

# **ANÁLISIS AMBIENTAL DEL VALOR ECONÓMICO DEL AGUA DE RIEGO EN SAN JUAN- UNIFICACIÓN DEL AGUA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA**

**Ing. Luis F. Jiménez (PE)<sup>1</sup>**  
Universidad Católica de Cuyo

## **Resumen**

En el presente trabajo se ha identificado el problema de la crisis de gestión del agua de riego en San Juan en función de la dificultad de parte del Estado administrador y de los usuarios. Se reconocen tres aspectos importantes en la utilización del recurso escaso en un desierto, identificados por la gran ineficiencia en el sistema de distribución y aplicación en finca, el escaso valor económico, social y ambiental que consideran los usuarios por el agua, y la escasa conciencia colectiva de que el acuífero subterráneo es finito con una sola fuente de recarga y que su sobreexplotación puede desencadenar en un desequilibrio ecológico irreversible, en cantidad y calidad.

Se ha considerado que, frente a la sequía actual y probablemente con frecuentes escenarios futuros similares en función del cambio climático, resulta conveniente unificar los dos tipos de fuente de aprovisionamiento de agua, la superficial y la subterránea, utilizando nuevos criterios de evaluación del uso del agua midiendo por volumen su entrega y unificando en una sola tarifa el valor del costo del agua utilizada. De esa manera, se considera que los usuarios podrán identificar un mayor grado de eficiencia en su utilización, el estado administrador podrá controlar el nivel de uso racional evitándose los desequilibrios ambientales. Asimismo, se considera que debería organizarse un registro voluntario de usuarios que adhieran al sistema unificado, para participar del nuevo sistema de gestión, con un esquema tarifario unificado y una política de subsidios públicos dirigida a lograr mayor eficiencia de uso y distribución, mayor productividad económica, social y ambiental de las explotaciones agropecuarias.

---

<sup>1</sup> Profesor Emérito. Facultad Ciencias Químicas y Tecnológicas. Universidad Católica de Cuyo

Se adjunta un modelo matemático de simulación para el cálculo de tarifas unificando los volúmenes y costos del agua superficial y del agua subterránea.

**Palabras clave:** agua; estado; desierto; ambiente; agropecuario.

# ENVIRONMENTAL ANALYSIS OF THE ECONOMIC VALUE OF IRRIGATION WATER IN SAN JUAN- UNIFICATION OF SURFACE AND UNDERGROUND WATER

Ing. Luis F. Jiménez (PE)  
Universidad Católica de Cuyo

## Abstract

In the present work, the problem of the irrigation water management crisis in San Juan has been identified based on the difficulty on the part of the administrator State and the users. Three important aspects are recognized in the use of the scarce resource in a desert, identified by the great inefficiency in the distribution and application system on the farm, the low economic, social and environmental value that users consider for water, and the scarce awareness collective that the underground aquifer is finite with a single source of recharge and that its overexploitation can lead to an irreversible ecological imbalance, in quantity and quality.

It has been considered that, in the face of the current drought and probably with frequent similar future scenarios based on climate change, it is convenient to unify the two types of water supply source, surface and underground, using new criteria for evaluating the use of water. water by measuring its delivery by volume and unifying in a single rate the value of the cost of the water used. In this way, it is considered that users will be able to identify a greater degree of efficiency in their use, the administrative state will be able to control the level of rational use, avoiding environmental imbalances. Likewise, it is considered that a voluntary registry of users who adhere to the unified system should be organized, to participate in the new management system, with a unified tariff scheme and a policy of public subsidies aimed at achieving greater efficiency of use and distribution, greater economic productivity. , social and environmental of agricultural operations.

A mathematical simulation model is attached for the calculation of rates unifying the volumes and costs of surface water and groundwater.

**Keywords:** water; state; desert; environment; agricultural.

# **ANÁLISIS AMBIENTAL DEL VALOR ECONÓMICO DEL AGUA DE RIEGO EN SAN JUAN- UNIFICACIÓN DEL AGUA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA**

**Ing. Luis F. Jiménez (PE)**  
Universidad Católica de Cuyo

## **Introducción**

Frente al escenario de crisis hídrica profunda y con probabilidad de que se transforme en una situación habitual en el futuro, impactando en la biodiversidad, la seguridad alimentaria y el equilibrio ambiental, consideramos que resulta conveniente analizar el valor del agua de riego, teniendo en cuenta que hasta ahora, por tratarse de un recurso vinculado al valor de la tierra con derechos de agua, no ha sido computado como insumo crítico de la producción de bienes y servicios.

