| | |
|---|---|
| Economía del agua: conceptos y aplicaciones para una mejor gestión | Titulo |
| Zegarra Méndez, Eduardo - Autor/a; | Autor(es) |
| Lima | Lugar |
| GRADE | Editorial/Editor |
| 2014 | Fecha |
| | Colección |
| Gestión del agua; Análisis económico; Agua; Perú; | Temas |
| Libro | Tipo de documento |
| "http://biblioteca.clacso.edu.ar/Peru/grade/20141215055610/Economiadelagua.pdf" | URL |
| Reconocimiento-No Comercial-Sin Derivadas CC BY-NC-ND http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/deed.es | Licencia |

**Segui buscando en la Red de Bibliotecas Virtuales de CLACSO**
**http://biblioteca.clacso.edu.ar**

**Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales (CLACSO)**
**Conselho Latino-americano de Ciências Sociais (CLACSO)**
**Latin American Council of Social Sciences (CLACSO)**
**www.clacso.edu.ar**

CLACSO
Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales
Conselho Latino-americano de Ciências Sociais
Latin American Council of Social Sciences

# Economía del agua
# Conceptos y aplicaciones para una mejor gestión

# Economía del agua
# Conceptos y aplicaciones para una mejor gestión*

Eduardo Zegarra Méndez

GRADE
Grupo de Análisis para el Desarrollo

* Este estudio fue posible gracias al apoyo del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC), Canadá, en el marco de una de las becas otorgadas a investigadores senior por Think Tank Initiative a través de GRADE.

© Grupo de Análisis para el Desarrollo (GRADE)
Av. Grau 915, Barranco, Lima 4, Perú
Apartado postal 18-0572, Lima 18
Teléfono: 247-9988
www.grade.org.pe

Esta publicación se llevó a cabo con la ayuda de una subvención del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, Canadá, bajo la Iniciativa Think Tank.

Lima, junio del 2014
Impreso en el Perú
700 ejemplares

Las opiniones y recomendaciones vertidas en este documento son responsabilidad de sus autores y no representan necesariamente los puntos de vista de GRADE ni de las instituciones auspiciadoras.

Directora de Investigación: Lorena Alcázar
Corrección de estilo: Luis Andrade
Asistente de edición: Diana Balcázar
Diseño de carátula: Lizz María Jaramillo
Diagramación: Amaurí Valls M.
Impresión: Impresiones y Ediciones Arteta E.I.R.L.
Cajamarca 239C, Barranco, Lima, Perú. Teléfono: 247-4305 / 265-5146

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú: 2014-06157
ISBN: 978-9972-615-79-5

CENDOC / GRADE

ZEGARRA MÉNDEZ, Eduardo

*Economía del agua: conceptos y aplicaciones para una mejor gestión* / Lima: GRADE, 2014.

AGUA; ANÁLISIS ECONÓMICO; GESTIÓN DEL AGUA; PERÚ

# Contenido


Presentación 9

Primera sección
Conceptos básicos del análisis económico 15
Capítulo 1. Tecnología y producción 17
Capítulo 2. Comportamiento empresarial y costos de las empresas 27
Capítulo 3. Las decisiones del consumidor y la demanda 39
Capítulo 4. Funcionamiento de un mercado de libre competencia 45
Capítulo 5. Monopolio, bienes públicos y externalidades 53

Segunda sección
El agua como bien económico especial 61
Capítulo 6. El agua como bien económico especial 63
Capítulo 7. El acceso al riego en la agricultura peruana 73
Capítulo 8. Acceso de los hogares al agua de uso domiciliario en el Perú 85

Tercera sección
Instrumentos económicos para la gestión 93
Capítulo 9. Instrumentos económicos, un marco conceptual 95
Capítulo 10. Estimación del atraso en tarifas agrarias 107
Capítulo 11. Tarifas y consumo de agua de uso domiciliario 119
Capítulo 12. Evaluación de un esquema de tarifas de agua para uso no agrario 127

Cuarta sección
Valoración del agua y evaluación económica de proyectos 143
Capítulo 13. La valoración económica del agua, un marco conceptual 145
Capítulo 14. Métodos de valoración del agua 153

Capítulo 15. La evaluación económica de proyectos de agua 161
Capítulo 16. Los proyectos de riego de escala menor en el Perú 173
Capítulo 17. La valorización del agua de riego en la pequeña agricultura 179
Capítulo 18. Evaluación cualitativa de proyectos de agua en ciudades pequeñas 187

Quinta sección
Asignación de derechos y mercado de aguas 199
Capítulo 19. Los sistemas de asignación de derechos de agua en el Perú 201
Capítulo 20. Mercado de aguas, límites y posibilidades en el caso peruano 209

Referencias bibliográficas 219

# Presentación

El agua es uno de los recursos más complejos y difíciles de gestionar. En sus fuentes naturales, está generalmente lejos del alcance de la población y es preciso trasladarla, tratarla, distribuirla y dejarla discurrir, con costos significativos. Operar y mantener sistemas de almacenamiento, tratamiento y distribución es costoso, y más aún lo es construir nueva infraestructura con fuentes que se van agotando o se van volviendo más inciertas. Pese a su importancia vital, o su alto «valor de uso», el agua tiene, generalmente, un muy bajo «valor de cambio»: pagamos muy poco por ella y es un enorme reto establecer esquemas de pagos en los que los usuarios financien efectivamente los costos de sistemas que los benefician.

Pero el acceso al agua también es un derecho básico de la población, al ser esta esencial para la vida y la salud. Ampliaciones y mejoras en los sistemas de agua y saneamiento tienen efectos muy importantes en la calidad de vida de las personas, con externalidades positivas cuya valoración puede superar ampliamente los costos. Por eso, la demanda de obras de agua y saneamiento está —y debe estar— en la parte principal de las agendas de las autoridades, especialmente de localidades que no cuentan con estos servicios o en las que una parte de la población no tiene aún un acceso adecuado, como es el caso de unos seis millones de peruanos que hoy carecen de conexiones domiciliarias de agua.

El agua no es solo importante para el consumo humano directo. Un conjunto impresionante de actividades económicas dependen del agua, empezando por la agricultura, que hace el uso más extensivo del recurso. También utilizan el agua la acuicultura, la energía, la minería, las diversas industrias urbanas, los servicios recreacionales, entre otros, dentro de una gama muy amplia de actividades socioeconómicas y recreativas.

El agua para riego, factor clave de nuestra agricultura, es un claro ejemplo de las dificultades para establecer tarifas que recuperen inversiones y costos, pues es una actividad altamente subsidiada en cuanto a explotación del recurso, aunque con desventaja en otros frentes respecto al resto de la economía. Dentro de un sistema de irrigación, la autoridad o la organización que gestiona tiene dificultades para establecer tarifas adecuadas porque el agua que llega a cada predio no puede ser controlada en ese nivel, y pasa a tener características de «bien público»; es decir, es costoso excluir a los usuarios del acceso si no pagan la tarifa. Por eso, los esquemas de tarifas de agua de riego son, generalmente, bastante «blandos» con los usuarios, y los sistemas se deterioran por falta de adecuado mantenimiento.

Uno de los retos más complejos en la gestión del agua es el uso multisectorial en una misma cuenca hidrográfica. El agua de la ciudad de Arequipa, por ejemplo, debe ser usada por la generadora de energía aguas arriba, por la ciudad y sus industrias, y por los agricultores aguas abajo. Todos están en la misma cuenca y se generan impactos múltiples y complejos, difíciles de medir, en términos de cantidad y calidad. Igualmente, el medio ambiente y los ecosistemas son un «usuario» fundamental, que muchas veces carece de representación en el sistema de asignaciones del recurso. Así, gestionar el uso múltiple del agua es un reto de la mayor envergadura, dentro del cual el sistema de cobros por los diversos usos se convierte en instrumento importante no solo de recuperación de costos, sino también de gestión.

En medio de esta complejidad y las notorias dificultades para recuperar costos, algunos economistas han asumido una posición de cierta superioridad intelectual en cuanto a nuestro «entendimiento» del problema y su solución. Una receta que adquirió cierta popularidad luego del experimento privatizador de los derechos del agua en Chile ha sido intentar aplicarle mecánicamente a la gestión del agua los conceptos de «oferta» y «demanda», de tal forma que el esquema de asignación funcione de la manera más cercana posible a un mercado. Pero lo cierto es que la realidad de los sistemas de agua en muy pocas ocasiones permite generar las condiciones adecuadas para el funcioamiento del mercado, menos aún las de un ideal de los libros de texto:

el mercado de libre competencia. Ante esta realidad, algunos consideran que debe de tratarse de un sector «politizado», y ahí parecen acabarse las ideas y propuestas económicas que tanto requiere un sector crucial de la economía y de la sociedad.

No creemos que el problema sea realmente de politización, sino de las limitaciones de algunos economistas al aplicar el análisis económico a la gestión del agua. El problema ha consistido en pretender hacer encajar la compleja realidad del agua en conceptos demasiado restrictivos. La única salida consiste en redefinir y ampliar conceptos hasta donde sea posible, y cuando no sean útiles para entender y gestionar realidades como la del agua, dejarlos tranquilos en el campo de las ideas teóricas.

Por eso, el plan de este libro es volver a los conceptos económicos básicos, para aplicarlos de manera selectiva —y creemos fructífera— a un «bien» tan especial como el agua. En el camino esperamos convencer a otros colegas de adoptar enfoques más flexibles y creativos, de tal forma que seamos más útiles en resolver los problemas del agua, en diálogo con otras disciplinas igualmente importantes, buscando la mejor gestión de un recurso fundamental para todos.

Una idea central del libro es que algunos instrumentos económicos como las tarifas, los pagos por retribuciones por uso, los derechos y las transacciones condicionadas de agua son importantes y pueden generar un uso más eficiente, equitativo y sostenible del agua en situaciones concretas, si es que están adecuadamente estructurados y se basan en un soporte conceptual, social e institucional apropiado. Para poder demostrar esta idea, discutimos estos conceptos con cierto detalle y los aplicamos a situaciones de manejo del agua en los capítulos 10 a 12.

Este trabajo también ha sido pensado como un libro de texto que sirva de apoyo al dictado de un curso de Economía del Agua orientado a economistas y no economistas interesados en mejorar la gestión.

El libro se divide en cinco partes. En la **primera**, se presentan los conceptos básicos de Microeconomía que los lectores necesitan conocer y manejar para entender «qué hay detrás de la oferta y la demanda», esa

importante conceptualización económica que ya forma parte del sentido común. Esta es una sección ciertamente técnica, pero que selecciona elementos básicos de Microeconomía que creemos imprescindibles para analizar la gestión del agua. Algunos de esos conceptos son la tecnología y la producción, los costos fijos y variables, las funciones de la oferta y la demanda, la libre competencia y el monopolio, los bienes públicos y las externalidades. Ellos forman parte del instrumental analítico básico desde el cual los economistas podemos aportar a entender y enfrentar algunos de los problemas más álgidos de la gestión del agua.

La **segunda parte** del libro se aboca a relacionar estos conceptos con la realidad concreta del agua, y de allí la necesidad de entenderla como un «bien económico especial». En esta sección introducimos una descripción cuantitativa de la situación actual de uso y acceso al recurso para dos sectores clave que representan más del 90% del consumo de agua en el Perú: el consumo doméstico y el de riego.

La **tercera parte** está dedicada a los instrumentos económicos para la gestión del agua, componente central del aporte que la Economía puede hacer a la mejor gestión del recurso. Consideramos los instrumentos que ha diseñado la normatividad actual de aguas en el Perú. En esta parte se presentan tres casos estudiados por el autor sobre el atraso en las tarifas de agua de uso agrario, la estimación de la demanda del consumo domiciliario y los problemas en un esquema de fijación de tarifas a usuarios no agrarios.

En la **cuarta parte** del libro se introduce al lector en un tema central del análisis económico: la valoración del agua. Luego de la discusión conceptual, se describen algunos métodos de valoración aplicables al agua, como la estimación de demanda por uso domiciliario, los precios hedónicos, los costos de viaje y la valoración contingente. Planteamos que los métodos de valoración son útiles para evaluar los proyectos de agua y, por ende, se presenta el marco conceptual para evaluar proyectos y algunas aplicaciones en el contexto de la evaluación económica de proyectos de agua en el Perú.

La **quinta y última parte** presenta una discusión general sobre los sistemas de asignación y el rol que podría jugar el mercado de aguas, tomando

en cuenta sus límites y posibilidades, los desarrollos recientes y los aspectos controversiales que aún restringen su aplicabilidad en casos concretos en nuestro país.

Como dijimos antes, este es un libro de texto pensado para estudiantes de pre- y posgrado que quieran trabajar con —y entender a— los economistas, en el esfuerzo por mejorar la gestión del agua. Se ha inspirado en el dictado de un curso similar en la Maestría de Recursos Hídricos de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

Mi agradecimiento a los alumnos y profesores de la maestría con los que me ha tocado interactuar y experimentar tanto el alcance como la utilidad de los conceptos aquí vertidos. También mi especial agradecimiento al Grupo de Análisis para el Desarrollo (GRADE), que, a través de una beca del Think Tank Initiative, me otorgó el financiamiento que me permitió redactar el texto que ahora tiene el lector en sus manos, y que espero le sea de interés y utilidad.

# Primera sección

# Conceptos básicos del análisis económico

# Capítulo 1
# Tecnología y producción

En este capítulo exploraremos la importancia de la producción y cómo se caracteriza el proceso productivo en un esquema de flujos-fondos. Asimismo, conoceremos algunas formas sencillas que usan los economistas para representar la producción a través de funciones de producción, las que son útiles para explorar las restricciones tecnológicas que enfrentan las firmas al momento de producir.

## 1.1. La producción entendida como flujos y fondos[1]

La producción de bienes y servicios es uno de los ejes centrales del proceso económico. Una tarea importante de la teoría económica es crear instrumentos para representar los diversos procesos productivos y posibilidades tecnológicas. La producción se genera en «firmas» que representan a cualquier unidad económica que produce algún bien o servicio en la sociedad. La economía no está directamente interesada en los procesos productivos internos de una firma, sino más bien en las decisiones que llevan a generar los flujos que entran y salen del proceso. El mayor interés de los economistas en la tecnología proviene del hecho de que esta representa limitaciones y posibilidades para la producción de una firma y, de esta forma, influye en las decisiones que los agentes «productores» puedan tomar al respecto.

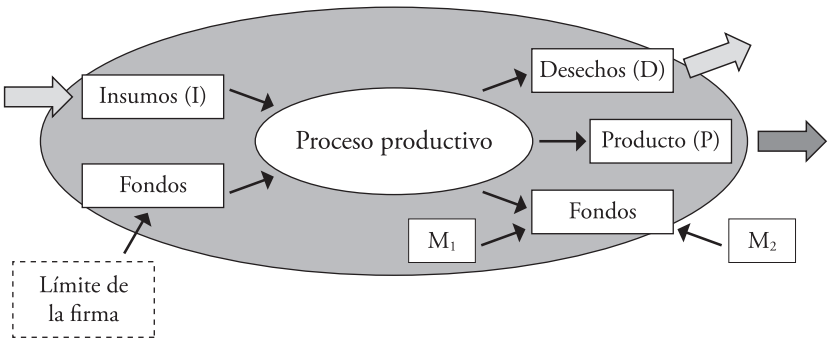
1 Ver Georgescu-Roegen (1967).

***Factores, productos, flujos y fondos***

Llamaremos «factores de producción» a todos los **agentes** que intervienen en un proceso productivo. Dentro de los factores, es preciso establecer una distinción importante entre un flujo y un fondo. Un flujo se caracteriza por ser una entidad que desaparece o se tranforma al entrar o salir del proceso productivo. Por otro lado, los fondos son entidades que entran y salen del proceso productivo, pero sin desaparecer ni transformarse en algo distinto. Los fondos entran y salen del proceso probablemente con algún nivel de desgaste que es necesario recuperar para continuar la operación.

En cuanto a los flujos, al mirar un proceso productivo desde afuera, veremos que hay factores que entran al proceso productivo y ya no vuelven a salir de este; a estos factores de producción los llamamos insumos (I). Además, existen otros tipos de flujos importantes en un proceso productivo y que no llamamos factores de producción. La propia producción genera un flujo de productos (P) y de desechos (D). El desgaste de los fondos también puede ser recuperado, ya sea fuera de la firma o dentro de ella. A los flujos de recuperación generados dentro de la firma los llamaremos *Mantenimiento* $M_1$, mientras que a los flujos generados fuera de la firma para la recuperación de un fondo los llamaremos *Mantenimiento* $M_2$. En el diagrama 1.1 se representan todas estas categorías.

**Diagrama 1.1**
**Funcionamiento productivo de una firma**



Nótese en el diagrama que los insumos (I) provienen de fuera de la firma, y que los productos (P) y desechos (D) salen de la firma. Los fondos, por su parte, se mantienen dentro de la firma en cada periodo de producción.

Los insumos de todo proceso productivo son generalmente la «materia prima» utilizada, la cual se usa y/o transforma durante el proceso. En un proceso de producción agrícola, por ejemplo, los insumos principales son las semillas, los fertilizantes, los pesticidas y el agua. En la producción de cemento, la materia prima principal son las piedras, la arena y el agua.

Los fondos, por otro lado, son de cuatro tipos: capital (K), trabajo (L), tierra (T) y naturaleza (N). El capital está constituido por las máquinas, la infraestructura y los equipos necesarios para el proceso productivo. El trabajo, por los trabajadores cuya fuerza de trabajo utiliza la firma para la producción. La tierra es el espacio físico donde ocurre el proceso productivo, y la naturaleza representa la existencia natural de aire, agua y energía solar, útiles para los procesos productivos.

En términos de la reproducción de los fondos, en una economía capitalista, el trabajador asalariado se recupera (reproduce) en la esfera de su propio hogar, no dentro de la propia firma. El capital y la tierra son generalmente mantenidos por la propia firma, en donde esta ejerce su derecho de propiedad, mientras que el mantenimiento de la naturaleza —si existe— es generalmente asumido por el sector público en representación de la sociedad y el bien público.

## 1.2. Formas de representación de la producción

Una vez establecidas las principales categorías del proceso de producción, es preciso utilizar un poco de lenguaje matemático para su representación y uso en la discusión de problemas económicos.[2] Aunque la representación puede ser muy compleja, empezaremos por una representación muy simple que presente los rasgos centrales que nos interesan.

2 Para la representación matemática seguida en este y los siguientes cuatro capítulos, véase Varian (1998).

Asumiremos la representación de una firma que solo produce un bien *y*, en cuya producción participan los flujos de factores —en forma de insumos y/o servicios de fondos—, y que denotaremos como $x_1, x_2 \ldots, x_n$.

Un **plan de producción** para producir $y°$ se define como el siguiente vector:

$$(y°, x_1°, x_2°, \ldots, x_n°)$$

Al conjunto de todos los planes de producción tecnológicamente viables se le denomina **conjunto de posibilidades de producción** (CPP) de la empresa, *Y:*

*Y pertenece a* $R^{n+1}$*, que describe todas las combinaciones de flujos de factores de producción que puede generar «y» con la tecnología disponible.*

---

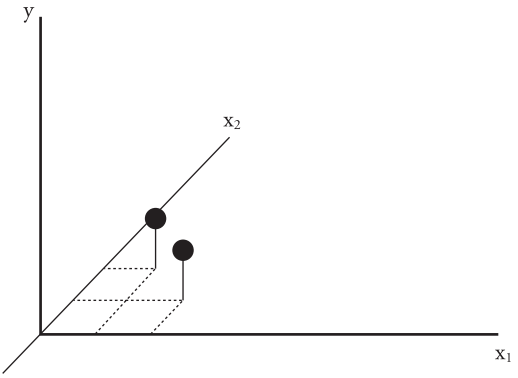
**Ejemplo: planes de producción**

Una empresa tiene un plan de producción *A* con las siguientes coordenadas: (1, 2, 1). Y también tiene un plan de producción *B* con (1, 1, 2). Esto significa que la empresa puede producir una unidad de producto usando 2 unidades de $x_1$ y 1 unidad de $x_2$; o también puede producir esta unidad de producto usando 1 unidad de $x_1$ y 2 unidades de $x_2$. El conjunto de posibilidades de producción de esta empresa es el siguiente:

$$Y = \{ (1, 2, 1); (1, 1, 2) \}$$

Es decir, esta empresa tiene como conjunto de posibilidades únicamente dos puntos en un espacio tridimensional, como se observa en el siguiente gráfico.

**Gráfico 1.1**
**Conjunto de posibilidades**




Si existen muchos planes de producción, este conjunto se irá ampliando. Igualmente, **si es posible combinar y expandir estos planes de producción**, se irá conformando un conjunto de posibilidades de producción más completo, compacto y continuo. Las posibilidades de expandir y combinar planes de producción vienen determinadas por la tecnología o tecnologías que están a disposición de las firmas que organizan la producción.

***Conjunto de cantidades necesarias de factores***

A menudo se le presta atención al **conjunto de cantidades necesarias de factores** (CCNF) de producción para generar diversos niveles de producción. Este conjunto se denota como *V(y)*, y su definición es la siguiente:

$$V(y) = \{ x \text{ in } R^n: (y, \underline{x}) \text{ está en el CPP Y } \}$$

*V(.)* identifica al conjunto de cantidades de flujos de factores de producción que pueden producir **por lo menos** la cantidad de producto *y*. En el caso del ejemplo de la firma, el CCNF es el siguiente:

$$V(1) = \{ (2,1); (1,2) \}$$

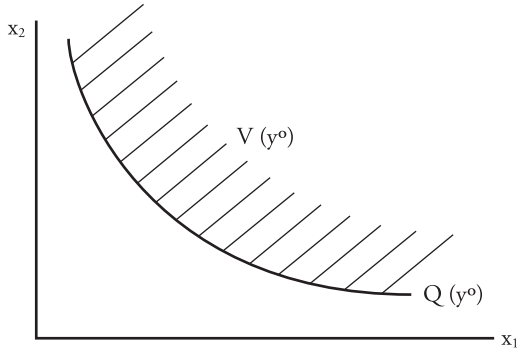
Es decir, dos puntos en un plano $R^2$. A medida que se cuente con más planes de producción, y estos se puedan combinar y expandir, este conjunto se hace más amplio, compacto y continuo. Los conjuntos *V(y)* son útiles para describir las relaciones tecnológicas entre factores de producción.

Dentro del CCNF es posible identificar subconjuntos de interés. Uno de los más usados es el de las isocuantas. Una isocuanta se define de la siguiente forma:

$$Q(y) = \{ \underline{x} \text{ en } R^n: \underline{x} \text{ está en } V(y) \text{ y } \underline{x} \text{ no está en } V(y') \text{ para } y'>y \}$$

Es decir, la isocuanta identifica las cantidades mínimas de flujo de factores $\underline{x}$ que producen exactamente la cantidad $y$ de producto; o, en otras palabras, la frontera del CCNF, ya que si se quita alguna cantidad de $\underline{x}$, ya no se puede producir la cantidad $y$. Un ejemplo de isocuanta para producir exactamente $y°$ se presenta en el gráfico para el CCNF *V(y°)*.

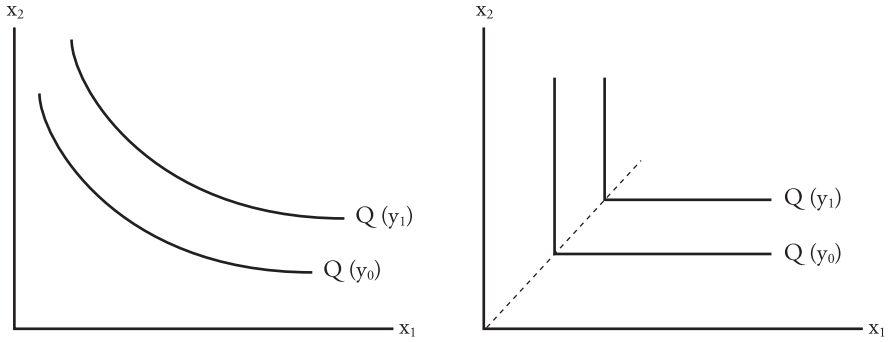
**Gráfico 1.2**
**Isocuanta Q(.)**




Muchas veces, las isocuantas son la forma usada por los economistas para representar una tecnología. En la práctica, estas «fronteras» nos dicen las combinaciones mínimas de todos los factores que se requieren para producir una cantidad dada de producto, descartando combinaciones que usan más de un factor para producir la misma cantidad. Además, si se quiere producir

más de lo que «permite» la isocuanta, se requiere aumentar en cierta cantidad todos los factores involucrados; si no, no estaríamos en la isocuanta. Un ejemplo de dos tecnologías representadas con isocuantas se presenta en el siguiente gráfico:

**Gráfico 1.3**
**Dos tecnologías alternativas**




Tecnología Cobb-Douglas Tecnología Leontief

En la tecnología Cobb-Douglas, es posible sustituir un factor por otro y mantener el nivel de producción. En la tecnología Leontief, en cambio, no hay posibilidad de sustitución entre factores para producir una misma cantidad de producción.

### *La función de producción*

Es una forma común de representar una tecnología, pero se basa en ciertos supuestos que siempre hay que tener en cuenta. En primer lugar, se define para un proceso productivo en el que se genera un solo producto, el cual tiene una relación unívoca (funcional) con los flujos de factores involucrados. El segundo supuesto es que la función de producción identifica, dentro del conjunto de planes de producción de la empresa, aquellos que **producen el máximo de producto para cada cantidad de flujo de factores**, y que también hemos identificado como isocuanta. La función de producción viene definida de la siguiente forma:

$F(\underline{x}) = \{ y \text{ en } R^1: y = f(\underline{x}) \text{ para } \underline{x} \text{ en } Q(y) \}$

La ventaja de la función de producción *F(.)* es que se puede representar paramétricamente, es decir, con algunos pocos parámetros de interés para el análisis. Por ejemplo, las tecnologías de Cobb-Douglas y Leontief se pueden representar de la siguiente manera:

Cobb-Douglas: $f(x_1,x_2) = x_1^a x_2^b$
Leontief: $f(x_1,x_2) = \min\{ax_1,bx_2\}$

Donde los parámetros *a* y *b* nos dan información sobre las características de la tecnología involucrada.

---

**Ejemplo: función de producción**

Para la misma empresa anterior, se tienen (1, -2, -1) y (1, -1, -2). Pero también es tecnológicamente viable el siguiente plan: (1, -4, -2). En este plan, simplemente se usa el doble de factores que en (1, -2, -1) para producir una sola unidad de producto. Este plan pertenece al conjunto de posibilidades de producción de la empresa, pero no a los planes que forman parte de la función de producción, ya que no se obtiene el máximo de producción posible. En cambio, (2, -4, -2) sí pertenece a la función de producción. Por eso la función de producción implica el uso más eficiente de los factores de producción para la tecnología disponible.

---

***La tasa de sustitución técnica de factores (TSTF)***

Si tenemos una tecnología que puede ser descrita por una isocuanta similar a la Cobb-Douglas y que permite producir exactamente la cantidad de

producto $y°$ con la cantidad de flujos de dos factores $x_1°$ y $x_2°$, tenemos la siguiente función:

$$y° = f(x_1°, x_2°)$$

Dado este punto, supongamos que queremos aumentar el flujo del factor 1 y reducir el flujo del factor 2 de tal forma que se mantenga el mismo nivel de producción $y°$. La pregunta es cómo determinamos esta tasa de sustitución técnica entre los factores. Para responder la pregunta, usaremos la función implícita $x_2(x_1)$, que nos dice cuánto de $x_2$ debemos usar para producir $y°$ si estamos usando $x_1$ cantidad del factor 1. Por definición, la función debe cumplir con lo siguiente:

$$f(x_1, x_2(x_1)) \equiv y$$

Nótese que usamos la identidad; es decir, esta relación se cumple siempre por definición. En el punto $y°$, $x_1°$, $x_2°$ podemos diferenciar, entonces, ambos lados de la identidad para obtener:

$$\partial c\ f(x_1°)/\partial x_1 + [\partial f(x_1°)/\partial x_2] * [\partial x_2(x_1°)/\partial x_1] = 0$$

donde $\partial$ significa derivada parcial. Despejando el término de interés para la TSTF:

$$TSTF = [\partial x_2(x_1°)/\partial x_1] = - [\partial f(x_1°)/\partial x_1] / [\partial f(x_1°)/\partial x_2]$$

Es decir, la tasa de sustitución técnica entre factores es la pendiente de la isocuanta correspondiente, que es el ratio de la derivada parcial de la función de producción con respecto al primer insumo dividida por la derivada parcial con respecto al segundo factor. El signo negativo indica que existe sustitución entre insumos.

### 1.3. Atributos de las tecnologías con implicancias económicas

Las relaciones tecnológicas, que pueden ser descritas de las diversas formas señaladas anteriormente, son muy importantes para el análisis económico. En la medida en que los factores de producción son escasos y tienen valor económico, las empresas tomarán decisiones sobre el uso de estos factores en el marco de las restricciones que imponen las posibilidades tecnológicas. Algunas decisiones, incluso, estarán orientadas a cambiar la tecnología en el tiempo.

Al mirar un conjunto de factores necesarios para la producción, podemos reconocer algunos atributos importantes de la tecnología con implicancias económicas. Por ejemplo, que los factores sean más o menos sustituibles para producir (TSTF), afectará las posibilidades —y flexibilidades— que tenga el empresario para reasignar recursos frente a condiciones cambiantes de mercado o tecnológicas.

Otro atributo importante de la tecnología se refiere a la posible ampliación o replicabilidad de las diversas técnicas o planes de producción. Por ejemplo, el concepto de rendimientos de escala se define de la siguiente forma:

$f(tx) = t^a f(x)$ para $t>0$.

La tecnología tiene rendimientos crecientes si $a > 1$, rendimientos constantes si $a = 1$ y rendimientos decrecientes si $a < 1$.

Con rendimientos crecientes, un aumento en el uso de los factores (escala de producción) en una proporción de $t$ incrementa la producción en mayor proporción que el aumento de la escala. Con rendimientos constantes, el cambio de producción es proporcional al cambio en escala de los factores, mientras que con rendimientos decrecientes, la producción aumenta en menor proporción que el aumento de los factores.

Los rendimientos a escala son importantes para el análisis económico porque generan incentivos específicos para la «oferta de producción». Si hay rendimientos crecientes para una tecnología, es más probable que se observe una concentración de la producción en una sola o en pocas empresas. Este fenómeno es menos probable para rendimientos constantes o decrecientes.

# Capítulo 2
# Comportamiento empresarial y costos de las empresas

En este capítulo se discute el comportamiento general de los empresarios que buscan maximizar sus ganancias. Usando técnicas de optimización, se derivan algunas funciones importantes para el análisis económico, como la demanda derivada de factores, la función de oferta y la demanda condicionada de las firmas. Finalmente, se discuten los costos como expresión de la capacidad tecnológica de las firmas en el corto y largo plazo en la forma de costos variables y fijos.

