

## **Modernización del riego financiado por la tarifa utilizando las nuevas tecnologías.**

*Rosa, Raúl Jorge<sup>1</sup> rjr@agro.unlp.edu.ar*

<sup>1</sup>*FCAyF, CHIAAA – Universidad Nacional de La Plata (UNLP)*

### **Introducción**

El precio del agua puede ser una herramienta eficaz para lograr un uso más eficiente, siempre que sea apoyada por otras políticas. Sin embargo, el aumento de los precios no siempre logra el objetivo de conservarla. Los agricultores a menudo tienen una baja elasticidad precio de la demanda. Por ello, la eficacia de los precios y cargos por el uso o disponibilidad del agua para la conservación no puede darse por sentada y necesita ser evaluada en el contexto de la zona geográfica en particular, las formas de cultivo, los arreglos institucionales y las políticas agrícolas. El esquema institucional debe garantizar un servicio confiable para que los precios del agua sean adecuados y aceptables para los agricultores, así como las ventajas que poseen la transparencia en la gestión y la participación y empoderamiento de los agricultores en la toma de decisiones. (Dinar & Mody, 2004) (Jeder et al. 2014) (Expósito and Berbel 2017).

En el presente estudio se plantea utilizar la tarifa del agua en la parte inelástica de la curva de demanda con el objeto de financiar la modernización que permita el uso eficiente del agua. Con la incorporación de las nuevas tecnologías (Internet de las Cosas y Blockchain) se propicia la transparencia en la gestión dada la disminución de la percepción del riesgo por parte de los agricultores para la adopción de un esquema de gobernanza transparente y confiable.

### **Objetivos**

El objetivo del trabajo es diseñar un esquema de gestión que permita el uso eficiente del agua de riego a partir de la modernización financiada por la tarifa del agua y gestionada con las nuevas tecnologías (Internet de las cosas IoT y Blockchain).

### **Material y métodos**

El trabajo se estructura en 3 etapas, la primera consiste en determinar el umbral de precio del agua que permita cumplir con los objetivos de la política de precios, y que no genere un impacto negativo en la rentabilidad de los productores involucrados. La segunda etapa consiste en evaluar la disponibilidad a pagar por parte de los productores para cumplir los objetivos de la política. Por último, se completa el esquema con el uso de las nuevas tecnologías para medir y registrar los procesos, generar contratos inteligentes que permitan disminuir el nivel de los riesgos asociados al involucramiento en el sistema de gestión del proceso.

Para la primera etapa se debe determinar un balance general de la oferta y demanda de agua involucrada en todo el sistema antes y después de la modernización en los sistemas de irrigación, para evaluar la mejora en la eficiencia. Asimismo, se debe estimar el umbral de precio teórico a partir del procedimiento planteado por (Amir, I, and F M Fisher. 1999), donde se estima la curva inversa de demanda de agua y la distribución del uso del suelo a diferentes precios de la tarifa.

La segunda etapa consiste en evaluar la disponibilidad a pagar por parte de los productores para cumplir los objetivos de la política. En esta etapa se realiza una encuesta a partir de una muestra aleatoria donde se evalúa si los productores están dispuestos a financiar la modernización del riego porque perciben que dicha modernización les permite aumentar sus rendimientos y sus ingresos, como así también utilizar eficientemente el recurso. El modelo estadístico utilizado es el de Modelo de Ecuaciones Estructurales (Structural Equations Models SEM) que se define a partir de dos

submodelos Foguet & Gallart (2000) el modelo de medida y el modelo estructural propiamente dicho. El modelo en forma explícita es el siguiente:

$$\eta = \gamma_{11} \xi_1 + \gamma_{12} \xi_2 + \zeta$$

Donde  $\eta$  representa la disponibilidad a financiar  $\xi_1$  representa la decisión de inversión para resolver la escasez de agua;  $\xi_2$  representa la visualización de los beneficios de la modernización;  $\zeta$  término de error.

La última etapa consiste en diseñar un esquema de gestión del proceso para toda el área involucrada que incorpore el uso de tecnologías de internet de las cosas y blockchain, con el objeto de generar un procedimiento transparente de medición y registración que permita el uso de contratos inteligentes que formalicen y generen confianza a los actores para implementar el esquema organizacional.

Esto se enmarca en un esquema en el marco conceptual planteado por Williamson (2000), donde se señala (1) un primer nivel donde se incluyen normas, cultura y hábitos fruto de la evolución social; (2) el segundo nivel donde se sitúan las decisiones tomadas colectivamente y por el Estado; (3) el tercero donde se analiza la estructura de gobernanza; y (4) el cuarto nivel en el que se estudia la formación de precios en los mercados de recursos. Se han puesto a prueba las hipótesis para evidenciar el encadenamiento lógico entre los niveles 4 y 3. En este sentido, aquellos atributos que contribuyen a determinar el umbral de precio a pagar por el productor para financiar la modernización, y que aportan al objetivo de ahorro de agua (nivel 4). A su vez, se contrastan hipótesis para analizar aspectos de la gobernanza (nivel 3) e integrarlos con el resto de los niveles.