Para evaluar en un territorio semidesértico como el de San Juan el impacto económico, ambiental y social que tiene el componente más escaso, resulta necesario asumir que se trata de un recurso natural cuya disponibilidad depende de las condiciones ambientales reinantes y su uso determina la condición de considerarse un bien público de uso compartido por toda la sociedad. Por ello, la forma de gestionarlo influye en el presente y futuro de toda la sociedad sanjuanina.

De acuerdo al diagnóstico relevado por nosotros se puede considerar que la crisis hídrica presenta tres problemas concurrentes. Por un lado, la gran ineficiencia de distribución en el sistema y aplicación en finca del agua de riego, en segundo lugar el escaso valor económico, social y ambiental que consideran los usuarios por ella, y en tercer lugar la escasa conciencia que el acuífero subterráneo es finito con una sola fuente de recarga y que su sobreexplotación puede desencadenar en un desequilibrio ecológico irreversible, en cantidad y calidad.

Es necesario tener en cuenta que la manera en que se define actualmente el valor económico del agua pone en evidencia la decisión del Estado de cobrar un canon de riego por el derecho a utilizarla, pero de ninguna manera se involucran los costos públicos para asegurar su disponibilidad, y menos aún su productividad si se tiene en cuenta el impacto económico, ambiental y social que se obtiene por su uso agrícola.

Tampoco se logra controlar la explotación del acuífero subterráneo por los particulares dejándolos librados a sus necesidades particulares y permitiendo en algunos casos que sea utilizada en reemplazo de la fuente superficial. Este es uno de los problemas de gestión que puede influir negativamente en los desequilibrios ambientales más importantes.

Entendemos que frente a la situación de abundancia que ha existido en los últimos 100 años, la cultura de riego y la legislación existente han sido el resultado de dicha situación dedicándose la sociedad a través del sector público a financiar todas las obras hidráulicas ejecutadas (Presas de Embalse, Centrales hidroeléctricas, obras de impermeabilización de canales, perforaciones, drenajes públicos, etc.), ya que su amortización no ha sido tomada en cuenta en la estructura de costos de la administración y gestión del agua. Pero, en un nuevo escenario de escasez hídrica se considera que es fundamental evaluar el verdadero costo público del agua de riego y los impactos económicos, sociales y ambientales que se obtienen por su utilización, independientemente que el estado decida realizar subvenciones o subsidios a los sectores productivos.

Como se decía, un dato relevante lo constituye el bajo valor de la eficiencia global de distribución y aplicación del agua, que no llega al 30%, cuando se considera una distribución de 1240 Hm<sup>3</sup>/año, que corresponde a la demanda construida por el acuerdo social imperante, observándose que a medida que disminuye el volumen anual distribuido, se incrementa la eficiencia global, alcanzando máximos de 47% para volúmenes distribuidos de 650 Hm<sup>3</sup>/año. Tal grado de ineficiencia se explica por pérdidas en la conducción en los canales, pérdidas por roturas, por compuertas y sobre todo por utilizar el agua en finca en la cantidad y en la oportunidad distinta a la que necesitan los cultivos. Por ejemplo, si se utilizara riego por goteo en toda la superficie plantada, y reformulación del sistema de distribución, la eficiencia promedio podría alcanzar el 70-80%. Esto pone en evidencia que la manera de entregar el agua a las fincas influye en la eficiencia global, por lo que aparece la necesidad de modernizar las mediciones del sistema de distribución, llegando a la automatización y comando a distancia de las aperturas y cierres de compuertas.

Por otro lado, analizando el comportamiento económico, si se tiene en cuenta el costo público anual para distribuir el volumen necesario para la superficie con derecho de agua, se observa que el Estado gasta aproximadamente unos 5.000.000 u\$s/año en concepto de gastos de administración, gestión y obras menores. Dicho valor aplicado al volumen anual de los últimos años de 800 Hm<sup>3</sup>, arroja un costo unitario de 0,0062u\$s/m<sup>3</sup>. Con una paridad cambiaria oficial de 100 \$/u\$s resultaría un costo de 0,62 \$/m<sup>3</sup>. Obviamente que dicho valor variará en función de la cantidad de agua para cada año, de manera que cuando el volumen distribuido disminuya aumentaría el costo unitario, ya que los costos de administración y gestión actúan como costos fijos.

Si se considera un consumo necesario por Ha (para vid) de unos 10.000 m<sup>3</sup>/Ha/año, el valor del agua aplicada efectivamente sería de: 6.200 \$/Ha/año o su equivalente de 62 u\$s/Ha/año. Si se considera el volumen bruto distribuido por Ha resultaría un valor sustancialmente mayor, el cual variará en función de la eficiencia global alcanzada.

Para evaluar el impacto económico que generaría dicho costo en el valor de la producción unitaria, se puede observar que, para el caso de la vid de variedades comunes, el rendimiento promedio estaría en 15Tn/ha/año a un precio de 20 \$/Kg, resultaría un ingreso bruto de 300.000 \$/año/Ha. El impacto del costo del agua calculado representaría solo el 2,06 % de dichos ingresos.

