

Análisis económico del agua de riego en la Provincia de San Juan (Proyecto IA-1-1-13) *“Criterios de evaluación sobre la productividad del agua de riego influenciada por la contaminación del agua y salinización de los suelos.”*

Autor: Ing. Luis Fernando Jiménez^(*) y alumnos

^(*)Director del Instituto del Agua– UCCuyo- Profesor Titular Catedra Operaciones Basicas II- FCAByF- UCCuyo

RESUMEN DEL TRABAJO:

El presente trabajo desarrolla diferentes criterios de evaluación técnica económica de la productividad del agua de riego, influenciada por la contaminación salina del agua y de los suelos.

Se describen los aspectos principales que influyen en la eficiencia del uso del agua y el rol del sistema tarifario actual sobre el comportamiento de los regantes frente al uso más eficiente del agua.

De acuerdo a los datos actuales en San Juan, el consumo de agua para riego representa el 82,7 % de la cantidad total anual disponible en la cuenca del Río San Juan, verificándose que la eficiencia efectiva del uso del agua de riego no alcanza el 50% de lo suministrado.

En el trabajo se ha analizado la demanda de agua y su relación con la tarifa; la relación entre el uso adecuado del recurso, el costo del suministro y el costo de la calidad ambiental; el impacto de una modificación del coeficiente efectivo de riego sobre la productividad marginal; y finalmente, se ha elaborado una propuesta de un modelo simplificado para el cálculo de tarifas diferenciales en base a la eficiencia.

Se concluye que utilizando parámetros de eficiencia del uso del agua y de calidad de agua y suelo, se puede disponer de una herramienta tarifaria que influya en el comportamiento de los regantes para conseguir incrementar la eficiencia global de utilización del agua disponible.

Comparando el esquema tarifario actualmente utilizado, que sigue lineamientos derivados de la Ley de Aguas N° 4392 y modificatorias, con el esquema de tarifas diferenciales del modelo propuesto, se puede concluir que se abre un debate sobre la necesidad de modernizar y actualizar los criterios administrativos utilizados en el sistema actual.

INTRODUCCION:

San Juan es una zona árida con bajas precipitaciones anuales-del orden de los 90 mm. con una cultura hídrica conservacionista, pero donde se alcanzan a observar algunas dificultades para encontrar criterios de uso racional del recurso hídrico en el marco de una situación general mundial de naturaleza extractiva-contaminante.

Según la CEPAL⁽¹⁾, existen enormes variaciones en la disponibilidad de agua dulce en cada país y entre ellos entre sí. Motivos como el rápido crecimiento de la población, las tendencias en la urbanización, el turismo y el desarrollo rural, entre otros factores, hacen prever que la extracción de agua en Sudamérica se incrementará en un 70% para el año 2025. Esta situación traerá aparejada un aumento en la contaminación y en los conflictos derivados de la competencia entre usos y, entre esos usos y el medio ambiente. Se estima que la agricultura seguirá siendo el principal consumidor de agua, en segundo lugar la evaporación de embalses, seguida de la utilización para fines de saneamiento y de los usos industriales.

Las perspectivas sobre la disponibilidad de agua dulce para el siglo XXI, pronostican condiciones de escasez. En el V Foro Mundial del Agua (realizado en Estambul en 2009), 25 países presentaron una declaración en la que se comprometieron a trabajar para implementar *el reconocimiento del agua como un derecho humano básico*. En este foro los representantes de Bolivia y Venezuela promovieron una alternativa cuyo primer paso es la convocatoria a un foro iberoamericano del agua, donde los gobiernos y los pueblos de América Latina tomen la iniciativa para el reconocimiento del derecho que incluya, además referencias a los pueblos indígenas y al cambio climático. Sin embargo, a pesar de la lucha de las poblaciones latinoamericanas por un uso equitativo y sostenible de los recursos hídricos, aún no se ha logrado una participación en la toma de decisiones que permita alcanzar un equilibrio entre el acceso, uso y distribución adecuada de los recursos hídricos.

La gestión del agua sigue siendo sectorial y marcada por intereses económicos y desarrollistas que resultan, generalmente desfavorables para los sectores más pobres.

A esto se ha sumado el enfoque de una gestión integrada de los recursos hídricos, basado en principios utilitarios en los que se observa que el agua dulce es un recurso finito y vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el medio ambiente, todo ello combinado con el hecho de que el agua tiene un valor económico en todos sus niveles de uso.

En la Provincia de San Juan el uso del agua dulce disponible por los derrames del Río San Juan, sobre un volumen anual promedio de 1892 Hm³, de la serie hidrológica correspondiente a registros de 60 años, está destinado principalmente al agua para riego agrícola representando cerca del 82,7% de la cantidad total anual disponible; mientras que para agua potable se destina cerca del 13,8% y el resto para industrias y otros usos.

A este balance hay que sumarle un 10% del total almacenado en los diques de cabecera que se pierde por evaporación. Se destaca , entonces que el agua de riego es el principal componente del balance, y sobre ella es donde resulta necesario proceder a análisis más detallados.

En San Juan existe una cultura sobre el manejo del agua de riego basada en el valor hedónico del recurso asociado al valor de la tierra con derecho de irrigación, ya que desde la época colonial se vinculó el recurso agua a la propiedad de la tierra.

En general todos los estudios realizados sobre el uso del recurso en la agricultura se han dedicado a fortalecer el concepto del uso del agua basado en asegurar la demanda de los cultivos sin evaluar el grado de beneficios asociado a la entrega del agua. Es decir, que el criterio dominante se ha basado en distribuir equitativamente entre todas las parcelas empadronadas con derecho de agua, el caudal de agua disponible anualmente ⁽²⁾ (Ley de aguas N° 4392 y modificatorias).

Como consecuencia de la situación de escasez del agua y teniendo en cuenta el impacto que tiene un adecuado y oportuno suministro en los diferentes cultivos, afectando fuertemente los rendimientos agrícolas y participando en los procesos de contaminación (salinización) del agua y de los suelos, resulta necesario analizar los aspectos vinculados a la productividad del agua de riego⁽³⁾ y su relación con los caudales entregados en cantidad y oportunidad, ya que resulta conveniente establecer mecanismos de administración del recurso asociados a los beneficios económicos y a la sostenibilidad de los cultivos y de las parcelas a través del tiempo.

No es habitual conocer los distintos criterios para evaluar el uso del agua de riego en función de la productividad marginal, sobre todo en los casos donde la escasez y el exceso utilizado generan altos impactos en dicha productividad como consecuencia de la reducción de rendimientos y creciente salinización de las aguas y de los suelos.

En San Juan, la tarifa del agua se define en base a criterios hedónicos manteniendo el valor de la propiedad, asegurando la permanencia del derecho de riego a través de una tarifa fija por Ha y por año, que varía en cada Departamento.

A continuación se muestran los valores actuales de las tarifas públicas del agua de riego.