## 2.1. Comportamiento general de los empresarios

En una economía capitalista, todo productor busca maximizar sus ingresos netos o ganancias; es decir, sus ventas menos sus costos. La forma genérica de los ingresos netos para un empresario que vende un único producto que usa varios factores de producción es la siguiente:

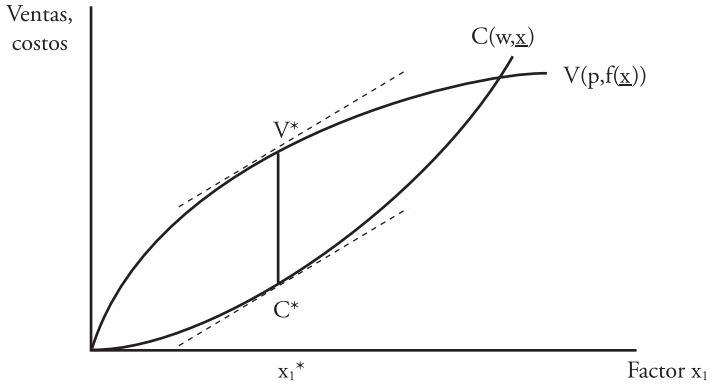
Ingreso neto = Ventas [p, f($\underline{x}$)] - Costos($\underline{w}$, x)

Donde:

$p$: precio de venta
$f(\underline{x})$: función de producción
$\underline{w}$: vector de precios de factores
$\underline{x}$: vector de cantidades utilizadas de factores

Una forma general de las ventas y costos para el caso de un solo factor de producción $x_1$ se presenta en el gráfico 2.1.

**Gráfico 2.1**
**Ventas y costos**




Nótese que el punto de máximo ingreso neto es en *[V*,C*]*, que determina un nivel de uso óptimo del factor *[$x_1$*]*, donde la distancia entre ingresos y costos es la máxima y, por ende, se obtiene la máxima ganancia. Este punto se caracteriza por la siguiente condición matemática:

$$\text{Ingreso marginal } (\partial V/\partial x_1) = \text{Costo marginal } (\partial C/\partial x_1)$$

Los productores utilizarán el insumo $x_1$ hasta el punto en el cual el ingreso marginal[3] de producir una unidad adicional sea igual al costo marginal involucrado. Si usan una unidad más de este insumo, tendrán menos ganancias, y si usan menos, dejarán de tener ganancias. Solo en ese punto *[V*,C*]* maximizan sus ingresos netos.

Una pregunta fundamental es la siguiente: **¿sobre qué variables de** *V(.)* **y** *C(.)* **—es decir, las funciones de ventas y costos— tienen control los empresarios?** Esto depende del marco institucional, tecnológico y de funcionamiento de los mercados de productos y factores en los que se desenvuelve el empresario. Observemos cada elemento en un contexto de economía de mercado.

3 La palabra «marginal» se usa mucho en Microeconomía y se refiere a lo que ocurre con una función ante el cambio en una unidad en alguno de sus argumentos. Su representación matemática es el diferencial.

**Precio $p$:** Depende del «peso» que tiene el productor en el mercado y de la demanda. Si el «peso» del productor en el mercado es relativamente bajo (mercado competitivo), este no tiene mayor posibilidad de definir por su cuenta el precio de venta y tomará el precio como «dado por el mercado». Si tiene cierto control o dominio sobre el mercado, la empresa puede fijar —en parte— precios o cantidades, y podrá tener en cuenta al conjunto de la demanda para fijarlo. Y se dice que tiene «control monopólico» —monopolio es una sola empresa vendedora en el mercado— u oligopólico —oligopolio son pocas empresas vendedoras en el mercado—.

**Producción $f(\underline{x})$:** Representa la tecnología a la que tiene acceso la empresa. Hay cierta capacidad de decisión sobre opciones para cambiar la tecnología, especialmente en el mediano y el largo plazo, aunque en el corto plazo se suele asumir que la tecnología está «dada». Algunos factores en *f(.)* pueden considerarse variables y otros fijos en el corto plazo; en el largo plazo, todos los factores pueden ser variables.

**Factores $\underline{x}$:** Son la cantidad de factores por utilizar, son las variables con mayor control por parte de todo tipo de productores, en el sentido de que una parte de los factores son comprados en el mercado y otros propios —bajo propiedad— son usados de acuerdo con las necesidades de la producción.

**Precios de factores $\underline{w}$:** Dependen de la capacidad de compra de la empresa y de la oferta en el mercado de factores. Si la empresa es una compradora entre muchas, no tendrá mayor capacidad de fijar precio. Si tiene control, pasa a influir más en la formación del precio, y se dice que tiene control monopsónico —una sola empresa compradora en el mercado— u oligopsónico —pocas empresas compradoras en el mercado—.

## 2.2. Representación del comportamiento empresarial

Para un análisis básico de un empresario que opera en un contexto de mercados en competencia perfecta —es decir, en el cual el productor no tiene capacidad de control de ningún precio—, asumiremos que la empresa solo controla el vector de factores productivos *x*. Entonces, las variables de precio, *p* y $\underline{w}$ están dadas por el mercado, y también la tecnología *f(.)* está dada en el corto plazo. En este contexto, hay dos formas de representar el problema del empresario:

$$\text{Maximizar } pf(x_1,x_2;x_f) - w_1x_1 - w_2x_2 - CF(x_f) \quad (2.1)$$
$$\{x_1, x_2\}$$

$$\text{Minimizar } w_1x_1 + w_2x_2 + CF(x_f) \quad (2.2)$$
$$\{x_1, x_2\}$$
$$\text{s.a. } f(x_1, x_2; x_f) = y$$

donde $CF(x_f)$ es el costo fijo no asociado directamente a la cantidad de producción, y que depende de alguno o de varios factores fijos. Los factores $x_1$ y $x_2$ son variables; es decir, dependen del nivel de producción.

La forma (2.1) expresa el objetivo del empresario que busca maximizar su ganancia, para lo cual buscará usar la cantidad óptima de factores variables, y por ende, la cantidad óptima de producción total de *y* por generar; mientras que la forma (2.2) expresa el mismo objetivo, pero desde el punto de vista de los costos. Es decir, el empresario buscará minimizar sus costos totales sujeto a la restricción tecnológica para producir la cantidad *y* dada por la función de producción.

Obsérvese que en las expresiones, los argumentos de decisión son únicamente $\{x_1, x_2\}$; es decir, estas son las únicas variables bajo el control del empresario —situación de competencia perfecta—. El resto de variables son consideradas parámetros del problema de maximización de ganancias o minimización de costos.

Si *f(x)* cumple con ciertas condiciones —continua, diferenciable, cóncava—, es posible utilizar reglas de cálculo diferencial para encontrar un punto máximo en (2.1). La condición es la siguiente:

Maximización de ganancia (2.1): $pf'_j(x_1, x_2; x_f) - w_j = 0$, para j =1,2

En el caso de la forma (2.2), una manera simple de encontrar el mínimo es construyendo el llamado «lagrangiano»:

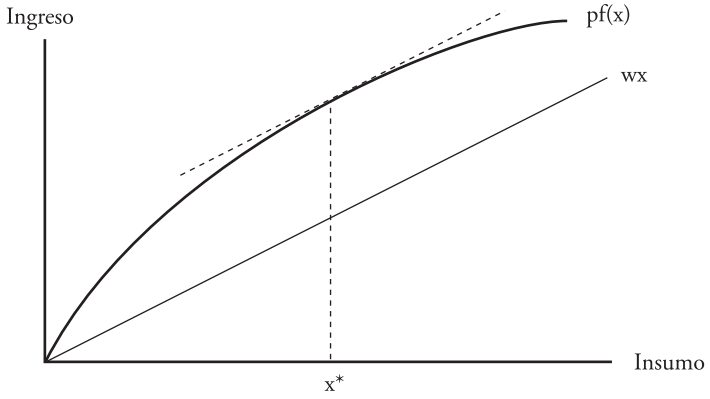
$$L = w_1x_1 + w_2x_2 + CF - \lambda[f(x_1, x_2; x_f) - y]$$

que representa el mismo problema de minimización, pero incorporando la restricción de la tecnología de producción en la función objetivo. Las condiciones para encontrar el mínimo en este caso son dos:

Minimización de costos (2.2) $dL/dx: w_j - \lambda[f'_j(x_1, x_2; x_f)] = 0$, j = 1,2
$dL/d\lambda: f(x_1,x_2;x_f) = y$

La condición del problema de maximización (1) indica que el máximo ocurrirá allí donde el ingreso o venta marginal $pf'_j(x_1, x_2; x_f)$ es igual al costo marginal $w_j$ de usar el factor variable $x_j$ (véase el gráfico 2.2 para un solo factor, nótese que la función de producción es cóncava).

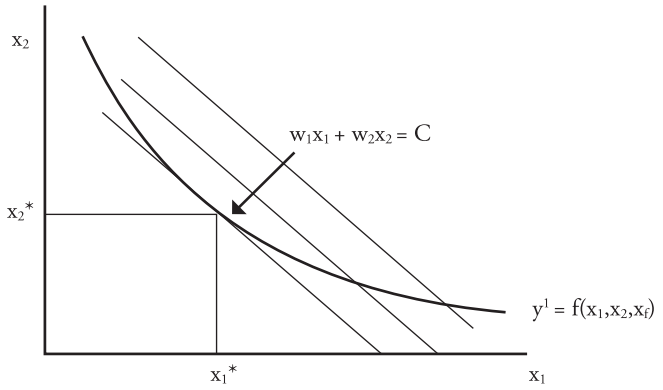
**Gráfico 2.2**
**Maximización del ingreso neto**



El punto de máximo ingreso neto se da cuando la pendiente de *pf(x)* —es decir, *pf'(x)*— es igual que la pendiente de *wx*, es decir, *w*.

El caso de minimización de costos para una empresa con dos factores variables, $x_1$ y $x_2$, para producir la cantidad $y^1$ se presenta en el siguiente gráfico.

**Gráfico 2.3**
**Minimización de costos**




Las líneas del gráfico representan distintos niveles de costos para la producción de *y* a los precios dados $w_1$ y $w_2$. El punto de minimización de costos es el de tangencia, que es el mismo obtenido en la solución de (2.2).

De las soluciones a los problemas de optimización (1) y (2) se derivan importantes funciones para el análisis económico.

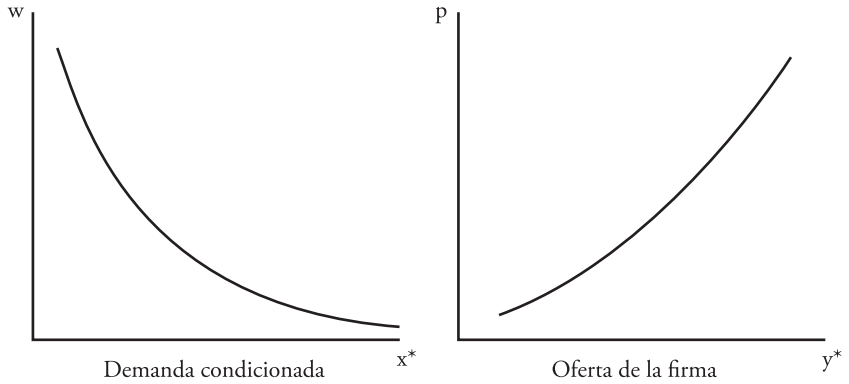
## 2.3. Función de demanda derivada de factores y función de oferta

En la solución al problema de maximización (2.1) para el nivel de uso de dos factores variables $x_1$ y $x_2$ y un factor fijo $x_f$, se obtiene $x_j^*(p,w_1,w_2;x_f)$, una función llamada **función de demanda derivada de factores variables**. Además, a partir de esto también podemos definir la **función de oferta** como:

$$y^* = f(x_j^*(p, w_1, w_2; x_f)) = y^*(p, w_1, w_2; x_f)$$

Tanto *x*(.)* como *y*(.)* son funciones que indican la cantidad óptima de factores y de producción (oferta) que decidiría un empresario «maximizador» que tuviera como parámetros los precios del producto, de los factores y la tecnología de la empresa que opera en un contexto de competencia perfecta. En condiciones «normales» para la tecnología que generen una función de producción cóncava, y con información perfecta sobre precios, estas funciones tienen comportamientos establecidos con respecto a los precios que se presentan en el siguiente gráfico:

**Gráfico 2.4**
**Funciones de demanda condicionada y de oferta**




Es decir, la demanda condicionada de factores *es decreciente* en el precio del factor, mientras que la oferta del producto para la empresa es creciente en el precio del producto.[4]

## 2.4. La función de demanda condicionada de factores

Si en (2.2) planteamos el problema para una cierta cantidad dada de producción *y*, la solución del problema genera el uso óptimo de factor

4 Nótese que en estos gráficos se invierte la forma tradicional de graficar funciones en el eje vertical y su(s) argumento(s) en el horizontal. Esta práctica proviene de la forma en que Alfred Marshall, economista que «inventó» las funciones de oferta y demanda, pensó dichas funciones, poniendo los precios en el eje vertical, que suele ser una forma más intuitiva de ver el comportamiento de la oferta y demanda.

$x_j^*(y, w_1, w_2; x_f)$, que se denomina *función de demanda condicionada de factores*. Nótese que esta función tiene como argumento el precio del insumo y el nivel de producción. Además, la función de costo de la empresa viene dada por:

$$C(y, w_1, w_2; x_f) \equiv w_1 x_1^*(y, w_1, w_2; x_f) + w_2 x_2^*(y, w_1, w_2; x_f) + CF(x_f)$$

Esta función de costos es muy importante para el análisis económico bajo diversas circunstancias, e indica el mínimo costo de producir cierto nivel de producto para cierto nivel de precios de los factores variables de producción y de costo fijo incurrido en el proceso productivo (que es independiente del nivel de producción).

Las características de estas funciones nos señalan atributos importantes de las empresas que operan en todo tipo de mercado, sea competitivo o no. El planteamiento es que cualquier empresa buscará minimizar estos costos y así obtener la máxima ganancia (o mínima pérdida) de producir la cantidad *y*.

## 2.5. Las funciones de costos con respecto al nivel de producción

En el problema de minimización de costos descrito anteriormente, podemos identificar los costos del empresario como $C(w, x, x_f) = w_v x_v(w, y, x_f) + w_f x_f$, donde $x_v$ son factores variables de producción, y $x_f$ representa factores fijos de producción; es decir, es posible identificar factores que varían con el nivel de producción (función de *y*), mientras que hay otros factores que son independientes del nivel específico de producción.

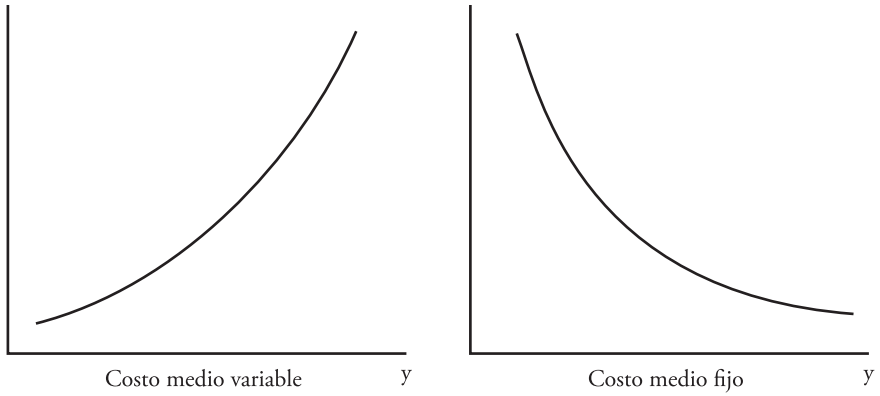
Esto da lugar a una parte del total de los costos que son definidos como «variables» —el primer componente en la estructura de *C(.)*— y a la otra parte de costos como «fijos» —el segundo componente—. Además, hay dos definiciones importantes de los costos que son frecuentemente utilizadas en el análisis económico:

Costo medio: $Cme = [w_v x_v (w,y,x_f) + w_f x_f]/y$

Costo marginal: $CMg = \partial C(.)/\partial x_v$

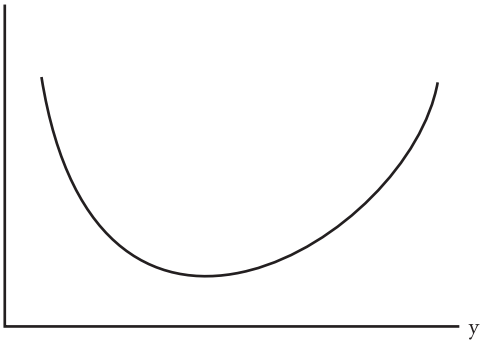
Nótese que el costo medio sí depende del nivel de los costos fijos, mientras que el costo marginal solo depende del nivel —y comportamiento— de los costos variables. En este sentido, los costos medios tendrán un componente variable y un componente fijo. En el largo plazo, las empresas deben cubrir con el precio por lo menos sus costos medios, si quieren mantenerse en la actividad —en el mercado—. Las empresas que no logran cubrir dichos costos tenderán a desaparecer. Para un nivel de producción creciente, los costos medios variables y fijos se comportan de acuerdo con los siguientes gráficos.

**Gráfico 2.5**
**Costo medio variable y costo medio fijo**



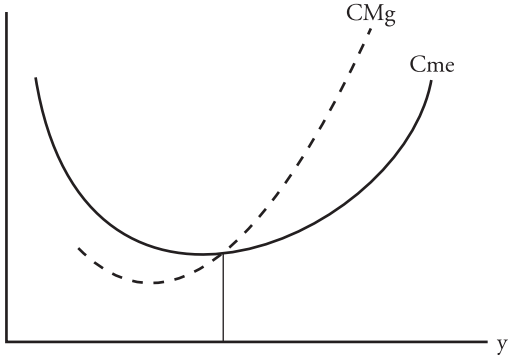

El costo medio variable empieza a aumentar en cierto punto de la producción porque al producir más, dados los factores fijos, se requiere incrementar más la cantidad de factores variables para un nivel dado de escala de producción. El costo medio fijo, por su parte, tiene un comportamiento inverso: como no depende del nivel de producción, a mayor producción, se distribuye entre más unidades producidas. La conjugación de ambos tipos de costos genera una curva típica de costos medios de producción para una empresa:

**Gráfico 2.6**
**Costo medio de una empresa**




El costo marginal de una empresa se puede representar en el mismo gráfico del costo medio de la siguiente forma:

**Gráfico 2.7**
**Costo medio y costo marginal**




El costo marginal siempre cortará la curva de costo medio «desde abajo» y «en el punto de mínimo». Para demostrar esto, hay que considerar que el punto mínimo de una curva convexa se caracteriza porque en ese punto la tangente tiene pendiente cero o equivalente:

$$\partial\,[C(y)/y]/\,\partial y = 0$$

Tanto el numerador *C(y)* como el denominador dependen de *y*. Usando la regla para tomar derivadas de una división de funciones $f/g = (f'g + g'f)/g^2$, tenemos

$$[C'(y)y - C(y)]/y^2 = 0, \text{ que es equivalente a } C'(y) = C(y)/y$$

Es decir, en el punto mínimo de la curva de costo medio, el costo marginal es igual que el costo medio.

# Capítulo 3
# Las decisiones del consumidor y la demanda

En los capítulos anteriores, se ha visto cómo toman decisiones los operadores de las firmas, así como la importancia de las representaciones de la producción y sus costos, para caracterizar las funciones de oferta en el mercado. Ahora veremos cómo los economistas conceptualizan el comportamiento de los consumidores, quienes adquieren la mayor parte de los bienes y servicios producidos en una economía de mercado.

## 3.1. Los consumidores y la función de utilidad

El concepto básico detrás del comportamiento del consumidor es que él tiene preferencias por los bienes y servicios que consume. Las preferencias no son directamente observables, pero reflejan un «ordenamiento» que harían los consumidores con respecto a sus deseos de consumir los bienes, ya sea en cuanto a la cantidad de alguno de ellos o al comparar unos con otros. Así, un consumidor puede preferir consumir naranjas a mandarinas, o puede preferir consumir dos naranjas en vez de una sola. Las preferencias generan, entonces, un orden entre las posibles canastas de consumo a las que tienen acceso los consumidores, y se expresan matemáticamente a través de una «función de utilidad».

La función de utilidad de un consumidor que tiene una canasta con dos bienes $x_1$ y $x_2$, por ejemplo, se definiría como:

$$F(x_1, x_2) = U(x_1, x_2) \qquad (3.1)$$

donde $U'_1 \geq 0 < U'_2 \geq 0$; $U_1'' < 0$; $U''_2 < 0$

Es decir, la función es creciente en sus dos argumentos —mayor utilidad a mayor consumo de ambos—, pero la utilidad obtenida de cada bien es marginalmente decreciente —mayor consumo de cada bien genera un crecimiento menos que proporcional en la utilidad—. Que la función de utilidad marginal sea decreciente es importante para poder contar con puntos de maximización de la utilidad de los consumidores.

### 3.2. La restricción presupuestaria

Decíamos que el consumidor tendrá un conjunto de posibilidades de consumo, que en una economía de mercado viene dado por su capacidad de adquirir (comprar) los bienes en el mercado. A esta capacidad de compra se le llama el «presupuesto del consumidor», que se puede expresar como *m*:

$$m = p_1x_1 + p_2x_2 \qquad (3.2)$$

donde $p_1$ y $p_2$ son los precios de mercado que debe pagar el consumidor por cada uno de los bienes. La expresión (3.2) dice que el consumidor podrá adquirir cantidades $(x_1,x_2)$ hasta que el costo de la adquisición sea igual que su presupuesto *m*. El consumidor no puede adquirir más porque tiene una restricción presupuestaria; en este caso, no se introduce la posibilidad de endeudarse para gastar más allá de la posibilidad presupuestal.

### 3.3. El problema económico del consumidor

Tenemos, entonces, las piezas básicas del problema del consumidor: este buscará maximizar su utilidad *U(.)*, sujeto al conjunto de posibilidades de consumo, que viene dado por su restricción presupuestaria. En formulación matemática:

$$\text{Max } U(x_1, x_2) \qquad (3.3)$$
$$\{x_1, x_2\}$$
$$\text{s. a. } m = p_1x_1 + p_2x_2$$

Es un problema de maximización de una función objetivo con una restricción, que puede reformularse usando la técnica de Lagrange:

$$L = U(x_1, x_2) + \lambda^*( m - p_1x_1 - p_2x_2) \qquad (3.4)$$

Donde $\lambda$ es el multiplicador de Lagrange. Las condiciones de maximización requieren que las derivadas de esta función con respecto a cada variable de decisión equivalgan a cero.

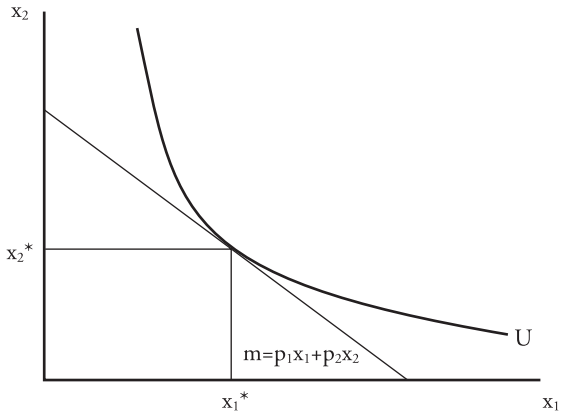
$$U'_1 - \lambda^* p_1 = 0$$
$$U'_2 - \lambda^* p_2 = 0$$

De lo cual se puede ver que la condición de maximización es:

$$U'_1 / U'_2 = p_1/p_2 \qquad (3.5)$$

El ratio de las utilidades marginales de cada bien en la canasta debe ser igual que el ratio de los precios de los bienes correspondientes. Si el ratio de los precios relativos, por ejemplo, fuera mayor que el ratio de utilidades marginales, sería posible reasignar el consumo entre ambos y obtener una mayor utilidad global para el consumidor. Gráficamente se podría representar así:

**Gráfico 3.1**
**Maximización de utilidad por el consumidor**




Si se quisiera hacer una comparación con la teoría del productor que ya conocemos, la función de utilidad sería similar a la función de producción del productor —y los consumidores «producen» útiles que son no observables—. Para producir utilidad, el consumidor debe incurrir en costos, que vienen dados por los precios de mercado de los bienes que producen dichos costos. La restricción presupuestaria viene a jugar un papel similar a las funciones de costos de las firmas.

La solución al problema de maximización de utilidad genera las funciones de demanda que utilizamos en el análisis del mercado, $x_1^*(p_1, p_2, m)$ y $x_2^*(p_1, p_2, m)$, que dependen de los precios y del presupuesto del consumidor.

---

**Ejemplo: consumidor con la función de utilidad**

$$U(x_1, x_2) = x_1^a x_2^{1-a}$$

Entonces, las condiciones de maximización son:

$$ax_1^{a-1}x_2^{1-a} - \lambda p_1 = 0$$
$$(1-a)x_1^a x_2^{-a} - \lambda p_2 = 0$$

y entonces tenemos:

$$[a/(1-a)](x_2/x_1) = p_1/p_2$$

Usando la restricción presupuestaria, tenemos que

$$x_1 = am/p_1, \qquad x_2 = (1-a)m/p_2$$

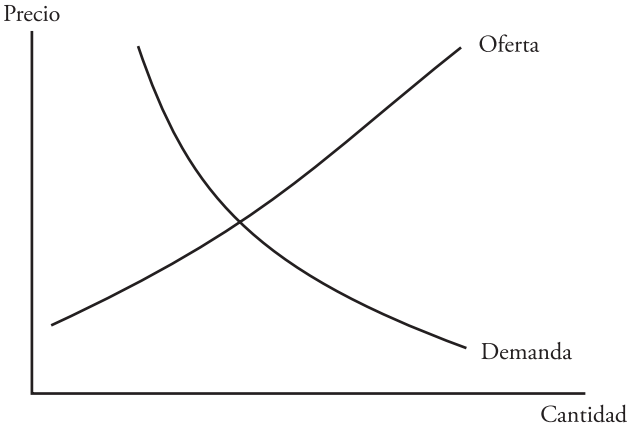
Las demandas de cada bien son crecientes en el presupuesto disponible —a mayor capacidad adquisitiva, mayor cantidad demandada de ambos bienes—, y decrecientes en su propio precio. A mayor peso del bien 1 en la utilidad —mayor *a*—, mayor demanda habrá por este bien y menor por el bien 2, y viceversa.

También tenemos que $\lambda^* = [(a/p_1)^a] * [(1-a)/p_2]^{1-a}$, que es el valor del multiplicador de Lagrange que indica la utilidad marginal adicional obtenida por el consumidor cuando su ingreso aumenta en una unidad monetaria. En este caso, solo depende de los precios de ambos bienes.

---

Las funciones de demanda agregadas para los consumidores son las que graficamos en un mercado —con una oferta determinada por la agregación de las ofertas de las firmas—. La suma de demandas agregadas mantiene la relación negativa con el precio y positiva con los ingresos —o presupuestos— de los consumidores. Se debe tener en cuenta que en las funciones de demanda están implícitos ciertos niveles de ingreso y preferencias de los consumidores, y solamente vemos cómo reaccionan las cantidades demandadas ante distintos precios. El gráfico es por todos conocido.

**Gráfico 3.2**
**Oferta y demanda**



# Capítulo 4
# Funcionamiento de un mercado de libre competencia

Como se explicó anteriormente, las firmas en general buscan maximizar sus ingresos netos o ganancias. El «cómo lo hacen» depende crucialmente del contexto en el cual se desenvuelven. Es muy distinto el comportamiento cuando existen muchos competidores que con limitada o nula competencia. La participación de competidores siempre tiene implicancias importantes para el posible comportamiento de las empresas. En este capítulo discutiremos el comportamiento de las firmas en un contexto de competencia perfecta o libre competencia.

## 4.1. La firma o empresa en un entorno de alta competencia o competencia perfecta

Cuando existen muchas firmas competidoras en un mercado, decimos que son «idealmente competitivas». Las firmas de mercados de competencia perfecta se caracterizan por no tener control sobre los precios de los productos y factores de producción; es decir, son precioaceptantes. Aunque las acciones de todas las firmas afectan el precio del mercado, lo que hace cada una en forma individual no afecta el precio de manera significativa.

Para formalizar cómo funciona este mercado, asumimos que existe algún tipo de demanda *D(.)* de los consumidores como función del precio del mercado *D(p)*. Entonces, la función de demanda que enfrenta una firma competitiva que pone el precio $p$ por su producto es:

$$D(p) \begin{cases} 0 & \text{si } p > \underline{p} \\ \text{cualquier cantidad} & \text{si } p = \underline{p} \\ \text{infinito} & \text{si } p < \underline{p} \end{cases}$$

Aunque la firma puede decidir poner cualquier precio que quiera por su producto y vender la cantidad que le demanden, la dinámica del mercado competitivo lleva a que si este precio es superior que el precio del mercado, la firma no puede vender nada —se queda sin demanda—. Si fija un precio inferior que el del mercado, puede tener todos los consumidores que quiera, pero recibirá menos ganancias que si lo fija al propio precio del mercado, para el cual también puede tener todos los consumidores que quiera. El resultado es que la firma competitiva «fijará» —en realidad, aceptará— el precio de mercado para maximizar sus ganancias.

Para la firma competitiva,[5] en la que el precio viene dado, el problema de maximización es relativamente sencillo:

$$\text{Max}_{\{y\}} \; py - c(y) - CF$$

La condición de maximización de ingreso neto o ganancia es la siguiente:

$$p = c'(y) \qquad (4.1)$$

Es decir, la firma producirá —ofrecerá al mercado— una cantidad tal que su costo marginal de producción sea igual que el precio de mercado. De esta expresión se puede derivar la función de oferta de la empresa $y(p)$ cuando la función de costos es continua, diferenciable y convexa (segunda derivada negativa), que implica que los costos son crecientes en el nivel de producción.

Para un nivel de oferta determinado, el costo total en que incurre la firma es:

$$CT(p;CF) = c(y(p)) + CF$$

donde *c(.)* es el costo variable —depende del nivel de producción *y*—. El nivel de ganancia de la firma para un determinado nivel de oferta *y(p)* es:

$$\pi(p;CF) = py(p) - c(y(p)) - CF \qquad (4.2)$$

5 En este contexto, *firma competitiva* significa 'que opera en un mercado de libre competencia'.

Para determinado precio y función de costo total, la empresa podrá generar cierta ganancia. Para ciertos niveles de precios, la empresa puede incurrir en pérdidas y puede decidir no producir. Para que la empresa efectivamente oferte al mercado en el corto plazo se deben cubrir por lo menos los costos variables —ya que los costos fijos se deben cubrir aunque no se produzca nada—. La condición para que la empresa oferte una cantidad positiva en el mercado es, entonces:

$$py(p) - c(y(p)) - CF \geq - CF \text{ , o de manera equivalente}$$

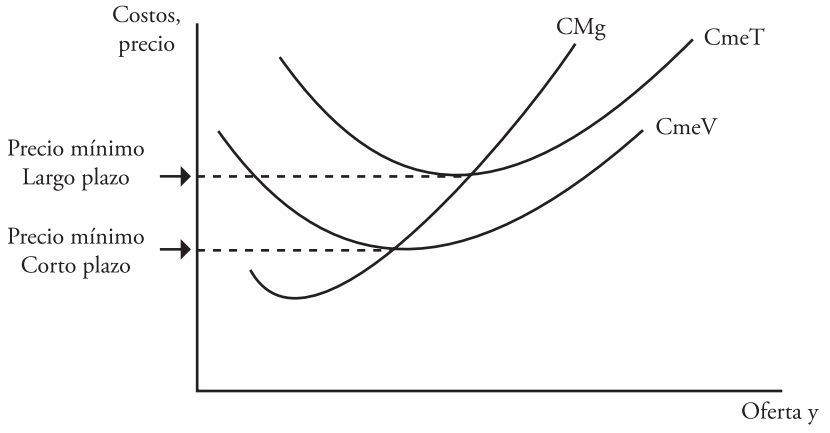
$$py(p) - c(y(p)) \geq 0 \qquad (4.3)$$

que también se puede expresar como

$$p \geq c(y(p))/y(p) = CMe(\text{variable}) \qquad (4.3')$$

La expresión (4.3') señala que para que una firma competitiva oferte en el mercado en el corto plazo, el precio debe ser por lo menos igual o superior que el costo medio variable. La función de oferta de la firma se grafica en el ámbito de los costos medios como:

**Gráfico 4.1**
**Precio mínimo para que las firmas oferten en un mercado de libre competencia**



Las firmas no pueden participar en cualquier mercado a cualquier precio, requieren un «precio mínimo» que cubra sus costos variables. En el largo plazo, si el mercado no paga los costos medios totales —que incluye los costos fijos—, la firma tampoco podrá seguir operando, ya que generará pérdidas permanentemente. Una firma competitiva puede seguir operando en la medida en que el mercado pague un precio por lo menos igual que los costos medios totales en el largo plazo.

