puede obtenerse en el organismo de administración del agua potable y saneamiento o en las instituciones a las que se les concesionan dichas aguas para su utilización en riego. Alternativamente, si se conoce la superficie irrigada con estas aguas puede estimarse de la misma forma que se indicó para demanda de agua para riego. Es decir aplicando a la superficie cultivada la evapotranspiración y eficiencia de riego.

El balance hídrico global de las cuencas de Mendoza, presentado en el Informe Ambiental del Marco Estratégico, ha considerado esta disponibilidad de agua, en términos de efluentes domésticos e industriales, la que ha sido cuantificada en 183 hm³/año, (Argentina, UNCuyo, 2004, p.22).

Demanda industrial

La demanda de agua por el sector industrial en la región es significativa, ya que la rama de actividad industrial dominante es la industria de base agraria, que de por sí es intensiva en

el uso del recurso hídrico. En el caso particular de la Cuenca Norte de Mendoza, en la desembocadura del río existe un uso industrial por parte de la destilería de petróleo de YPF y a la Central Térmica Mendoza, las cuales presentan un uso consuntivo muy bajo, pero una necesidad de grandes cantidades de agua con fines de refrigeración. Se encuentra también aguas abajo la conocida zona alcoholera que hace un uso intensivo del agua con el mismo fin.

En las cuencas de la región, el grueso de los establecimientos industriales hace uso del agua subterránea. En este sentido, por desafortunado que parezca, en Mendoza no existen estadísticas de la cantidad de agua utilizada por el sector industrial, simplemente porque no se han montado sistemas de medición en las bombas. En el mejor de los casos, existen registros en donde se consignan el número de bombas asignadas al sector industrial y algunas características básicas de las mismas, pero no mediciones de la cantidad de agua que utiliza. Las industrias prefieren esta fuente porque no tienen limitaciones en la disponibilidad, solo la capacidad de las bombas, y cuentan con la garantía de una mejor calidad.

Con el fin de realizar un análisis cuantitativo, se está llevando a cabo un proyecto en el Centro de Economía, Legislación y Administración del Agua, dependiente del Instituto Nacional del Cuyo (CELA-INA) y con el apoyo del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). El mismo tiene como objetivo principal efectuar una estimación del uso del agua en las industrias manufactureras de Mendoza.

La metodología adoptada consiste en la construcción de coeficientes (volumen de agua utilizada/volumen de materia prima o volumen de agua utilizada/volumen de producto terminado) para cada rama de actividad y estos afectarlos a los volúmenes de materia prima procesada o de producto terminado, provenientes de fuentes de información secundarias. Al momento, se cuenta con resultados parciales para las principales industrias alimenticias de la provincia, especialmente para el caso de las bodegas. Para estas últimas se utilizaron también datos de un estudio realizado por Nazralla y otros (2003, p.37), los que se publicaron en trabajo de Duek y Fasciolo (2012) estimándose un valor promedio de 3,08 litros de agua por litros de vino elaborado.

Demanda ambiental y para riego de arbolado público

Al igual que la demanda industrial y la del sector público, la idea de uso ambiental carece de presencia institucional, y no cuenta con información adecuada para su estimación. Se entiende por demanda ambiental aquel recurso utilizado con fines de mantenimiento de sistemas ecológicos y biodiversidad y con fines de recreación y turismo.

Se puede mencionar, como caso paradigmático en Mendoza, la creación de la reserva de la laguna de Llanquanelo, según el Decreto 9/80. Mediante el mismo, el DGI debe *asegurar los caudales necesarios para el mantenimiento del nivel de la laguna y sus afluentes naturales*, como así también para no comprometer la sustentabilidad ambiental de la laguna y de la reserva en la cual está inserta, que tiene una extensión de 40.000 hectáreas. La Laguna Llanquanelo está empadronada con el primer derecho ecológico de la Provincia por 2.479 hectáreas caudal anual que se estima en 13 hm³. (Argentina, Departamento General de Irrigación, 2006, p. 33)

Estos usos presentan un valor creciente en el reciente pasado, y todo análisis prospectivo debe incorporar el incremento del uso ambiental del agua. A manera de ejemplo comparativo, puede decirse que el Plan Hídrico de California establece que el uso ambiental del agua es el único que crece en términos absolutos en relación con otros usos.

Tampoco existe buena información sobre el volumen de agua utilizado para riego del arbolado público en las urbes mendocinas. En este sentido, conviene recordar que los municipios son los organismos encargados del mantenimiento del arbolado público y de los espacios verdes, para lo cual cuentan con concesiones de agua superficial y, en muchos casos, operan bombas para la extracción de agua subterránea. La cantidad de espacios verdes de las principales urbes mendocinas, de acuerdo a Fasciolo y otros (2010, p.139), es de 1129 hectáreas. En el caso del departamento de Capital, la superficie del parque General San Martín está empadronada con derecho de riego y otros espacios verdes se riegan con agua subterránea. Según una estimación ligera del requerimiento hídrico, habría que asignar aproximadamente 10.000 metros cúbicos por hectárea para el arbolado público, asemejando el consumo al de cultivos perennes de hoja caduca de acuerdo a Bagini (1980, p.3).

Discusión y recomendaciones

El conocimiento del balance hídrico en las cuencas de Mendoza es imprescindible para optimizar socialmente la asignación del agua en el territorio de la provincia. Éste se convierte en un instrumento clave para ordenar el territorio y promover su desarrollo en un marco de sustentabilidad de los recursos hídricos y ambientes asociados.

Para las cuencas de esta provincia es posible medir los elementos que integran el balance hídrico. Sin embargo, para la mayoría de los términos de la ecuación de la demanda, no se encuentra disponibles mediciones directas.