Departamento	Tarifa(en\$/Ha.año)		
	Año 2012	Año 2013	Variación interanual
Albardón	210	240	14,28%
Angaco	207	249	20,28%
Calingasta	170	193	13,52
Capital	270	358	32,59
Caucete	223	280	25,56
Chimbas	295	365	23,72
Iglesia	92	181	96,73
Jáchal	116	176	51,72
Pocito	190	219	15,26

Rawson	260	306	17,69
Rivadavia	270	358	32,59
San Martín	200	227	13,50
Santa Lucía	285	339	15,78
Sarmiento	123	150	21,95
Ullum	140	179	27,85
Valle Fértil	195	211	8,20
Zonda	201	245	21,89
25 de mayo	196	254	29,59
9 de Julio	239	268	12,13
Promedios	204,3	252,5	23,6

Fuente: Departamento de Hidráulica de San Juan

Los valores consignados por la autoridad administradora, surgen de criterios hedónicos combinados con aspectos de inversiones coyunturales en cada distrito y de costos de operación y mantenimiento específicos por zonas.

Los indicadores que surgen del criterio de administración actual muestran que no existe una relación de la tarifa del agua de riego con las características de los suelos, de los cultivos, del clima y de los resultados económicos de la aplicación del recurso. Por lo tanto, como el precio del agua no refleja los aspectos de eficiencia en el uso, resulta difícil que los regantes adopten nuevas tecnologías que aseguren un uso más racional.

Con la finalidad de disponer de un escenario cuantitativo de los parámetros económicos que pueden influir en la eficiencia de uso, se resumen algunos datos aproximados de la administración del recurso.

De acuerdo a información obtenida extraoficialmente del Dpto. de Hidráulica, los datos anuales aproximados estimados respecto a la valoración del agua de riego son los siguientes:

- ✓ Costo Total anual agua de riego: \$120.000.000 /año (estimaciones extraoficiales del presupuesto del Dpto. de Hidráulica)
- ✓ Costo de Operación y mantenimiento del sistema de riego: \$51.000.000/año (estimaciones extraoficiales del presupuesto del Dpto. de Hidráulica)
- ✓ Precio agua de riego: \$40.000.000/año
- ✓ Cobranza efectiva; \$20.000.000/año
- ✓ Subsidio público: \$80.000.000/año (67%)
- ✓ Tarifa Total promedio anual fija: 0,02525 (\$/m³Ha año)
- ✓ Eficiencia de conducción en canales: 85%
- ✓ Eficiencia de aplicación en finca: 40-50% (48% en promedio)
- ✓ Costo total del agua aplicada a cultivos: $(0,02525)/(0,85*0,5) = 0,0594\$/m^3Ha$ año.
- ✓ Costo total del agua distribuida: 0,08 \$/m³ (según estimaciones extraoficiales del presupuesto del Dpto. de Hidráulica)
- ✓ Costo de operación y mantenimiento del agua distribuida: 0,0425\$/m³ (según estimaciones extraoficiales del presupuesto del Dpto. de Hidráulica)

Debido a que no se ha podido acceder al presupuesto oficial y detallado del Departamento de Hidráulica, se debe aclarar que los valores estimativos consignados en el costo del agua de riego corresponden a la totalidad de un presupuesto estimado del área de la administración, tanto para el costo total anual, como para las evaluaciones de los costos de operación y mantenimiento. Por lo tanto, el análisis que se realiza en el presente trabajo tiene carácter de ensayo metodológico y deberá ser ajustado según valores oficiales.

Como en la mayoría de las zonas áridas, en la Provincia de San Juan, frente a las perspectivas de escasez, se plantea un gran desafío por parte del sector público administrador y del sector privado coadministrador y usuario del agua de riego, para mejorar los parámetros económicos del uso y para reducir los efectos de la contaminación salina a causa de criterios de aplicación alejados del uso consuntivo de los cultivos.

Para poder disponer de herramientas sencillas de análisis, se desarrollan algunos criterios vinculados con:⁽⁵⁾

- El valor del agua de riego como recurso cuando es escaso, a través de la curva de demanda.
- La variación de la Tarifa del agua con el caudal entregado.
- La variación de los beneficios económicos que reciben los usuarios, en base al concepto de productividad marginal.

METODOLOGIA:

La demanda de agua y su relación con la tarifa

En general, se sabe que en un desierto cualquier persona que tiene sed estará dispuesta a ofrecer todo lo que posee (máximo valor) con tal de obtener agua. De la misma manera en una zona de cultivo donde ésta es más escasa, el valor económico que el usuario debiera estar dispuesto a pagar por ella es mayor que aquel donde el agua no escasea. Esta situación no se manifiesta de manera absoluta, ya que existen otras opciones tales como elegir abandonar el cultivo o aceptar una disminución de productividad.

De todas formas, se observa que el agricultor solo invierte en tecnología de riego en épocas de sequía buscando optimizar la aplicación en finca y además utiliza agua subterránea adicional. Esto significa que la disminución de los volúmenes de riego genera un costo adicional para el regante, derivado de las inversiones en tecnología, o por las pérdidas por menores beneficios.

Estos conceptos surgen de considerar que *“el valor económico de un bien o servicio no es fijo, sino que dependen del tiempo, de las circunstancias y de las preferencias de los individuos”*. *“El valor económico del bien o servicio puede inferirse, ya sea por la voluntad o disposición a pagar por ese bien o servicio, o de aceptar una compensación en caso en que se tenga que prescindir de él.”* *“Para el análisis de la demanda de agua*

puede utilizarse funciones de producción para un cultivo determinado, consumos de agua y costos de suministro” (Moore, 1999).

“Considerando al agua de riego como un factor de producción fijo, se puede obtener el valor marginal del agua mediante la estimación de ingreso marginal del agua en lugar de la función de beneficio marginal”.(Moore, 1999).

Estas consideraciones se pueden sostener porque en general el agua de riego es suministrada por la Administración del Estado, cuyo precio y cantidad entregada se establecen institucionalmente, con una tarifa fija para cada zona, y no como un insumo de la producción valorado de acuerdo al mercado. Además, se puede considerar que también existen condiciones diferenciadas si se trata de cultivos anuales o permanentes. Para el primer caso, la flexibilidad del comportamiento es mayor que en el segundo debido a que el costo fijo de los cultivos demanda niveles de productividad mínimos anuales que permitan justificar su sostenimiento en el tiempo.

Otro criterio a tener en cuenta en la determinación de la disposición a pagar se basa en los conceptos de los valores “*hedónicos*”, basados en el valor de las transacciones de las fincas para estimar el precio del agua implícito en dichas operaciones inmobiliarias. (Crouter, 1987)(Perry, 1999)(Arias, 2001). Se estiman ecuaciones que vinculan el precio de tales operaciones con la disponibilidad de agua asociada al valor de la propiedad. Se derivan los valores de dicha ecuación con respecto a la cantidad, calidad y oportunidad, y se obtiene el valor marginal del agua.⁽⁴⁾

En San Juan, en principio, se observa que la disposición a pagar está influenciada por el valor de la propiedad en función del precio de mercado de tierras y por los beneficios de los cultivos asociados en cada zona con y sin derechos de agua.

De todas maneras se debe destacar que el costo del suministro de agua de riego está por encima del precio (tarifa) del agua, notándose un importante subsidio general por parte del Estado hacia el productor, por lo que la disposición a pagar estaría distorsionada respecto al comportamiento libre de la demanda.

Con el objeto de conocer los criterios derivados del análisis de la demanda de agua de riego, consideramos importante evaluar la situación general en la Provincia de San Juan, desde esta óptica, aplicando la curva de demanda al cultivo de la vid en el caso de la superficie total bajo riego y con los costos y precios actuales.