Por lo tanto, consideramos que resultaría conveniente incorporar el concepto de valorizar el agua de riego por m<sup>3</sup> ya que introduce un criterio de medir volumétricamente el agua entregada por el sistema público y asimismo evaluar el impacto que provoca su aplicación en los distintos cultivos. De esa manera se podría generar un nuevo paradigma ecológico en nuestro escenario desértico con frágiles oasis productivos, donde el insumo crítico, el agua, será considerado como el más valioso, por lo cual hay que cuidarlo, almacenarlo, explotarlo racionalmente para poder asegurar la sostenibilidad social y económica en el tiempo. Se debe tener en cuenta que por tratarse de concesiones de un bien público de uso compartido, el Gobierno puede decidir subsidiar dichos costos, considerándolas concesiones subvencionadas, tal como actualmente ocurre con el valor del agua de riego distribuida por canales.

La única observación legal actual para la consideración del valor por m<sup>3</sup> surgiría del Art. 51 de la Ley 4392 <sup>(1)</sup> que establece: *“La medida, extensión o magnitud de la concesión se*

*determinará en hectáreas, traducidas a litros por segundo, si es para riego....* Esto implica que la introducción del concepto de medir el agua entregada por  $m^3$  necesariamente debería interpretar la limitación expresa del artículo descripto teniendo en cuenta que dicha limitación se aplica a los canales matrices de distribución, dejando librado a la administración la entrega a cada regante de acuerdo a la demanda. Es decir que en función de ésta última, la administración puede entregar las dotaciones en finca en oportunidad y cantidad adecuada a los cultivos, suelos y época del año, manteniendo los volúmenes anuales totales distribuidos en los canales matrices equivalentes para todos los usuarios sin afectar el derecho de agua.

Asimismo, para dimensionar la posible equivalencia entre el agua superficial y la subterránea comparamos el valor del  $m^3$  de agua superficial distribuida con el valor del agua obtenida por explotación del acuífero subterráneo que corresponde a la cuenca del Río San Juan. Se observa que para una perforación testigo promedio del Valle de Tulum con bombeo a unos 300 metros de profundidad, con un caudal medio de  $200 m^3/h$ , y un consumo de energía de 50Kwh, resultaría un costo operativo de extracción de:

El costo del  $m^3$  bombeado sería de:  $0,86 \$/m^3$  o su equivalente de  $0,0086u\$/m^3$

Como se observa el valor del  $m^3$  bombeado, resultaría del orden al correspondiente al  $m^3$  distribuido superficialmente, para el caso analizado de estimar el costo de suministro del agua superficial.

### Costos agua superficial y subterránea

CONCEPTO	COSTO ANUAL	VOLUMEN DISTRIBUIDO	COSTO m <sup>3</sup>	COSTO m <sup>3</sup>	COSTO/ Ha-año	CANON MEDIO
Costo Hidráulica	5.000.000 u\$s/año	800 Hm <sup>3</sup> /año	0,62 \$/m <sup>3</sup>	0,0062 U\$/m <sup>3</sup>	6.200 \$/Ha-año	1.300 \$/Ha-año
Costo bombeo	743.040 u\$s/año	86,4 Hm <sup>3</sup> /año	0,86 \$/m <sup>3</sup>	0,0086 u\$/m <sup>3</sup>	8.600 \$/Ha-año	

(1) Costo total bombeo para 200 pozos de 200 m<sup>3</sup>/h cada uno, 8h/día; 270 d/año

### Valor de la tarifa del agua entregada

COSTOS	miles\$/AÑO	VOLUMEN AGUA Hm <sup>3</sup> /año	Valor m <sup>3</sup> \$/m <sup>3</sup>	Valor por Ha \$/Ha-año	Costo por Kg producto \$/Kg	% incidencia Costo agua/Kg <sup>(4)</sup>
FIJOS	500.000					
VARIABLES	37.152					
TOTAL	537.152	886,4	0,6	6.000		
Vid <sup>(2)</sup>					0,40 \$/Kg	2%
Tomate <sup>(3)</sup>					0,10 \$/Kg	1,25%

(2) Para vid 15.000 Kg/Ha; (3) Para tomate 60.000 Kg/Ha; (4) Para 20 \$/Kg de uva y 8 \$/Kg tomate

Actualmente no se computa estos valores ya que el agua superficial se cobra mediante un valor fijo (canon) que se determina por Ha con derecho de riego, por tal razón la mayoría de los usuarios de agua subterránea considera que el agua del subsuelo tiene un costo prohibitivo para su producción por efecto de la comparación con el valor del agua superficial. Además, hay que aclarar que la administración pone al cobro menos cuentas que las empadronadas totales y también, presenta un elevado porcentaje de mora e incobrables del total de cuentas.