## Resultados

Para la primera etapa se determinó un valor de tarifa 4 (cuatro) veces mayor que el actual, representado en la parte inelástica de la curva inversa de demanda. Asimismo, se evaluó que el impacto de dicha tarifa no modifica sustancialmente el uso del suelo ni genera un impacto negativo en la rentabilidad de las empresas, donde la TIR (Tasa Interna de Retorno) con sustitución tecnológica, que implican la inversión en tecnologías ahorradoras y los valores de la tarifa incrementados oscila entre un 20% y 100% aproximadamente para los distintos modelos productivos. (Rosa, RJ 2016)

Para la segunda etapa, se determinó la disponibilidad a financiar por parte de los productores, a partir del modelo de ecuaciones estructurales (SEM). Los signos de las relaciones causales propuestas en el modelo son correctos y coinciden con las hipótesis planteadas. Para el constructo “Inversión en modernización para resolver los problemas de escasez”, Invertir en riego binario es el indicador de mayor peso pues aporta un 1,434 ( $\lambda_{11}=1,434$ ), mientras que Aumentar los Ingresos ( $\lambda_{12}=1,572$ ) es la mayor motivación para productores en “Visualiza beneficios para la modernización”.

Si se observa la “Disponibilidad a financiar para resolver los problemas de escasez”, se desprende que la visualización de beneficios por la modernización ( $\gamma_{12}=0,0122$ ) impacta con un coeficiente aproximadamente 6 veces mayor que Invertir en modernización para resolver los problemas de escasez ( $\gamma_{11}=0,00221$ ), de ahí la importancia de la tercera etapa para la generación de confianza. En relación a “Disponibilidad a financiar para resolver los problemas de escasez”, el financiamiento cuádruple tiene un peso de ( $\lambda_{21}=0,0197$ ). (Rosa, RJ 2016)

La última etapa es una etapa propositiva donde se diseña un esquema organizacional que permita la implementabilidad de dicha estrategia en el esquema organizacional planteado, con el objeto de darle transparencia y seguridad a todos los procesos, para que los productores perciban un menor riesgo y así se integre el modelo general planteado.

La tecnología de IoT permite el monitoreo en tiempo real de diferentes parámetros, tanto de la oferta como de la demanda de agua, tales como el sistema de riego, los niveles de agua, caudales, estado de compuertas, tiempos de uso, calidad de agua entregada, etc. En efecto, utilizando redes inalámbricas de bajo consumo y área amplia (LPWAN) es posible el despliegue de muchos nodos sensores, en distintos puntos geográficos, que transmiten los valores medidos a la plataforma IoT. Esta plataforma disponibiliza la información en tiempo real y también las series históricas de las diferentes variables, lo que es clave para la gestión y operación del sistema. Además, puede generar en forma automática notificaciones o alarmas ante anomalías, lo que permite dar respuestas tempranas e inmediatas mejorando el manejo de contingencias.

Blockchain agrega confianza a todos los participantes del consorcio de riego. El uso de blockchain permite asegurar que la información que refleja el uso del sistema de riego está registrada de forma válida e inmutable y disponible en forma abierta para todos los participantes. Con blockchain es posible la generación de contratos inteligentes donde se tome en cuenta la disponibilidad del recurso hídrico, la participación de cada productor en el fondo de financiamiento, y la administración de cuotas parte o cupos de riego.

### **Conclusiones y recomendaciones**

El estudio permite concluir que el precio del agua es un instrumento válido para el financiamiento de la sustitución tecnológica de riego, cuando los productores perciben los beneficios de dicha sustitución en un contexto de escasez relativa del recurso. Esto a su vez, podría contribuir a los objetivos de ahorro de agua o su reasignación, si se enmarca en un esquema organizacional e institucional que se oriente hacia tal fin en el marco de una planificación integral. El uso de las nuevas tecnologías permite brindar transparencia y seguridad a los procesos disminuyendo la percepción de riesgo por parte de los productores y facilitando su ingreso al sistema, generando un mecanismo virtuoso de financiación para la modernización y gestión del agua de riego que permita cumplir los objetivos de la estrategia descripta.

### **Bibliografía**

- Amir, I, and F M Fisher. 1999. "Analyzing Agricultural Demand for Water with an Optimizing Model." *Agricultural Systems* 61: 45–56.
- Dinar, Ariel, and Jyothsna Mody. 2004. "Irrigation Water Management Policies: Allocation and Pricing Principles and Implementation Experience." *Natural Resources Forum* 28(2): 112–22.
- Expósito, Alfonso, and Julio Berbel. 2017. "Why Is Water Pricing Ineffective for Deficit Irrigation Schemes ? A Case Study in Southern Spain." *Water Resour Manage*: 1047–59.
- Foguet, Joan Manuel Batista, and Germà Coenders Gallart. 2000. *Modelos de Ecuaciones Estructurales*. ed. Hespérides. Madrid. España.
- Jeder, Houcine, Mongi Sghaier, Kamel Louhichi, and Pytrik Reidsma. 2014. "Bio-Economic Modelling to Assess the Impact of Water Pricing Policies at the Farm Level in the Oum Zessar Watershed , Southern Tunisia." *Agricultural Economics Review* 15(2).
- Rosa, Raúl Jorge. 2016. Tesis doctoral "Gestión del agua regulada por una presa: El precio del agua como instrumento de planificación y financiamiento para la modernización de los sistemas de irrigación". Universidad Politécnica de Valencia (España). <https://www.fundacionaquae.org/autor/raul-jorge-rosa/>
- Williamson, Oliver E. 2000. "The New Institutional Economics: Taking Stock, Looking Ahead." *Journal of Economic Literature* 38(September): 595–613.