En general si se analiza el comportamiento de la demanda en función del precio, se destaca que debiera existir una relación inversa entre la tarifa del agua de riego y el caudal de agua entregado, de manera que cuando se reduce el caudal disponible aumentase la tarifa, entendiéndose a ésta como la “*disposición a pagar*” por parte del usuario.⁽⁷⁾

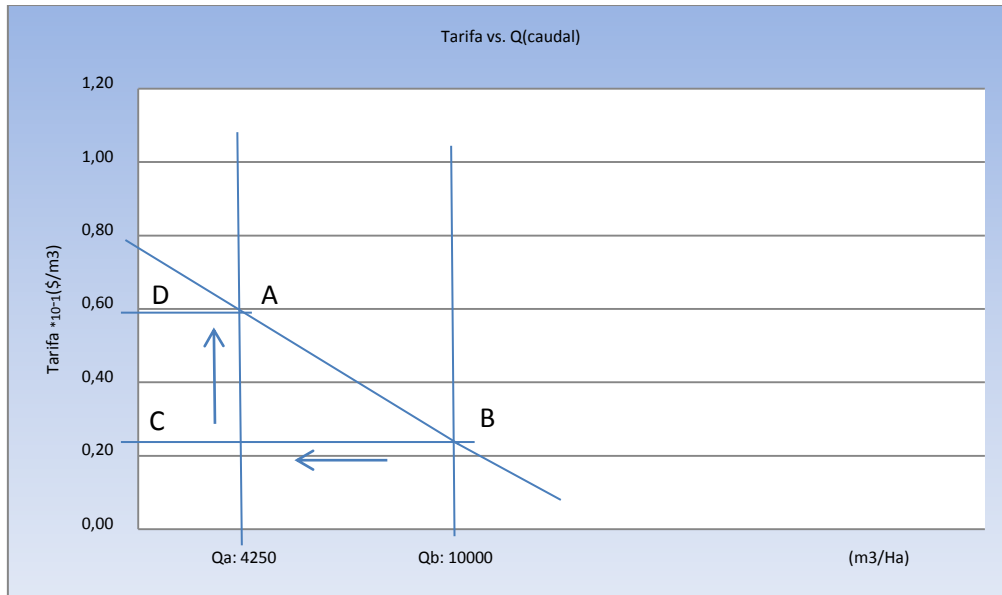
Si se denomina T_a a la tarifa correspondiente a un caudal Q_a y T_b a la tarifa correspondiente a un caudal Q_b , se puede destacar que cuando se produce una disminución de caudal de $\Delta Q = Q_b - Q_a$ la tarifa subiría desde T_b a T_a .

Los valores correspondientes a la situación del cultivo de la vid en análisis serían:

$Q_b = 10.000 \text{ m}^3/\text{Ha año}$; equivale una Tarifa $T_b = 0,02525 \text{ \$/Ha año}$

$Q_a = 4250 \text{ m}^3/\text{Ha año}$ ($10.000 * 0,85 * 0,5$); equivale a una Tarifa $T_a = 0,0594 \text{ \$/m}^3/\text{Ha año}$

En el gráfico se observa:



Fuente: elaboración propia utilizando datos extraoficiales del Dpto. de Hidráulica

Cuando se reduce el caudal desde Q_b a Q_a el costo del agua subiría desde $0,02525 \text{ \$/m}^3/\text{Ha año}$ a $0,0594 \text{ \$/m}^3/\text{Ha año}$, lo que pone en evidencia que si funcionara la elasticidad de la demanda, el productor estaría dispuesto a aceptar el incremento del costo.

Cabe destacar que en el caso de las zonas áridas con cultivos de tipo permanente como es el caso de la vid, existe muy poca elasticidad de la demanda de riego debido a que existe una gran rigidez para las decisiones de los agricultores y una gran estanqueidad cultural sobre la importancia del uso racional del agua y su relación con la productividad.

Observando el gráfico anterior se puede destacar que el área comprendida entre los límites del cálculo (ABCD) representaría el costo incremental de los regantes por efecto de las bajas eficiencias del sistema de riego. De la misma manera quedarían expresadas la pérdida de competitividad y de beneficios asociados por causa de una reducción del caudal aplicado.

Si el caudal entregado disminuyera por efecto de una distribución ajustada a la verdadera demanda de los cultivos (uso consuntivo) con eficiencias mayores que las actuales, se podría observar un incremento en la calidad del agua de riego y por ende, un aumento en la productividad.

El comportamiento de la curva de demanda depende del tipo de cultivos considerado, ya que para los permanentes, tales como vid, olivo y frutales, la demanda es inelástica, es decir que cuando se reduce el caudal entregado no existe una respuesta directa del incremento en la tarifa. Mientras que en los cultivos estacionales, tales como las hortalizas, forrajeras, la demanda es elástica.⁽⁸⁾

Asimismo, cuando se produce una disminución del caudal entregado, mas ajustado a la demanda efectiva (uso consuntivo), se obtiene un beneficio general asociado a la mejora de la calidad del agua y de los suelos agrícolas, incrementando los beneficios de los regantes. En general puede destacarse que cuando se reduzca el área marcada en el gráfico como (ABCD) se producirá una pérdida de competitividad y de beneficios de los regantes como consecuencia de que la mejora en la calidad del agua y de los suelos no resulta tan significativa.

Existe entonces una relación entre el riego y su eficiencia y la calidad ambiental del agua y el suelo. Cuando el riego se hace de manera mas efectiva, ajustado a la demanda marcada por el uso consuntivo de los cultivos, se incrementa la calidad ambiental, y viceversa, cuando mas nos alejamos en la entrega de agua de los estandares de cada cultivo y cada suelo, se incrementa el costo disminuyendo la calidad ambiental.⁽⁸⁾

Por otro lado, cuando se produce una inadecuada entrega del agua de riego, se observa que se afectan también aspectos generales del equilibrio ambiental incluyendo en éste a la generación de energía hidroeléctrica, la contaminación por materia orgánica y las posibilidades recreativas de los embalses de agua.⁽⁸⁾

Se puede asegurar que un incremento de los caudales de riego entregados por encima de los verdaderos requerimientos de los cultivos, provocaría los siguientes efectos ambientales:

- En la generación hidroeléctrica, se producirían incrementos o disminuciones de su capacidad óptima.
- Se producirían menores flujos de retorno de los regantes.
- Se influiría en la disponibilidad y calidad del agua potable.
- Se verificaría mayor contaminación general por incremento del DBO.
- Se incrementaría la conductividad eléctrica de los acuíferos subterráneos.
- Se disminuirían las posibilidades de uso recreativo por alteración de los niveles de embalse de agua.

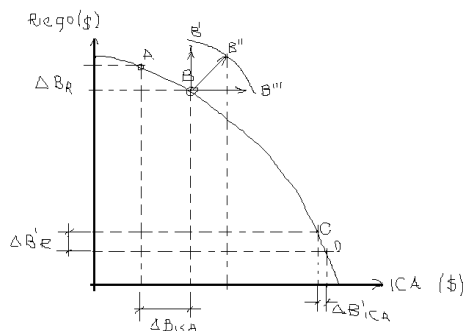
Mientras que si se consigue una disminución de las pérdidas y se logra un uso racional del agua, se conseguirían los siguientes efectos:

- Se mejora la generación hidroeléctrica y el volumen turbinado debido a la posibilidad de lograr mayor flexibilidad de las operaciones.
- Se incrementan los retornos de los productores.
- Se aumenta la calidad y cantidad de las aguas residuales que puedan reutilizarse.