### 4.2. La oferta de la rama de producción competitiva

En el análisis precedente, hemos visto cómo se comporta una firma competitiva individual; ahora cabe preguntarse sobre el comportamiento agregado de las firmas. La oferta de la rama de producción se define como:

$$Y(p) = \sum_i y_i(p) \qquad \text{para } i=1,\ldots n \qquad (4.4)$$

Es decir, la oferta agregada es simplemente la suma de las ofertas individuales que dependen del precio de mercado. La inversa de esta función también es importante porque expresa el precio mínimo que requiere la rama para ofertar cierta cantidad de producto. Como sabemos que cada firma individual iguala su costo marginal al precio de mercado, una condición básica detrás de (3.4) es que todas las firmas en un mercado de alta competencia tienen el mismo nivel de costo marginal —que no es equivalente a que cada firma tenga la misma función de costos—. Veamos un ejemplo de dos firmas con distintos costos.

---

**Ejemplo: Participación de mercado**

Es un mercado de alta competencia con dos firmas —no hay barreras de entrada; entonces, las dos firmas se comportan competitivamente—. La firma 1 tiene la función de costos $c_1=y_1^2$ y la firma 2, $c_2=2y_2^2$. ¿Cuál es la oferta agregada de esta rama de producción?

Sabemos que cada firma igualará su costo marginal al precio:

Firma 1: $P=2y_1$ --> $y_1=P/2$
Firma 2: $P=4y_2$ --> $y_2=P/4$

La oferta total de la rama es $y_1+y_2=3P/4 = Y(P)$ o $P=4Y/3$. Entonces, $y_1=2Y/3$ e $y_2=Y/3$. La firma 1 tiene dos tercios del mercado; y la firma 2, solo un tercio —¿por qué?—. Además, ambas firmas tienen un costo marginal de $4Y/3$; es decir, el precio de mercado.

## 4.3. El equilibrio del mercado

En el ejercicio anterior, hemos podido determinar la oferta de la rama de producción en función del precio de mercado, *P*, pero muchas veces queremos saber cómo cambia el propio precio de mercado ante cambios en la demanda, por ejemplo. Para esto, debemos saber algo más sobre la demanda. Asumamos que la función de demanda es la siguiente:

$$D(p) = a - bP \qquad (4.5)$$

La expresión (4.5) es la agregación de las demandas individuales de los consumidores y nos dice que hay una cantidad demandada que no depende del precio (parámetro *a*) y que la demanda cae si el precio sube, a una tasa de *b*.

En un mercado competitivo, la oferta y demanda del producto interactúan hasta que se llega a un precio de equilibrio, que es cuando la oferta es igual que la demanda y ninguna firma quiere ofrecer más de lo que se demanda, y ningún consumidor que compra el producto quiere pagar más del precio de equilibrio. Si hay desequilibrio, el precio se ajusta hasta que se recupera el equilibrio. La condición de equilibrio equivale a:

$$Y(p) = D(p) \qquad (4.6)$$

Usando la forma de la demanda en (4.5) y el ejemplo anterior, en el que la oferta de la rama es *Y=4Y/3*, tenemos

$$3P/4 = a - bP$$

de donde obtenemos:

$$P^* = 4a /[3 + 4b] \qquad (4.7)$$

A mayor valor de *a* —componente fijo de la demanda—, mayor precio en el mercado; y a mayor valor de *b* —mayor respuesta a cambio de precio; es decir, hay otros sustitutos del bien—, menos valor del precio de mercado. Una forma de expresar lo mismo es decir que en mercados con demanda menos elástica, los precios tienden a ser mayores, mientras que en mercados de demanda más elástica, el precio de equilibrio tiende a ser menor.

### 4.4. El tamaño del mercado

Un caso más general es imaginar que hay *N* firmas con una función de costo $c(y) = y^2 + 1$; entonces, la oferta de cada firma es $y = p/2$ y la oferta de toda la rama es $Y = N(p/2)$. Usando la misma función de demanda (5), el equilibrio de mercado es

$$N(p/2) = a - bP$$

Despejando *P*,

$$P^* = a / (b + N/2) \qquad (4.8)$$

A mayor número de firmas en el mercado *N*, menor es el precio de equilibrio *P*.

La expresión (4.8) es importante porque relaciona el número de firmas en el mercado con el precio de equilibrio, y nos puede servir para indicar

cuántas firmas «aguantaría» un mercado antes de generar tal caída del precio que ya no puedan entrar más firmas. En cierta forma, esto permite dimensionar el tamaño del mercado —o la demanda— y su influencia en el número de firmas de mercado competitivo que pueden ingresar.

Sabemos que una firma no participaría en un mercado en el cual el precio sea inferior a su costo medio total mínimo, que además es igual al costo marginal. En el ejemplo de *N* firmas con costos $c(y) = y^2 + 1$, esta condición es:

$$y + 1/y = 2y$$

la parte izquierda es el *CMe* y la derecha, el *CMg*. Resolviendo, se obtiene $y^* = 1$, y el costo marginal y precio mínimo de largo plazo es, entonces, $CMg = 2y^* = 2$.

Entonces, se puede hallar el valor de *m* que haría que el precio caiga por debajo de este valor:

$$a / [b + N/2] \leq 2 \quad \rightarrow \quad a \leq 2b + N \quad \rightarrow \quad N \geq a - 2b$$

Para valores de *a* y *b*, el número máximo de firmas competitivas que «aguantaría» este mercado en el largo plazo es $N^*$= mínimo entero de $\{a - 2b\}$. Una firma adicional genera que el precio caiga por debajo del mínimo y las firmas tienen pérdidas de largo plazo.

# Capítulo 5
# Monopolio, bienes públicos y externalidades

En este capítulo se discuten algunas condiciones en las cuales el comportamiento de los actores en el mercado difiere de las condiciones de competencia perfecta. Se estudia el caso de un solo productor en el mercado —monopolio—, y también situaciones en las cuales los agentes productores o consumidores enfrentan bienes especiales —llamados bienes públicos— o situaciones en las que existen externalidades.

## 5.1. Monopolio

El monopolio es el caso de extrema concentración en la estructura de mercado. En un mercado monopólico, existe una sola empresa productora del bien. La empresa monopólica no se enfrenta a un precio de mercado dado, sino que será ella misma la que, buscando maximizar sus beneficios, elija la cantidad ofrecida al mercado y, por ende, el precio. Esta decisión será tomada en función de la demanda de mercado, pues precios más altos implican menores ventas y viceversa.

Supongamos que $P(y)$ es la función de demanda inversa que enfrenta el monopolio y $C(y)$ es la función de costos del monopolio. Ambas dependen del nivel de producción y ventas $y$. Por lo tanto, el ingreso total del monopolio es $I(y) = P(y)*y$, y su beneficio total es $B(y) = I(y) - C(y)$. Así, el problema que enfrenta la firma monopolista es:

$$\underset{\{y\}}{\text{Max}}\ I(y) - C(y) \qquad (5.1)$$

Si se deriva la expresión respecto a la variable de decisión de la empresa, que es la cantidad por vender *y* y se la iguala a cero para encontrar el máximo, se obtiene la condición de maximización:

$$\partial I(y)/\partial y = \partial C(y)/\partial y \qquad (5.2)$$

que es la misma condición que se obtiene cuando las empresas operan en una estructura competitiva. La diferencia radica en que, en un mercado de libre competencia, el ingreso marginal de cada empresa —la parte izquierda de 5.2—, es igual que el precio de mercado, por lo que la condición de maximización se reduce a la igualdad entre precio y costo marginal.

En el caso del monopolio, la estructura del ingreso marginal es diferente, pues el ingreso marginal es la derivada de una multiplicación de dos funciones: la del precio *p(y)* y la del nivel de producción *y*, que tiene la siguiente forma.

$$\partial I/\partial y = p(y) + (\partial p/\partial y)^{*}y \qquad (5.3)$$

Esto significa que el ingreso marginal del monopolista es igual que el precio, más un adicional. ¿Cómo se determina ese adicional? Si definimos la elasticidad precio de la demanda como:

$$\varepsilon = (\partial y/\partial p)^{*}(p/y)$$

y la usamos en la expresión (5.3), se obtiene:

$$\partial I/\partial y = p^{*}(1 + 1/\varepsilon). \qquad (5.4)$$

Se concluye, entonces, que el punto de maximización de la empresa monopólica dependerá de la elasticidad precio de la demanda que esta enfrenta.

**Ejemplo: La curva lineal de demanda y el monopolio**

Suponemos que la empresa monopólica enfrenta una curva lineal de demanda de la forma $P(y) = a - by$, y que su función de ingreso total es $I(y) = P(y)y$. Si se reemplaza la función de oferta en la función de ingreso total, se obtiene $I(y) = ay - by^2$, y si se deriva esta expresión respecto a $y$, se obtiene el ingreso marginal, $IMg(y) = a - 2by$, que tiene la misma ordenada en el origen (a) que la curva de demanda, pero es dos veces más inclinada.

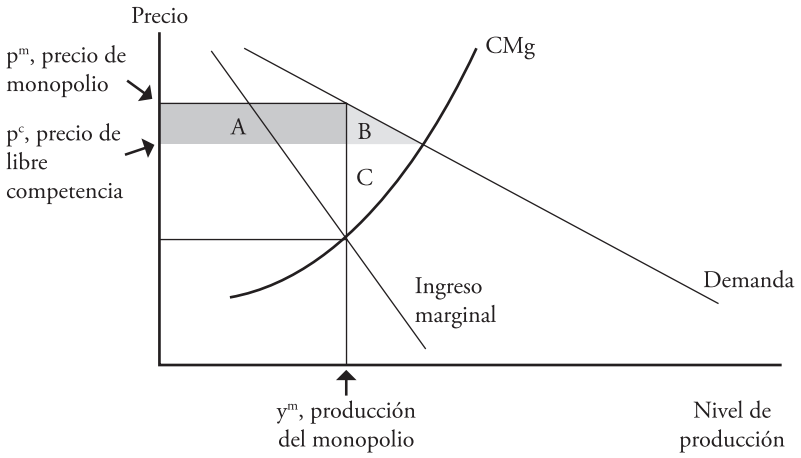
Según la condición de maximización, el nivel óptimo de producción $(y^m)$ es aquel en que se cumple la condición $IMg = CMg$, y el precio del monopolio es aquel que la demanda está dispuesta a pagar al nivel de producción óptimo. Así, el beneficio de la empresa monopólica es la diferencia entre el ingreso total y el costo total al nivel de producción $y^m$. Matemáticamente, el beneficio del monopolio es

$$\pi (y^m) = P(y^m)*y^m - CMe(y^m)*y^m.$$

***La pérdida de eficiencia del monopolio***

Un análisis comparativo entre las estructuras competitivas y las estructuras monopólicas, a partir de la discusión previa, muestra que los precios monopólicos son mayores que los precios de libre competencia y las cantidades de monopolio son menores que las cantidades de competencia. Se puede afirmar, entonces, que el monopolio es ineficiente porque produce una cantidad inferior que la que se generaría en libre competencia.

**Gráfico 5.1**
**Ineficiencia del monopolio**




En el gráfico se puede ver esto. El monopolio producirá y venderá $y^m$ a los consumidores al precio de monopolio $p^m$, ya que en dicha cantidad iguala su ingreso marginal y el costo marginal. El precio de libre competencia sería $p^c$, en el que el costo marginal iguala al precio de mercado. Al pasar de esta situación a la de monopolio, los consumidores pierden el área $A + B$ —la diferencia de excedente al consumidor entre ambas situaciones—. El área $B + C$, por otro lado, se conoce como «pérdida irrecuperable de eficiencia» generada por el monopolio, que es el valor de lo que se deja de producir y consumir.

### *El monopolio natural*

Existen actividades en las que la puesta en operación está asociada a costos fijos muy altos y a costos marginales muy pequeños —piénsese, por ejemplo, en los servicios públicos con gran infraestructura de distribución, como electricidad y telefonía fija—, lo que ocasiona que niveles de producción con más de una firma podrían no ser rentables dada la estructura de costos. En ese caso, los economistas denominan a la situación «monopolio natural». Ante esta circunstancia, en la que el precio de monopolio es ineficiente y

el precio de competencia no genera incentivos para la operación de más de una firma, los Estados han optado, en su mayoría, por regular o gestionar a las empresas monopólicas proveedoras.

## 5.2. Bienes públicos

Un bien público es aquel caracterizado por la *no exclusividad* y la *no rivalidad* en el consumo. Pero ¿qué significan exactamente estas características? La **no exclusión** hace referencia a que no es posible excluir del consumo —o los costos de hacerlo son muy grandes— a cualquiera que desee hacer uso de ellos (consumirlos) una vez que han sido producidos. Esta es una característica esencial y diferencial de los bienes públicos, pues los bienes privados excluyen del consumo a través de mecanismos de precios.

La **no rivalidad** implica que se pueden consumir unidades adicionales del bien sin generar un mayor costo marginal social; es decir, consumir el bien no implica reducir la oferta del bien para los demás ni generar costos marginales adicionales en la producción. Podría generalizarse que los bienes de mercado (bienes privados) son *rivales* por naturaleza, pues niveles adicionales de consumo solo son posibles con incrementos en la producción y en el uso de recursos.

Piénsese, por ejemplo, en los fuegos artificiales como un bien público. Una vez que las luces están en el cielo, nadie puede ser impedido de verlas (no exclusivo); y si alguien más decide verlas, ese hecho no afectará la vista de quienes ya las estaban viendo (no rival).

Por otra parte, se afirma que los bienes públicos pueden ser **opcionales** o **no opcionales,** dependiendo de si su consumo puede ser elegido (por ejemplo, transitar o no por una carretera) o es «obligatorio» (por ejemplo, la defensa nacional).

Algunos bienes públicos pueden perder parte de su característica de no rivalidad por congestión. Por ejemplo, nadie puede ser excluido del «consumo» de una carretera, y que unos la usen no impide a otros usarla

también, pero si muchas personas la usan al mismo tiempo, generan un exceso de tráfico que perjudica el «consumo» de los demás, perdiéndose así la característica de no rivalidad.

Dada la naturaleza de los bienes públicos, los incentivos de los agentes privados para producirlos son tenues o inexistentes. Por un lado, las empresas no estarán dispuestas a producir un bien que «no forma precio», y así, no podrían obtener beneficios de su producción. Por otra parte, los individuos se enfrentan al problema del *free rider*:[6] no estarán dispuestos a financiar el costo de producir un bien del que igual podrán disfrutar una vez que ha sido proveído por otro; así, cuando los sujetos están guiados por sus motivaciones individuales, el resultado sería la no provisión del bien público.

El Estado asume, entonces, un papel de asignación en un contexto en el que el mercado no puede proveer determinados bienes eficientemente. Debe proveer, pues, aquellos bienes que por su naturaleza de *públicos* no son generados por el mercado, pero que resultan siendo indispensables para el desarrollo de la sociedad en su conjunto. O, alternativamente, subsidiar a las empresas privadas para que los produzcan.

### 5.3. Externalidades

Ocurre una externalidad cuando las acciones de un agente afectan directamente el ambiente de decisiones de otros agentes. Existen externalidades negativas y positivas, así como externalidades en el consumo —negativas: consumir tabaco, alcohol, música muy alta; positivas: vacunarse— y externalidades en la producción —negativas: contaminación del agua y aire, sobreextracción de agua de un acuífero; positivas: mis árboles generan polen para las abejas del productor de miel—.

Por definición, los bienes públicos descritos anteriormente generan externalidades; es decir, afectan a agentes que no participan en la transacción

6 No conozco una traducción feliz para este término del inglés. Lo más cercano podría ser el problema del «aprovechador», del que aprovecha la situación de libre acceso para obtener la máxima ganancia individual.

del bien, ya sea positiva o negativamente. Así, es propio de los bienes públicos que se generen externalidades positivas y que estas externalidades presenten problemas para ser internalizadas (asumidas) por los agentes que se benefician de ellas, al no poder excluirlos de su consumo una vez producido.

---

**Ejemplo: externalidad en la producción**

Asumimos que hay dos firmas. La firma 1 produce un producto *x* que se vende en un mercado competitivo; y la firma 2, un producto *y* que también se vende en un mercado competitivo. Sin embargo, la producción de *x* genera un costo *e(x)* en la firma 2 —el costo puede venir por la contaminación generada por la firma 1, que afecta los costos de la firma 2—. El precio del producto de 1 es $p_1$; y el de 2, $p_2$. Las ganancias de cada firma son:

Firma 1: $p_1x - c(x)$

Firma 2: $p_2y - c(y) - e(x)$

La firma 1 maximiza sus ganancias en

$P_1 = c'(x)$

Sin embargo, este nivel de producción de *x* no refleja el costo social *e(x)*, y la solución óptima debería ser:

$P_1 = c'(x) + e'(x)$

La firma 1 está produciendo más de lo que debería para cubrir los costos marginales en los que incurre. Una forma de hacer que esta externalidad se internalice es que la firma 1 pague un impuesto o tasa por la contaminación que genera.

---

# Segunda sección

# El agua como bien económico especial

# Capítulo 6
# El agua como bien económico especial

En la primera parte de este libro, orientada a presentar conceptos económicos básicos, no se hizo mayor referencia al agua. En esta parte, iniciamos el tratamiento específico de esta como un «bien» especial, generado por ciclos naturales, pero en el que también interviene la acción humana. En este capítulo planteamos cuatro grandes especificidades del agua que requieren particular atención para el análisis económico: i) beneficios múltiples, ii) uso multisectorial y escasez compartida, iii) características del agua como bien público y privado y iv) infraestructura y monopolio natural.

## 6.1. Los múltiples usos y beneficios del agua

El punto de partida para definir algún objeto material o inmaterial como un «bien económico» es que genere algún tipo de beneficio; es decir, que tenga utilidad o «valor de uso» para los seres humanos. El agua es un recurso natural generado en ciclos hidrológicos que dependen de factores climáticos y topográficos en determinado territorio. El ciclo hidrológico es muy importante porque permite que el recurso se reproduzca naturalmente.

Dado un ciclo hidrológico en un territorio y con un cierto nivel tecnológico, los seres humanos reciben o generan beneficios del agua. En las condiciones actuales, algunos de los beneficios obtenidos por los seres humanos del agua se describen en la siguiente lista (no exhaustiva):

- Para consumo directo, agua potable, cocina, higiene personal
- Para saneamiento, disposición de excretas

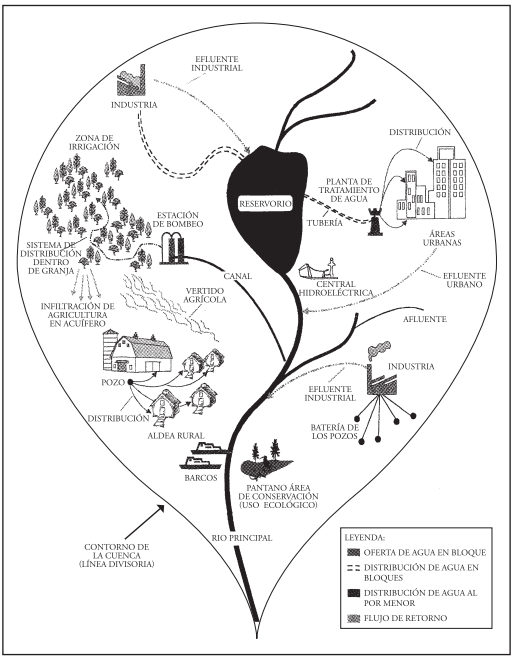
- Para pesca
- Para la agricultura (irrigación, ganadería, forestal)
- Para generar energía
- Para transporte
- Para uso industrial
- Para minería
- Como recipiente de desechos sólidos y líquidos
- Para usos estéticos y recreacionales
- Para servicios ambientales, ecológicos o ecosistémicos
- No usarla (para preservación)

Nótese la amplísima gama de beneficios para los seres humanos generados por el agua. Estos prácticamente abarcan todas las actividades económicas significativas de los sectores primarios y secundarios —agricultura, pesca, minería, energía, manufactura—, y parte del terciario —transporte—. Igualmente, el agua es usada para conservar la vida, la salud y la higiene de las personas, y también se la utiliza como recipiente de desechos generados por la actividad humana. Asimismo, puede generar beneficios menos tangibles, como recreacionales, de prestación de servicios ambientales o ecosistémicos. Igualmente, se pueden generar beneficios de «no uso»; es decir, no usarla o explotarla cuando se quiere preservar la integridad de espacios ecológicos de importancia, valorados por la comunidad.

### 6.2. Uso multisectorial y «escasez compartida»

Normalmente, los beneficios del agua descritos anteriormente se deben generar dentro de un mismo espacio hidrológico o cuenca hidrológica, en la cual compiten los diversos usos. En el siguiente gráfico se presenta un ejemplo de cuenca hidrográfica con múltiples usos o uso multisectorial.

**Gráfico 6.1**
**Uso multisectorial del agua en una cuenca**




**Fuente: Asad et al. (1999).**
**Traducción propia.**

En este «sistema de agua» existen mecanismos de regulación (reservorio) y extracción del agua para uso forestal, industrial, urbano, agropecuario, así como para transporte y mantenimiento de un ecosistema de pantanos aguas abajo.

En un sistema con estas características, es muy probable que exista alta competencia entre los usos alternativos del agua y que se generen conflictos. Incluso en el interior de un mismo uso pueden existir conflictos entre usuarios mejor ubicados y otros no tan bien ubicados. La «escasez compartida»[7] se debe manejar con diversas formas de organización que permitan tomar decisiones respecto a la asignación y distribución del recurso en el tiempo y el espacio de la cuenca.

7 El término «escasez compartida» no pertenece a un economista sino a un antropólogo que escribe sobre la agricultura de riego en la costa peruana (Golte 1980).

En los capítulos precedentes, se ha visto que en el caso de economías de mercado, el mecanismo más importante para administrar la escasez de un bien, como su propio nombre lo sugiere, es el propio mercado. La pregunta central aquí es si en el caso de un «bien especial» como el agua es posible utilizar este mecanismo, o en qué condiciones materiales y de organización es posible hacerlo. Como se demostrará a lo largo de los siguientes capítulos, la utilización del mecanismo de mercado para administrar la escasez del agua es poco común, y muchas veces es inviable o no deseable para el caso del agua, debido, precisamente, a sus características especiales.

Que normalmente no sea factible ni deseable «organizar un mercado» para la distribución del agua en un espacio determinado no elimina la utilidad de algunos conceptos básicos de economía, como la tecnología y los costos. El agua debe ser «producida» para llegar a los usuarios; es decir, deberá pasar por una serie de procesos —almacenamiento, tratamiento, distribución— que generan costos que deben ser cubiertos si no se quiere correr el riesgo de generar un colapso por falta de inversión en los sistemas de captación-distribución y/o en su mantenimiento. Las tarifas e instrumentos económicos que serán discutidos más adelante se convierten en elementos clave para cubrir los costos de «producir agua». Pero antes de ingresar a dichos mecanismos, es preciso discutir otra característica compleja del agua: su carácter de bien público y privado a la vez.

## 6.3. El agua como bien público y privado

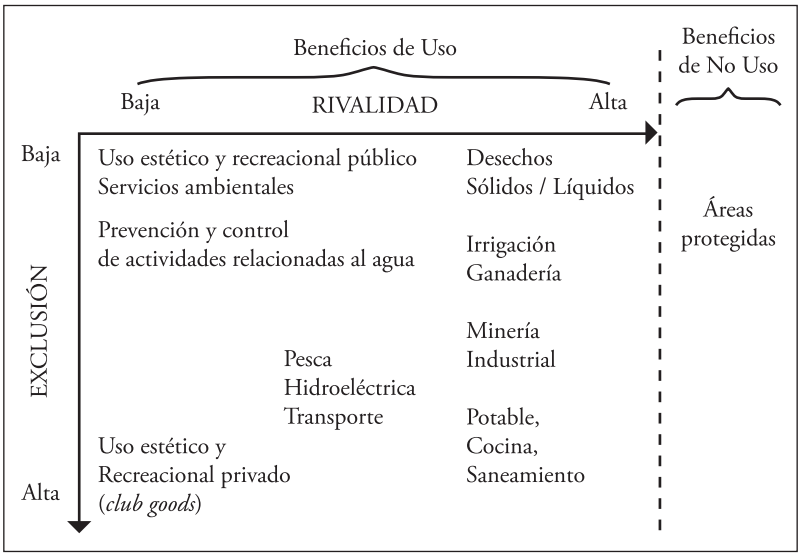
La definición de bien público, presentada en el capítulo cinco, se refiere a una condición en la cual no es posible excluir a las personas del consumo del bien. Además, no existe rivalidad en el consumo; es decir, el consumo de los individuos no reduce el *stock* del bien ni incrementa la «escasez» de este. Esta última particularidad es bastante especial y limita a los bienes estrictamente públicos, algunos de los cuales —como la «defensa nacional», el «alumbrado público» o el «aire respirable»— terminan siendo bastante

especiales. A estos se les denomina bienes públicos puros, y queda claro que su provisión le corresponde al Estado o a la autoridad que cobra impuestos, porque si no no sería provisto por el sector privado.

El agua puede caer en la categoría de bien público «puro» en algunas circunstancias especiales, pero esta parece ser más la excepción que la regla. En el siguiente gráfico se presenta una clasificación de los distintos usos del agua en un «mapa» de bienes públicos y privados en el que las coordenadas se refieren al grado de «exclusión» y «rivalidad». Los usos más cercanos al origen superior izquierdo son bienes públicos puros, mientras que los ubicados más lejos, en la parte inferior derecha, se acercan a ser bienes estrictamente privados.

**Gráfico 6.2**

**Ubicación de los usos del agua en el mapa de bienes públicos y privados**




Se puede observar que la mayor parte de los usos del agua caen, más bien, en la categoría de «bienes mixtos»; es decir, que si bien tienen limitada o baja exclusión, su niveles de rivalidad son significativos, que es lo que genera la situación de «escasez compartida» descrita anteriormente. Cabe decir que, a mayor rivalidad, mayor conflicto. Cuando no es posible o deseable organizar un mercado para administrar la escasez —o rivalidad—, el

manejo del conflicto formará parte de la administración de las decisiones de los responsables de la asignación del recurso.

En el diagrama ubicamos como bienes públicos «puros» el uso estético y recreacional en zonas en las que no es posible o no se quiere restringir el acceso a los visitantes. Muchas zonas con paisajes vinculados al agua pueden ubicarse en esta categoría. También se ubican cerca de ser un bien público puro las actividades que generan servicios ambientales o ecosistémicos de cuyos beneficios, una vez generados, no se puede excluir a los usuarios. Múltiples situaciones en las que actividades humanas que en parte generan estos servicios «aguas arriba» para el beneficio de usuarios «aguas abajo» caen en esta categoría. También se ubican como bienes públicos las actividades de prevención y control relacionadas con el agua, como construcción de defensas ribereñas o infraestructura contra inundaciones. Una vez generada la infraestructura, no se puede excluir fácilmente a los usuarios de los beneficios generados, y el consumo es no rival.

En la parte inferior izquierda del diagrama se ubican situaciones en las que sí es posible excluir a los usuarios del acceso a espacios donde el agua genera beneficios estéticos o recreacionales. Cuando hay manejo privado de estos espacios, se habla de *bienes de club* (*club goods* en inglés); pero también pueden ser administrados por autoridades o comunidades específicas que cobran un «peaje» o entrada al espacio determinado.

En los usos que se ubican en las partes más hacia la derecha del diagrama ya se encuentra una mayor rivalidad y, por ende, constituyen típicos bienes económicos en los que se requieren mecanismos para administrar la escasez compartida. En la parte superior derecha está uno de los usos más complicados y conflictivos del agua: utilizar los cuerpos de agua para el vertimiento de desechos líquidos o sólidos. En muchos casos, el control sobre las fuentes de vertimiento es débil o inexistente, y entonces hay baja exclusión. No obstante, al arrojar desechos a los cuerpos de agua se producen efectos inmediatos en la calidad de esta; es decir, hay alta rivalidad. Este uso del agua es, por tanto, altamente conflictivo y materia de mayor regulación y búsqueda de mecanismos —como «el que contamina paga»— en varios países desarrollados y en desarrollo.

En la parte media de abajo se ubican algunas actividades económicas que hacen un uso «no consuntivo» del agua; es decir, no consumen totalmente el agua, sino que retornan una buena parte de esta. En el caso del uso para energía eléctrica, la mayor parte del recurso se retorna al curso de agua. Igualmente, en el caso de la pesca libre y el transporte, no se consume el agua, pero el uso de su curso genera impactos a veces no deseables en otros usuarios o en el medio ambiente. Dependiendo de las condiciones tecnológicas en las que se desarrollan estas actividades, se pueden generar más o menos conflictos con otros usos, pero su menor grado de rivalidad las hace menos conflictivas que los usos ubicados más a la derecha.

En la parte media de la derecha se ubican las actividades productivas que presentan el mayor consumo de agua. En primer lugar, se encuentra la agricultura, especialmente la agricultura bajo riego. Los otros usos importantes de agua para fines productivos son la minería y la industria. En todos estos casos, existen altos niveles de conflicto con otros usos y al interior de cada uso. Estos son altamente rivales, es decir, extraen parte significativa del recurso. Igualmente, estas actividades suelen usar los cuerpos de agua para verter sus desechos; es decir, son actividades que usan el agua como vertedero, que, como se dijo, es una fuente de alta conflictividad intersectorial, pues genera impactos en la calidad del recurso que son difícilmente medibles y controlables.

Estas actividades son muy propensas a generar conflictos porque se caracterizan por la baja o limitada exclusión y la alta rivalidad, que es una característica de «bienes mixtos» para los que es, además, difícil establecer y organizar mercados que asignen el recurso. La situación de baja o limitada exclusión genera restricciones que permiten que los usuarios sean excluidos del consumo; por ejemplo, si no pagan una tarifa. Si se quisiera organizar un mercado, se requeriría que el bien pueda ser negado al usuario o comprador que no pague el precio, algo muy difícil de lograr en sistemas con limitada exclusión como los sistemas de riego, o en los casos en los que la minería y la industria vierten desechos en algún cuerpo de agua. Problemas de medición y control de las acciones de los usuarios limitan la posibilidad

de organizar un mercado que asigne el recurso escaso y administre de manera más automática la «escasez compartida».

En la parte inferior derecha se ubican los usos que se acercan más a lo que se llama un «bien privado». Se trata del uso del agua para consumo humano, básicamente en las viviendas de las familias tanto en zonas urbanas como rurales, para el consumo doméstico y saneamiento básico. Este uso constituye un bien privado porque en las condiciones tecnológicas actuales, el servicio se puede prestar bajo modalidades que permiten cortarle el servicio al usuario que no pague por este. En este caso, sí es posible organizar propiamente un mercado en el cual una empresa —por lo general un monopolio— les vende a los usuarios el servicio de agua y desagüe a cambio de que ellos paguen un precio. En este caso, se aplican en mayor medida los conceptos económicos desarrollados en la primera parte de este libro, aunque teniendo en cuenta la situación de monopolio del proveedor, que requiere regulación pública.