Al comparar los valores de costo del agua desde ambas fuentes, se puede notar, que desde el punto de vista ambiental, resultaría razonable evolucionar hacia un nuevo sistema de administración del agua de riego unificando el agua superficial y subterránea, teniendo en cuenta que seguramente resulte necesario utilizar ambos orígenes para satisfacer la demanda de los cultivos para cada momento y volumen, volcando a la red de riego el agua extraída del acuífero así como utilizando ambas fuentes para aquellos cultivos y propiedades que dispongan perforaciones en el predio.

Respecto a las necesidades de unificación del agua superficial y subterránea en una sola, debemos mencionar el Art. 33 de la Ley 4392,<sup>(1)</sup> que dice textualmente: *“El acrecentamiento que se obtenga por acción de nuevas obras hidráulicas y mejoramiento de las existentes; por un mayor volumen de aguas subterráneas volcadas por el Estado a los cauces públicos, y por una mejor regulación de las disponibilidades hídricas, será destinado a reducir el déficit existente entre los caudales concedidos nominalmente a los agricultores y los caudales efectivamente entregados.*

Nuestra propuesta inicialmente apunta a que el agua subterránea que se tenga que agregar a la red de riego desde perforaciones privadas aledañas al sistema de distribución, se pueda considerar de igual manera que la de origen superficial y ambas tengan el mismo valor económico por m<sup>3</sup>, por lo tanto los regantes que aporten su perforación al sistema de distribución no pagarían el costo de bombeo sino que recibirían un crédito desde Hidráulica para compensar el valor correspondiente a los m<sup>3</sup> consumidos desde la red de distribución. Funcionarían de la misma manera que las perforaciones de origen público.

Esto se basa en lo definido en el Art.128 de la Ley 4392 <sup>(1)</sup>, que expresa textualmente lo siguiente: *“El Departamento de Hidráulica, con el fin de alcanzar el objetivo legal de coeficiente unitario riego completo, dispondrá reforzar las dotaciones para completar los volúmenes que correspondan, sin discriminar los orígenes de los refuerzos, haciendo un USO CONJUNTO RECURSO HIDRICO COMUN, este artículo no podrá, en modo alguno, ser entendido como autorización para declarar, resolver ni poner en ejecución la sustitución de fuentes, cuya práctica queda expresamente prescrita.*

Todos los regantes que posean derecho de agua y posean perforaciones privadas podían incorporarse al sistema unificado utilizando el volumen necesario para sus necesidades. Esto se sustenta en el artículo 190 de la Ley 4392. Según el cual *las perforaciones a realizarse por los particulares solo podrán ser destinadas a uso conjunto para reforzar las dotaciones derivadas de concesiones ya otorgadas. Podrán autorizarse nuevas perforaciones para riego de predios incultos si la explotación de ellas no creara riesgo inminente de incrementar el agotamiento o salinización de las napas por sobrexplotación.* Esto último debe entenderse para las propiedades sin derecho de agua incultas.

Aquellos regantes que sean incluidos en el sistema unificado superficial- subterráneo, podrían unificar la tarifa en un solo valor por  $m^3$  de agua utilizada transfiriendo el costo de la energía de bombeo al Departamento de Hidráulica, y de esa manera, abonar solamente el valor unificado del  $m^3$  utilizado independientemente si proviene desde el canal o desde su propia perforación. El valor de la tarifa única debería resultar menor que el equivalente al costo de bombeo y además podría disponerse de un subsidio explícito general para asegurar una tarifa accesible para las explotaciones agrícolas, pero que al estar unificada se puede planificar su uso de manera coordinada y sustentable, así como se podrá controlar la explotación racional y sustentable del acuífero subterráneo.

Como se observa, la propuesta de unificación presenta diversas ventajas respecto a la actual situación, teniendo en cuenta la escasez de suministro del agua superficial y los altos costos de energía para el bombeo, asimismo se aseguraría un control directo sobre los niveles de extracción del agua subterránea evitando la sobreexplotación.

Sería conveniente que el Estado organice un registro de regantes que adhiera progresivamente al sistema unificado y se incorpore a una cuenta corriente por regante a fin de efectuar el seguimiento de los volúmenes utilizados y de los costos incurridos, así como de los créditos eventuales por participar en dicho sistema.