Relación entre el uso adecuado del agua de riego, el costo del agua y el costo de la calidad ambiental.

Existe una relación entre el costo del agua de riego como consecuencia del incremento de los volúmenes entregados, y la calidad ambiental expresada como Índice de Calidad Ambiental (ICA) que determina el costo necesario para lograr una calidad determinada. De manera que si el costo de la calidad ambiental se incrementa significa que se pierden beneficios agrícolas y de otro tipo como consecuencia del incremento de la contaminación.⁽⁸⁾

Si representamos el costo del riego vs. la variación de los beneficios por efecto de reducir el ICA (ΔB_{ICA}), se puede obtener el gráfico N°2 siguiente:



Donde:

ICA: Incremento costo ambiental en \$

Riego en \$: incremento del costo de riego

ΔB_R : el costo incremental del agua de riego asignada

ΔB_{ICA} : variación incremental de los beneficios ambientales asociados.

$\Delta B'_{ICA}$: el costo incremental del riego cuando se pasa de C a D

$\Delta B'_{ICA}$: el costo incremental cuando se pasa de C a D

En el gráfico se ha representado la comparación entre el costo del riego y los beneficios ambientales asociados.

El costo de oportunidad de satisfacer un uso del agua que implique el perjuicio para otro uso, no responde a una función lineal. Es decir que las consecuencias del mal uso del agua de riego, que provoca mayor costo, no provoca una variación constante en el costo ambiental (o del otro uso).⁽⁸⁾

En el gráfico se observa que el incremento del costo del riego de B a A, lleva consigo un costo derivado de la pérdida de calidad ambiental mucho mayor que la ampliación del riego producida entre D a C. Por lo tanto se observa que cuando nos encontramos frente a variaciones del costo del riego correspondientes a grandes excedentes

utilizados, se observa una variación mayor en la correspondiente modificación de los costos ambientales.⁽⁸⁾

El costo de oportunidad medido en \$ de pérdida derivado del empeoramiento de la calidad ambiental, por \$ de beneficio neto obtenido con el riego, es mucho mayor en el caso de pasar de B a A que en el caso de hacerlo de D a C.

De manera que:

$$\frac{\Delta B_{ica}}{\Delta B_r} |_{(B-A)} \geq \frac{\Delta B_{ica}}{\Delta B_r} |_{(D-C)} \quad (1)$$

El costo de la modernización o cambio en el coeficiente efectivo de riego lo denominaremos $C_p(\$)$, y éste cambio valdrá la pena si se consigue que:

$$\frac{\Delta B''_{ica} + \Delta B''_r}{C_p} \geq 1 \quad (2)$$

Ya que solamente si la suma de los beneficios incrementales por efecto de la mejora en la calidad ambiental y el incremento de beneficios en los cultivos, como consecuencia de la mejora en la entrega del agua de riego, resulta ser mayor que el costo de modernización del sistema de riego, se podrá justificar la decisión de modificar el sistema actual.

En general se debe buscar un equilibrio que priorice parcialmente ambos objetivos, por un lado conseguir un aumento en la productividad del agua de riego por efecto de un aumento de los beneficios incrementales al modificar la entrega del agua, y por otro, una disminución de los costos de la calidad ambiental asociada.⁽⁸⁾

En la medida en que podamos contar con mediciones de la variación de los beneficios de riego (ΔB_R) como así también de los beneficios ambientales (ΔB_{ICA}), se podría establecer un criterio de prioridades acorde para la toma de decisiones de la administración.

Para observar la importancia de los beneficios derivados de un incremento en la calidad del agua (ICA), no hace falta traspasar las fronteras del propio sector del riego, sino que se pueden conseguir beneficios directos, modificando solamente dicho sector.⁽⁸⁾

Esta metodología descrita permitiría evaluar, de manera aproximada, el impacto que se observaría después de la decisión de modificar el coeficiente de entrega del agua y de las eficiencias de aplicación en finca, en función de medir los beneficios económicos asociados a tales medidas.

ANALISIS Y DISCUSION:

Impacto de una modificación del coeficiente efectivo de riego sobre la productividad marginal.

Teniendo en cuenta que en la actual Ley de Aguas de la Provincia , está previsto un único coeficiente de riego de cada hectárea de tierra empadronada, determinado como 1,3 litros/seg/Ha, fijado desde la época de la colonia (Soldano 1923), se plantea la necesidad de estudiar el impacto que se obtendría sobre el sistema, modificando la forma de entrega efectiva en función del uso consuntivo de los cultivos. De manera que se observe el impacto económico al entregar el agua de riego de manera más ajustada a lo que necesitan, manteniendo los derechos actuales.

Se debe comparar la variación de los beneficios económicos provocados por la modificación del agua de riego entregada que mejora los rendimientos de los cultivos, y la variación de los beneficios económicos generados por mejoramiento de la calidad ambiental representada por una disminución de la salinidad de los suelos y del agua.

Actualmente, utilizando el criterio de distribuir el recurso en base a un coeficiente único por Ha empadronada, se observan distorsiones importantes en los rendimientos de los cultivos y en el proceso de salinización progresiva de los suelos. En la medida en que se produce una diferencia respecto de las reales necesidades del cultivo, se perciben incrementos en los costos de la calidad del agua de riego por salinización, provocando una disminución en los rendimientos económicos.

Solamente se observa que en los casos donde ya se ha incorporado el sistema de riego por goteo que incluye el llenado de un reservorio de abastecimiento, actuando éste como pulmón interno, se consigue aproximar un criterio de aplicación de agua por volumen, manteniendo la metodología de distribución del agua por turnos en base a un coeficiente de entrega fijo. Es decir que la distribución y suministro a la finca por parte del ente administrador, se efectúa por turnado , y la aplicación se realiza volumétricamente, respetando el uso consuntivo de acuerdo a las necesidades de los cultivos.

Para observar el mecanismo de disminución de rendimientos económicos por efecto de la inadecuada aplicación del agua, hemos utilizado datos experimentales obtenidos por el INTA- EEAA San Juan para la vid por Liotta,M; Miranda,O; Aguilera,J.J (2010) ; Liotta, M; Sarasua,A. (2009) y Castro,T; Bocelli,J; (1990)⁽⁹⁾

Se observa que los coeficientes de riego para la vid y la evapotranspiración actual (EVA) calculada según valor de evaporación de tanque “A”, en mm./año de agua necesaria se resumen en el siguiente cuadro:

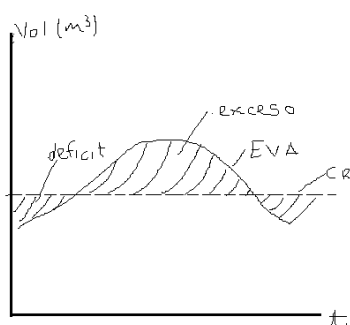
Kc (coeficiente de riego)	EVA (mm/año m ²)
Enero 0,90	216
Febrero 0,78	150
Marzo 0,56	99

Abril	0,35	20
Mayo	0,0	0
Junio	0,0	0
Julio	0,0	0
Agosto	0,0	43
Setiem.	0,27	49
Octubre	0,51	92
Nov.	0,77	163
Diciem.	0,90	217
Total anual		1049 (10.490 m³/Ha año)

Fuente: elaboración propia con datos del INTA EEAA –San Juan(9)

Los valores de tolerancia del cultivo de la vid a la salinidad, están definidos para un límite en los suelos de menos de $1500 \mu\Omega\text{cm}^{-1}$ de conductividad eléctrica, sin demasiada influencia sobre los rendimientos. A partir de dicho límite se han determinado variaciones del rendimiento promedio del orden del 12% por cada $1.000 \mu\Omega\text{cm}^{-1}$ unidades de incremento de la salinidad. De esa manera se estima que para una salinidad del suelo de unos $6.700 \mu\Omega\text{cm}^{-1}$ se observa una disminución del 50% del rendimiento.