Por último, existe una dimensión de los beneficios del agua que se ubica fuera del cuadrante y que denominamos beneficios por el «no uso». En diversas circunstancias, una sociedad puede preferir no hacer uso económico de un espacio dentro del cual existe un sistema de agua importante. En este caso estamos ante un beneficio por no uso del agua como el que se genera en las áreas naturales protegidas, en las cuales se busca evitar la intervención económica humana para preservar importantes atributos de los ecosistemas protegidos.

## 6.4. Infraestructura, economías de escala[8] y monopolio

Decíamos que el hecho de tener dificultades para organizar el mecanismo de mercado para muchos usos del agua no inhibe la importancia de conceptos económicos como la producción de agua y los costos, que deben ser cubiertos.

8 Para una evaluación de la relación entre infraestructura de agua y saneamiento, y economías de escala, véase Ferro y Lentini (2010). Una evaluación empírica del mismo tema para Colombia es Revollo y Londoño (2010).

Una característica de una parte importante de la «producción de agua» es que requiere inversiones de gran escala en infraestructura de almacenamiento, control y distribución del recurso. Esta infraestructura, una vez generada, requiere recursos para operación y mantenimiento, los que también son parte de los costos por cubrir. En este caso, es conveniente revisar los conceptos de tecnología y costos de producción aplicados a sistemas de agua para actividades como el riego, el consumo humano o la generación de energía eléctrica.

En el capítulo 3 se vio cómo las firmas deciden ingresar a un mercado de competencia perfecta. Si el precio de mercado cubre los costos medios totales de largo plazo, el empresario puede decidir ingresar al mercado. El tamaño de la demanda y la capacidad de las firmas de producir el bien en cuestión con costos inferiores al precio de equilibrio determina el número de firmas que ingresan y participan en el mercado, y así también el propio nivel de competencia en dicho mercado. Pero, ¿qué pasa cuando solo puede haber una firma por razones económicas, como en el caso de la gran infraestructura de sistemas de control de agua? Los economistas le han llamado a esto «monopolio natural», aunque de natural no tenga mucho en realidad, pero sí de monopolio.

El caso típico es el de atender la demanda de agua potable de un espacio urbano como una ciudad. La demanda está en cada una de las miles de viviendas de la ciudad en la que los usuarios requieren el servicio. Un sistema de almacenamiento, traslado, tratamiento y distribución del agua es requerido, el cual debe llevar el recurso a cada vivienda o a puntos de uso público de un grupo de viviendas. En este caso, ¿cuántas empresas podrían ingresar a un mercado como este construyendo la infraestructura requerida?

Usemos una situación hipotética. Existen dos empresas con la misma estructura de costos que pueden ingresar al mercado de abastecimiento de agua mediante infraestructura. Imaginemos que una empresa construye la infraestructura necesaria y ya está vendiendo el agua. La empresa deberá operar a un precio que por lo menos cubra sus costos medios variables. Si entra la otra empresa, esta deberá construir su propia infraestructura paralela y ofrecer agua a los mismos consumidores.

Si, como se esperaría, la mitad de los consumidores se van con la nueva empresa, el costo medio de ambas subiría fuertemente, dados los altos costos fijos, ya que venderían solo la mitad que antes. Igualmente, ante al aumento de oferta, el precio de mercado bajará, ya que ningún consumidor querrá pagar menos que antes, sino más bien lo contrario. Las dos empresas quebrarían y no podrían continuar, pues tendrían un precio por debajo del costo medio variable. Por este tipo de dinámica, no es posible tener más de una empresa proveedora en sistemas de gran infraestructura de redes, situación compartida con los servicios de electricidad y telefonía, por ejemplo, en los que también existen monopolios «naturales».

La existencia de «monopolios naturales» en el abastecimiento de agua para consumo urbano implica contar con modelos de gestión que regulen a estos monopolios, sean empresas públicas o privadas.

# Capítulo 7
# El acceso al riego en la agricultura peruana

En este capítulo se describiran el grado y las condiciones de acceso al agua de riego en la agricultura peruana. Como se sabe, contar con riego representa una diferencia muy importante en la capacidad de los agricultores para generar mayor producción e ingresos. El riego genera mayor estabilidad y control del agricultor sobre el proceso productivo, e incentiva mayores niveles de inversión y productividad de la tierra.

Usamos datos recientes del último Censo Agropecuario del año 2012 para describir los niveles de acceso, así como datos de la Encuesta de Hogares de los años 2007 a 2012 para estimar el impacto del riego en los ingresos de los productores.

## 7.1. Contexto del acceso al agua en el Perú

El territorio peruano tiene una extensión aproximada de 128,5 millones de hectáreas. Se caracteriza por una enorme diversidad climática y ecológica, pues posee más de 80 de los ecosistemas existentes en el planeta.

El país se divide en tres regiones naturales de marcado contraste:

- La franja costera occidental desértica, con el 10% del territorio.
- La región andina o sierra, con el 31% del territorio.
- La selva oriental de montaña y amazónica, con el 59% del territorio nacional.

La región de la **costa**, ubicada entre los 0 y 2000 metros de altitud, se caracteriza por la ausencia total de lluvias durante todo el año, y utiliza el

agua de una media centena de ríos de régimen irregular y con un marcado carácter estacional. Por su parte, la **sierra** tiene precipitaciones estacionales de regular intensidad y la **selva** se caracteriza por periodos de intensas lluvias durante la mayor parte del año.

El patrón histórico de ocupación territorial de la población —influenciado por la colonización española, que ponía énfasis en los puertos y ciudades de la zona costera— ha determinado que la mayor parte de la población peruana, el 61%, se ubique en la costa, especialmente en la costa norte y costa centro; en esta última se ubica la capital, Lima, con el 30% de la población nacional. Le siguen en importancia la sierra, con 29%, y la selva, con 10% de la población total.

La mayor demanda de agua, tanto para consumo directo como para actividades económicas, se ubica en la región occidental tanto de la costa como de la sierra, las cuales tienen una menor dotación relativa de agua. Por ejemplo, se estima que la dotación anual de agua por habitante en la vertiende occidental es de solo 2040 $m^3$/hab-año, muy por debajo del promedio mundial de 8500 $m^3$. En contraste, en la vertiente oriental, la dotación por habitante es de 232 949 $m^3$/hab-año. Igualmente, de la dotación anual de agua de todo el país, la vertiente occidental tiene únicamente el 1,8%, mientras que la vertiente oriental selvática concentra el 98% (cuadro 7.1).

**Cuadro 7.1**
**Dotación de agua por vertientes en el Perú**

| | Superficie | Población | | Disponibilidad de agua | | Índice |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | (1,000 $km^2$) | (miles) | (%) | (MMC anuales) | % | $m^3$/hab-año |
| Pacífico | 279,7 | 18 315 276 | 65,0 | 37 363 | 1,8 | 2 040 |
| Atlántico | 958,5 | 8 579 112 | 30,0 | 1 998 752 | 97,7 | 232 949 |
| Lago Titicaca | 47,0 | 1 326 376 | 5,0 | 10 172 | 0,5 | 7 669 |
| | | | | | | |
| **Total** | **1285,2** | **28 220 764** | **100,0** | **2 046 287** | **100,0** | **72 510** |

Fuente: Estrategia Nacional de Recursos Hídricos (2009).

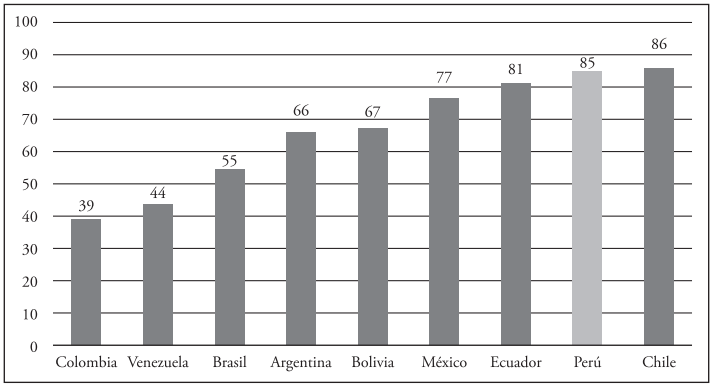
Para las próximas dos décadas, la vertiente occidental —que abarca la costa y una parte de la sierra— presenta el mayor crecimiento poblacional pro-

yectado, así como la mayor proyección de actividades económicas consumidoras de agua, como la agricultura, la industria, la minería y el consumo de agua potable y saneamiento. Las estimaciones actuales indican que con las tendencias existentes para el año 2025, si no se atienden a tiempo los crecientes problemas de gestión, el Perú podría enfrentar un serio problema de estrés hídrico o desbalance entre oferta y demanda.

## 7.2. Acceso al riego en la agricultura peruana

En el Perú, la agricultura consume aproximadamente el 85% del agua extraída por los distintos sectores, tal como se consigna en los datos de AQUASTAT de la FAO para países de la región sudamericana (véase el gráfico).

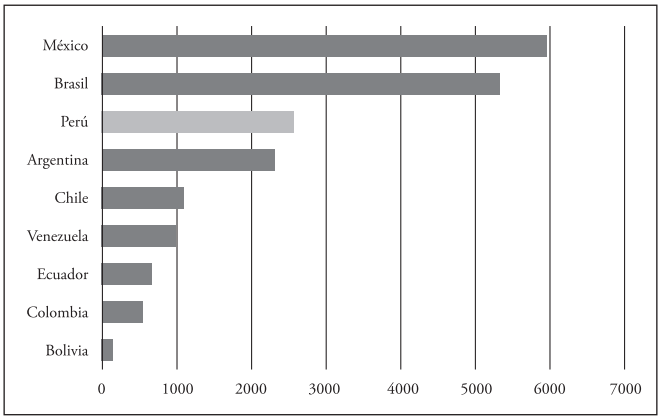
**Gráfico 7.1**
**Porcentaje del agua consumida por la agricultura**




Fuente: AQUASTAT (FAO).

La agricultura peruana ocupa el segundo lugar como mayor consumidora de agua en la región latinoamericana, solo por debajo de Chile, que tiene 86%. Cabe señalar que en la región existen países en los que la agricultura utiliza un porcentaje mucho menor del total de agua consumida, como Colombia (39%) y Venezuela (44%). Estas cifras dependen de la importancia del riego, como se puede ver en el gráfico siguiente.

**Gráfico 7.2**
**Superficie bajo riego en países de Latinoamérica**




Fuente: AQUASTAT (FAO). La cifra para el Perú está actualizada al 2012.

El Perú es el tercer país con mayor superficie bajo riego en Latinoamérica, con 2,5 millones de hectáreas, solo por debajo de México y el Brasil.

El acceso más específico al riego en la agricultura peruana se puede obtener del reciente IV Censo Nacional Agropecuario (2012). De acuerdo con los resultados definitivos, en el Perú existen 2579 millones de hectáreas bajo riego en el año 2012 (véase el cuadro siguiente).

**Cuadro 7.2**
**Acceso a riego por regiones naturales 2012**

| | **superficie bajo riego** | **% total bajo riego** | **superficie agrícola** | **% riego sup. agrícola** | **superficie agropecuaria** | **% riego sup. total** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Costa | 1 446 068 | 56,1% | 1 677 048 | 86,2% | 4 344 267 | 33,3% |
| Sierra | 1 019 969 | 39,5% | 3 276 039 | 31,1% | 22 268 926 | 4,6% |
| Selva | 113 863 | 4,4% | 2 171 920 | 5,2% | 12 231 075 | 0,9% |
| | | | | | | |
| **Total** | **2 579 900** | **100,0%** | **7 125 008** | **36,2%** | **38 844 268** | **6,6%** |

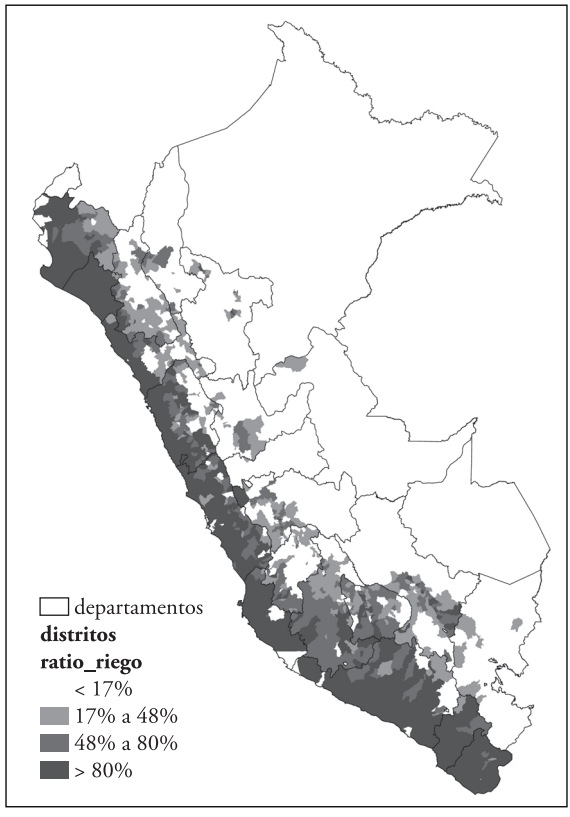
Fuente: IV Cenagro 2012, INEI.

La superficie bajo riego representa 36,2% de la superficie agrícola del país —es decir, 64% está bajo secano—, y solo 6,6% de la superficie agropecuaria

total, que incluye pastos naturales y bosques. La costa contiene 56% de las tierras bajo riego en el país, y en esta región 86% de la tierra agrícola está bajo riego. La sierra, por su parte, contiene 40% de la tierra agrícola bajo riego en el país, pero solamente 31% de la tierra agrícola de la sierra está bajo riego. Por su parte, la selva representa solamente 4% (114 000 hectáreas) de la tierra bajo riego en el país, y solamente 5,2% de la tierra agrícola de la selva está bajo riego.

El porcentaje de área bajo riego por distritos en el territorio nacional se presenta en el mapa siguiente.

**Mapa 7.1**
**Porcentaje de superficie agrícola bajo riego**




Fuente: IV Cenagro 2012, INEI.

Comparando los resultados del censo 2012 con los del censo 1994, se observa un crecimiento importante en la superficie bajo riego en el país durante las últimas dos décadas, como se puede ver en el cuadro siguiente.

**Cuadro 7.3**
**Cambio en la superficie bajo riego 1994-2012**

| | 1994 | 2012 | Var% | % total 2012 |
|---|---|---|---|---|
| **Bajo riego por regiones** | | | | |
| Costa | 919 211 | 1 446 068 | 57,3% | 56,1% |
| Sierra | 763 814 | 1 019 969 | 33,5% | 39,5% |
| Selva | 46 373 | 113 863 | 145,5% | 4,4% |
| | | | | |
| **Total bajo riego** | **1 729 399** | **2 579 900** | 49,2% | 100,0% |
| | | | | |
| **Superf. agropecuaria** | **5 476 980** | **7 125 000** | 30,1% | |
| **% bajo riego** | **31,6%** | **36,2%** | | |

Fuentes: III y IV Cenagro, INEI

La superficie bajo riego en el país se incrementó en 49% entre ambos censos: la costa aumentó en 57%; la sierra, en 34%; y la selva, en 146% —partiendo de una base muy pequeña—. Cabe señalar que la superficie bajo riego aumentó en mayor proporción que la superficie agrícola total —que subió en un 30%—, y por esto el porcentaje de la superficie agrícola bajo riego en el país creció de 31,6 a 36,2% durante las dos últimas décadas.

Según los resultados del censo, unas 127 000 hectáreas de todo el país se mantienen con riego por goteo y 87 000 hectáreas, con riego por aspersión. En conjunto, en solo 12% de la superficie bajo riego se aplican estas técnicas más eficientes en el uso del agua.

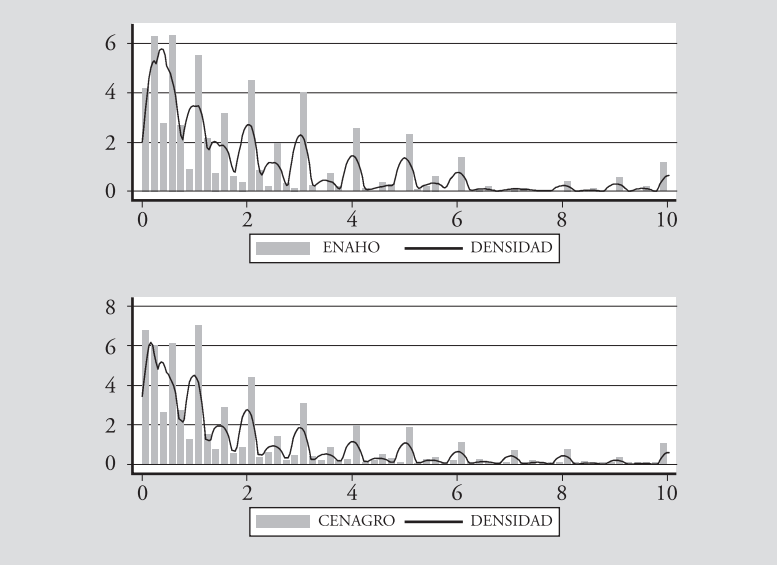
## 7.3. El acceso al riego de la agricultura familiar en el Perú

La Encuesta Nacional de Hogares está orientada a medir los ingresos y gastos de los hogares peruanos. Su diseño muestral se basa en el marco de

viviendas, el cual fue actualizado luego del Censo de Población 2007. Aunque la encuesta no representa adecuadamente al conjunto de agricultores peruanos —para lo cual se requeriría usar como marco muestral el Censo Nacional Agropecuario, por ejemplo—, sí otorga una estimación confiable del sector de agricultura familiar, que es la mayoritaria en la agricultura peruana.

En el gráfico siguiente, se muestra la distribución de la tierra en Enaho (2004-2012) y Cenagro (2012) para unidades agropecuarias menores de 10 hectáreas. Se observa que ambas distribuciones son muy parecidas, de lo cual se desprende que Enaho puede ofrecer estimados confiables para ese segmento de los agricultores peruanos (más del 80%).

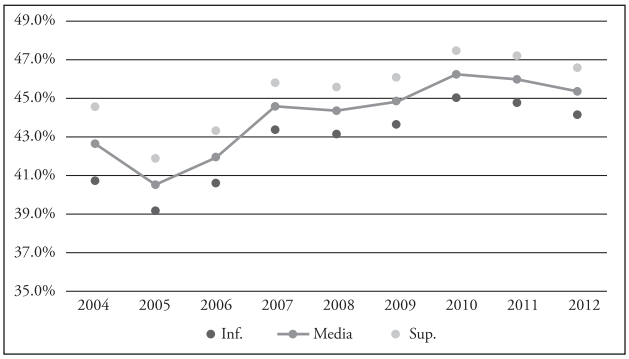
**Gráfico 7.3**
**Distribución de tierra para unidades menores de 10 hectáreas**




Fuentes: Enaho 2004-2012 (INEI), Cenagro 2012 (INEI).

En el siguiente gráfico se presenta la evolución del porcentaje de los hogares agropecuarios con acceso a riego en las Enaho 2004 al 2012.

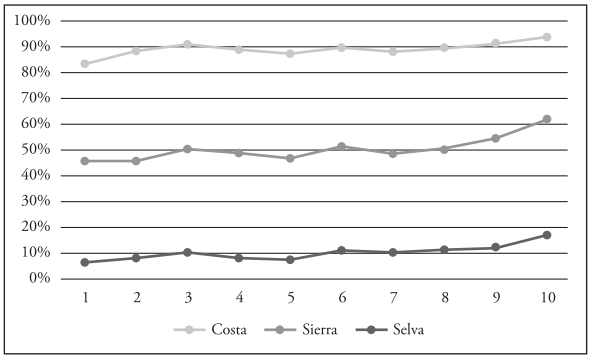
**Gráfico 7.4**
**Porcentaje de hogares agropecuarios con riego en Enaho 2004-2012**




Fuente: Enaho 2004-2012, INEI.

El gráfico tiene también el intervalo de confianza al 95% de los valores medios, ya que se está utilizando una muestra de hogares. Como se puede ver, se habría generado un incremento estadísticamente significativo en el porcentaje de hogares agropecuarios con acceso a riego en el período 2007-2012, pues se ha pasado de un promedio de 41% a casi 45%. Este cambio parece consistente con el cambio intercensal observado en el cuadro 7.3.
Una de las ventajas de las Enaho consiste en que se puede relacionar el acceso al riego con otras variables importantes, como los ingresos de los agricultores. Si se dividen por deciles de ingreso per cápita y se observa el acceso a riego promedio por cada decil, se obtiene el gráfico siguiente (años 2010 al 2012).

## Gráfico 7.5
**Porcentaje de agricultores con riego por decil de ingreso per cápita y región natural 2010-2012**




Fuente: Enaho 2007-2012, INEI.

Aunque la relación no es perfecta, la proporción de agricultores con acceso al riego está vinculada positivamente con sus ingresos per cápita. Para controlar por otras variables y activos de los agricultores, que también influyen en el ingreso per cápita esperado, se generará una regresión del ingreso per cápita anual con la variable de acceso a riego y otras variables disponibles, como la tierra total, la posesión de ganado vacuno y los años de educación de estas personas. Se incluyó una variable *dummy* para cada año de la encuesta (entre 2010 y 2012). La estadística descriptiva de las variables por utilizar para cada región natural se presenta en el cuadro siguiente.

## Cuadro 7.4
**Valores estadísticos de las variables de agricultores en Enaho 2010-2012**

| | Costa | | | | Sierra | | | | Selva | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Media** | **Dv Estd** | **Min** | **Max** | **Media** | **Dv Estd** | **Min** | **Max** | **Media** | **Dv Estd** | **Min** | **Max** |
| Ing. per cápita anual (S/.) | 7137 | 9855 | 253 | 243 442 | 3546 | 4525 | 142 | 119 706 | 4631 | 6577 | 226 | 200 845 |
| Tierra (ha) | 2,69 | 7,21 | 0,00 | 200 | 4,43 | 29,22 | 0,00 | 998,03 | 13,50 | 29,85 | 0,00 | 999 |
| Tiene riego (*dummy*) | 76% | 43% | 0% | 100% | 53% | 50% | 0% | 100% | 9% | 28% | 0% | 100% |
| Ganado vacuno (unidades) | 1,5 | 4,4 | 0,0 | 84,0 | 2,8 | 4,8 | 0,0 | 85,0 | 2,8 | 12,8 | 0,0 | 550 |
| Años educación agricultor | 6,3 | 4,3 | 0,0 | 18,0 | 5,4 | 4,1 | 0,0 | 18,0 | 6,1 | 3,7 | 0,0 | 18 |
| **Observaciones** | **3061** | | | | **17 987** | | | | **7490** | | | |

Fuente: Enaho 2010-2012, INEI.

En el siguiente cuadro se presentan los resultados de los estimados de las regresiones para cada región.

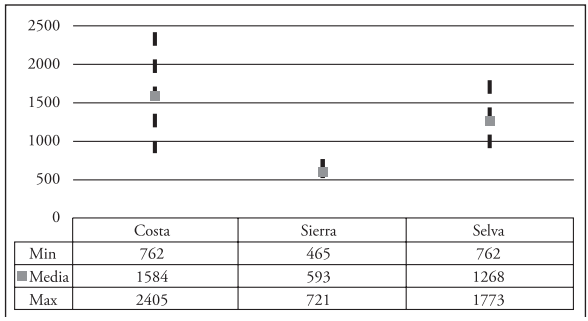
**Cuadro 7.5**
**Impacto del riego en los ingresos per cápita de los agricultores**

| | Costa | | | Sierra | | | Selva | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Coef.** | **Err. Estánd** | **t** | **Coef.** | **Err. Estánd** | **t** | **Coef.** | **Err. Estánd** | **t** |
| Tierra (ha) | 199,9 | 24,3 | 8,2 | 1,9 | 1,1 | 1,7 | 20,7 | 3,1 | 6,8 |
| Tiene riego (*dummy*) | 1583,6 | 419,1 | 3,8 | 593,4 | 65,2 | 9,1 | 1267,7 | 257,9 | 4,9 |
| Ganado vacuno (unid) | 67,3 | 39,4 | 1,7 | 55,0 | 6,8 | 8,1 | 61,6 | 7,1 | 8,6 |
| Años de educación JH | 306,0 | 40,8 | 7,5 | 272,2 | 7,9 | 34,6 | 294,5 | 19,6 | 15,0 |
| Año 2011 | 575,9 | 425,0 | 1,4 | 267,8 | 79,6 | 3,4 | 773,5 | 180,3 | 4,3 |
| Año 2012 | 604,8 | 435,0 | 1,4 | 402,1 | 80,4 | 5,0 | 966,3 | 181,9 | 5,3 |
| Constante | 2985,6 | 463,7 | 6,4 | 1376,5 | 78,8 | 17,5 | 1680,4 | 180,5 | 9,3 |

Fuente: Enaho 2010-2012, INEI.

El coeficiente de la variable de acceso a riego (*dummy*) indica que este acceso aumenta significativamente el ingreso per cápita anual esperado de los agricultores en las tres regiones naturales. En la costa, el impacto esperado es de 1584 nuevos soles anuales per cápita; en la sierra, de 593 nuevos soles; y en la selva, de 1267 nuevos soles anuales per cápita. Los impactos se presentan en el gráfico siguiente, en el cual también se observa el intervalo de confianza al 95% de los estimados.

**Gráfico 7.6**
**Impactos estimados de acceso a riego en ingresos per cápita de agricultores pequeños (2010-2012)**




Fuente: Estimaciones del cuadro 7.5.

En los coeficientes presentados en el cuadro 7.5 también se puede observar que en el ingreso per cápita esperado son importantes el acceso a la tierra y los años de educación del agricultor. Igualmente, la cantidad de ganado genera retornos esperados similares en las tres regiones. Los coeficientes positivos para las variables *dummy* para los años 2011 y 2012 indican que los ingresos per cápita de los agricultores debidos a otros factores han crecido, entre el 2010 y el 2012, especialmente en la sierra y la selva, ya que en la costa el coeficiente no es estadísticamente significativo.

# Capítulo 8
# Acceso de los hogares al agua de uso domiciliario en el Perú

En este capítulo usamos información de la Encuesta Nacional de Hogares (2012) del INEI para evaluar las condiciones de acceso y el gasto de los hogares en el servicio de agua para consumo domiciliario. Se observan importantes desigualdades en el acceso al agua potable, tanto en el territorio como por estratos socioeconómicos. Igualmente, se ha podido constatar un serio problema de calidad en el agua de consumo doméstico en lo que se refiere al bajo nivel de cloro medido y observado en esta encuesta.

## 8.1. El acceso al agua de uso domiciliario en el Perú

La Enaho permite generar una imagen de las formas de acceso al agua de uso domiciliario en los niveles de estratificación por regiones y dominios. Pero más importantes que estos datos, que también se pueden obtener del Censo de Población 2007, son algunas variables adicionales de calidad y gasto de los hogares, que tienen implicancias importantes para medir la equidad en el acceso al servicio.

En el cuadro siguiente se puede ver la estructura de acceso al agua de uso domiciliario en el Perú usando las categorías de acceso de la encuesta[9] y sobre la base de cuatro estratos para la población, según el tamaño de las ciudades o poblados en los que esta habita.

9 Hemos incluido la categoría «agua potable del vecino», que aparece en el rubro «otras formas de acceso», en la medida en que describe a hogares que están accediendo al agua potable sin tener conexión domiciliaria.

**Cuadro 8.1**
**Estructura de acceso al agua de uso domiciliario en el Perú (2012)**

| | >20k | | 4 a 20k | | 400 a 4k | | <400 | | >20k | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Pobl** | **%** | **Pobl** | **%** | **Pobl** | **%** | **Pobl** | **%** | **Pobl** | **%** |
| red pública, dentro de la vivienda | 13 903 040 | 85,8% | 2 566 928 | 82.0% | 3 720 301 | 78,3% | 3 259 479 | 48,4% | **23 449 750** | **76,1%** |
| red pública, fuera de viv. pero en edif. | 825 804 | 5,1% | 220 901 | 7,1% | 333 121 | 7,0% | 14 841 | 0,2% | **1 394 667** | **4,5%** |
| agua potable del vecino | 344 497 | 2,1% | 94 723 | 3,0% | 108 914 | 2,3% | 37 258 | 0,6% | **585 392** | **1,9%** |
| pilón de uso público | 295 733 | 1,8% | 56 702 | 1,8% | 53 060 | 1,1% | 132 270 | 2,0% | **537 765** | **1,7%** |
| camión cisterna u otro similar | 399 551 | 2,5% | 44 923 | 1,4% | 65 429 | 1,4% | 47 591 | 0,7% | **557 494** | **1,8%** |
| pozo | 119 072 | 0,7% | 66 039 | 2,1% | 84 651 | 1,8% | 462 182 | 6,9% | **731 944** | **2,4%** |
| río, acequia, manantial o similar | 63 961 | 0,4% | 54 823 | 1,8% | 264 626 | 5,6% | 2 438 256 | 36,2% | **2 821 666** | **9,2%** |
| otra | 243 358 | 1,5% | 25 467 | 0,8% | 123 382 | 2,6% | 347 975 | 5,2% | **740 182** | **2,4%** |
| **Total** | **16 195 016** | **100,0%** | **3 130 506** | **100,0%** | **4 753 483** | **100,0%** | **6 739 852** | **100,0%** | **30 818 860** | **100,0%** |
| | **52,5%** | | **10,2%** | | **15,4%** | | **21,9%** | | **100,0%** | |

Fuente: Enaho 2012 (INEI).

Se puede ver que la forma de acceder al agua de uso domiciliario varía sustancialmente por tamaño de las ciudades. En las ciudades de más de 20 000 viviendas, más del 90% de la población tiene acceso al agua con conexión domiciliaria (primeras dos categorías), proporción que va cayendo a medida que desciende el tamaño de la ciudad, hasta llegar a solo 48% en el caso de los centros poblados rurales con menos de 400 viviendas. El total nacional de acceso a agua con conexión es de 80,6%, el cual sube en 3,6% si se considera el acceso por vecinos y el de pilón público.

En el Perú, cerca de seis millones de personas, especialmente de zonas rurales, no tienen acceso al agua mediante conexión domiciliaria directa. Igualmente, 560 000 personas (1,8%) tienen acceso al agua por camión cisterna o similar, una de las formas más inequitativas de acceso dado su alto costo y precariedad. Este fenómeno es más marcado en las zonas más urbanizadas, especialmente en las ciudades de más de 20 000 viviendas.

El acceso al agua de fuentes como pozos, acequias y manantiales es muy importante en las zonas rurales, en localidades con menos de 400 viviendas —53% de este estrato rural accede al agua de esta forma—; más de 2,8 millones de personas de este estrato tienen este tipo de acceso.

La Enaho también permite observar el acceso al servicio por grandes dominios geográficos, como los que se presentan en el cuadro siguiente.