El factor principal que podría identificar dicho sistema es la consideración de que los costos de bombeo y los volúmenes extraídos del acuífero subterráneo sean incorporados al costo unificado del  $m^3$  utilizado por el sector agrícola. De esa manera, los costos de la energía serían absorbidos en el costo total del Organismo administrador para distribuirlo proporcionalmente en el cálculo del costo promedio de cada  $m^3$  de agua utilizada. El objetivo de esta alternativa pretende disminuir la incidencia del costo de energía sobre aquellas explotaciones electro dependientes que adhieran al sistema unificado, conjuntamente con el control de la explotación racional del acuífero subterráneo. Además, la unificación facilitaría el desarrollo de una política transparente de subvención sobre la tarifa para promover la eficiencia de distribución y uso de las aguas públicas aplicadas al sector agrícola e incrementar la productividad del uso del agua de riego.

Teniendo en cuenta que el valor del costo del  $m^3$  de agua superficial es de  $0,62 \text{ \$/m}^3$  y el valor correspondiente al agua subterránea resulta de  $0,84 \text{ \$/m}^3$ , se debería considerar que la tarifa unificada debería utilizarse para promover el uso eficiente del agua, asegurando la máxima productividad económica, social y ambiental, asumiendo que las concesiones otorgadas por la Ley N° 4392 sean consideradas como concesiones subvencionadas. El organismo administrador podrá acordar con el Consejo de Regantes los planes anuales de explotación racional y el nivel de la subvención necesario para sostenerlos.

Por lo tanto, la condición para incorporarse a dicho esquema es que el valor del  $m^3$  unificado resulte menor que el correspondiente al bombeo individual. También se estaría mejorando la eficiencia de aplicación del agua en finca y la distribución por canales ya que se podría abastecer la demanda, tanto desde el canal como del pozo particular que se encuentre habilitado al bombeo posibilitando que el productor que posea un pozo habilitado lo explote racionalmente sin afectar la sostenibilidad y evite la salinización y contaminación del acuífero total y a un costo unificado.

Como se observa, las diferencias entre el costo unificado del  $m^3$  de agua y la tarifa podrán subsidiarse desde el organismo administrador, transformándose el sistema unificado como una concesión subvencionada, asumiendo una acción de sostenibilidad económica, ambiental y social de todo el sistema hídrico. Este esquema también contribuiría a ejercer un control directo sobre la explotación del acuífero subterráneo ya que aquellos que extraigan agua y adhieran al sistema unificado, explotarían su pozo de acuerdo a una planificación conjunta administrada.

Como se observa, esta propuesta necesitaría para su aplicación incorporar el concepto de medir volumétricamente los consumos de agua y los gastos de energía eléctrica de todas las perforaciones que ingresen al sistema unificado.

**Superficie implantada y volúmenes de riego demandados (González Aubone, F.**

**INTA- EEA San Juan)**

Provincia/Departamento/ Valle	Sup ha	Vol m3/ha	Vol hm3/año
San Juan	66.000	10.000	660
Calingasta	1.500	10.000	15
Iglesia	700	10.000	7
Jáchal	3.500	10.000	35
Valle Fértil	3.300	10.000	33
<hr/>			
Total Valle TUZ (Tulum, Ullum y Zonda)	57.000	10.000	570
<hr/>			
Bombes fincas fuera de la red de riego	15.000	10.000	150
<hr/>			
Total valle TUZ dentro de la red de riego	42.000	1.000	420

**Agua subterránea dentro de la red de riego (González Aubone, F. INTA- EEA San Juan)**

Fuente proveedora	Vol bruto hm3/año	Eficiencia %	Vol neto hm3/año
Bombes públicos a la red de riego	100	40%	40
Bombes privados en fincas de la red de riego	100	70%	70
Total de aportes de agua subterránea a la red			110

Con lo cual concluimos, que si a la demanda neta dentro del área de la red de riego, de 420 hm<sup>3</sup> por año, le descontamos unos aportes de agua subterránea de 110 hm<sup>3</sup> por año, dicha red sólo debería proveer a los cultivos por unas necesidades netas de 310 hm<sup>3</sup> por año. Entonces, el consenso social de entregar entre 1.200 y 1.400 hm<sup>3</sup> de agua de origen superficial por la red de riego, sugiere una eficiencia global del sistema de sólo el 25 %. En otras palabras, el 25 % del agua desembalsada de los diques llega a los cultivos implantados en el Valle de TUZ.

Agua demandada a los cultivos por la red de riego	310	hm <sup>3</sup> /año
Agua desembalsada para la red riego según consenso social	1.240	hm <sup>3</sup> /año
Eficiencia global del uso de agua superficial	25	%

### Situación simulada para el período 2021-2022

➤ Derrame río San Juan probable:	430 hm <sup>3</sup> /año
➤ Aporte perforaciones públicas	
➤ (100 x 3.703 hm <sup>3</sup> /d x270 d/año)	100 hm <sup>3</sup> /año
➤ Agua demandada por los cultivos a la red de riego	420 hm <sup>3</sup> /año
➤ Agua entregada para la red de riego (posible)	530 hm <sup>3</sup> /año
➤ Eficiencia global del uso del agua unificada	79 %

Observando los datos expuestos podemos considerar que si se unificara el sistema superficial y subterráneo es probable que se consiga influir activamente sobre los regantes que adhieran voluntariamente al sistema unificado, para conseguir una mejora sustancial en la eficiencia de distribución y uso del agua pública. Fundamentalmente porque se estaría en condiciones de planificar anualmente la política de desembalse, distribución en canales y explotación del acuífero subterráneo a través de un esquema único.