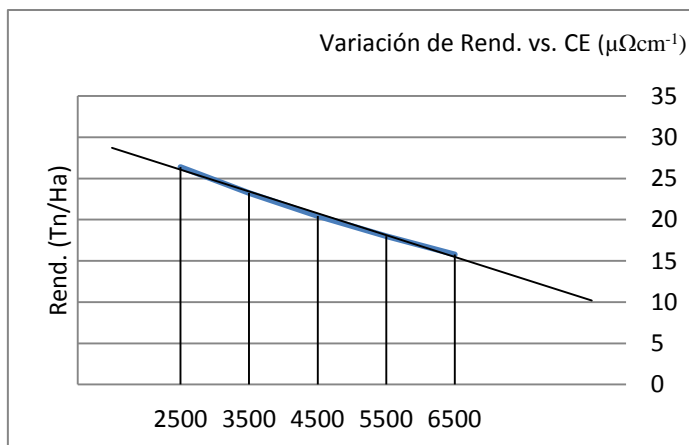
Evidentemente que si el agua es suministrada en cantidades y momentos inoportunos, alejada de las necesidades de los cultivos, se producen déficit y excedentes en los volúmenes entregados, produciendo en consecuencia, condiciones de estrés en las plantas y salinización en los suelos, respectivamente, afectando los rendimientos.



En el gráfico anterior se representa la variación de los volúmenes de agua en función del tiempo en que suministra el agua de riego.

En la gráfica se ha representado la curva de demanda del cultivo a través de los valores de evapotranspiración actual (EVA) y el tiempo en que se necesita, y la línea de trazos que representa la distribución real en base al coeficiente de entrega único fijado por la Ley de Aguas.

Utilizando los valores experimentales detallados, se plantea en el siguiente gráfico, las variaciones de rendimiento a medida que crece la conductividad eléctrica de los suelos.



Fuente: Elaboración propia según datos de Ayers y Westcot (1976); Maas (1984); Maas(1991); Liotta,M; Miranda,O; Aguilera,JJ (2010); Liotta, M; Sarasua,A. (2009) y Castro,T; Bocelli,J (1990).

Con los datos experimentales relevados se obtiene una función aproximada del tipo:

$$RE = Reo - \mu CE \quad (3)$$

$$Reo = 30 \quad \text{y} \quad \mu = 0,0027; \quad R^2 = 0,92$$

Siendo:

RE: rendimiento de la vid en Tn/Ha

CE: conductividad eléctrica en $\mu\Omega\text{cm}^{-1}$.

De acuerdo al tipo de función obtenida, se puede inferir que la influencia de la salinidad de los suelos sobre la reducción del rendimiento es aproximadamente equivalente en los segmentos de baja salinidad y en aquellos de alta salinidad. Por lo tanto, en el análisis de la conveniencia de reducir los niveles de salinización optimizando el agua entregada a los cultivos, se puede afirmar que el mismo se debe efectuar en toda situación.

Se puede asumir que efectuando modificaciones en la modernización de los sistemas de distribución y entrega de agua a los cultivos, se obtendrían mejores rendimientos en el tiempo, y por ende mayores beneficios económicos del agricultor⁽¹⁰⁾, en consecuencia la evaluación que corresponde hacer es que solo se justificaría incorporar nuevas técnicas de riego en la medida en que se consiga que la diferencia entre los incrementos de beneficios agrícolas y las disminuciones de la salinidad, resulten mayores que el costo de modernización del sistema de riego.

$$\frac{\Delta Br - \Delta ce}{Cm} \geq 1 \quad (5)$$

Siendo:

ΔBr : variación de los beneficios agrícolas por incremento del rendimiento

Δce : variación de la salinidad (conductividad eléctrica)

Cm : costo de la modernización del sistema de riego

Si se considera que el costo de la modernización fuese representado por la incorporación masiva del sistema de riego por goteo a todas las fincas con vid, podemos efectuar el siguiente análisis:

- Si se considera que se incorporara a cada Ha de vid el sistema de riego por goteo, el costo de inversión inicial sería de $C_m = \$15000$ (3000 u\$/Ha.)
- Para que se justificara dicha inversión se debería cumplir que $\frac{\Delta Br - \Delta ce}{C_m} \geq 1$, es decir que $\Delta Br - \Delta ce \geq C_m$.
- Se considera que los beneficios anuales son de $\$45000$ (9000u\$/Ha) para un rendimiento de 30000Kg/Ha
- Se han estimado los costos totales anuales en $\$39600$ (7920 u\$/Ha)
- Siendo $\Delta Br = \$5400$ (1080 u\$/Ha) y $\Delta ce = -\$5000$ (- 1000 u\$/Ha) (reducción de beneficios por efecto de la salinización de suelos, calculado como el equivalente de pérdida de ingresos por efecto de una disminución del 10% del rendimiento máximo), resultará que $(\Delta Br - \Delta ce) = \10400 (2080 u\$/Ha).
- Por lo tanto, con esos valores no se justificaría la inversión del sistema de riego por goteo como herramienta de modernización, con la única finalidad de incrementar la eficiencia y el rendimiento. Es probable que si se pretendiera, además, incrementar el número de Has cultivadas, los resultados podrían modificarse positivamente.

Análisis de la productividad marginal del agua de riego

De acuerdo a los análisis efectuados se observa que para incorporar nuevos criterios para mejorar el uso del agua de riego que contribuyan al control del medio ambiente y a adecuados criterios de distribución del agua pública, resulta necesario incorporar conceptos económicos, tales como la curva de demanda, el valor del agua por unidad de volumen utilizado efectivamente en los cultivos (eficiencia de aplicación), y la productividad marginal influenciada por los rendimientos del cultivo.

La curva de demanda, considerada como la “*voluntad de pago*” o *el interés de pagar el agua*”, resulta muy difícil de utilizar debido a las condiciones de inelasticidad de la demanda con la tarifa, en la mayoría de los casos, y a consecuencia de la falta de cultura de riego asociada al uso del agua en forma volumétrica.

Desde el punto de vista del interés del usuario, consideramos que la productividad marginal del agua de riego (PMA) podría ser un indicador efectivo para iniciar un proceso de análisis económico útil a fin de que el regante comience a considerar al agua como un insumo crítico identificando claramente su valor.

A fin de determinar los criterios más sencillos y representativos para definir la productividad marginal, se plantean dos alternativas a evaluar:

- a- Productividad marginal respecto al caudal de agua entregada

b- Productividad marginal respecto a la conductividad eléctrica del suelo.