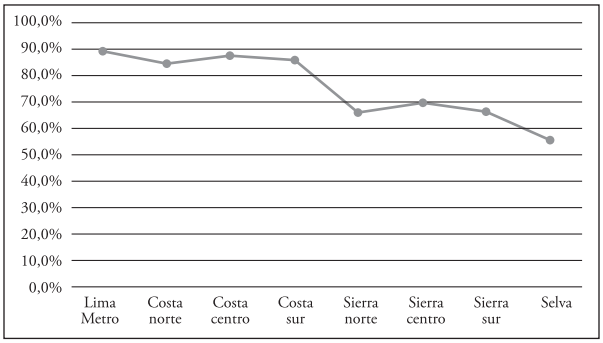
## Cuadro 8.2
## Acceso al servicio de agua por grandes dominios geográficos

| | Lima Metr. | Costa nort. | Costa cent. | Costa sur | Sierra nort. | Sierra cent. | Sierra sur | Selva |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| red pública, dentro de la vivienda | 88,5% | 83,7% | 86,9% | 85,0% | 65,3% | 68,6% | 65,6% | 54,8% |
| red pública, fuera de viv. en edif. | 2,8% | 0,7% | 1,4% | 5,7% | 1,7% | 7,0% | 14,5% | 2,9% |
| agua potable del vecino | 1,5% | 5,3% | 3,4% | 1,2% | 0,3% | 0,8% | 0,4% | 1,9% |
| pilón de uso público | 2,2% | 2,4% | 1,4% | 0,8% | 0,2% | 1,5% | 1,7% | 1,3% |
| camión cisterna u otro similar | 3,4% | 1,8% | 1,5% | 4,2% | 0,0% | 0,1% | 1,2% | 1,0% |
| pozo | 0,5% | 1,6% | 2,1% | 0,8% | 5,5% | 0,7% | 4,0% | 6,6% |
| río, acequia, manantial o similar | 0,5% | 2,9% | 1,5% | 2,3% | 26,0% | 19,8% | 8,3% | 24,2% |
| otra | 0,8% | 1,8% | 1,7% | 0,0% | 1,0% | 1,5% | 4,4% | 7,2% |
| **% Población** | **31,1%** | **14,5%** | **6,6%** | **2,0%** | **6,4%** | **12,5%** | **13,8%** | **13,1%** |

Fuente: Enaho 2012 (INEI).

En la ciudad de Lima, el acceso mediante conexión domiciliaria dentro de la vivienda es de 88,5%, proporción que va bajando en los otros dominios, como se observa en el gráfico siguiente.

## Gráfico 8.1
## Acceso con conexión domiciliaria en la vivienda




Fuente: Enaho 2012 (INEI).

En la costa, el acceso con conexión domiciliaria es superior al 80%, proporción que cae a entre 60 y 70% en la sierra, y solamente 55% en la selva. Estas diferencias están asociadas al distinto nivel de urbanización de los dominios. En el caso de Lima Metropolitana, también cabe destacar que existen casi 325 000 personas que acceden al agua por compra a camiones cisterna; es la ciudad con mayor cantidad absoluta de personas con este acceso precario.

## 8.2. La calidad del agua utilizada por los hogares

Una variable muy importante incorporada en la Enaho 2012 fue la medición directa tomando muestras de la presencia de cloro en el agua que usan y consumen los hogares. Esto permite una aproximación a la calidad del agua que están recibiendo las familias en las distintas condiciones de acceso. La encuesta tiene tres categorías para el nivel de cloro: i) seguro, ii) inadecuada dosificación de cloro y iii) sin cloro. Los porcentajes de la población con acceso a un nivel seguro de clorificación se muestran en el cuadro siguiente.

**Cuadro 8.3**
**Porcentaje de población con clorificación segura**

| | > 20k | 4k a 20k | 400 a 4k | < 400 | Total |
|---|---|---|---|---|---|
| red pública, dentro de la vivienda | 41,6% | 19,0% | 7,1% | 0,8% | 27,8% |
| red pública, fuera de viv. pero en edif. | 44,6% | 27,0% | 5,7% | 1,2% | 32,1% |
| agua potable del vecino | 16,8% | 8,5% | 3,7% | 4,4% | 11,8% |
| pilón de uso público | 21,9% | 19,4% | 5,1% | 6,2% | 15,9% |
| camión cisterna u otro similar | 4,5% | 0,7% | 0,3% | 3,2% | 3,6% |
| pozo | 1,2% | 1,0% | 0,9% | 0,2% | 0,5% |
| río, acequia, manantial o similar | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| otra | 3,0% | 2,5% | 0,5% | 0,2% | 1,1% |
| **Total** | **39,0%** | **18,3%** | **6,1%** | **0,6%** | **23,3%** |

Fuente: Enaho 2012 (INEI).

Solamente un 23% del total de la población está recibiendo el agua con niveles seguros de clorificación. La presencia de cloro varía sustancialmente por tipo de acceso, pero en el acceso a red pública con conexión en vivienda el nivel promedio es de solo 28% a nivel nacional. En las ciudades grandes, la conexión domiciliaria tiene 42%, con caídas muy fuertes para las ciudades más pequeñas. El agua tomada de domicilios vecinos o de pilón de uso público tiene también niveles muy bajos de calidad, con 12% y 16% con nivel seguro de cloro, respectivamente. El agua recibida de camiones cisterna y almacenada en recipientes tiene un nivel bajísimo, de solo 3,6% de estos usuarios que reciben agua segura. Finalmente, las otras fuentes de

acceso —como pozos, acequias y manantiales— muestran casi nula clorificación, situación prevalente en las zonas rurales del país.

## 8.3. El gasto en agua de los hogares peruanos y el problema de la desigualdad

La Enaho es una encuesta orientada a medir los ingresos y gastos de los hogares. Uno de los rubros de gasto se refiere a los pagos por el servicio de agua —y desagüe, que generalmente están asociados—. Las familias son consultadas por el gasto mensual, el que es deflactado y anualizado para ser considerado parte del gasto total anual de la familia. En el cuadro siguiente, se presenta el gasto promedio anual per cápita por el servicio de agua y desagüe por tipo de acceso y tamaño de la localidad.

**Cuadro 8.4**

**Gasto promedio (nuevos soles) por persona en servicio de agua y desagüe**

| | > 20k | 4k a 20k | 400 a 4k | < 400 | Total |
|---|---|---|---|---|---|
| red pública, dentro de la vivienda | 127,3 | 71,1 | 36,0 | 6,0 | **89,5** |
| red pública, fuera de viv. pero en edif. | 84,3 | 46,8 | 32,1 | 10,9 | **65,3** |
| agua potable del vecino | 55,0 | 44,4 | 46,0 | 22,6 | **48,9** |
| pilón de uso público | 44,0 | 35,3 | 57,5 | 9,8 | **36,3** |
| camión cisterna u otro similar | 125,1 | 59,6 | 88,0 | 113,1 | **115,1** |
| pozo | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | **0,0** |
| río, acequia, manantial o similar | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | **0,0** |
| otra | 54,8 | 12,6 | 19,6 | 4,1 | **21,2** |
| **Total** | **118,9** | **64,1** | **33,8** | **4,4** | **75,1** |

Fuente: Enaho 2012 (INEI).

El promedio nacional es de 75 nuevos soles por persona al año, es decir, unos 28 dólares, a un tipo de cambio de 2,8 nuevos soles por dólar. Se observan importantes variaciones por tipo de acceso y de acuerdo con el tamaño de las localidades. Sin considerar el gasto en agua proveída por camiones cisterna, el gasto promedio es mayor cuando la vivienda tiene conexión domiciliaria. Igualmente, el acceso al agua de pozo o de acequias

y manantiales no genera gasto en los hogares, mayoritariamente rurales. En las ciudades más grandes —más de 20 000 viviendas—, el gasto promedio llega a casi 120 nuevos soles anuales por persona, y desciende a 64 nuevos soles para ciudades intermedias, 34 nuevos soles para las ciudades pequeñas y solo 4,4 nuevos soles para las zonas rurales.

Un indicador de equidad fundamental en el acceso al agua es el porcentaje del gasto monetario que la familia dedica al servicio de agua potable y desagüe. En el cuadro siguiente se muestran estos porcentajes para los distintos tipos de acceso y tamaño de las localidades en el ámbito nacional.

**Cuadro 8.5**
**Porcentaje del gasto en agua en el gasto total monetario**

| | > 20k | 4k a 20k | 400 a 4k | < 400 | Total |
|---|---|---|---|---|---|
| red pública, dentro de la vivienda | 2,7% | 1,9% | 1,1% | 0,3% | **2,0%** |
| red pública, fuera de viv. pero en edif. | 1,9% | 1,2% | 1,7% | 0,6% | **1,7%** |
| agua potable del vecino | 3,7% | 4,9% | 3,6% | 7,3% | **4,2%** |
| pilón de uso público | 1,0% | 1,8% | 1,4% | 0,5% | **1,0%** |
| camión cisterna u otro similar | 3,0% | 2,2% | 2,4% | 2,6% | **2,8%** |
| pozo | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | **0,0%** |
| río, acequia, manantial o similar | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | **0,0%** |
| otra | 2,6% | 0,5% | 0,8% | 0,6% | **1,2%** |
| **Total** | **2,6%** | **1,9%** | **1,1%** | **0,3%** | **1,8%** |

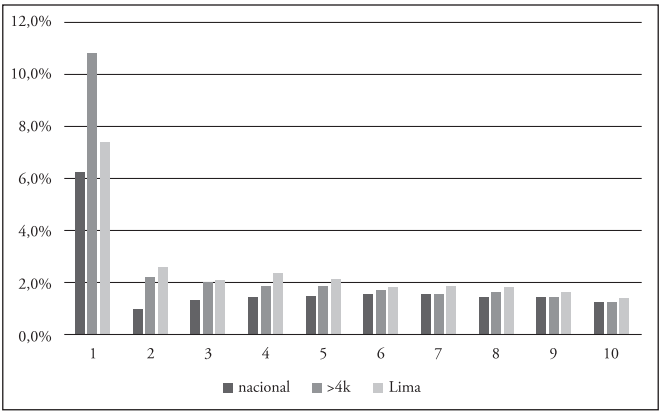
Fuente: Enaho 2012 (INEI).

En promedio, los hogares peruanos dedican 1,8% del gasto a pagar por los servicios de agua y desagüe, aunque con importantes diferencias por tipo de acceso. Los accesos de «agua potable del vecino» y «camión cisterna u otro similar» tienen niveles promedio mucho más altos en este porcentaje, con 4,2% y 2,8%, respectivamente. Se observa que, en las grandes ciudades, los hogares con este tipo de acceso precario dedican 3,7 y 3% de su presupuesto al agua, en contraste con el 2,7% de los hogares con conexión domiciliaria directa, y el 1,9% para los que tienen acceso en el mismo edificio.

Otra forma de identificar un problema de desigualdad en el acceso al agua consiste en relacionar el porcentaje gastado en agua por deciles de gasto

en distintas poblaciones. En el gráfico siguiente se muestra este porcentaje para la población total, la población de ciudades de más de 4000 viviendas y para Lima Metropolitana; en cada caso, se estratifica a la población por deciles de gasto per cápita.

**Gráfico 8.2**
**Porcentaje de gasto en agua por deciles de gasto per cápita**

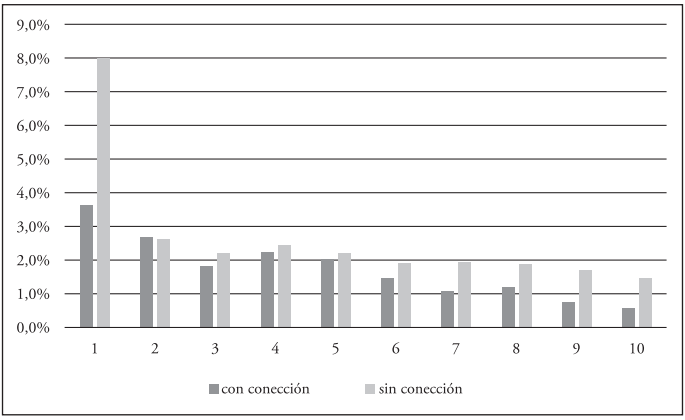



Fuente: Enaho 2012 (INEI).

Se observa un grave problema de desigualdad para el 10% más pobre de la población en cuanto al acceso al agua. Estos hogares dedican entre 6 y 11% de su presupuesto al pago de servicios de agua,[10] mientras que en los nueve deciles menos pobres el porcentaje es de solo entre 1 y 2%. Este problema se relaciona directamente con al acceso a conexión, ya sea domiciliaria o edificio o pilón público, como se puede ver en el siguiente gráfico.

10 En un estudio de OCDE (2002) sobre sus países miembros —mayormente industrializados, pero que incluyen a México—, el grupo más pobre de la sociedad de nueve países no pasaba de gastar 3,75% de sus ingresos en agua. La cifra indica claramente que en el Perú existe un serio problema de equidad.

**Gráfico 8.3**
**Porcentaje de gasto en agua por deciles y según conexión a red pública**




Fuente: Enaho 2012 (INEI).

El acceso a una conexión a red —sea domiciliaria o en pilón público— para el decil más pobre reduce fuertemente el problema de desigualdad en el gasto en agua. Cabe señalar que la cantidad y calidad del agua recibida por los hogares más pobres que carecen de conexión a la red son mucho menores, lo que incrementa aún más el problema de desigualdad señalado.

# Tercera sección

# Instrumentos económicos para la gestión

# Capítulo 9
# Instrumentos económicos, un marco conceptual

En este capítulo se discuten los principales instrumentos económicos para la gestión del agua. Se consideran las tarifas de agua, quizás el instrumento más importante y generalizado, pero también las tasas por uso de agua en bloque y pagos por vertimiento. También se plantean criterios para diseñar, evaluar e implementar estos instrumentos.

## 9.1. Definición de instrumento económico para la gestión del agua

El instrumento económico para la gestión del agua se define como un mecanismo que *genera incentivos económicos que impactan en la conducta de los agentes en cuanto al uso del agua*.[11] Como una característica adicional, los instrumentos económicos también permiten cubrir costos y generar recursos para la gestión del agua por parte de la autoridad correspondiente. El principal incentivo económico es algún tipo de pago que los usuarios deben hacer por recibir beneficios del sistema de distribución del agua. El pago puede ser monetario o en especie; por ejemplo, jornadas para el mantenimiento del sistema de riego.

Los instrumentos económicos pueden ser eficaces para la gestión del agua, pero su aplicabilidad viene limitada por las condiciones de exclusión y rivalidad en las que se explota el recurso. En sistemas de baja exclusión es más difícil establecer estrictos esquemas de cobro por unidad consumida, por ejemplo, lo cual limita la efectividad del mecanismo.

11 Para referencias específicas sobre el uso de instrumentos económicos para la gestión del agua, se puede ver el *Manual sobre elementos económicos y financieros para la gestión del agua* (CAPNET 2008), en cuya elaboración participé junto con otros expertos internacionales.

Los instrumentos económicos pueden tener también efectos importantes en la gestión ambiental. En principio, llevan a comportamientos que generan más ahorro del recurso y, por ende, a situaciones más compatibles con el manejo sostenible del agua. Cobros como «Quien contamina paga» generan incentivos para que los individuos o las firmas «internalicen» las externalidades negativas que genera el usar el agua como vertedero de desechos. Igualmente, cobros a usuarios que sobreexplotan un acuífero son útiles para que ellos interioricen el efecto adverso que tiene la sobreexplotación sobre el conjunto de usuarios.

A continuación, discutiremos los principales instrumentos económicos de gestión del agua, para luego presentar criterios de evaluación que pueden orientar a su adecuado diseño e implementación.

## 9.2. Las tarifas de agua

Este es uno de los instrumentos más importantes y más usados en sistemas de distribución o de redes como las de agua potable, saneamiento y riego. Las tarifas de agua se definen como *cargos que pagan los usuarios por la prestación del servicio*.

Una pregunta común es si las tarifas son el equivalente a un «precio» por el agua. En algunas situaciones, la tarifa podría «hacer las veces» de un precio, especialmente cuando el uso del agua se acerca a una situación de bien privado, pero es importante mantener el concepto de precio asociado al funcionamiento de mercados donde ocurren transacciones entre compradores y vendedores. Las tarifas de agua generalmente no se fijan en mercados, y pueden ser mejor entendidas como un «precio administrado», en el sentido de que no surge de la interacción entre compradores y vendedores, sino de la interacción entre el —generalmente único— proveedor del servicio y una autoridad reguladora —que actúa en nombre de los usuarios— en un territorio determinado.

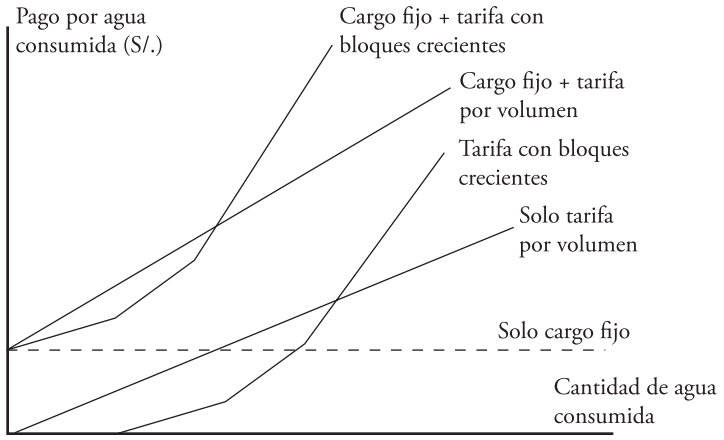
Como la definición sugiere, una tarifa de agua debería estar directamente relacionada con la cantidad de agua —o el flujo del servicio— que

el usuario extrae del sistema para su uso privado. Sin embargo, no siempre se puede establecer una tarifa atada directamente al consumo si el agua no puede ser controlada a un nivel básico, como en la mayoría de sistemas de irrigación existentes, por ejemplo.

Los sistemas de tarifas de agua tienen —deben tener— un componente o cargo fijo, que es muy importante en la medida en que se trata de operar y mantener sistemas que cuentan con una gran infraestructura, cuya operación y mantenimiento tiene un alto costo fijo que es necesario cubrir al margen del nivel de consumo del sistema. El pago fijo de la tarifa busca cubrir estos costos fijos, mientras que la parte variable —cargo por volumen— se orienta a cubrir los costos variables con el nivel de consumo.

En el gráfico 9.1 se presenta una descripción del tipo de tarifas de agua y la relación del pago del usuario con respecto al consumo por tipo de esquema tarifario. Una tarifa que sea de solo cargo por volumen tiene una relación directa con el uso o consumo de agua y no considera ningún componente fijo; es decir, si no se consume agua, no se paga nada. En cambio, la tarifa de solo cargo fijo no asocia mayormente el pago al nivel de consumo de agua, y consiste en un pago fijo que los usuarios deben cubrir al margen de su nivel de consumo.

**Gráfico 9.1**
**Pago de agua por tipo de tarifa de agua**



En el sector de agua y saneamiento, lo habitual es tener tarifas con cargos fijos y cargos variables por volumen, pero además de esto, es usual utilizar bloques variables que permiten brindar a los usuarios un tratamiento diferenciado. Por ejemplo, en el esquema con bloques variables sin componente fijo, los usuarios que consumen por debajo de una cantidad no pagarán nada por el servicio. A partir de ese mínimo opera el esquema de cobros diferenciados, generalmente crecientes, como el que se observa en el gráfico 9.1. El esquema de cargo fijo más bloques variables es el más común en los sistemas de agua y saneamiento, ya que permite cubrir mejor los costos fijos y generar tratamientos diferenciados a los usuarios de acuerdo con su nivel de consumo.

En el sector de riego de la mayor parte de países en desarrollo, es difícil establecer esquemas de tarifas con componentes variables asociados realmente al volumen consumido, ya que aún no se cuenta —a costos accesibles— con sistemas de medición y control del uso predial similares a los que existen en el consumo domiciliario. En los sistemas de irrigación, el agua se maneja mayormente en sectores, con turnos por secciones del sistema de riego, y no es factible medir y controlar el agua que ingresa a cada uno de los predios agrícolas del sector. A lo más, la autoridad que distribuye el agua puede medir y controlar el agua que entra a un sector, y en niveles superiores del sistema, pero no al interior de cada predio.

Esta situación limita las posibilidades de establecer un esquema de tarifas con componentes variables para los agricultores, y lo que generalmente se usa es un esquema que asocie la tarifa a la extensión de tierra regada, poseída o sembrada por los agricultores, y en este último caso, puede haber un pago diferenciado entre cultivos si hay mucha diferencia en la intensidad en el consumo de agua. Así, el esquema de tarifas en el sector riego tiene una relación indirecta con el consumo de agua de los agricultores, en la medida en que este se asocia, más o menos proporcionalmente, a la extensión de tierras y de los cultivos instalados.

## 9.3. Tasas de uso en la fuente o retribución económica

Este instrumento económico funciona a un nivel más agregado que las tarifas, ya que se establece por extraer agua en las fuentes originarias de agua y también por distribuirla hasta el punto en el que cada uso agregado particular la extrae para su tratamiento y distribución final. Pensando en un símil con el comercio de bienes, se trataría del agua que se distribuye «al por mayor» a intermediarios que luegon la distribuyen «al por menor». Este tipo de esquemas son generalmente manejados por autoridades de cuenca o a nivel regional o nacional, las que velan por el manejo del recurso y también tratan de generar recursos económicos para las actividades requeridas, así como buscar el uso más eficiente y ambientalmente sostenible del agua. En muchos casos, estas autoridades también buscan financiar planes de inversión atados a planes hidrológicos de largo plazo.

Por estas consideraciones, se dice que estos cargos son crecientemente importantes para la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH) —puesto que pueden enviar señales para el uso eficiente a los distintos sectores usuarios—, así como para financiar elementos transversales de la gestión del agua que muchas veces no son considerados en los esquemas de tarifas tradicionales.

Los usos más importantes sobre los que se establecen pagos de este tipo son el uso agropecuario, el industrial, el domiciliario y el energético. En este nivel, también es común que se incorporen criterios ambientales que buscan limitar los impactos negativos en la calidad del agua en las fuentes por la acción de las actividades económicas. Obviamente, los «intermediarios» que deben pagar por estas retribuciones buscarán cargar estos pagos a los usuarios finales, con lo que se afecta también el esquema de tarifas anteriormente descrito. Generalmente, se incorpora como un pago fijo adicional en las tarifas, referido como retribución económica por el agua o por servicios ambientales.

## 9.4. Cargos o tasas por vertimientos

Este tipo de cargos pueden estar subsumidos en los pagos por uso en la fuente o retribución explicados anteriormente, o pueden existir de manera independiente debido a la legislación y al esquema institucional vigente.

Lo específico de estos pagos es que son aplicados a las actividades que vierten efluentes en los cuerpos de agua. Son utilizados para controlar y reducir la contaminación del agua, y pueden variar de acuerdo con la cantidad y calidad de las descargas. En algunos casos, se establecen «mínimos permisibles» de descarga por tipo de efluente, cuando se estima que por debajo de estos mínimos no se producen mayores efectos en la calidad del agua que se encuentra o discurre en la fuente.

En el caso de las industrias ubicadas en las ciudades, generalmente estas usan los sistemas de desagüe del sistema de agua domiciliario. En todos los casos, los efluentes, tanto de la industria como de los hogares, terminan en algún cuerpo de agua que tendrá impactos de calidad importantes. Un buen diseño y manejo de este instrumento ayuda a controlar o limitar problemas serios de contaminación de cuerpos de agua.

## 9.5. Criterios para diseñar y evaluar intrumentos económicos

En un mercado de competencia perfecta, los precios cumplen algunas funciones de manera automática, como transmitir información sobre las preferencias de los consumidores y los costos de producir los bienes. Los precios no tienen por qué incorporar otros elementos como la equidad en el resultado final de las transacciones u objetivos ambientales.

En el caso de los instrumentos económicos para la gestión del agua, la situación cambia, ya que la sociedad quisiera lograr diversos objetivos, entre ellos, el uso eficiente del recurso, la equidad y la sostenibilidad. Al momento de diseñar e implementar instrumentos económicos, es un paso insalvable que estos criterios, a veces contradictorios, entren en juego.

Planteamos los siguientes cuatro criterios para diseñar y evaluar instrumentos económicos para la gestión del agua:

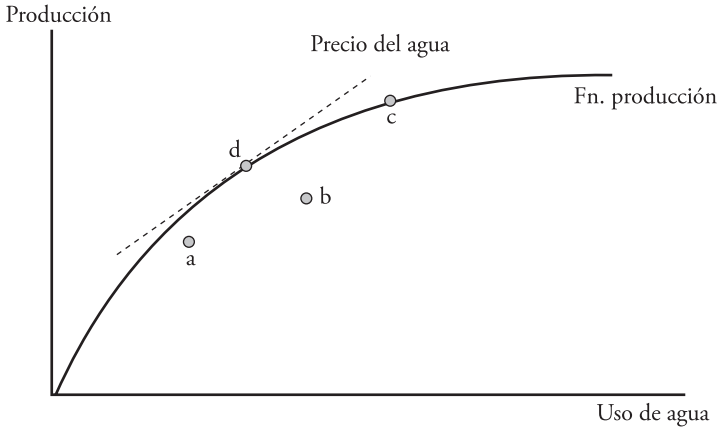
- Eficiencia económica
- Sostenibilidad financiera
- Equidad
- Sostenibilidad ambiental

*Eficiencia económica*

Hay dos nociones básicas de eficiencia en la teoría económica: eficiencia técnica y eficiencia en la asignación de los recursos. Ambas componen la definición general de eficiencia económica.

Estas nociones se pueden explicar en forma sencilla con un gráfico.

**Gráfico 9.2**
**Eficiencia técnica y de asignación**




Dada una función de producción para generar algún bien que requiere agua (véase el capítulo 1), esta representa la forma más eficiente de producir un bien para una determinada tecnología. En este contexto, los productores pueden ser más o menos eficientes «con respecto a la frontera de producción» o función de producción respectiva. En el gráfico, los productores *a* y *b* son ineficientes en el uso de agua; es decir, dada la tecnología de producción a la

que tienen acceso, podrían producir más con la misma cantidad de agua. El nivel de ineficiencia viene dado por la distancia de los puntos a la frontera o máximo obtenible. Los productores *c* y *d*, por su parte, se encuentran en la frontera de producción, y están, entonces, siendo técnicamente eficientes en el uso del agua.

Pero la eficiencia técnica no es el único componente de la eficiencia económica. También se tienen que considerar los precios de los factores de producción, en este caso del agua, como otro elemento de la eficiencia general. Un productor puede ser técnicamente eficiente, pero no eficiente en la asignación del recurso, con lo cual no logra la eficiencia económica general. La condición para lograr eficiencia en la asignación del recurso es que el productor esté asignándolo en el nivel en el que la productividad marginal del factor iguale a su precio o costo unitario. En el gráfico, el productor *c* es técnicamente eficiente, pero no en la asignación, ya que está usando más agua de lo que indicaría el precio del recurso —representado por la línea tangente—. El productor *d*, en este caso, sí es eficiente en la asignación.

En la mayoría de casos, el problema del agua consiste en que el «precio» de esta no se fija en un mercado competitivo que genere señales adecuadas sobre el valor del recurso; como vimos, generalmente se trata de un «precio administrado» fijado por alguna autoridad. Si la autoridad quiere enviar señales de eficiencia a los usuarios, tiene que considerar el valor real del agua, ya sea el costo total de producirla y distribuirla, o alternativamente, usar el costo de oportunidad del agua: el valor del uso de mayor valor en el sistema.

### *Sostenibilidad financiera*

Este criterio se refiere a la capacidad del instrumento económico para cubrir adecuadamente todos los costos financieros de un sistema de agua, desde los costos de construcción, distribución, operación, tratamiento y operación del sistema. Si parte de estos costos no es cubierta por los pagos de los usuarios, deberá ser cubierta por el Estado con impuestos o no será cubierta, con el consiguiente deterioro financiero y físico del sistema.

Esto lleva a la necesidad de identificar los distintos tipos de costos de un sistema de infraestructura para el control del agua. Se identifican cuatro costos por considerar:

i. Operación y mantenimiento (O&M)
ii. Financiero medio (capital + O&M), con costos de capital valorado a costos históricos
iii. Financiero medio (capital + O&M), con costo de capital computado en términos de reemplazo
iv. Costo marginal de ampliación de oferta en el largo plazo.

Estos costos están asociados exclusivamente a las condiciones de construcción, operación y mantenimiento de los sistemas. El nivel i) no permite recuperar nada de la inversión pasada en la infraestructura, solamente cubrir los requerimientos de operación y mantenimiento. Los niveles ii) y iii) permiten recuperar la inversión pasada mediante dos alternativas: a costos históricos o a costos de reemplazo, ya que los precios cambian en el tiempo. El nivel iv) es el que permite ampliar la infraestructura actual, teniendo en cuenta las distintas alternativas de expansión.

***Equidad***

El criterio de equidad es fundamental en la gestión del agua. Estamos ante un recurso esencial para la vida y el pleno desarrollo de las personas. El acceso al agua tiene efectos muy importantes en la salud y el bienestar de los seres humanos, y la privación del recurso genera serias limitaciones para su vida. Por ello, en los marcos normativos de los países crecientemente se viene estableciendo que el acceso al agua en cantidad y calidad suficiente para una vida digna es un «derecho humano» fundamental.

Para establecer una definición práctica del criterio de equidad, imaginemos una situación en la cual grupos o personas específicas de la sociedad son excluidos del acceso al agua. Estos grupos de personas pueden o no tener capacidad de pagar los servicios, pero su situación es de vulnerabilidad, ya

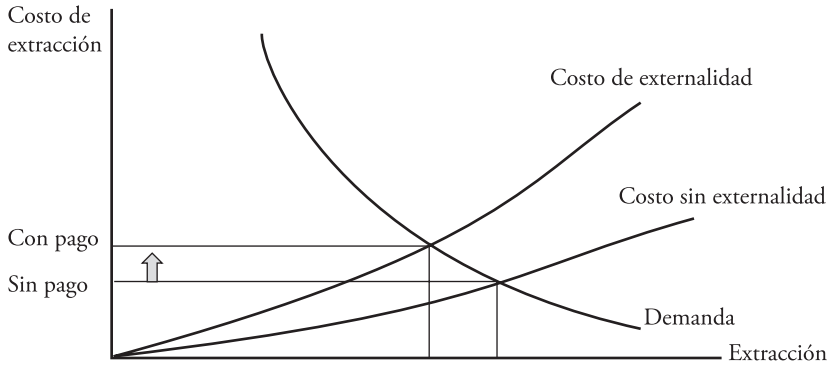
que, al no acceder al recurso en la cantidad y calidad suficientes, enfrentan permanentemente un obstáculo para mejorar su salud y bienestar.

La idea central en el criterio de equidad es que la sociedad o colectivo social garantice un acceso básico al agua requerida para una vida digna a todas las personas y grupos poblacionales, al margen de su condición socioeconómica. Se busca garantizar un «piso» de igualdad de acceso y oportunidades para todos. Por encima de ese mínimo, pueden operar las condiciones de oferta y demanda, o de mercado, en las cuales la capacidad de pago de las personas tiene más importancia para el resultado de la asignación del recurso. Un tema crítico es cómo y con qué recursos se garantiza a toda la población el acceso al agua, al margen de su condición socioeconómica.

***Sostenibilidad ambiental***

El uso del agua genera diversas externalidades, algunas positivas y otras negativas. Las externalidades se definen como una «falla de mercado»; es decir, los agentes que actúan de acuerdo con su propio interés no consiguen maximizar el beneficio social debido a que no asumen todo el costo que generan sus acciones en el caso de externalidades negativas; o no reciben todos los beneficios, en el caso de las positivas. La situación de uso del agua con externalidad negativa se presenta en el siguiente gráfico.

**Gráfico 9.3**
**Impuesto a la extracción y sostenibilidad ambiental**



La extracción de agua de un acuífero tiene un costo privado —el de extraer el agua—, pero el usuario no percibe el costo que genera la extracción en la reducción del acuífero, más allá de su nivel de reposición. En acuíferos sobreexplotados, esta externalidad negativa es muy importante y podría ser enfrentada con un esquema de pago a la extracción como el que se presenta en el gráfico, que equipara el pago al costo real con externalidad incluida. Una medida de esta naturaleza ayuda a la sostenibilidad ambiental del sistema, al reducir los niveles de sobreexplotación del recurso.