Se sugiere realizar las estimaciones con técnicas indirectas utilizando coeficientes de consumo de agua aplicados a datos secundarios. Los mismos aportan cantidades totales, a nivel cuenca o subcuenca, de los principales demandantes tales como la cantidad de población, la superficie cultivada, el número de establecimientos industriales, la superficie ocupada por espacios verdes, etcétera.

Si bien, la precisión requerida para el balance hídrico es función de los objetivos del estudio, los que a su vez condicionan la escala de trabajo, la misma estará condicionada por la disponibilidad de datos.

El uso de estimaciones alternativas, si bien tienen menor precisión que las mediciones directas, permiten realizar balances a nivel de cuencas y subcuencas, para los fines prácticos concernientes a las siguientes etapas de un proceso de ordenamiento territorial:

- Elaboración del diagnóstico, en donde el balance hídrico es un indicador prioritario en el sistema territorial que ayuda a identificar las fortalezas y debilidades del territorio y la jerarquización de la problemática.
- Planificación, la cual es un requisito para la generación de escenarios. Las técnicas prospectivas aplicadas a la oferta y demanda de agua permiten desarrollar escenarios alternativos orientados a la territorialización del modelo deseado. Para la elaboración de escenarios se consideran las probabilidades de los derrames de agua en años hidrológicos pobres y ricos, como así también los impactos del cambio climático, en lo referente a la oferta de agua. Respecto de la demanda de agua podría considerarse: el crecimiento de los sectores, los cambios en la eficiencia de uso del agua, los cambios culturales y tecnológicos y otros factores que se desee incorporar.

Se considera que la realización de un balance hídrico es una herramienta para la toma de decisiones frente a los conflictos territoriales por la apropiación del recurso. Por otro lado, no debe ser una actividad puntual sino que se debe asegurar cierta periodicidad que permita la retroalimentación de la gestión del territorio.

Bibliografía

Argentina. Departamento General de Irrigación-DGI. Plan Director del río Malargüe (2006). DGI. Mendoza. Disponible en: http://www.irrigacion.gov.ar/sitio/files/planes/PD_Malargue_100306.pdf [Acceso el 30 de septiembre de 2012]

Argentina. Secretaría de Medio Ambiente-SMA. Informe Ambiental (2011). Tercera Parte: Plan Estratégico de Desarrollo de la provincia de Mendoza, pp. 232-233. Disponible en: http://www.ambiente.mendoza.gov.ar/index.php?option=com_phocadownload&view=categor&id=6:informes&Itemid=207 [Acceso el 23 de julio de 2012]

Bagini, R., (1980). Cómo, cuándo y cuánto regar. p.3. Estación Experimental Agropecuaria Mendoza. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

Boninsegna, J. (2009). Influencia del cambio climático en áreas de regadío. En: Curso Recursos Hídricos y Cambio Climático. Espacio de la Ciencia y la Tecnología, UNCuyo. Mendoza, 3 al 5 de noviembre. UNCuyo/INA.

Comunidad Económica Europea-CEE. Carta Europea de Ordenación del Territorio, 1983. [Acceso el 25 de septiembre del 2012]. Disponible en: http://titulaciongeografiasevilla.es/web/contenidos/profesores/materiales/archivos/Carta_Europea_OT.pdf

Duek, A. y Fasciolo, G. (2012). Uso del agua en las bodegas de Mendoza. En “Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias”. Mendoza: Universidad Nacional de Cuyo (en prensa).

Fasciolo, G. E. (coordinadora), Buccheri, M. J., Gudiño M. E., Medalla Araya, A., Papú O. y Vitale, J. (2010). Futuro Ambiental de Mendoza: escenarios. (1a ed.), pp. 122-123, 139 y 161. Mendoza, Argentina: Editorial de la Universidad Nacional de Cuyo (EDIUNC).

Gabrielli, R. (2003). Plan Maestro de Obras Sanitarias Mendoza. En CD-ROM de trabajos técnicos del XIII Congreso Argentino de Saneamiento y Medio Ambiente de la Asociación Argentina de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (AIDIS). Buenos Aires, Argentina, 9 al 11 de septiembre de 2003.

Llop, A. y Fasciolo G. (2011). Estado de los recursos hídricos en Mendoza. En “Informe ambiental”, Secretaría de Medio Ambiente, Gobierno de Mendoza (coord.) (2011), pp. 68-75. Publicado en CD.

Llop, A. y Fasciolo G. (1998). Estrategias de control de la contaminación del agua subterránea: el caso del este mendocino. En Actas del "XVII Congreso Nacional del Agua", Tomo III, pp. 54-63. Santa Fe, Argentina: Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, Univ. Nac. del Litoral.

Nazrala, J.; Vila, H.; García, R.; Jait, R. y Despous, G. (2003). Gestión de efluentes y consumo de agua en bodega. En "Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias", Tomo XXXV, número 1, pp. 35-42. Mendoza: Universidad Nacional de Cuyo.

Sokolov, A. A. y Chapman, T. C. (1981). Métodos de cálculo del balance hídrico. Guía Internacional de investigación y métodos, 1ª edición, p. 12. Instituto de hidrología de España-Unesco. Disponible en:

<http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001377/137771so.pdf> [Acceso el 27 de agosto de 2012]

Universidad Nacional de Cuyo-UNCuyo, Marco Estratégico para la provincia de Mendoza: Diagnóstico físico-ambiental (2004), pp. 21-22. Disponible en:

<http://www.uncu.edu.ar/contenido/index.php?logout=true&tid=101> [Acceso el 15 de marzo del 2011]