En el caso a- se considera:

$$\frac{dBr}{dQ} = \frac{m}{Q}$$
$$\int_{Br_0}^{Br_1} dBr = \int_{Q_0}^{Q_1} m \frac{dQ}{Q}$$
$$Br_1 = Br_0 + m \ln \frac{Q_1}{Q_0} \quad (6)$$

Donde:

Br : Beneficios agrícolas (u\$/m³)

Q : caudal de agua entregada (m³)

m : coeficiente constante experimental

Br_0 : Beneficios agrícolas correspondiente al caudal óptimo dado por la EVA

Br_1 : Beneficios agrícolas correspondientes al caudal efectivo entregado

Q_0 : caudal correspondiente al óptimo dado por la EVA

Q_1 : caudal correspondiente al caudal efectivo entregado.

Para calcular el caudal efectivo correspondiente a un valor de productividad deseado, se obtiene la siguiente expresión:

$$Q = Q_0 e^{\left(\frac{Br - Br_0}{m}\right)} \quad (7)$$

Para el caso b, correspondiente a la variación de la productividad marginal con la conductividad eléctrica (CE), correspondería:

$$Br = Bro + n \ln \frac{Ce}{Ceo} \quad (8)$$

$$Ce = Ceo e^{\left(\frac{Br - Bro}{n}\right)} \quad (9)$$

Siendo:

n: coeficiente experimental

Ceo: conductividad eléctrica correspondiente al límite del cultivo (*p/vid*: $\leq 1500 \mu\Omega cm^{-1}$)

Ce: conductividad eléctrica correspondiente a la situación deseada

Con la finalidad de contar con algunos elementos de análisis para evaluar el concepto de productividad marginal hemos desarrollado el caso de la vid según datos experimentales del INTA EE.AA San Juan sobre rendimientos por Ha, salinidad de los suelos y volúmenes de agua efectivamente entregados. (Liotta,M; Miranda,O; Aguilera,J.J (2010) ; Liotta, M; Sarasua,A. (2009) y Castro,T; Bocelli,J (1990).⁽⁹⁾

Los costos e ingresos han sido estimados en función de datos obtenidos por estimaciones propias, según el siguiente detalle:

Rendimiento por Ha	Costo Fijo (u\$/Ha)	Costo variable (u\$/Ha)	Costo Total (u\$/Ha)	Precio de Equilibrio (u\$/Kg)(*)	Precio de Mercado (u\$/Kg)(**)
10.000	2000	600	2600	0,325	0,28
20.000	2000	1600	3600	0,225	0,28
30.000	2000	3000	5000	0,208	0,28
40.000	2000	4400	6400	0,20	0,28
50.000	2000	5920	7920	0,195	0,28

Fuente: elaboración propia con datos de costos estimados.

(*) precio necesario para equilibrar los costos totales

(**) precio de mercado cosecha 2012-2013

Con la información descripta se ha calculado, en los siguientes cuadros, los valores de productividad marginal en base a volumen entregado y conductividad eléctrica del suelo.

Cuadro a: Productividad marginal en función del volumen de agua entregado

Vol.ent. (Hm ³)	Vol.ef. ^(*) (Hm ³)	Nº Ha ^(**) regadas	Prod (Tn/año)	Valor Prod (u\$/año)*10 ³	Prod. Marginal (u\$/m ³)	Br (u\$/m ³)
1200	510	51.000	1.020.000	285600	0,238	0,238
1000	425	42.500	850.000	238000	0,238	0,337
900	382.5	38.250	765.000	214200	0,238	0,276
800	340	34.000	680.000	190400	0,238	0,252
700	297.5	29.750	595.000	166600	0,238	0,261

(*) Vol. ef.(volumen efectivo aplicado al cultivo)= (Vol.entregado)*(Eficiencias de conducción y de aplicación).
Vol.ef.= Vol.ent. *(0,85*0,5).

(**) El número de Has regadas resulta de aplicar el volumen neto efectivo a una demanda óptima de 10000 m³/Ha año.

El valor obtenido de la productividad marginal representa la cantidad máxima que un regante podría estar dispuesto a pagar por el m³ de agua adicional agregada.

- Cuadro b: productividad marginal en función de la conductividad eléctrica del suelo.

Ce ($\mu\Omega\text{cm}^{-1}$)	Rend. (Tn/Ha)	Valor Producción (u\\$/año)	Costos totales (u\\$/Ha)	Beneficios netos (u\\$/año)	Prod. Marginal (u\\$/m ³)
1500	30	9000	5000	4000	0.40
2500	26.4	7920	4400	3520	0.352
3500	23.23	6990	4000	2990	0.299
4500	20.44	6132	3600	2532	0.253
5500	18.0	5400	3400	2000	0.20
6500	15.8	4740	3000	1740	0.174

De los cuadros anteriores se destaca que se observa más sensibilidad en la disminución de la productividad marginal por efecto de la salinización que por efecto de los volúmenes de agua disponibles. Aparentemente esto se debe a que en el caso de la productividad por efecto de los volúmenes entregados, no están influyendo las variaciones en los rendimientos efectivos del cultivo.

Aplicando las ecuaciones (6) y (8)

$$Br = Br_0 * m * \ln \frac{Q_1}{Q_0}$$

$$Br = Br_0 * n * \ln \frac{Ce}{Ce_0}$$

La variación del *Br* (*Productividad Marginal*) para el caso de los volúmenes aplicados el coeficiente experimental obtenido es de: $m=7,76$; y para el caso de la productividad en función de la conductividad eléctrica, el coeficiente experimental obtenido es de $n = -1,56$

De esa manera se podría estimar la variación de la productividad marginal en función de cualquiera de los dos parámetros analizados, los volúmenes de agua entregados o la conductividad eléctrica de los suelos.

Cabe destacar que el concepto de productividad marginal en función de los volúmenes de agua entregada, ha sido determinado en base a la superficie total implantada, asignando como consumo de agua por Ha al valor óptimo dado por el uso consuntivo de las plantas, por lo que no se afectan los rendimientos, sino que solamente se pone en evidencia las modificaciones en la función de producción a causa del número total de Has que se pueden regar.

Mientras que en el caso de la variación de la productividad a causa del costo ambiental por efecto de la salinización de los suelos, se ha representado la influencia de las variaciones de rendimiento del cultivo sobre la productividad.

Si se pudiesen medir con precisión estos indicadores, en las distintas zonas, se podría disponer de los criterios económicos para inferir modelos de tarificación diferencial que representen el verdadero valor del agua de riego en función de la productividad marginal. De esta manera se podría contar con herramientas de cálculo para influir y orientar a los usuarios en los aspectos tecnológicos más adecuados para incorporar procesos de modernización en las técnicas de aplicación de agua en la finca.

En nuestro criterio resulta todavía complicado, en términos prácticos poder utilizar estos conceptos para encontrar nuevas fórmulas de tarificación que contribuyan a influir en cambios de la cultura de riego. Seguramente resulte conveniente iniciar un proceso progresivo de incorporación de todos estos conceptos económicos ajustado a los cambios provocados y asegurando la permanencia de los regantes a sus explotaciones.

Hemos visto que la decisión de incorporar tecnologías de riego que mejoren las eficiencias de aplicación en función del tipo de suelos, el clima, el desarrollo del cultivo, etc., depende básicamente de la conveniencia económica. De manera que solo se justificarían nuevas inversiones tecnológicas en la medida que se pueda percibir con nitidez que es necesario que los beneficios por el mejor riego y los beneficios por la calidad ambiental, resulten mayores que los costos de inversión tecnológica, según la ecuación (5) ($\frac{\Delta Br - \Delta ce}{Cm} \geq 1$). Para ello es necesario contar con nuevos criterios que permitan visualizar dichos beneficios asociados a los volúmenes de agua utilizados y a la salinización provocada.