### *Evaluación general de los instrumentos*

La evaluación general de los instrumentos económicos tiene que realizarse en forma multidisciplinaria y considerando estos criterios u otros adicionales, según la naturaleza del problema por enfrentar. Frente a un problema relacionado con el agua, es posible definir instrumentos económicos alternativos que luego sean evaluados en una matriz del siguiente tipo:

**Matriz de evaluación de instrumentos económicos**

| | **Instrumento 1** | **Instrumento 2** | **Instrumento 3** |
|---|---|---|---|
| Eficiencia | | | |
| Equidad | | | |
| Sostenibilidad financiera | | | |
| Sostenibilidad ambiental | | | |

Un ejemplo práctico de trabajo en grupo aplicado en algunas clases sobre gestión de recursos hídricos en el que se puede utilizar esta matriz es el siguiente.

---

**Ejercicio de trabajo en grupos sobre evaluación de instrumentos económicos**

En un área urbana existen tres usos de agua: doméstico, industrial y asimilación de desechos. Existen otras fuentes para obtener agua adicionalmente, pero explotarlas requiere un proyecto bastante costoso.

La autoridad de la ciudad enfrenta los siguientes problemas relacionados con el agua:

- 40% de la población urbana no tiene acceso al servicio y obtiene el recurso de vendedores privados.
- Los usuarios de uso doméstico e industrial pagan el 50% y el 70% de los costos totales de proveer el servicio.
- No hay una planta de tratamiento para el agua usada en la ciudad, que está muy contaminada y afecta a pobladores de zonas marginales ubicadas aguas abajo.

La autoridad busca resolver estos problemas usando instrumentos económicos y tu grupo tiene que desarrollar una propuesta para implementar estos instrumentos. El grupo tiene que presentar lo siguiente:

- Escoger el problema principal de agua que propone resolver.
- Plantear un instrumento económico para enfrentar el problema y evaluarlo sobre la base de los criterios de eficiencia, equidad, y sostenibilidad financiera y ambiental.

---

Se pueden utilizar diversas formas de asignar puntajes a los instrumentos propuestos, así como darles pesos relativos a los criterios de evaluación. Lo importante del trabajo en grupo es que se llegue al consenso informado de los participantes sobre la mejor alternativa que será propuesta a la autoridad correspondiente.

# Capítulo 10
# Estimación del atraso en tarifas agrarias

Las tarifas de uso agrario son un instrumento económico muy importante para la gestión del agua en las zonas irrigadas del Perú. Diversas evidencias indican que estas tarifas tendrían altos niveles de atraso con respecto a los costos, lo cual afecta la operación y el mantenimiento de la infraestructura que permite el riego. En este capítulo presentamos una aplicación[12] de análisis económico para estimar el atraso en el nivel de las tarifas de uso agrario en la costa irrigada del Perú, una de las áreas de mayor dinamismo económico y productivo. El capítulo presenta y discute información y evidencia en torno a los niveles de atraso de las tarifas, y evalúa algunos impactos adversos de tal situación.

## 10.1. Evidencias del atraso en las tarifas agrarias en la costa peruana

De acuerdo con la normatividad vigente, las tarifas de agua para fines de uso agrario que cobran las Juntas de Usuarios en el Perú son aprobadas por la autoridad local del agua —actualmente, Autoridad Local de Agua (ALA), antes Autoridad Técnica del Distrito de Riego (ATDR)—, las cuales, a su vez, dependen funcionalmente de la Autoridad Nacional del Agua —actualmente, ANA; antes, Intendencia de Recursos Hídricos—, institución del Ministerio de Agricultura.

Las tarifas deberían, en teoría, ser fijadas para cubrir por lo menos los gastos de operación y mantenimiento de los sistemas mayores de riego,

12 El presente capítulo se basa en Zegarra y Quezada (2010).

financiando el proceso de distribución del agua en cada campaña agrícola. En zonas con grandes inversiones en sistemas de riego realizados por el Estado, se presume que también se cobraría para recuperar los costos de la inversión, aunque esta práctica es casi inexistente.

En términos formales, las tarifas se deben fijar por unidad de volumen de agua (nuevos soles/$m^3$), y en función de un Plan de Cultivo y Riego (PCR). En la práctica, la tarifas se fijan como un monto global para cubrir el presupuesto de la Junta de Usuarios, el cual luego se divide por superficie bajo riego (nuevos soles/ha) o por turno (nuevos soles/turno), así como por volumen de agua (nuevos soles/$m^3$).

En un informe del Proyecto Subsectorial de Irrigación (PSI)[13] se consigna información sobre tarifas de agua de uso agrario en todas las Juntas de Usuarios de la costa para los años 2004 y 2005. En el cuadro siguiente se presentan algunas de las características de estas tarifas, agrupadas en cinco regiones geográficas de costa: norte, norte chico, centro, sur chico y sur.

**Cuadro 10.1**
**Características de tarifas de uso agrario en costa peruana**

| | Area bajo | Número de | Tarifas de Agua (nuevos soles/$m^3$) | | | Eficiencia de Cobro (%) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Riego | Usuarios | 2004 | 2005 | var % | 2002 | 2004 | var % |
| Centro | 47 536 | 22 105 | 0,016750 | 0,016750 | 0,0% | 48,36 | 54,85 | 13,4% |
| Norte | 514 112 | 162 152 | 0,012603 | 0,013257 | 5,2% | 72,99 | 81,18 | 11,2% |
| Norte Chico | 141 489 | 46 268 | 0,012556 | 0,012489 | -0,5% | 36,12 | 58,80 | 62,8% |
| Sur | 97 011 | 41 082 | 0,006456 | 0,007102 | 10,0% | 51,29 | 65,39 | 27,5% |
| Sur Chico | 102 841 | 37 263 | 0,015925 | 0,016987 | 6,7% | 56,33 | 65,05 | 15,5% |
| **Total general** | **902 989** | **308 870** | **0,010997** | **0,011521** | **4,8%** | **55,67** | **68,24** | **22,6%** |

Fuente: PSI.
Elaboración: GRADE.

13 Informe julio-diciembre 2005 del Programa de Entrenamiento en Servicio PES III. Programa Sub Sectorial de Irrigación—PSI II, Ministerio de Agricultura.

El área bajo riego en la costa peruana ascendía a un poco más de 900 000 hectáreas, con 308 000 usuarios. La información sobre tarifas de agua cobradas a los regantes en cada una de las zonas indica que el promedio en el 2004 fue de 0,011 nuevos soles por metro cúbico, con un incremento de 4,8% en el 2005. Para un módulo de 10 000 metros cúbicos, esto equivale a unos 110 nuevos soles —unos 35 dólares al tipo de cambio de ese año—. Con esa cantidad de agua, es posible sostener un cultivo transitorio en una hectárea en una campaña normal y con riego por surcos.

En el cuadro se consigna que la eficiencia de cobranza subió de 55,7 a 68,2% entre los años 2002 y 2004. Parte de estos logros se debió a la intervención del PSI, que tiene un esquema de incentivos y capacitación para que las Juntas de Usuarios (JU) mejoren en el proceso de fijación y cobro de tarifas.

La información disponible no permite conocer el grado real de atraso de las tarifas, al no tener datos sobre los costos de manejo y gestión de los sistemas de distribución del agua en cada JU. En el texto que sigue, se realiza una aproximación al nivel de atraso de las tarifas de agua de uso agrario tanto en términos absolutos —al compararse con costos de operación y mantenimiento (O & M)— como relativos —al medir atrasos en el interior de las tarifas fijadas—. Nuestro cálculo global de atraso combina ambos cálculos.

## 10.2. Estimación del atraso en las tarifas de agua de uso agrario

No conocemos estudios sobre los costos reales de O & M de los sistemas de irrigación de la costa peruana. Para determinar el monto requerido de recursos para financiar estas actividades, usaremos como referencia el documento de trabajo elaborado por González (2002).

Según este trabajo, para mejorar el desempeño de los sistemas de irrigación y sobre la base de la comparación entre países y proyectos, se debería gastar anualmente en O & M un promedio de 75 dólares por hectárea. Este monto es considerado para todo el sistema de irrigación, tanto para los

sistemas de explotación (infraestructura mayor) como para los sistemas de distribución (infraestructura menor). En este caso, no fue posible distinguir los costos de O & M de infraestructura mayor de los de la infraestructura menor. Sin embargo, en un estudio de *Alberta Agriculture, Food and Rural Development; Farm Operations Cost Guide* (2001) se determinó que el costo mínimo para la O & M de infraestructura de riego no regulada es de 34 dólares por hectárea, que se aproximarán a los costos promedio de la infraestructura menor. Se usarán ambos estimados para el cálculo del monto global de O & M que deberían financiar las tarifas de agua en la costa peruana.

Se usará la base de datos del PSI sobre tarifas y montos de recaudación para el año 2004. Cuando el valle tiene infraestructura mayor de irrigación —reservorio de gran escala y sistemas de canales—, se le aplicará el valor de 75 dólares por hectárea para estimar el costo real de O & M. Cuando el valle no tiene infraestructura de regulación, se le aplicará un costo de 34 dólares por hectárea. Luego se comparará el valor de recaudación fijado para el año 2004, en el cual se considera un promedio de 80% de dedicación a O & M —ya que se tienen que deducir pagos al Estado por retribución— con el costo real tomado de los estudios mencionados. Al ratio entre ambos valores se lo llamará eficiencia absoluta en la fijación de tarifas de agua de uso agrario.

Además de este cálculo, útil para conocer el «atraso absoluto» de las tarifas, se usará una metodología complementaria para estimar el «atraso relativo». Para el cálculo de atraso relativo, se utilizará una metodología similar a la que usan los economistas para medir los niveles de eficiencia técnica de los agricultores, y que se conoce como «método de la frontera estocástica». En un contexto en el que los productores tienen una función de producción *f(x)*, la estimación de un modelo de frontera estocástica tiene la siguiente estructura:

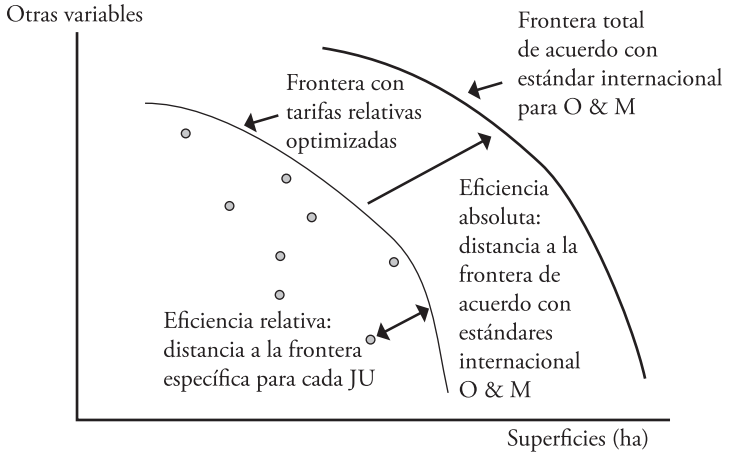
$$Y = f(x) + u + v \qquad (10.1)$$

Donde *f(x)* es la función de producción sobre la base del vector de factores *x*; *u* es una variable estocástica no negativa que mide la distancia de

la producción obtenida a una «frontera» de máxima eficiencia; y *v* es una variable aleatoria que representa desviaciones estocásticas con respecto al valor esperado de producción. La variable *u* se asume distribuida media-normal en la parte positiva de la distribución, mientras que *v* tiene una distribución normal con valor esperado igual a cero y varianza constante. La estimación del parámetro *u* permite calcular, para cada agricultor, cuán lejos está de su «frontera» óptima de producción de acuerdo con la tecnología disponible en el grupo de agricultores con los que se compara. Es, por tanto, una medida de eficiencia técnica.

El enfoque se puede adaptar a este caso, en el cual asumimos que existe para las JU una especie de «frontera de eficiencia en tarifas», dado su comportamiento observado. La distancia de cada JU a dicha frontera es una medida de atraso, en este caso «relativo», a la tarifa que se debería estar cobrando de acuerdo con el comportamiento observado de todas las JU. Como, además, el conjunto de tarifas vigentes y esta frontera estimada también pueden estar atrasados con respecto a los costos de O & M, tendremos este componente relativo —estimado mediante la frontera estocástica— y también un componente absoluto —estimado usando el *benchmark* de costos de O & M a nivel internacional—. En el siguiente gráfico se presenta el enfoque utilizado.

**Gráfico 10.1**
**Enfoque de frontera para fijación de tarifas**



Hemos aplicado esta metodología a la recaudación objetivo de acuerdo con la tarifa de agua fijada por las JU para el año 2004 a través de la estimación del siguiente modelo para la recaudación por cobro de tarifas de las JU:

$$RO\ (2004) = \text{función}\ (\text{Has, Usuarios, Volumen, Distrito de riego}, u) + v \quad (10.2)$$

donde:

**RO(2004)**: log (monto por recaudar por tarifas de agua en el 2004)
**Has**: log (superficie bajo riego en JU)
**Usuarios**: log (número de usuarios (regantes) en JU)
**Volumen**: log (volumen de agua por entregar por JU)
**Distrito de riego**: *dummy* de acuerdo con régimen hídrico y presencia de regulación
***u***: capacidad o eficiencia relativa de la JU para generar recursos por tarifa de agua

El parámetro de interés es *u*, que medirá «eficiencia relativa en la recaudación por tarifas», que se estima asumiendo una distribución media-normal para este parámetro, y normal para el error *v*. Una vez estimado este parámetro para cada JU, se obtiene una medida del atraso relativo de la tarifa de cada JU con respecto a la «frontera»; es decir, con respecto al monto que debería estar generando en función de su área bajo riego, número de usuarios, volumen de agua y tipo de distrito de riego donde se ubica.

Los resultados de las estimaciones del nivel absoluto y relativo de eficiencia en la fijación de tarifas de agua de uso agrario por zonas de la costa peruana se presentan en el cuadro siguiente.

**Cuadro 10.2**
**Niveles de atraso estimados para tarifas de uso agrario en la costa del Perú**

| | Eficiencia | | | Multiplicadores | | | Monto | Monto | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Relativa | Absoluta | Total | Relativa | Absoluta | Total | Aprobado 2004 | Real 2004 | Diferencia |
| | | | | | | | | | |
| Norte | 0,58 | 0,29 | 0,18 | 1,72 | 3,45 | 5,56 | 32 236 060 | 179 089 222 | -146 853 162 |
| Norte chico | 0,62 | 0,58 | 0,40 | 1,61 | 1,72 | 2,50 | 11 132 108 | 27 830 270 | -16 698 162 |
| Centro | 0,86 | 0,88 | 0,88 | 1,16 | 1,14 | 1,14 | 5 664 255 | 6 436 653 | -772 398 |
| Sur chico | 0,75 | 0,49 | 0,38 | 1,33 | 2,04 | 2,63 | 6 866 023 | 18 068 482 | -11 202 459 |
| Sur | 0,33 | 0,66 | 0,31 | 3,03 | 1,52 | 3,23 | 9 886 100 | 31 890 645 | -22 004 545 |
| | | | | | | | | | |
| **Total** | **0,77** | **0,43** | **0,29** | **1,30** | **2,33** | **3,45** | **65 784 546** | **226 843 262** | **-161 058 716** |

Fuente: PSI.
Elaboración: GRADE.

Las eficiencias han sido ponderadas por el área bajo riego en cada región y sobre el total para el conjunto de valles. El valor promedio ponderado por el área total del parámetro de eficiencia absoluta de las tarifas de agua de uso agrario es 0,43, mientras que el de la eficiencia relativa, de 0,77, con una eficiencia total de solamente 0,29. El valor inverso de estos niveles es un multiplicador que reflejaría por cuánto se tendrían que multiplicar los valores de la tarifa vigente para cubrir los costos de O & M.

Estos resultados indican que para alcanzar el nivel de eficiencia absoluta de cobertura de costos de O & M de acuerdo con estándares técnicos, las tarifas deberían multiplicarse en promedio por 2,33; y para equiparar la eficiencia relativa al interior, estas deben ser multiplicadas en promedio por 1,30. En total, las tarifas requieren ser multiplicadas en promedio por 3,45, con zonas con mucho mayor atraso como costa norte (5,56) y sur (3,23). La zona de costa centro es la que muestra menor nivel de atraso en este caso (multiplicador de solo 1,14). En términos de recaudación, un sinceramiento completo de las tarifas de agua de uso agrario requiere generar recursos por 226,8 millones de nuevos soles; es decir, 161 millones de nuevos soles adicionales a los 65,8 millones de nuevos soles aprobados en el año 2004. En general, el nivel de atraso requeriría multiplicar por 3,5 las tarifas del año 2004 para cubrir plenamente los costos de O & M.

## 10.3. Evidencia adicional sobre el atraso de las tarifas

En otro estudio que desarrollamos en GRADE, se realizó una encuesta a productores de 20 juntas de usuarios ubicadas en valles costeños para el año 2005. La encuesta indagó por el pago de tarifas de agua; en este caso, convertidas a pagos por hectárea. Los resultados se presentan en el cuadro 10.3.

**Cuadro 10.3**
**Tarifa media por hectárea en Juntas de Usuarios**

| Junta de usuarios | S/. x ha | Error estándar | Intervalos de confianza | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Inferior | Superior |
| ALTO CHICAMA | 47,0 | 6,9 | 33,4 | 60,6 |
| CAÑETE | 121,1 | 0,4 | 120,2 | 122,0 |
| CHANCAY HUARAL | 94,8 | 4,7 | 85,6 | 104,0 |
| CHAO | 165,8 | 27,7 | 111,4 | 220,1 |
| CHICAMA | 118,9 | 15,2 | 89,1 | 148,8 |
| IRCHIM | 102,6 | 2,7 | 97,3 | 107,9 |
| LA JOYA ANTIGUA | 149,6 | 7,3 | 135,2 | 163,9 |
| LURÍN | 66,7 | 3,6 | 59,7 | 73,8 |
| NEPEÑA | 61,5 | 3,9 | 53,7 | 69,2 |
| OCOÑA PAUSA | 104,3 | 9,0 | 86,7 | 121,9 |
| PISCO | 88,0 | 1,8 | 84,4 | 91,5 |
| PUNTA DE BOMBÓN | 140,1 | 21,6 | 97,8 | 182,4 |
| REGULADO JEQUETEPEQUE | 225,3 | 13,5 | 198,8 | 251,8 |
| SANTA | 92,5 | 0,6 | 91,3 | 93,7 |
| SANTA RITA DE SIGUAS | 127,7 | 36,1 | 56,9 | 198,5 |
| TAMBO | 237,9 | 32,2 | 174,8 | 301,0 |
| TUMBES | 142,7 | 9,7 | 123,6 | 161,8 |
| PROMEDIO | **122,7** | | | |

Fuente: Encuesta de Linea de Base-PSI, GRADE.

El promedio de la tarifa de agua por hectárea para las 20 JU fue de 123 nuevos soles por hectárea/año. Tambo, en Arequipa, y el valle regulado de Jequetepeque aparecen con las tarifas más altas en esta muestra, mientras que Alto Chicama, Lurín y Nepeña, con el menor pago promedio por hectárea. Un elemento interesante de esta información es que se pueden estimar los pesos de este pago en los costos de producción de los agricultores. Esta información se presenta en el cuadro 10.4.

En promedio, las tarifas de agua que pagan los agricultores en estos valles costeños significan solamente un 2,2% del costo productivo. Las JU con mayor peso en el costo de producción son la de Jequetepeque regulado (4,0%) y Punta de Bombón en Arequipa (3,0%). En general, las tarifas aparecen ocupando un lugar marginal en los costos de producción de los agricultores, lo cual puede considerarse también como una prueba de su relativamente bajo nivel actual.

**Cuadro 10.4**
**Proporción del costo de la tarifa de agua sobre los costos de producción**

| Junta de usuarios | S/. x ha | Error estándar | Intervalos de confianza | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Inferior | Superior |
| ALTO CHICAMA | 1,9% | 0,4% | 1,1% | 2,6% |
| CAÑETE | 2,3% | 0,5% | 1,4% | 3,2% |
| CHANCAY HUARAL | 1,6% | 0,2% | 1,2% | 1,9% |
| CHAO | 2,4% | 0,5% | 1,4% | 3,5% |
| CHICAMA | 2,9% | 0,8% | 1,4% | 4,5% |
| IRCHIM | 1,3% | 0,2% | 0,9% | 1,7% |
| LA JOYA ANTIGUA | 1,9% | 0,4% | 1,1% | 2,7% |
| LURÍN | 2,4% | 1,0% | 0,5% | 4,4% |
| NEPEÑA | 2,6% | 0,4% | 1,8% | 3,3% |
| OCOÑA PAUSA | 2,7% | 0,4% | 1,8% | 3,6% |
| PISCO | 0,9% | 0,1% | 0,7% | 1,0% |
| PUNTA DE BOMBÓN | 3,0% | 0,7% | 1,7% | 4,3% |
| REGULADO JEQUETEPEQUE | 4,0% | 0,4% | 3,2% | 4,8% |
| SANTA | 2,0% | 0,1% | 1,8% | 2,3% |
| SANTA RITA DE SIGUAS | 1,9% | 0,5% | 0,9% | 2,8% |
| TAMBO | 1,8% | 0,3% | 1,1% | 2,4% |
| TUMBES | 1,8% | 0,2% | 1,4% | 2,2% |
| PROMEDIO | **2,2%** | | | |

Fuente: Encuesta de Linea de Base-PSI, GRADE.

Además de esta información, se obtuvieron algunos datos de un subgrupo de JU (cuadro 10.5) sobre montos recaudados sobre la base de las tarifas. Además, se indagó si las JU tienen un presupuesto asignado a urgencias, que les permita afrontar eventos adversos inesperados.

**Cuadro 10.5**
**Montos recaudados y presupuesto de JU para urgencias**

| | | | Nuevos soles | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **Número de usuarios** | **Número de ha** | **Por usuario** | **Por ha** | **Presupuesto para urgencias** |
| Chao regulado | 4193 | | 266 | n.d. | Sí |
| Chao no regulado | 376 | | | | |
| Jequetepeque regulado | 14 158 | 45 959 | 182 | 56 | Sí |
| Chicama | 5257 | 70 349 | 511 | 38 | Sí |
| Motupe | 3164 | | n.d. | n.d. | No |
| Santa Rita de Siguas | 131 | 2111 | 2012 | 125 | No |
| Tambo | 2125 | 5471 | 182 | 71 | Sí |
| Punta de Bombón | 1502 | 2320 | n.d. | n.d. | No |

Fuente: Encuesta de Linea de Base-PSI, GRADE.

La recaudación oscila entre 38 nuevos soles por hectárea en Chicama hasta un máximo de 125 nuevos soles por hectárea en Santa Rita. Cabe señalar que estas cifras son inferiores a las tarifas aprobadas por las autoridades para estas JU y, por ende, se desprende que existe un problema de morosidad —o no pago— importante. Además, tres de las ocho JU analizadas no tienen presupuesto para urgencias.

## 10.4. Impactos del atraso de las tarifas

El problema del atraso de las tarifas de agua de uso agrario tiene múltiples implicancias económicas que deberían ser consideradas para el diseño de las políticas correspondientes. En primer lugar, la falta de recursos para una adecuada provisión de servicios de operación y mantenimiento de los sistemas de irrigación genera un deterioro creciente en la eficiencia en la distribución del agua a través de esos sistemas. El documento oficial *Política y estrategia de riego en el Perú* (MINAG 2003) señala lo siguiente:

> Por deficiencias en el mantenimiento de los sistemas de riego y vulnerabilidad de los mismos, la capacidad hidráulica de los canales es

> insuficiente, produciéndose pérdidas de distribución del orden de 20%. Las tomas, en el 90% de los casos rústicas, encarecen su mantenimiento y son ineficientes para derivar aguas de riego. (p. 10).
>
> […] A lo anterior se suma el problema de las inversiones por ejecutar en obras de reconstrucción y rehabilitación de carácter urgente por la ocurrencia de fenómenos naturales (Fenómeno El Niño, sismos, etc.), así como por la falta de mantenimiento de la infraestructura. (p. 11).

Pero la reducida tarifa que los agricultores pagan por el acceso al agua también tiene otras implicancias económicas importantes. Al estar el precio del agua muy por debajo de su valor real, los agricultores tienen incentivos para un fuerte sobreúso del agua, con impactos adversos en los suelos sobreirrigados. Se estima que, actualmente, unas 300 000 hectáreas en la costa peruana tienen problemas de salinización.

En el cuadro 10.6 se presenta información sobre la evolución histórica de algunas cifras críticas del sector irrigación en la costa peruana. Destaca que un significativo aumento en la oferta de agua disponible para la agricultura costeña durante las últimas décadas ha estado acompañado por un significativo incremento en las tierras con problemas de salinización, que prácticamente se han duplicado en los últimos 30 años, pues en el año 2000 representan el 30% de las tierras bajo riego y el 45% de las tierras cultivadas. La falta de inversiones en infraestructura de drenaje es una de las principales causas para esta tendencia negativa.

**Cuadro 10.6**

**Cifras clave sobre el sector irrigación en la costa peruana**

| Años | Área con riego | Área cultivada | Área degradada | % bajo riego | Agua utilizada | Caudal medio |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ,000 Hectáreas | ,000 Hectáreas | Salinidad (,000 ha) | degradado | $MM^3$ | $m^3$/ha-año |
| 1964 | 500 | 580 | 150 | 30,0% | 8000 | 13 793 |
| 1969 | 620 | 620 | | | 9000 | 14 516 |
| 1976 | 770 | 640 | 255 | 33,1% | 9700 | 15 156 |
| 1984 | 935 | 500 | 252 | 27,0% | 11 300 | 22 600 |
| 2000 | 1050 | 660 | 296 | 28,2% | 14 300 | 21 666 |

Fuente: Tomado de Iguiñiz (2007).

Finalmente, es importante considerar que el atraso absoluto y relativo en las tarifas de agua de uso agrario también tiene efectos adversos sobre la equidad. Los agricultores ubicados en las zonas menos accesibles al agua en los valles costeños tienden a ser los más afectados por la mayor ineficiencia en la distribución del agua. En este contexto, un aumento de tarifas de agua puede incluso generar ganancias en términos de equidad, si se demuestra que las mejoras en eficiencia de distribución —por mejor O & M— tienden a beneficiar más a los agricultores menos privilegiados en el acceso al agua en los valles.

# Capítulo 11
# Tarifas y consumo de agua de uso domiciliario

En este capítulo analizamos la relación entre el consumo de agua y las tarifas de las empresas prestadoras de servicios de agua y saneamiento (EPS) en el Perú.

## 11.1. La base de datos de Sunass

Se tomó información disponible en la página web de Sunass (www.sunass.gob.pe) sobre algunas variables importantes para el análisis económico del sector de consumo doméstico de agua potable, que es atendido por las EPS y regulado por Sunass en las principales ciudades del país. Los datos disponibles corresponden al año 2011. Se decidió usar solo los datos de las EPS que tuvieran completa la información para estas variables, que son 44 de las 50 con que cuenta la base de datos de Sunass.

Además de esta información, se utilizó la Enaho del año 2011 para generar un promedio de ingresos per cápita de la población atendida, para lo cual se realizó un empalme entre la base de datos de Sunass y la Enaho en el nivel provincial y para población urbana en dichas provincias. Así, en la Enaho del 2011, se pudo estimar el ingreso per cápita promedio del ámbito atendido por cada EPS. El empalme permitió generar la variable solamente para 29 EPS, por lo que la variable de ingreso per cápita se usará solo parcialmente en las estimaciones. En el cuadro 11.1 se presentan valores medios de estas variables de acuerdo con el tipo de empresa: pequeña, mediana, grande y Sedapal.

**Cuadro 11.1**
**Valores medios de variables seleccionadas para EPS**

| Variables | UM | Pequeña | Mediana | Grande | Sedapal | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Cantidad de empresas | número | 16 | 14 | 13 | 1 | **44** |
| Consumo per cápita | litros/día/pers | 195 | 202 | 167 | 163 | **189** |
| Tarifa media | nuevos soles/$m^3$ | 1,08 | 1,26 | 1,53 | 2,41 | **1,30** |
| Costo medio | nuevos soles/$m^3$ | 0,80 | 1,11 | 1,08 | 1,56 | **1,00** |
| Relación de trabajo | ratio | 0,87 | 0,88 | 0,81 | 0,67 | **0,85** |
| Volumen producido | $m^3$ | 3 377 423 | 10 322 367 | 32 434 270 | 683 246 155 | **29 623 717** |
| Volumen no facturado | porcentaje | 42,6 | 47,0 | 38,4 | 34,6 | **42,6** |
| Población atendida | personas | 19 554 | 50 413 | 218 002 | 5 965 583 | **223 142** |

Fuente: Sunass 2013.

En este caso, nos interesa la relación entre el consumo y el «precio» del agua; es decir, la tarifa. Esta relación puede generarse como una función general de demanda de agua que tome la siguiente forma para cada ciudad *i*:

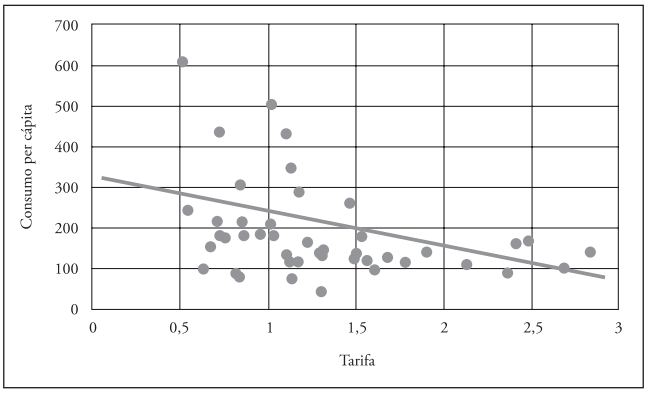
$$C_i = f(\text{tarifa}_i, \text{ingreso per cápita}_i, \text{otras variables}) \qquad (11.1)$$

Donde *Ci* es el consumo per cápita de la ciudad *i*. Este tipo de función se deriva de la maximización de la utilidad de los consumidores sujeta a la restricción presupuestal, razón por la cual se incorpora el ingreso en la función.

En la estimación pueden incorporarse otras variables relacionadas con características de las ciudades o de las preferencias de los consumidores.

Una primera aproximación a esta relación es, simplemente, vincular ambas variables en un gráfico como el siguiente.

**Gráfico 11.1**
**Tarifa y consumo de agua**




A simple vista, se observa una posible relación negativa entre ambas variables. El coeficiente de correlación entre ambas variables es -0,365, que indica una relación negativa. No obstante, como se puede ver, la relación no sería «perfecta»; es decir, si se asume una relación como la de la línea en el gráfico, por ejemplo, hay muchas observaciones que no caen perfectamente en esta —incluso ninguna observación real puede caer en ella—. Aquí es importante introducir la idea de una relación estadística entre ambas variables. Para esto, se requiere un modelo de regresión, que tiene los siguientes componentes.

$$C_i = a + b^*(tarifa_i) + v_i \qquad (11.2)$$

Donde $v_i$ es una variable aleatoria con distribución normal conocida, con valor esperado igual a cero y varianza igual a un valor constante. Esta variable aleatoria puede interpretarse como una desviación o «ruido» en el valor observado del consumo con respecto al valor esperado (representado por la línea). Esta desviación no está correlacionada con la variable tarifa.