Según nuestra opinión la tarifa unificada de las concesiones subvencionadas podría servir como catalizador del proceso de mejoramiento continuo de las eficiencias de distribución y de aplicación en finca, así como conseguir un mejor control de la explotación del acuífero subterráneo. De esa manera se podría establecer un programa de avance progresivo regido por el grado de participación activa de los usuarios tanto en la planificación de objetivos y acciones, como en la ejecución efectiva. Se estima que, sin una adecuada gobernanza sobre la crisis y sus soluciones, resultará muy difícil su implementación.

Para efectuar una estimación de los valores económicos del esquema unificado y sus resultados, hemos desarrollado una simulación buscando algún criterio que simplifique la determinación de la tarifa única por m<sup>3</sup>. Para ello se ha utilizado el balance hídrico

descripto anteriormente en los Datos de Referencia para el Análisis Unificado, a través del cual se pueden analizar los costos públicos directos, los costos privados por bombeo de agua subterránea y los volúmenes aportados al sistema de riego. Se ha realizado una simulación aproximada para los volúmenes correspondientes al período hidrológico 2021-2022 puntualizando los valores ponderados de costo unitario por  $m^3$  y la tarifa unificada con sus correspondientes posibles subvenciones o subsidio público.

En el siguiente cuadro se han calculado el costo unitario del agua unificada, un valor de tarifa unificada plana por  $m^3$  de agua distribuida y el valor del subsidio público recomendado.

**Condiciones del modelo:**

$X_1$ : tarifa unitaria del volumen demandado

$X_2$ : tarifa unitaria del agua subterránea

$V_1$ : Volumen de agua total demanda

$V_2$ : Volumen de agua aportado desde bombeo fincas fuera del sistema

$V_3$ : Volumen de agua demandado desde red de riego

$V_4$ : Volumen de agua subterránea desde pozos públicos

$V_5$ : Volumen agua subterránea desde pozos privados

$V_d$ : Volumen total de agua desembalsada a la red

$V_{st}$ : Volumen total agua subterránea aportada a la red

$C_d$ : costo anual total

$X_2 = X_u = 0,00265 \text{ u}\$/m^3$

### Balance hídrico para la unificación: (Modelo de simulación para año 2021-22)

Concepto	Hm <sup>3</sup> /año	Costos públicos (u\$s/año)	Costo unitario (u\$s/m <sup>3</sup> )	Costos privados (u\$s/año)	Costo unitario (u\$s/m <sup>3</sup> )	Tarifa Unificada (u\$s/m <sup>3</sup> )
Volumen total demandado TUZ (V1)	570	5.000.000 (C <sub>1</sub> )	0,0087 (X <sub>1</sub> )		0,0088	
Volumen aportado desde bombeo fincas fuera de red de riego (V2)	150	(C <sub>2</sub> )		1.260.000	0,0084	
Volumen demandado desde red de riego (V3)	420	3.654.000 (C <sub>3</sub> )	0,0087 (X <sub>1</sub> )			
Volumen agua subterránea aporte pozos públicos (V4)	40	336.000 (C <sub>4</sub> )	0,0084 (X <sub>2</sub> )			
Volumen agua subterránea aporte privados (V5)	70	(C <sub>5</sub> )	(X <sub>2</sub> )	588.000	0,0084	
Total agua subterránea a la red (Vst)	110	924.000	(X <sub>2</sub> )			
Total agua desembalsada a la red (Vd)	530	4.785.000 (C <sub>d</sub> )	(X <sub>u</sub> )			
Total agua Unificada (Vu)	640	2.772.000	(X <sub>u</sub> )	924.000	0,0055	0,00265
Subsidio público (S)					0,0034	

- Agua superficial disponible: **550 Hm<sup>3</sup>/año** (para condición de escasez)
- Agua subterránea de pozos públicos disponible para la red: 100 Hm<sup>3</sup>/año, correspondiente a
- Agua subterránea privada incorporada a los cultivos: 100 Hm<sup>3</sup>/año
- Agua subterránea bombeada fuera de la red de riego: 150 Hm<sup>3</sup>/año
- Total de agua disponible: **900 Hm<sup>3</sup>/año**
- Subsidio público del sistema unificado: **0,0034u\$s/m<sup>3</sup>**