En principio, se observa que la incorporación de la tecnología del riego por goteo estaría aportando mejoras significativas en la eficiencia de aplicación del agua de riego, sobre todo en aquellas explotaciones con cultivos permanentes de vid y olivos de dimensiones superiores a las 30 Has. Mientras que las experiencias realizadas en los cultivos anuales no parecen todavía provocar impactos importantes.

Si se pretendiese generalizar el uso de esta tecnología de riego presurizado alcanzando a explotaciones pequeñas y medianas (menos de 30 Has), entendemos que resultaría conveniente incorporar algunos de los conceptos analizados en el presente trabajo de manera que se pueda vislumbrar con mayor claridad los beneficios y los costos asociados.

Creemos que la mayor dificultad para que los usuarios identifiquen la conveniencia del mejoramiento de la eficiencia de aplicación, se desprende de que las tarifas del agua de riego no representan su verdadero valor, ni tampoco el impacto sobre la productividad del agua.

En la medida que se incorporen en algún grado los conceptos mencionados en el régimen tarifario, podría resultar factible provocar cambios culturales en los usuarios vinculados al uso más eficiente del agua, y con mayor control de la contaminación.

Modelo simplificado para el cálculo de tarifas diferenciales

Con la finalidad de aportar un elemento cuantitativo que simplifique los conceptos analizados sobre el valor económico del agua, se ha planteado a modo de hipótesis inicial de trabajo, un modelo numérico para estimar tarifas.

El modelo matemático propuesto se basa en asumir que la tarifa deberá contener un término fijo que represente el costo de la administración del agua que se deba apropiar, y otro componente variable calculado en función de los parámetros de eficiencia económica de la utilización. Dicho componente se denomina FU (factor de utilización) y resume el impacto de la eficiencia de riego y de los rendimientos expresados ambos en valores económicos por m³ de agua utilizada.

La ecuación será:

$$TR = C * FU \quad (1)$$

Donde:

$$FU = \left(\frac{1}{Er} + \frac{1}{R}\right) \quad (2)$$

$$FU = \left(Ce + \frac{1}{R}\right)$$

Condiciones del modelo:

$$| C \leq TR \leq (C.FU) |$$

Si $TR = C \rightarrow$ situación óptima; $FU = 1$; $(Ce + 1/R) = 1$

Si $TR > C \rightarrow$ situación deficiente; $FU > 1$; $(Ce + 1/R) > 1$

Siendo:

TR: la tarifa en \$/m³

C: el costo de administración del agua en \$/m³

FU: el factor de utilización del agua expresado en \$/m³

Ce: Er:eficiencia de riego (aplicación) expresada en %, traducida a \$/m³ mediante la correlación empírica: $Ce = 2,77 * e^{-Er}$ (en \$/m³); con R² = 0,92

R: rendimiento del cultivo expresado en \$/m³; [$R = (Re * Pu)/V$]

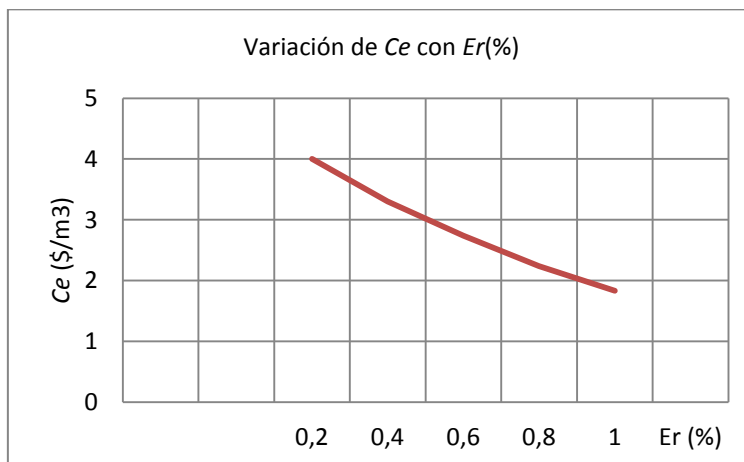
Re: Rendimiento del cultivo en Kg/Ha

Pu: precio unitario del cultivo en \$/Kg (se considera un precio de 1,40 \$/Kg para la vid, de la cosecha 2013)

V: volúmen de agua por año y por Ha agregada al cultivo en m³(se considera 10.000 m³/Ha año, para la vid)

Se ha elaborado una correlación empírica entre el Ce en (\$/m³)(eficiencia de riego transformada en \$) y la Er (eficiencia de aplicación del agua a los cultivos) en %, en la cual se identifica una función del tipo:

$$Ce = 2,77 e^{-Er} \quad (R^2 = 0,95)$$



Entonces la Ec. (2) queda:

$$FU = \left[(2,77 * e^{-Er}) + \left(\frac{1}{(Re * Pu)/V} \right) \right]$$

Aplicando el modelo descrito se obtienen los siguientes resultados:

Si se considera un costo del agua de riego de $0,08 \text{ \$/m}^3$, correspondiente a asumir la aplicación del costo total anual de la administración, se obtienen los siguientes resultados:

Caso	Er (%)	C ($\text{\$/m}^3$)	Ce ($\text{\$/m}^3$)	Rend. Tn/Ha	R ($\text{\$/m}^3$)	FU	TR ($\text{\$/m}^3$)	Tarifa ($\text{\$/Ha año}$)
Testigo	100	0,08	1,00	50	7,0	1,14	0,091	910
Caso 1	80	0,08	1,24	40	5,6	1,411	0,11	1100
Caso 2	60	0,08	1,52	30	4,2	1,758	0,146	1460
Caso 3	48	0,08	1,714	15	2,1	2,19	0,175	1750

Si se considera asumir como costo del agua solamente los costos de operación y mantenimiento del sistema de riego agrícola, del orden de $0,0425 \text{ \$/m}^3$, se obtienen los siguientes valores:

Caso	Er (%)	C ($\text{\$/m}^3$)	Ce ($\text{\$/m}^3$)	Rend. Tn/Ha	R ($\text{\$/m}^3$)	FU	TR ($\text{\$/m}^3$)	Tarifa ($\text{\$/Ha año}$)
Testigo	100	0,0425	1,00	50	7,0	1,14	0,0485	485
Caso 1	80	0,0425	1,24	40	5,6	1,411	0,0599	599
Caso 2	60	0,0425	1,52	30	4,2	1,758	0,0747	747
Caso 3	48	0,0425	1,714	15	2,1	2,19	0,09265	926,5

Conclusiones:

Utilizando el modelo planteado se puede verificar que:

- Si aumenta la eficiencia de aplicación del agua de riego, disminuye la tarifa
- Si aumenta el costo de producción y administración del agua de riego, aumenta la tarifa
- Si aumenta el rendimiento del cultivo, disminuye la tarifa.

Se observa el grado de variación de las tarifas influenciada por su productividad, habiendo utilizado los valores aproximados de costo de la administración del agua de riego, aplicando el factor de utilización como una medida del impacto sobre la tarifa de solamente dos aspectos analizados numéricamente: el rendimiento del cultivo y la eficiencia de aplicación del agua de riego. En la medida en que se profundicen estos aspectos y se incorporen otros indicadores de productividad más específicos, se podría disponer de herramientas más precisas para el cálculo de tarifas.