En un modelo de regresión de este tipo se busca estimar los parámetros *a* y *b* de tal forma que se minimice la suma de estas desviaciones en términos absolutos —o la suma del cuadrado de las desviaciones—. Sobre la

base de un algoritmo de minimización de esta suma se obtienen los valores estimados de ambos coeficientes *a°* y *b°*, para los que se cumple:

$$E\,(C_i|\text{tarifa}) = a° + b°(\text{tarifa}_i) \qquad (11.3)$$

Es decir, el valor esperado del consumo per cápita de cada ciudad es igual a la expresión lineal de la derecha de 11.3, dado que $E\,(v_i) = 0$. Los parámetros estimados *a°* y *b°* son también variables aleatorias con una distribución t-Student, y la estimación permite conocer el error estándar de cada coeficiente estimado con el que se pueden construir intervalos de confianza para los valores del coeficiente estimado.

La estimación de ambos coeficientes es muy importante en el análisis económico porque permite generar predicciones del comportamiento en el consumo ante cambios en la tarifa. La expresión 11.2 señala que existe un componente fijo de la demanda —no depende de la tarifa— y que viene dado por el coeficiente *a*, y un componente variable que sí varía con la tarifa y viene dado por el coeficiente *b*.

Los parámetros de regresión estimados *a°* y *b°* nos permiten aproximarnos al valor esperado de ambos coeficientes con un margen de error conocido, dado por el intervalo de confianza de cada uno de estos. Los resultados de una estimación de este tipo se presentan en el cuadro siguiente.

**Cuadro 11.2**
**Regresión de modelo simple de demanda de agua potable**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Observaciones | 44 | | | | | |
| F(1, 42) | 6,46 | | | | | |
| Prob > F | 0,0148 | | | | | |
| $R^2$ | 0,1332 | | | | | |
| $R^2$ ajustado | 0,1126 | | | | | |
| | | | | | | |
| **consumo** | **Coef.** | **Err. Estand** | **Valor t** | **P>t** | **[95% Conf.** | **Interval]** |
| | | | | | | |
| tarifa | -73,7 | 29,0 | -2,54 | 0,02 | -132,2 | -15,2 |
| constante | 284,4 | 41,3 | 6,89 | 0,00 | 201,1 | 367,6 |

El coeficiente de la tarifa es negativo (-73,7) y estadísticamente diferente de 0 al 95% de confianza. Su intervalo de confianza al 95% es [-132,2, -15,2]; es decir, los valores del coeficiente caen en este intervalo con una probabilidad de 95%.

Este valor del coeficiente indica que ante un aumento de la tarifa se esperaría una caída en la cantidad promedio de consumo de agua y esta sería la pendiente de la recta en el gráfico. Igualmente, el consumo fijo de la muestra de ciudades es de 284 litros/persona/día, que sería el intercepto en el eje horizontal en el gráfico.

Además de la tarifa, esperaríamos que el ingreso per cápita de la población tenga un papel en el consumo de agua. En el presente caso, se estimó un modelo que incorpora al ingreso per cápita, pero el coeficiente correspondiente no es distinto de cero en ningún nivel de confianza razonable, como se puede ver a continuación.

**Cuadro 11.3**
**Regresión de consumo de agua en modelo con ingreso per cápita**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Observaciones | 29 | | | | | |
| F( 1, 26) | 2,03 | | | | | |
| Prob > F | 0,151 | | | | | |
| $R^2$ | 0,135 | | | | | |
| $R^2$ ajustado | 0,069 | | | | | |
| | | | | | | |
| **consumo** | **Coef.** | **Err. Estand** | **Valor t** | **P>t** | **[95% Conf.** | **Interval]** |
| | | | | | | |
| tarifa | -79,58 | 39,57 | -2,01 | 0,055 | -160,92 | 1,76 |
| ingreso per cápita | 0,010 | 0,013 | 0,78 | 0,440 | -0,02 | 0,04 |
| constante | 197,19 | 108,70 | 1,81 | 0,081 | -26,25 | 420,63 |

La variable de la tarifa mantiene el signo y significancia estadística, aunque se incrementa la pendiente (negativa), mientras el intercepto cae; es decir, se tendría una recta más inclinada y desplazada hacia la izquierda que en la estimación anterior. Un problema con esta estimación es que solo tenemos 29 observaciones —del total de 44— con el ingreso, con lo que se pierde mucha información importante.

Una forma alternativa de estimar el modelo simple —solo con tarifa— es especificando una relación no lineal doble-logarítmica entre el consumo y la tarifa. Un modelo de este tipo tiene la siguiente forma:

$$C_i = \exp(a)*(tarifa_i)^{b*} \exp(v_i) \qquad (11.4)$$

Tomando logaritmos en ambos lados de la expresión:

$$\log(C_i) = a + b* \log(tarifa_i) + v_i \qquad (11.4')$$

En este caso, la relación entre el consumo y la tarifa no es lineal en 11.4. El coeficiente *b* representa directamente la elasticidad-precio en la demanda de agua, y de allí su conveniencia para las estimaciones. Este tipo de estimación se presenta en el cuadro siguiente.

**Cuadro 11.4**
**Estimación de relación doble-logarítmica**

| Observaciones | 44 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| F(1, 42) | 7,11 | | | | | |
| Prob > F | 0,0108 | | | | | |
| $R^2$ | 0,1449 | | | | | |
| $R^2$ ajustado | 0,1245 | | | | | |
| | | | | | | |
| **logcons** | **Coef.** | **Err. Estand** | **Valor t** | **P>t** | **[95% Conf.** | **Interval]** |
| | | | | | | |
| log(tarifa) | -0,468 | 0,175 | -2,67 | 0,011 | -0,82 | -0,11 |
| constante | 5,172 | 0,080 | 64,35 | 0 | 5,01 | 5,33 |

La elasticidad estimada es de -0,468. Un aumento del 10% en la tarifa implica una caída en 4,7% en el consumo per cápita de agua de las ciudades. En la estimación también se puede incorporar el ingreso per cápita (en logaritmos), con lo cual el coeficiente estimado es equivalente a la elasticidad-ingreso de la demanda. Esta estimación se presenta a continuación:

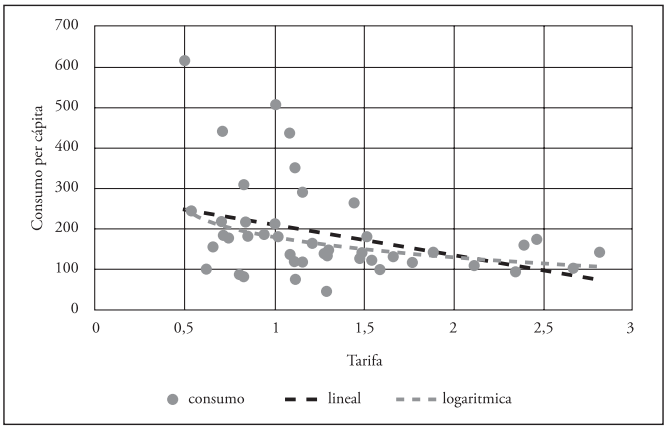
## Cuadro 11.5
## Modelo no lineal con ingreso per cápita

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Observaciones | 29 | | | | | |
| F( 1, 26) | 1,97 | | | | | |
| Prob > F | 0,1602 | | | | | |
| $R^2$ | 0,1314 | | | | | |
| $R^2$ ajustado | 0,0646 | | | | | |
| | | | | | | |
| **log(consumo)** | **Coef.** | **Err. Estand** | **Valor t** | **P>t** | **[95% Conf.** | **Interval]** |
| | | | | | | |
| log(tarifa) | -0,568 | 0,287 | -1,980 | 0,058 | -1,157 | 0,021 |
| log(ingreso per cápita) | 0,539 | 0,620 | 0,870 | 0,393 | -0,737 | 1,814 |
| constante | 0,294 | 5,639 | 0,050 | 0,959 | -11,297 | 11,885 |

La elasticidad-precio pasa a -0,57 y la elasticidad-ingreso estimada es de 0,54, aunque el coeficiente no es estadísticamente significativo. La constante también tiene una reducción significativa. En este caso, también hay una pérdida significativa de información en esta estimación, al tener solamente 29 empresas con la variable ingreso per cápita.

En el gráfico siguiente se pueden ver ambas estimaciones de la relación entre consumo y tarifa de agua. La forma logarítmica tiene el supuesto de una elasticidad-precio constante, mientras que la estimación lineal no tiene este supuesto.

## Gráfico 11.2
## Estimación lineal y logarítmica de relación entre consumo y tarifa



Lo importante es señalar que con este tipo de información se pueden hacer proyecciones sobre el impacto que tienen en el consumo de agua aumentos o reducciones en la tarifa media pagada por los consumidores. Usando datos reales, podemos ver que el consumo de agua de uso doméstico sí reacciona a la tarifa o «precio» del agua y, por ende, la tarifa es un instrumento importante para la gestión de la demanda de agua.

# Capítulo 12
# Evaluación de un esquema de tarifas de agua para uso no agrario

Las tarifas para usuarios no agrarios representan uno de los instrumentos más importantes a disposición de la autoridad de aguas para generar señales adecuadas hacia la gestión eficiente y sostenible del agua, y, además, para poder financiar las acciones requeridas por el sistema normativo, regulatorio y de gestión. Este instrumento debe ser cuidadosamente establecido, sustentado y aplicado, en la medida en que afecta a múltiples sectores económicos y tiene implicancias económicas complejas.

En el presente capítulo, presentamos los resultados de una evaluación[14] realizada al esquema de «Determinación de la tarifa de agua superficial para uso no agrario» utilizado por la ex Intendencia de Recursos Hídricos, hoy ANA, para fijar tarifas a los usuarios no agrarios en la primera mitad de la década del 2000. La evaluación se realizó en el marco de la preocupación de estos usuarios por el significativo aumento de tarifas establecido para los años 2001-2004. Presentamos una evaluación de la consistencia conceptual, metodológica y operativa del esquema usado como instrumento para la fijación de tarifas de agua para usos no agrarios.

## 12.1. Evaluación del esquema tarifario de agua para uso no agrario

A principios de la década del 2000, la autoridad de aguas —Intendencia de Recursos Hídricos, hoy ANA— decidió cambiar el esquema tarifario para usuarios no agrarios sobre la base de un estudio externo que se realizó en dos

14 El presente capítulo se basa en Zegarra, Asenjo y Salcedo (2004).

etapas. La primera etapa estuvo orientada exclusivamente a determinar el potencial impacto que tendría un incremento en tarifas de agua en el costo de las actividades económicas de los usuarios no agrarios no energéticos.[15] La segunda etapa del estudio se orientó a generar un sistema de fijación de tarifas de agua para los usos no agrarios y no energéticos en función de una metodología y de criterios establecidos por el propio estudio. Así, los documentos que se describirán y evaluarán son los siguientes:

> **Informe de costos (IC):** Informe «Incidencia de las tarifas de agua superficial en la estructura de costos de empresas no agrícolas»
> **Informe de fijación de tarifas (IFT[16]):** Informe final «Determinación de la tarifa de agua superficial para uso no agrario»

*El informe de costos (IC)*

Este estudio se enmarca en la preocupación de la autoridad por utilizar criterios económicos para la fijación de las tarifas de agua, tal y como se indica en normas legales como el D. L. 757.[17] Por ello, se planteó como estrategia evaluar primero el posible impacto que tendría un aumento de tarifas en los costos de las actividades económicas, para luego, en la segunda parte, plantear el esquema de fijación de las tarifas. Así, el objetivo básico de esta primera etapa fue «analizar la importancia del costo de agua superficial sobre la estructura de costos de distintas empresas (uso poblacional, minero, industrial y piscícola)» (sección 1.2. Objetivos).

Como el criterio económico a que hace referencia el D. L. 757 puede ser muy amplio, en el IC se planteó la siguiente interpretación:

> La determinación de la tarifa sobre la base de criterios económicos contempla dos elementos fundamentales: el *valor del recurso* (factor asociado

15 Se excluyeron del estudio las tarifas para uso agrario y energético, que tienen otro tratamiento normativo. Así, cuando hacemos referencia a «usuarios no agrarios» o «usuarios no agrícolas» nos referimos a los usuarios mineros, de agua potable, piscícola e industrial; es decir, excluimos también a los usuarios del sector energía.

16 Este informe tendría dos versiones que se mencionarán posteriormente como *IFT* e *IFT2*.

17 El sistema previo de fijación de tarifas se basaba en establecer un porcentaje de la UIT, sin mayor referencia a criterios económicos o de otra índole.

> a su disponibilidad y costo de oportunidad) y la *sostenibilidad de la tarifa* (entendida como la posibilidad de que esta pueda ser asumida por las empresas demandantes del recurso). En este último punto es donde cobra especial relevancia este informe (ítem 1.2, las cursivas son nuestras).

Como se puede apreciar, se reconoce que la tarifa de agua puede jugar un rol en la asignación del recurso entre usos alternativos, así como en la rentabilidad relativa de las actividades económicas al impactar sus costos.

En el esquema legal-institucional peruano el «precio» del agua es fijado por el Estado mediante una tarifa de agua. La tarifa la fija la autoridad competente: la Intendencia de Recursos Hídricos (IRH).[18] El IC acepta como criterio adicional al de «eficiencia» el de «sostenibilidad» de las tarifas, entendido como el que «permitirá fijar el máximo valor que se le puede cobrar a un tipo de usuario para no afectar severamente su estructura de costos» (ítem 1.3.3).

Cabe señalar aquí que de acuerdo con esto, el criterio de «sostenibilidad» se refiere exclusivamente a establecer valores máximos de las tarifas para no afectar «severamente» las estructuras de costos de las empresas. Este criterio debería usarse para poner topes a las tarifas de agua de uso no agrícola y evitar efectos adversos en los usuarios, en la medida en que un aumento en costos afectará su rentabilidad o ingreso esperado.

Sobre la base de estas consideraciones, el IC estuvo, entonces, orientado a medir los posibles impactos de las tarifas de agua en los usuarios no agrícolas; es decir, a generar información que permita implementar el llamado criterio de «sostenibilidad».

Para la medición de los potenciales impactos de aumentos en las tarifas de agua, el IC aplicó encuestas a empresas representativas de cada uno de los tipos de usuarios: minero, industrial, poblacional y piscícola. Se encuestó en total a 39 empresas: 7 industriales, 15 mineras, 3 piscícolas y 14 poblacionales. Respondieron 23 empresas: 3 industriales, 7 mineras, 3

18 A partir de 2009 la autoridad de aguas es la ANA, Autoridad Nacional del Agua.

piscícolas y 10 poblacionales. Se desprende de referencias del IC que esta encuesta fue aplicada en el año 2000, ya que requirió información para los años 1998 y 1999.[19]

Cabe señalar que en el IC no se menciona el marco muestral del cual fue tomada la muestra de empresas en cada sector. Con esto, no es posible opinar sobre el grado de representatividad de la muestra ni sobre la capacidad de generar inferencias estadísticas para el conjunto de empresas en cada uno de los sectores involucrados. Esta es una seria debilidad metodológica del IC que limita su aplicabilidad para sustentar de manera técnica el impacto del sistema de tarifas de agua propuesto en los costos de los diversos sectores productivos.

En cuanto al contenido de la encuesta aplicada, esta indagó por mecanismos de medición del consumo de agua. Así, se estableció que en los sectores minero y poblacional había buenos niveles de medición, mientras que en los sectores industrial y piscícola no. La encuesta también detectó que una buena parte de las empresas no piscícolas utilizaban agua subterránea junto al agua de fuente superficial. Igualmente, la mayor parte de las empresas realizaban algún tipo de tratamiento del agua antes de su uso en el proceso productivo. El tema central de la encuesta fue estimar la incidencia de la tarifa de agua sobre el gasto en insumos (GI) y el gasto total (GT). Aunque es claro lo que significa el gasto en insumos, no queda claro qué gastos se consideran en el gasto total; por ejemplo, no se conoce si se incluyen gastos por depreciación de capital.

Sobre la base de la información de las encuestas, se procedió a estimar la incidencia de la tarifa de agua en los costos para el año 1999. En el caso del sector minero, se decidió dividir la muestra en cuatro tipos productivos: oro, plomo-plata, zinc y cobre. Las participaciones de la tarifa de agua en los gastos se resumen en el siguiente cuadro.

19 En el IC no hay una referencia a las fechas en las cuales se aplicó la encuesta, aunque del informe se desprende que esta se realizó en el año 2000, pues solicita la información de los dos años anteriores (1998 y 1999).

**Cuadro 12.1**
**Incidencia de la tarifa de agua en costos de minería** (%)

| | Oro | Plomo - Plata | Zinc | Cobre |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |
| Gastos en insumos | 0,0081 | 0,2809 | 0,5095 | 0,0246 |
| | | | | |
| Gastos total | 0,0014 | 0,0324 | 0,0324 | 0,0038 |

Fuente: IC.

Como se puede observar, la incidencia estimada de la tarifa de agua en los costos mineros para el año 1999 parece ser bastante baja, aunque con diferencias significativas por tipo de productos. Claramente, el zinc aparece con mayor incidencia tanto en insumos como en el gasto total, seguido de plomo-plata. Mucho menor incidencia tendría el gasto en tarifa de agua para el cobre y en una magnitud aún menor para el oro.

Sobre la base de estos estimados, se proyectó el posible impacto que tendría un aumento de tarifas en los gastos en insumos, y se planteó que para que los costos en insumos aumenten en 1%, se requeriría aumentar la tarifa de agua en 124 veces en el caso del oro, 4,6 veces en el de plomo-plata, 3 veces en el del zinc y 42 veces en el del cobre. Para esta estimación, se asumió que el comportamiento de los usuarios no cambiaría; es decir, se mantendría fijo el volumen consumido de agua ante cambios en la tarifa, o, en otras palabras, que la demanda de agua sería totalmente inelástica respecto al precio.

Como los estimados del cuadro 12.1 son promedios, en el IC se realizó un análisis de sensibilidad en torno a rangos de las participaciones en costos y las posibles incidencias de distintos aumentos en la tarifa. Se encontró que, en general, los impactos serían pequeños para el sector minero para incrementos de entre 1 y 5 veces. No obstante, para incrementos de 10 o más veces, los impactos empiezan a ser significativos, pues llegan a aumentar costos en insumos en 10% para productos como zinc o plomo-plata.

En cuanto al uso poblacional, los resultados de la encuesta arrojaron que, en promedio, la incidencia de la tarifa de agua en el gasto en insumos

de las empresas de agua potable es de 3,8%, mientras que en los gastos totales es de 0,076%.

Según estos parámetros, un aumento en 1% en los GI para las empresas de agua potable requiere un aumento en 1,3 veces en la tarifa y de 14,3 veces para el GT. En el análisis de sensibilidad de estos impactos, además, se encuentran impactos importantes para los GI de las empresas de agua potable, los que pueden llegar hasta el 10% de incremento ante un aumento en 2,25 veces en la tarifa de agua. En general, el impacto de un aumento de la tarifa de agua en las empresas de agua potable aparece como bastante mayor que el impacto estimado para las empresas mineras.

En el caso de las empresas industriales, se obtuvo respuesta de solo tres empresas, una dedicada al rubro de alimentos, otra papelera y una azucarera. Los impactos estimados de la tarifa de agua en GI fueron de 2,66% para alimentos y 0,0043% para papel; no se pudo estimar para el azúcar. En el caso del GT, el impacto fue de 1,8%, 0,0011% y 0,08%, respectivamente, para alimentos, papel y azúcar. Debido a la muy baja cobertura de la encuesta, en el IC no se realizaron simulaciones ni análisis de sensibilidad para los resultados.

En el sector piscícola se obtuvieron resultados totalmente distintos para una empresa en el Cusco y otra en Pasco, con impactos que iban desde 0,97% hasta 51,2%. Debido a la baja confiabilidad de la información, no se establecieron parámetros para medir el potencial impacto de la tarifa en estos sectores.

### *El informe de fijación de tarifas (IFT [20])*

Para la segunda etapa, se presentó este informe en el que se señala como objetivo «determinar la tarifa para el agua superficial destinada a usos no agrícolas» (sección I). En este caso, se establecieron tres criterios para la fijación de las tarifas «entre los usuarios no agrarios»: «eficiencia», «equidad» y «sostenibilidad». Luego veremos que el criterio de «sostenibilidad» fue totalmente desvirtuado respecto a su función de fijación de topes a las tarifas. En el caso del criterio de «eficiencia», se optó por un esquema

20 Este informe tuvo dos versiones, que denominamos IFT e IFT-2.

de determinación de la disponibilidad relativa de agua de acuerdo con la ubicación geográfica de los usuarios. Esto determinó la existencia de zonas de disponibilidad alta, media y baja. El uso de este criterio permite fijar tarifas de agua más altas allí donde el agua tiene una mayor escasez relativa, siguiendo la práctica de otros esquemas, como el de México.

Para el criterio de «equidad», se optó por usar la participación relativa de las actividades económicas en el producto bruto interno, y plantear una tarifa mayor para aquellos con mayor participación. Esto implica que el agua que genera mayor valor paga más, lo que contradice el criterio de eficiencia económica.

Pero el mayor problema con el IFT fue la adopción del supuesto criterio de «sostenibilidad» como un criterio adicional para distribuir la tarifa entre los usuarios no agrarios, en lugar de usarlo para poner límites al incremento de tarifas. En teoría, para este criterio deberían tomarse como insumo los resultados del IC y así evitar impactos severos en las estructuras de costos de las empresas. Sin embargo, en la práctica, en el IFT se abandonó totalmente este uso para el criterio de «sostenibilidad» y se terminó confundiéndolo con otro criterio, el de equidad.

En el IFT se usó el criterio de sostenibilidad como esquema distributivo, al plantear que paguen más aquellos usuarios para los que la incidencia de la tarifa en sus costos sea menor. Este uso del criterio de «sostenibilidad» contradice también el criterio de «eficiencia», al plantear que el usuario más eficiente —el que usa menos agua para generar más valor— debe pagar más por el agua. En la práctica, la adopción de este criterio envía el mensaje de que «el menos eficiente en el uso del agua paga menos por esta».

## 12.2. El cálculo del costo de proveer el servicio de asignación de agua por parte de la entidad reguladora

El IFT plantea que la adecuada provisión del agua entre los usuarios no agrarios «depende directamente de las características y capacidad de gasto

del organismo regulador». En este sentido, se plantea cubrir con la tarifa de agua las siguientes actividades de la IRH:

i. Manejo administrativo: gestión de base de datos, emisión de facturas.
ii. Manejo técnico: mediciones de caudal, seguimiento del consumo, estudios, etcétera.

El IFT es claro en plantear que estos costos se aplican a las actividades para asignar agua a los usuarios no agrarios y, por ende, son independientes de los costos para cubrir estas actividades en el caso de los usuarios agrarios y energéticos. El enfoque básico del IFT consiste en estimar los gastos en i) y ii) para generar el servicio de asignación de agua a los usuarios no agrarios. La estimación de los costos en que incurre la entidad reguladora para la provisión del servicio de asignación de agua se definió como:

> […] la asignación del recurso entre los usuarios no agrícolas y su monitoreo. Este servicio involucra el procesamiento de las solicitudes, la resolución de conflictos, así como el monitoreo requerido para verificar el consumo de los usuarios y la disponibilidad del recurso en cada fuente (ítem 2.1.1.).

Para calcular los costos de este servicio, se tomó la estructura organizacional de la autoridad del agua. Para esta estructura organizativa, se aplicó la metodología de «costeo basado en actividades» (ABC, por sus siglas en inglés). Asumiendo que la institución tiene $n$ funcionarios, de los cuales $m$ están en la estructura organizacional analizada ($m < n$) con un salario anual $S$, con una dedicación promedio de $t\%$ al servicio de asignar agua a los usuarios no agrarios, se definieron los siguientes tres tipos de costos:

> *Costo fijo indirecto imputable*: Se multiplica el costo fijo anual indirecto de la IRH por funcionario por $m$ y por $\%t$ para tener el costo fijo que se asignará al servicio a los usuarios no agrarios.

*Costo imputable de personal*: Se multiplica el salario medio anual por trabajador *S* por *m* y por *%t* para obtener el costo directo imputable (de personal) al servicio.
*Costo fijo directo*: Aquellos gastos imputables directamente al servicio, como estudios e investigaciones específicas para la mejor asignación del agua a los usos no agrarios.

La suma de estos tres rubros determina el costo total que debe ser cubierto por la provisión del servicio de asignación del agua. Como se puede ver, las variables que determinan este costo total de proveer el servicio por parte de la «entidad reguladora» son las siguientes:

- Costo fijo indirecto imputable al servicio específico.
- Número de funcionarios que se dedican al servicio específico *(m)*.
- Porcentaje de tiempo que dedican estos funcionarios al servicio específico *(t%)*.
- Salario anual promedio por trabajador *(S)*.
- Costo fijo directo asociado al servicio específico.

Con estas variables, se estimó una situación actual y una situación objetivo; es decir, los costos que serían cubiertos por el sistema de tarifas de uso no agrícola. Sin embargo, en el IFT no se presentan los valores de estas variables calculadas para la situación actual ni, lo que es más importante, los valores asumidos para estas variables en la situación objetivo. Pese a ello, en el IFT sí se presenta la estructura general de costos en la situación actual y en la situación objetivo:

**Cuadro 12.2**
**Estructura de costos de autoridad**

| Tipo de costo (miles de nuevos soles) | Actual | Objetivo | % |
|---|---|---|---|
| Costo directo de personal | 1056 | 7621 | 722 |
| Costo fijo indirecto | 306 | 1365 | 446 |
| Costos fijos directos | 0 | 1000 | n.d |
| **Total** | **1362** | **9986** | **733** |

Fuente: IFT.

Como se puede observar, el rubro que más aumenta es el de gastos de personal, en 7,22 veces; el rubro de costo fijo indirecto aumenta en 4,46 veces, mientras que se incorpora un gasto para costo fijo directo inexistente previamente. Estos aumentos son muy significativos, y el IFT no presenta una justificación sobre su fijación.

Por ejemplo, se menciona que el número promedio de personal que trabaja en las entidades desconcentradas (ATDR) era de 5 y que para cumplir con la provisión del servicio de manera más adecuada se requeriría incrementar este número a 7. Esto implica un crecimiento de personal de 40% en la situación objetivo. Pero si este es el aumento en el personal, para tener un aumento de 722% en los gastos de personal se estaría asumiendo un aumento de la remuneración promedio anual de los funcionarios de 4,9 veces, es decir, de casi 500% respecto a la situación inicial.

La situación objetivo que se espera alcanzar, según el IFT, es, entonces, de 9,98 millones de nuevos soles por concepto de tarifa de agua de uso no agrario; es decir, aproximadamente 2,85 millones de dólares a un tipo de cambio de 3,5. Una vez establecido este costo objetivo, el IFT plantea un proceso de transición de cinco años para llegar a que las tarifas cubran este costo objetivo.

## 12.3. La aplicación de factores de distorsión en la fijación de tarifas

Una cosa es el costo por cubrir y otra el ingreso o recaudación posible a partir del sistema de tarifas por implementar. De acuerdo con los parámetros del

IFT, la recaudación posible por tarifas no agrarias está sujeta a dos factores que reducen los recursos disponibles para la «entidad reguladora». Por un lado, las normas vigentes al momento de realizar el estudio estipulaban que un 35% de estos recursos deberían orientarse al Pronamachcs, un proyecto especial del Ministerio de Agricultura dedicado a actividades de conservación de suelos y reforestación en las partes altas de las cuencas.

En este tema caben dos interpretaciones respecto a los ingresos de Pronamachcs. Si se asume que las actividades de Pronamachcs son, en realidad, parte del servicio de asignación de agua a los usuarios no agrarios, este rubro no debería ser extraído de los costos que deben ser cubiertos por la tarifa de uso no agrario, sino ser incluido en estos. El hecho de que este servicio sea prestado por una institución pública distinta del IRH no implica que deba sacarse del cálculo del costo del servicio. La otra interpretación, que es la asumida por el IFT, es que las actividades de Pronamachcs son eminentemente agrarias y que, por ende, no corresponden al servicio en cuestión. Según esta interpretación, sin embargo, el cobro para este rubro no está dentro de la definición de lo que debe financiar la tarifa de agua de uso no agrario y, por ende, debió ser eliminado.

El segundo factor que afecta la recaudación es el de la morosidad, que históricamente es de 25% para los usuarios no agrarios. En este caso, el IFT asume que este factor de morosidad debe ser incluido en el cálculo de la tarifa, con lo cual se reconoce un subsidio cruzado que iría desde los que pagan por el agua hacia los que no pagan por esta. En general, incluir el factor de morosidad en la determinación de la tarifa es una decisión antieconómica y que genera mensajes errados para el uso más eficiente del agua por parte de los usuarios.

Así, en el IFT, en el caso del ingreso para Pronamachcs, se asumió que este porcentaje seguiría constante en 35% durante todo el período de transición hacia el objetivo, convirtiéndose entonces en un gasto no asociado al servicio de asignación de agua y, por ende, económicamente cuestionable en su esencia y por su excesivo peso relativo de carácter distorsionante.

Igualmente, en el caso de la morosidad, aunque el IFT reconoce que la tasa de morosidad en el pago de las tarifas de los usuarios no agrarios

debería ir cayendo en el período de transición desde el 25% hasta el 5% debido a mejoras administrativas, en la práctica no se aplicó esta reducción de morosidad para el cálculo de las tarifas, y en el quinto año del período la morosidad siguió siendo asumida como 25%. Con este enfoque, el presupuesto total por generar en el quinto año del establecimiento del nuevo sistema de tarifas es de 9,98/(0,75*0,65)= 20,5 millones de nuevos soles, es decir, más del doble de lo que pretende recaudar.

Este esquema de fijación de tarifas implica que los usuarios no agrarios que pagan sus tarifas de agua terminan con un recargo de más del 100% por un servicio que no estarían recibiendo: el ingreso de Pronamachcs y los servicios recibidos por los morosos. En este caso, se han aplicado erróneamente algunos criterios para la fijación de tarifas por un servicio público, lo que ha generado un esquema de transferencias de ingresos privados al sector público y entre usuarios que subvencionan a quienes no pagan, pero reciben el servicio.

### 12.4. El cálculo de la distribución entre usos no agrarios

Una vez establecido el monto total por financiar —«corregido» por los factores distorsionantes de Pronamachcs y la tasa de morosidad fija—, se procedió a incluir los tres criterios antes descritos —«eficiencia», «equidad» y «sostenibilidad» de tarifas— para definir la distribución de este monto total entre los cuatro tipos de usuarios y tres zonas de disponibilidad del agua —alta, media y baja—, de tal forma que existen 12 posibles valores de tarifa de agua de acuerdo con el tipo de uso y la ubicación geográfica del usuario.

En el caso del criterio de eficiencia, se determinó que en las zonas con menor disponibilidad de agua se pagaría más por el agua; igualmente, en el caso del criterio de equidad, se estableció que las actividades con mayor participación en el PBI nacional pagarían más. En ambos casos, aunque se puedan generar cálculos distintos, se estaría haciendo un uso aceptable de los criterios para distribuir las tarifas entre los distintos usos.

Sin embargo, el problema se genera con el errado uso del criterio de «sostenibilidad», en el que se estableció que los tipos de usuarios que tengan menor participación del agua en costos pagarían más. Como ya se mencionó, este uso del criterio contradice la búsqueda de eficiencia y no responde al objetivo del criterio de «sostenibilidad», que es el de fijar topes a las tarifas en función de los costos de las empresas. Así, en el IFT, los tres criterios se utilizan de manera combinada, pero solo para generar la «distribución de la torta» por financiar, y no han jugado un rol en la fijación del nivel absoluto ni en poner topes a las tarifas.