#### Esquema tarifario:

- Costos fijos:
  - Costo administración del Departamento de Hidráulica
  - Amortización anual de obras de mantenimiento del sistema de distribución

- Todos esos conceptos anteriores deberán ser expresados según el porcentaje del volumen anual de agua distribuido solamente en el riego agrícola.
- Costos variables:
  - Gastos de las Juntas de Riego
  - Gastos de consumo de energía eléctrica de los pozos de agua integrados en el sistema unificado

### **Registro de usuarios del sistema unificado voluntario**

Para poder implementar el sistema unificado de agua superficial y subterránea se considera que sería necesario declarar en Emergencia Hídrica a la Provincia y considerar en condición de FUERZA MAYOR (Art. 45 del Código Civil) <sup>(3)</sup> los contratos, convenios, así como la aplicación completa de la Ley 190-L (4392) <sup>(1)</sup> mientras duren las condiciones de FUERZA MAYOR.

Es, por lo tanto, una causa excluyente de la responsabilidad civil, contractual extracontractual. Sin embargo, nada impide que las partes establezcan que indemnización se deberá pagar en caso de incumplimiento, incluso si es causada por un caso fortuito o Fuerza Mayor.

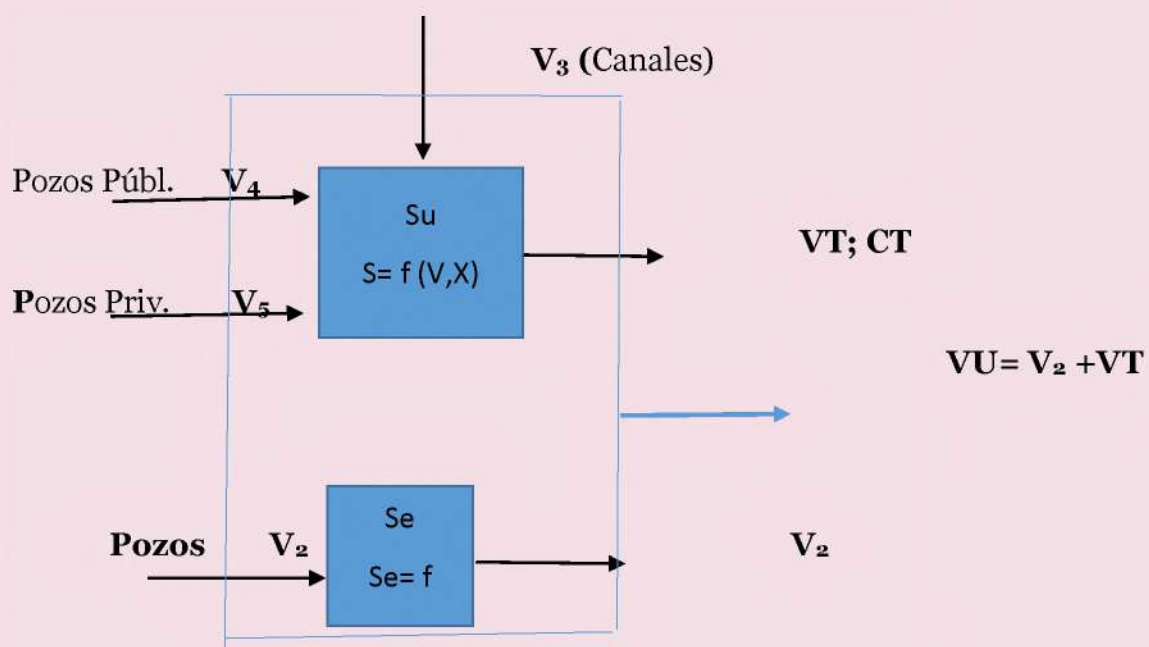
La lluvia, así como la sequía, son hechos que se producen, según el curso regular de la naturaleza y sólo puede configurar caso fortuito o fuerza mayor, cuando por su intensidad, alcanza proporciones realmente extraordinarias, es decir, fuera de toda normalidad. No habitual, ni siquiera posible, en zona y época, es decir, un fenómeno que no se hubiera visto desde "época remota" o "tiempo inmemorial", según la expresión utilizada en literatura jurídica.

Bajo tales premisas se considera que resultaría conveniente implementar un Registro de Usuarios del agua de Riego unificada en el cual se ingresarían los datos de cada usuario y su propiedad, bajo condiciones de Declaración Jurada donde se detallen los siguientes datos básicos:

- Datos personales y de la propiedad
- Superficie en Has. cultivada por tipo de cultivo, edad del cultivo, descripción del suelo promedio del predio

- Necesidades de agua de riego de cada cultivo por día, mes y año
- Si posee perforación dentro de la propiedad, descripción de la misma (profundidad, equipo bombeo, potencia instalada, caudal de agua extraíble, consumo en Kwh)
- Cantidad de personal permanente y transitorio
- Cronograma de demanda de los cultivos existentes expresados en  $m^3$ /planta o por Ha; oportunidad temporal de la demanda expresada en horas o días de suministro.