En el marco de los objetivos generales del trabajo, se puede mencionar que existen diversas razones para que el precio del agua de riego tenga niveles adecuados a fin de que sirva como elemento catalizador para los cambios de eficiencia. Por lo general se trata de que las tarifas sean más elevadas que las actuales y que se reflejen las penalizaciones por falta de eficiencia.

Las razones tenidas en cuenta para la modificación de la tarifa reflejarían el interés de los regantes frente a un recurso escaso y también se atenderían los intereses fiscales. A continuación se resumen las más importantes:

- 1- Estimular la conservación del agua.
- 2- Fomentar la asignación del recurso a sus usos más eficientes, es decir, a los usos agrícolas de mayor valor, o a los no agrícolas si el agua es más productiva en términos netos, siempre que exista la infraestructura necesaria para llevarla a los nuevos usuarios. Este tipo de asignación maximizaría la contribución al crecimiento económico de un recurso escaso.
- 3- Reducir al máximo los problemas ambientales asociados al riego por salinización de suelos, especialmente los derivados del excesivo uso de agua.
- 4- Generar suficientes ingresos para cubrir los costos de operación y mantenimiento de los sistemas de manera que no sea necesario invertir en costosos proyectos de rehabilitación de suelos por drenajes.
- 5- Recuperar los costos de inversión en cada sistema de riego, además de proporcionar ingresos para cubrir los costos de operación y mantenimiento.

Obviamente que existen otras posiciones respecto a las tarifas y su relación con la eficiencia. Por ejemplo, D. Bromley ha argumentado que promover la eficiencia económica no es una meta relevante para la política de precios del riego, sino más bien que:

“El propósito de los esquemas de precios del riego debe ser el de asegurar que la distribución del agua en los sistemas de riego (o las comunidades de regantes) resulte óptima a los efectos de que dichos sistemas funcionen eficientemente como "dominio de acceso compartido a un recurso escaso"... los precios del agua deben considerarse como parte de un régimen en el cual los agricultores son inducidos a contribuir a un bien público - mejor gestión del agua - que los beneficia a todos ellos. El principio de reciprocidad requiere que todos contribuyan a los bienes públicos exactamente con la cantidad que ellos preferirían que lo hiciera cada uno de los miembros del grupo.”

Según nuestro parecer, en la medida que se utilicen herramientas de evaluación técnica económica, es probable que se puedan diseñar también modificaciones en la legislación de aguas vigente tendiente a utilizar coeficientes de distribución volumétricos calculados según el tipo de suelos y el tipo de cultivos, aún manteniendo los conceptos hedónicos aplicados en los derechos de agua de cada propiedad, y de esta manera, contribuir a utilizar el agua de riego como bien público.

Evidentemente, este tipo de modelos tarifarios posibilitaría evaluar los distintos aspectos que influyen en el costo y productividad del agua, de manera que se pueda influir en los usuarios, a fin de que adquieran comportamientos de mayor eficiencia en el uso del agua de riego.

Resultaría de interés poder utilizar los criterios analizados para evaluar las condiciones particulares, en distintos cultivos y en diferentes zonas y distritos de riego, de manera de poder introducir progresivamente las tarifas diferenciales en base al uso racional del agua, como herramienta de cambio tecnológico.

Asimismo, si se consiguiera incorporar mecanismos de evaluación de la eficiencia en el uso del agua para corregir los modos de administración del recurso hídrico, probablemente se contribuya significativamente al control de la contaminación y la desertificación, aspectos a tener en cuenta en los próximos años.

San Juan, Febrero de 2013.-

Bibliografía:

- (1) ***“Red de Cooperación en la Gestión Integral de Recursos Hídricos para el Desarrollo Sustentable en América Latina y el Caribe”***. Naciones Unidas- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL); N° 20- junio 2004.
- (2) ***Ley de Aguas N° 4392 y Modificatorias. Gobierno de San Juan; año 1978***
- (3) ***Contreras, E (2009), “Aplicación de métodos alternativos para valorar recursos naturales (sin mercado) e impactos ambientales”***. Estudio de los Valles de la Ligua y Petorca, V Región- Chile
- (4) ***Ridker y Henning (1967), “Estudio econométrico de los determinantes del valor de mercado de los bienes raíces”***.
- (5) ***Chang-Navarro, L; Villar, C; Cárdenas, A. (1990). “Valor económico del agua”- Chancay-Lambayeque. GAPA, Lima- Perú***
- (6) ***Caballer, V; Guadalajara, N, (1998). “Valoración Económica del agua de riego”***. Mundi-Prensa, Madrid.
- (7) ***Gallego Ayala, J; Gómez Limón, J.A. “Evaluación del impacto de la tarificación del agua de riego sobre la sostenibilidad del regadío, una aproximación a través de indicadores sintéticos”***. (2010). *Estudios de Economía Aplicada, Vol.28-2, pp.375-404*

- (8) Garrido,A; Palacios,E; Calatrava, J; Chávez, J;Exebio,A, (2004)“**La importancia del valor, costo y precio de los recursos hídricos en su gestión**”. Cuadernos Fodepal. Gestión Integral de los Recursos Naturales. Universidad Politécnica de Madrid, España.
- (9) Liotta,M; Miranda,O; Olguín,A; Aguilera,J.J, (2010). “**Demanda hídrica y eficiencia de riego en los Valles de Tulum, Ullum y Zonda**”. Revista Ruralis. Centro Regional Mendoza-San Juan, INTA, Año III, N° 12.
- (10) Liotta,M; (2011). “**Requerimientos hídricos de los principales cultivos en los Valles Centrales de la Provincia de San Juan**”. EE.AA. San Juan-Area suelo y drenaje-INTA.
- (10) Miranda,O, (2009). “**Trayectoria tecnológica y uso del agua en la agricultura argentina bajo riego**”,EE.AA, INTA San Juan.
- (11) Castro,T; Bocelli,J.(1990), “**Evapotranspiración real de la vid**”. Plan de trabajo N° 7254- Informe final- INTA- EE.AA San Juan.
- (12) Moreno,G; Sunding,D. (2000). “**Irrigation Technology Investment when the price of water is stochastic**”. Am.Agr. Economics Association Annual Meeting. August. University of California, Berkeley, 13pp.
- (13) Sumpsi Viñas,E; Garrido Colmenero,A; Blanco Fonseca,A.M; Varela Ortega,C; Iglesias Martínez,E (1998), “**Economía y política de gestión del agua en la agricultura**”.Sec. de Agricultura ,Pesca y Alimentos. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, 351pp.
- (14) Amigues,J.P; Bonnieux,F; LeGoffe,P; Point,P (1995). “**Valorisation des usages del’eau**”. INRA- Económica- París
- (15) Azqueta,D.(2002). “**El valor de agua desde una perspectiva económico-social**”. El derecho de agua en Iberoamérica y España; cambio y modernización en el tercer milenio, Civitas, Madrid.
- (16) Crouter, J.P (1987). “**Hedonic Estimation Applied to a Water Right Market**”. Land Economics 63 (3): 259-271.
- (17) Elarrieta, J.I; Castellano,E; Martínez de Anguita,P; Rey,C; Pellitero,M (2003). “**Establecimiento de un precio óptimo ambiental y social para el agua de riego mediante la internalización de costes ambientales y el uso de matrices de contabilidad social**”. Aplicación a la Comunidad Foral de Navarra. Economía Agraria y Recursos Naturales. 3 (1).