### Modelo matemático simulación cálculo tarifa unificada agua riego



#### Siendo:

$V_3$ : Volumen agua a entregar a red de riego

$V_4$ : Volumen a red de riego desde pozos públicos

$V_5$ : Volumen para riego de pozos particulares

$VT$ : Volumen total utilizado en propiedades con derecho de agua unificado agua subterránea y superficial

$V_2$ : Volumen de pozos privados en zona sin derecho de agua

$VU$ : Volumen unificado total

$CT$ : costo total del agua unificada con derecho

Cálculo del costo agua unificada con derecho

$X_1$ : Costo del  $m^3$  de agua administrada por Hidráulica (u\$ $s/m^3$ )

$X_2$ : Costo del  $m^3$  bombeado

$$V_T = V_3 + V_4 + V_5$$

$$V_U = V_T + V_2$$

$C_3, C_4, \dots, C_n$ : (Costo del  $m^3$  (en u\$ $s$ ))

$$C_3 = V_3 X_1 \text{ (Hm}^3 \cdot \text{u$}s/m^3 \cdot 10^6\text{)}$$

$$C_4 = V_4 X_2$$

$$C_5 = V_5 X_2$$

$$C_U = V_U X^*$$

$$C_T = \sum C_n = \sum X_i C_i \text{ (p/ } i = 1 \dots n\text{)}$$

$$C_T = V_3 X_1 + V_4 X_2 + V_5 X_2 = V_3 X_1 + X_2(V_4 + V_5)$$

$$C_T = C_U = V_U X^*; X^* = \frac{C_U}{V_U} \qquad X^* = \frac{V_3 X_1 + X_2(V_4 + V_5)}{V_U}$$

Si  $X_1 = 0,0013$  u\$ $s/m^3$  y  $X_2 = 6X_1$

$$X^* = \frac{V_3 X_1 + 6X_1(V_4 + V_5)}{V_U} = 0,00265 \text{ (u$}s/m^3\text{) Tarifa unificada ponderada}$$

Si se incorporara el  $V_2$  correspondiente al volumen de agua subterránea utilizado en las zonas sin derecho de agua resultaría:

$$C_U = (V_U + V_2) X^{**}$$

$$X^{**} = \frac{C_U + (V_2 X_2)}{V_U + V_2} = \frac{(V_3 X_1 + X_2(V_4 + V_5)) + V_2 X_2}{V_U + V_2} = 0,00412 \text{ (u$}s/m^3\text{)}$$

Variación del valor del VB (volumen bombeado) con distintas variables independientes.

$$VB = f\left(\frac{1}{V_T}, \frac{1}{X_2}; R\right)$$

**Siendo:**

VB: volumen de agua bombeada desde el acuífero subterráneo

VT: volumen de agua agregada a la red de riego (desembalsada)

X2: tarifa eléctrica

R: volumen de agua recargada al acuífero subterráneo desde el derrame al río.

**Condiciones de límite:**

VB= 0 cuando VT= máximo; R=0 y X<sub>2</sub>= máximo

VB= máximo cuando VT= mínimo; R=máximo y X<sub>2</sub>= mínimo

$$[0 \leq VB \leq VB_{\max}]$$

VB = f(R) a través de una función: VB= ln R; con la condición de que  $\frac{dVB}{dR} = 0$  para el valor de VB máximo.

**Modelo matemático propuesto:**

$$VB = a VT^{-1} + b X_2^{-1} + c R$$

Para VB= ln R

$$VB = a VT^{-1} + b X_2^{-1} + c \ln R$$

Relación entre X<sub>2</sub> y VB

X<sub>2</sub> es la tarifa del m<sup>3</sup> de agua bombeada desde el acuífero subterráneo expresada en u\$s/m<sup>3</sup> y CB es el costo total del agua bombeada

Entonces: VB = f( $\frac{1}{X_2}$ ) con VB=  $\frac{CB}{X_2}$ ; [CB(u\$s)]; [X<sub>2</sub>(u\$s/m<sup>3</sup>)]

$$VB = \frac{CB}{X_2}; \text{ donde } CB = b$$

Quedará:

$$VB = aVT^{-1} + CB X_2^{-1} + c \ln R$$

**Referencias bibliográficas**

Ley 4393 y mod. Código de Aguas de la Provincia de San Juan (Ley N° 190-L)

González Aubone, F. Comunicación Interna. INTA EE. San Juan. 2021

Código Civil de la República Argentina.