Una vez estimadas las proporciones por ser cubiertas por cada tipo de usuario-ubicación geográfica y sus volúmenes de consumo de agua, se aplicaron estas proporciones al monto por ser financiado cada año durante el proceso de transición de cinco años y, por ende, se determinaron tarifas volumétricas —nuevos soles por metro cúbico— para cada uno de los 12 tipos de usuarios-ubicación geográfica.

Aun con los problemas mencionados, la IRH solicitó una nueva versión del IFT (IFT-2), que daría lugar a cambios todavía más drásticos en el sistema de tarifas vigente. En este «informe complementario» se definió como objetivo «determinar la tarifa para el uso superficial destinada a usos no agrarios no energéticos, tomando en cuenta *el total de ingresos y costos que enfrenta la entidad reguladora*» (sección I, las cursivas son nuestras).

En esta nueva versión, se cambió totalmente de metodología para la estimación de los costos por cubrir por la tarifa de agua no agrícola, sin que se fundamente este cambio metodológico. Si en el IFT se hizo una estimación directa de los costos en que incurría la «entidad reguladora» para la provisión del servicio específico de asignación de agua a los usuarios no agrarios, en este caso se pasó a una estimación de los costos globales de la «entidad reguladora» versus el ingreso esperado de los sectores agrario y energético, para luego hallar un déficit por cubrir por las tarifas no agrarias. Este cambio de método debilitó aún más la ya precaria relación entre prestación del servicio de asignación de agua a los usuarios no agrarios y los costos por financiar por las tarifas no agrarias.

Este cambio de metodología no es explicado y, simplemente, se plantea que los costos totales de la «entidad reguladora» por ser financiados por las tarifas no agrarias es el diferencial entre el presupuesto necesario para la operación de toda la «entidad reguladora» en un escenario objetivo y los ingresos esperados de los sectores agrario y energético que se asumen exógenos y sujetos a un incremento anual muy pequeño durante los cinco años. Esto implica que el costo total por ser financiado por las tarifas no agrarias —costo imputable— pase de los 9,98 millones de nuevos soles en el IFT a 24,16 millones de nuevos soles en la nueva versión IFT-2. Se trata de un aumento del 140%, al cual, además, se le aplican los mismos factores distorsionantes del ingreso a Pronamachcs y la tasa histórica de morosidad del 25%. Con esto, el monto total para fijar las tarifas no agrarias pasa a ser de 49,6 millones de nuevos soles.

A este nuevo monto por financiar (objetivo) se le aplican los mismos criterios de distribución establecidos en el IFT y se llega a una nueva propuesta de tarifas de agua de uso no agrario, que es la que finalmente se usó para los ajustes de tarifas entre los años 2001 y 2004.

## 12.5. La aplicación del esquema por la autoridad y los impactos del ajuste en los usuarios no agrarios

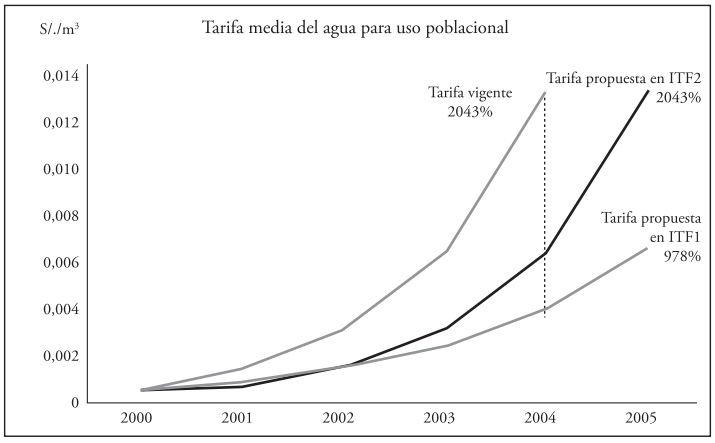
La autoridad de aguas (IRH) utilizó el esquema de la segunda versión del IFT para la determinación de las tarifas de agua no agrarias desde el año 2001 hasta el año 2004 para los 12 tipos de uso-ubicación geográfica. Es muy claro que los montos estipulados para las tarifas de agua de uso no agrario entre los años 2001 y 2004 coinciden en forma idéntica con lo presentado en el IFT-2 en el cuadro 3.3. Sin embargo, para el año 2001, la autoridad estableció fijar las tarifas en lo que correspondía al «Año 2», saltándose así el «Año 1». Así, para el 2002 se aplicó el «Año 3»; para el 2003, el «Año 4»; y para el 2004, el «Año 5», con lo cual culminó el proceso de ajuste de tarifas planteado en el IFT-2 (versión 2). Este procedimiento ha llevado a aplicar en un período de cuatro

años el ajuste que ya era elevado para un período de cinco años, contraviniendo el propio período de ajuste inicialmente establecido en el estudio.

Además, luego del último reajuste de tarifas que se aplicó para los años 2003 y 2004, se cambió la participación de Pronamachcs en el ingreso por tarifas no agrarias de 35% a 25%. No obstante este cambio, no se corrigió el sistema para incorporar esta caída en el factor correspondiente y, por ende, generar tarifas menores.

Como ejemplo, en el gráfico 12.1 se presenta la evolución de la tarifa media de agua de sector poblacional para los años 2001 al 2004, implementada por la autoridad. Igualmente, en el gráfico se presenta la evolución de tarifas que debió seguirse de acuerdo con eI IFT y el IFT-2 si se hubieran respetado los cinco años de ajuste.

**Gráfico 12.1**




Elaboración propia sobre la base de IFT e IFT-2.

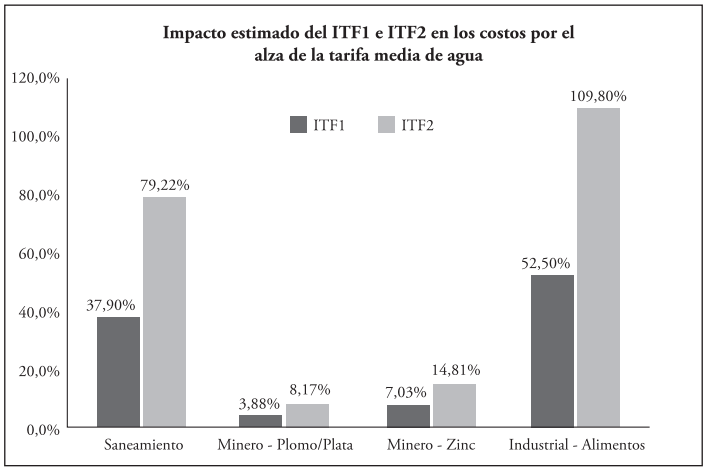
Comparando con el año previo al inicio de este sistema, el 2000, se tiene que el incremento acumulado en la tarifa media de agua del sector poblacional es de 2043% (20 veces). Como se puede ver, este incremento supera ampliamente los rangos que se consideraban seguros en el IC para evitar impactos severos en los costos de las empresas.[21] En adición, en el gráfico

21 Esto puede ocurrir porque el sistema carece de algún criterio para poner topes máximos a las tarifas, como pudo haber sido el de «sostenibilidad» identificado en el IC.

se observa la diferencia en tarifas que se generó al pasar del IFT al IFT-2, el cual se convierte en un subsidio cruzado a la provisión del servicio de asignación del agua a la actividad agraria y energética.

Esto lleva a generar impactos significativos en los costos de las empresas mineras, de usos poblacionales, industriales y piscícolas, que utilizan agua superficial y pagan una tarifa por esta. En el gráfico 12.2 se puede observar el impacto medio estimado en los costos de estas actividades económicas.

**Gráfico 12.2**




Elaboración propia sobre la base de IFT e IFT-2.

# Cuarta sección

# Valoración del agua y evaluación económica de proyectos

# Capítulo 13
# La valoración económica del agua, un marco conceptual

En este capítulo, se desarrolla el marco conceptual para la valoración económica del agua sobre la base de la maximización de utilidad de los agentes económicos. Se simplifica el tema de la valoración al enfoque instrumental, en el cual los agentes maximizadores reciben utilidad por el uso del recurso.

## 13.1. La valoración utilitaria del agua

En capítulos anteriores se vio la enorme diversidad de beneficios que el ser humano obtiene del agua, como insumo para diversas actividades productivas, como bien directamente consumible en los hogares o como elemento clave en procesos de manejo ambiental y provisión de servicios de recreación. Es evidente que el agua es la base para la generación de una gran cantidad de riqueza económica en la sociedad y, como tal, adquiere un valor económico tanto para agentes económicos individuales como para la colectividad en general.

Existen diversas maneras de encarar el tema de la valoración del agua, desde enfoques que plantean múltiples criterios de valoración simultáneos que deben ser equilibrados —económicos, sociales y ambientales— hasta enfoques en los que el agua tiene un valor intrínseco, es decir, no solo instrumental. En la teoría económica convencional que usamos aquí, el agua es valorada económicamente en la medida en que algún agente —consumidor, productor— obtenga utilidad de ella. En adición a esto, la teoría convencional plantea que los agentes están en la capacidad de convertir dicha utilidad en valores monetarios. Este es el enfoque central que usaremos para la valoración económica del agua.

En términos de teoría del consumidor, asumimos que los agentes tienen una función de utilidad *U(.)* en la cual el agua forma parte del argumento. Cada agente valorizará cada unidad adicional del recurso mediante esta función. La utilidad marginal *U'(.)* —es decir, la derivada parcial con respecto al agua— es decreciente en la cantidad usada; es decir, el agente incrementa la utilidad a una tasa decreciente, hasta un punto de «saciedad» en el que no es posible agregar más utilidad.

En este punto, aparecen dos escenarios importantes para el análisis del valor del agua. Si el agua tiene precio —de mercado o administrado—, entonces se aplican las condiciones de primer orden del problema de maximización, que implican que el consumidor demandará una cantidad de agua tal que su utilidad marginal iguale al precio del agua multiplicado por el factor de Lagrange de la restricción presupuestal (véase el capítulo 3 sobre la demanda). De esta igualdad se deriva la función de demanda del agua, que es decreciente en el precio.

La segunda situación es quizá más importante en el caso del agua, ya que, en muchos casos, no existe propiamente un precio por el recurso porque no se cuenta con un mercado que opere o con una autoridad que fije un precio administrado en función de la cantidad utilizada. En este caso, los agentes —consumidores o productores— contarán con una «dotación de agua» y podrán usarla hasta que se agote. El problema del agente se puede expresar de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} &\text{Max}_{\{x,z\}}\ U(x, z) \\ &\text{s. a.} \quad p^{*}z = m \\ &\qquad\quad x \leq A \end{aligned}$$

Donde $x$ representa la cantidad de agua utilizada, $A$ es la dotación de agua del consumidor, $z$ representa todos los otros bienes de la canasta de consumo con un vector de precios $p$, y $m$ es el presupuesto o ingreso disponible del consumidor.

Asumiendo que el consumidor asignará todo su presupuesto a los bienes $z$, entonces el valor óptimo es $z^{*}=m/p$, y el problema puede expresarse utilizando el multiplicador de Lagrange para la restricción de la dotación de agua:

$$Max_{\{x\}}\ U(x,m/p) + \lambda(A-x)$$

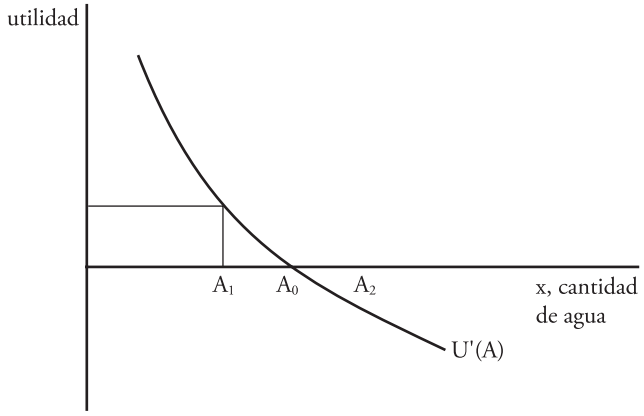
La condición de maximización es:

$$U'_x(.) = \lambda \qquad (13.1)$$

Se presentan dos posibilidades para la solución óptima del problema, dependiendo del valor de la utilidad marginal de la dotación de agua del agente. Si el valor es negativo *[U'(A)<0]*, el agente usará menos agua que su dotación, y lo hará hasta el punto en que su utilidad marginal sea cero (no puede obtener más utilidad). Este consumidor le asignará un valor de cero al agua ya que la tiene en abundancia y no pagará nada por unidades adicionales que no le pueden agregar ninguna utilidad.

La segunda posibilidad es que la utilidad marginal de la dotación es no negativa. En este caso, el agente usará toda su dotación *(x = A)* en la medida en que *U'(A) > 0*, y obtendrá la maxima utilidad usando toda su dotación. Ambas situaciones se presentan en el gráfico siguiente.

**Gráfico 13.1**
**Utilidad marginal y uso de agua**




Si el agente tiene una dotación $A_1$, consumirá toda su dotación con una utilidad marginal positiva. Si tiene una dotación $A_2$, utilizará agua solo hasta $A_0$ y desechará el resto $(A_2 - A_0)$.

En general, para el rango de utilidad marginal positivo —en el cual el agua tiene valor económico—, la utilidad obtenida por el agente será *U*(A,m/p)*. Esta es una función producto de un proceso de maximización y representa la máxima utilidad que el agente puede obtener para determinados precios, presupuesto y dotación de agua. Esta función tiene propiedades importantes como ser creciente en *A* y en *m*, y decreciente en *p*. Además, como es una función estrictamente creciente en *m*, el presupuesto, se puede generar la inversa de la función que toma la siguiente forma de función de «ingreso mínimo»:

$$m^*(p,A) = e(p,U(A)) \qquad (13.2)$$

para valores dados de *p* y *A*. Esta función expresará la cantidad de ingreso mínimo necesario para generar el nivel de utilidad *U(A)* dados los precios *p*. Esta función hace posible valorar en términos monetarios cualquier cambio en la dotación de agua del agente. Un cambio en la dotación $\Delta A$, por ejemplo, tendrá el valor

$$\Delta m^*(p,A) = [\partial e(.)/\partial U(.)]^*[U'(A)]^*\Delta A \qquad (13.3)$$

El valor monetario del cambio es equivalente al cambio necesario en el ingreso mínimo del agente para obtener una unidad de utilidad adicional, multiplicado por la utilidad marginal de la dotación de agua y por el cambio en la dotación, que puede ser positivo o negativo. Si la utilidad marginal de la dotación es positiva, como se asumirá generalmente, el agente valorizará el cambio en la dirección del cambio de dotación —en forma positiva si aumenta la dotación o negativa si esta disminuye—. Este enfoque permite evaluar cambios positivos o negativos en la dotación de agua y la valorización de dicho cambio por los agentes maximizadores.

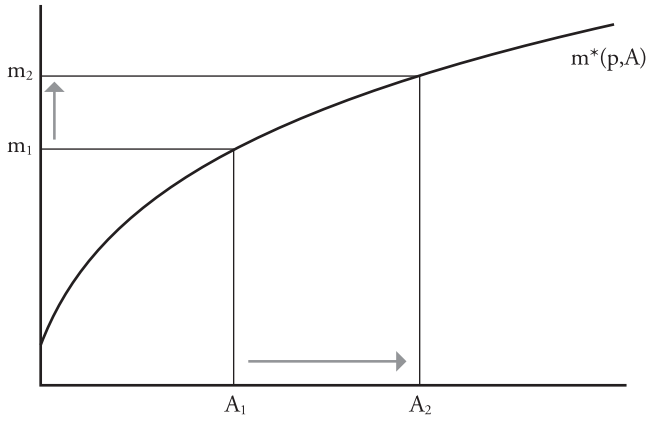
## 13.2. Valoración del agua y análisis de costo-beneficio

La valoración del agua es muy importante para evaluar proyectos que implican algún cambio en las dotaciones de agua, ya sea en cantidad, calidad o

variabilidad. Todos los cambios potenciales pueden ser evaluados a través de su impacto en la función (13.2) de «ingreso mínimo»; es decir, en la cantidad monetaria que este cambio representa para los agentes maximizadores (13.3). Esta es la base para el análisis de costo-beneficio en el que se busca estimar los beneficios agregados de proyectos de agua para contrastarlos con los costos.

La función de ingreso mínimo de los potenciales beneficiarios se puede estimar (13.2) bajo supuestos sencillos, lo que permite evaluar el beneficio que tendría el proyecto para cada uno de ellos. El gráfico siguiente representa una estimación del valor de un incremento de la dotación de agua para un beneficiario representativo.

**Gráfico 13.2**
**Valor monetario de un cambio en dotación de agua**




El incremento de la dotación de agua de $A_1$ a $A_2$ genera un aumento en el valor del ingreso que representa la máxima utilidad obtenida por el beneficiario desde $m_1$ a $m_2$. Este diferencial es el valor monetario generado por el proyecto para el beneficiario.

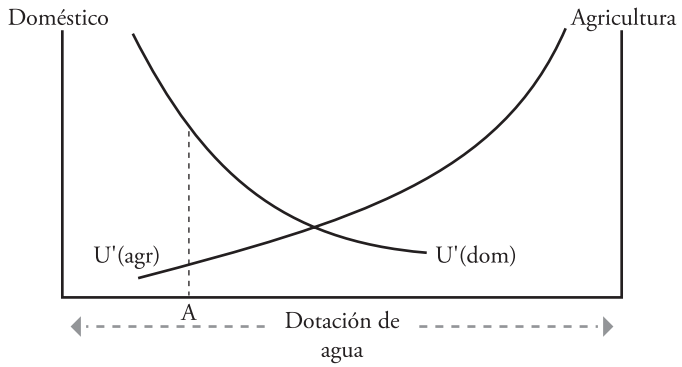
La agregación de los beneficios individuales de todos los beneficiarios llevará a la valorización total de beneficios del proyecto. Si el beneficio estimado corresponde al flujo de ingreso de un período anual y el proyecto se plantea en un horizonte de varios años, el beneficio total del proyecto

es el flujo proyectado a valor presente, para lo cual se usa alguna tasa de descuento. Es este beneficio proyectado el que se compara con los costos totales del proyecto —que generalmente se realizan en los períodos iniciales del horizonte—. Proyectos en los cuales los beneficios son superiores que los costos tienen rentabilidad positiva y podrían ser ejecutados generando un beneficio neto para la sociedad (véase el capítulo 15 sobre evaluación económica de proyectos).

Como se desprende de la función (13.2), el impacto que pueda tener el proyecto en los beneficiarios no solo depende de lo que pasa con la dotación, sino también de algunos elementos críticos, como la utilidad marginal del agua y el ingreso que los agentes tienen en la situación preproyecto. Sabemos que a mayor utilidad marginal, mayor será el beneficio generado por un incremento en la dotación. Pero si el ingreso del agente es muy bajo —como ocurre con aquellos que presentan baja o nula dotación—, y pese a obtener una utilidad marginal muy alta por el agua, tendrá dificultades para pagar los costos del proyecto dadas sus otras necesidades presupuestales, se abre una brecha entre la valoración económica y la capacidad económica de los agentes, lo que genera la necesidad de que el Estado otorgue subsidios a los sectores de bajos ingresos que carecen de acceso al agua o cuyo acceso es precario.

Otro tema importante en los procesos de valoración para decisiones sobre el agua se refiere a distintas valoraciones por distintos sectores usuarios. Dentro de una misma cuenca con múltiples usos del agua, habrá valoraciones distintas —diferentes utilidades marginales del agua— y esto abre la pregunta sobre la asignación más eficiente de este recurso. En el gráfico siguiente se presenta una situación de este tipo para dos sectores usuarios como la agricultura y doméstico.

**Gráfico 13.3**
**Problema de asignación entre sectores**




Dada la actual asignación en *A* para uso doméstico y agricultura, la utilidad marginal obtenida por el uso doméstico es más alta que la obtenida en la agricultura. Esto abre un espacio para la reasignación de los derechos de agua desde la agricultura hacia el uso doméstico, lo cual incrementaría los beneficios netos de la sociedad. No obstante, en la práctica esta reasignación enfrentaría dificultades. Por ejemplo, los agricultores tienen menores ingresos que los habitantes urbanos, y perder parte de sus derechos al agua afectaría sus ingresos esperados, aumentando la desigualdad. Una alternativa es que los habitantes urbanos compensen a los agricultores por el ingreso perdido, pero esto es complicado de organizar y poner en práctica, dados los altos costos de transacción. De todas formas, el criterio de la valoración usando la utilidad marginal sirve para evaluar beneficios y costos, tanto de nuevos proyectos que incrementan la dotación de agua como de posibles procesos de reasignación del recurso entre usos alternativos.

# Capítulo 14
# Métodos de valoración del agua

En este capítulo, se describen brevemente los principales métodos para la valoración económica del agua, en el contexto del marco conceptual presentado en el capítulo anterior. Se distinguen los métodos por el grado de operación de mercados como mecanismo para identificar la valoración de los agentes.

## 14.1. Clasificación de los métodos de valoración[22]

Existen diversas maneras de clasificar los distintos métodos de valoración del agua como bien económico, pero, en general, esto depende de la situación específica en la que se quiere valorar el recurso, así como de la información disponible para tal fin. Como la valoración se relaciona con la existencia o no de un precio de mercado, las siguientes situaciones son el marco de referencia para una clasificación general de los métodos:

- Existe un precio o precios de mercado para el recurso.
- No existe mercado ni precios para el agua en forma directa, pero sí en forma indirecta a través de un mercado relacionado.
- No existe mercado ni precios, ni tampoco un mercado relacionado.

En cualquiera de los tres casos, pero sobre todo en el primero, es importante tener en cuenta que los «precios» pueden no reflejar completamente el valor del agua debido a la existencia de externalidades o costos sociales que no llegan a reflejarse en las transacciones de mercado. Igualmente, si el precio

22 El enfoque de este capítulo es tomado de Young (1996) con algunos ajustes.

es administrado —por una autoridad, por ejemplo—, es muy posible que, como tal, no represente el verdadero valor del recurso, especialmente si el precio se fija por debajo de los costos y no existe un reconocimiento explícito de esta situación (el subsidio no es transparente). En estos casos, es posible aplicarles algunas correcciones a las estimaciones para aproximarse mejor al verdadero valor económico del recurso.

Con esta importante salvedad, pasamos a describir los métodos de valoración existentes en cada una de las situaciones.

## 14.2. Valoración del agua cuando existe un mercado y precio

La existencia de mercados de agua en el mundo es rara, pero no nula. Existen países —como Chile— o regiones de países —como el oeste de Estados Unidos— donde las normas permiten el funcionamiento de mercados de derechos de agua, con diversas complejidades y mecanismos de regulación.

### *Mercado de derechos de agua*

En un contexto de existencia de mercados de derechos de agua, se formará un precio por estos, el cual tenderá a reflejar las condiciones de demanda y oferta que se han descrito en detalle en los primeros capítulos de este libro. En una primera instancia, es posible utilizar los precios formados en estos mercados para una primera aproximación al valor que le otorgan los agentes al recurso. El problema surge cuando estos mercados son muy imperfectos y están sometidos a procesos distorsionantes que limitan la formación de los precios. Las distorsiones más importantes son los costos de transacción y las externalidades, como se explica en detalle en el capítulo 20. Estas condiciones hacen difícil que los mercados de agua operen y, cuando lo hacen, la formación de precios enfrenta importantes distorsiones que es preciso tomar en cuenta.

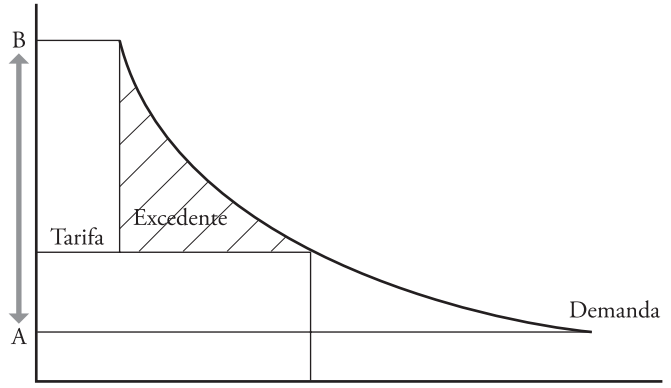
### *Agua como bien privado*

La otra situación importante en la que es posible observar «transacciones» entre la oferta y la demanda de agua es el caso del uso doméstico con empresas

monopólicas proveedoras del servicio. Se sabe que, en estos casos, el precio será generalmente un «precio administrado», es decir, fijado o regulado por una autoridad. En muchos casos, estos precios tienen un alto subsidio implícito o explícito, cuando la tarifa no cubre los costos de la prestación del servicio, o no lo hace para una parte de los usuarios.

Cualquiera sea el caso, la información sobre las tarifas y el consumo de los usuarios puede servir para estimar una función de demanda, la cual puede generar la base para hacer un estimado del valor del agua. En una situación en la que no hay subsidios, la función de demanda estimada dará directamente el valor del agua para los consumidores, y dado el precio, el excedente del consumidor que representa el valor neto, como en el gráfico siguiente.

**Gráfico 14.1**
**Valor del agua con tarifa**




Para obtener un estimado apropiado de la curva de demanda, es necesario que la tarifa cuente con variabilidad a lo largo de todo el espectro *AB*. Esta variabilidad, no obstante, rara vez es observada en un mercado de este tipo, en el que solo existe una tarifa bastante estable en el tiempo y en el espacio, aunque esto puede mejorar con un esquema de tarifas diferenciadas.

Un problema de este estimado, como ya se dijo, es que la tarifa puede estar subsidiada, con lo que se tenderá a sobreestimar el excedente y, por

ende, el valor del agua. Si es posible contar con el valor del subsidio unitario, se podrá corregir el estimado para obtener un valor más cercano a la realidad del valor del agua. También es importante contar con información sobre otras variables que influyen en la demanda de agua, como el ingreso, condiciones específicas de temperatura y preferencias por género, edad y nivel sociocultural. Con información sobre estas variables, será posible estimar funciones de demanda de los servicios de agua que sirvan para los cálculos de excedente del consumidor y, por ende, del valor del agua en este contexto.

### 14.3. Métodos cuando existen mercados relacionados

La segunda situación posible para la valoración del agua es cuando, sin bien no existe un mercado directamente observable, sí existen mercados relacionados con transacciones en las que el agua es uno de los elementos de la transacción. Ejemplos concretos son los mercados inmobiliarios, en los que el acceso a agua o el tipo de acceso al agua influyen en los precios de las viviendas. Aunque no hay un precio por el acceso al agua, es posible utilizar la información de las transacciones para derivar un «precio implícito» por el servicio. Este método también se conoce como método de precios hedónicos.

En el mercado relacionado se transan bienes que tienen diversas características, una de las cuales es el acceso al agua. Si se denota este conjunto de características por una función, se tendrá que los precios observados en el mercado estarán también en función de estas características. La función de precios se puede expresar de la siguiente forma:

$$P = V(\text{agua}, Z) + e \qquad (14.1)$$

Donde $P$ es el precio observado en el mercado relacionado; $V(.)$ es una función de precios hedónica, en la que «agua» representa una variable que identifica características relevantes del acceso al servicio, y el vector $Z$ es un conjunto de otras características relevantes en el mercado relacionado

para la formación del precio. La variable *e* es aleatoria y refleja errores de medición no relacionados con las características de la función hedónica.

Una vez hecha la estimación de la función en (14.1), es posible generar el siguiente estimado de «precio hedónico» por el servicio o acceso al agua:

$$\text{Precio hedónico (agua)} = \partial V(.)/\partial \text{agua} \qquad (14.2)$$

El valor (14.2) se puede estimar para distintos niveles de las variables *Z*, y es una aproximación al valor implícito que los agentes le otorgan al agua como característica relevante dentro del mercado relacionado que se analiza. Este enfoque es muy general y se puede utilizar en diversas circunstancias en las que se tiene información de un mercado que opera y dentro del cual el agua juega un rol.

Algunas de las limitaciones más importantes de este enfoque aparecen cuando el agua es una característica de baja importancia en el mercado en cuestión. Igualmente, es posible que los propios agentes no estén valorando adecuadamente el agua, o que tengan información muy imperfecta sobre este atributo. Finalmente, el método también es vulnerable a fallas en este mercado, ya sea por información asimétrica o información imperfecta, las que alejan los precios de mercado de los verdaderos valores de los atributos evaluados, entre ellos, el del acceso al agua.

## 14.4. Métodos de valoración cuando no hay mercado de referencia

Este es el caso más importante en una serie de situaciones en las que se requiere generar información sobre la valoración del agua para la toma de decisiones. En muchos proyectos en los que el agua es parte de los cambios por generar, tanto en calidad como en cantidad, no existe un referente de mercado que permita valorar directa o indirectamente el cambio. En estos casos, existen dos enfoques que permiten una aproximación al valor del recurso: el método de los costos de viaje y el método de valoración contingente.

***El método de los costos de viaje***

Este método fue pensado para la valoración de lugares recreacionales visitados por la población. Generalmente, en estos lugares o no se cobra entrada o se cobra una entrada fija a todos los visitantes, sin generar mayor variación en el precio que pueda servir para estimar la demanda. No obstante, los visitantes incurren en costos que pueden servir para identificar la demanda revelada de los servicios del lugar de recreación. Este técnica puede ser usada para lugares en los que el agua es el elemento principal, dado su valor recreacional, paisajístico o ambiental.

El costo de viaje se convierte en un bien privado de los visitantes y, por tanto, en una forma indirecta de estimar la demanda, en la medida en que en este caso sí hay variación en los gastos de los visitantes ubicados a distintas distancias del lugar específico.

Cuando es posible obtener la información del costo de viaje de los visitantes —a través de encuestas diseñadas con un adecuado diseño muestral, por ejemplo—, se pueden inferir parámetros de la demanda y darles una medida monetaria a los beneficios totales generados por el lugar específico.

Asumamos que $U(x,v)$ es una función de utilidad, donde $v$ es el número de visitas al sitio y $x$ son todos los otros bienes que producen utilidad para un consumidor. El problema del consumidor puede representarse como:

$$\text{Max } U(x, v; a, b) \qquad (14.3)$$
$$\text{s. a. } p_x{}^*x + p_v{}^*v = m$$

Donde $m$ es el ingreso disponible, $px$ y $pv$ son los precios de los bienes. La demanda de visitas es $v^*(p_x, p_v, m, a, b)$, que depende de precios, ingresos y parámetros de la función de utilidad.

Con los datos obtenidos de los visitantes, se pueden estimar, por un lado, el costo de viaje y, por otro, la función de demanda del sitio.

$$p_v = a + b^*\text{distancia} + c^*\text{tiempo} \qquad (14.4)$$

El estimado del precio de viaje *(pv)* para cada consumidor se usa en la estimación de demanda de visitas al sitio:

$$v = a + b^*m + c^*p_v + d^*Z + e \qquad (14.5)$$

Donde *Z* representa un vector de otras características del demandante. Mediante esta estrategia, se puede estimar el parámetro *c*, que establece la relación entre cantidad y precio de la visita (costo estimado del viaje).

***Valoración contingente***[23]

Los métodos de valoración contingente son muy populares para estimar el valor de bienes o servicios asociados al agua para los que no hay mercados, o cuando el servicio recién se va a crear por algún programa o política —puede ser un conjunto de regulaciones para preservar la calidad del agua, por ejemplo—. Como los consumidores no tienen una idea clara sobre la naturaleza del servicio, el investigador debe explicarles de qué se trata y preguntar sobre la disposición a pagar por los servicios.

Existen diferentes técnicas para definir el contexto de las preguntas y evitar potenciales sesgos en las respuestas. Los cuestionarios se diseñan para dilucidar la disposición a pagar (DAP) de los potenciales beneficiarios. La forma en que DAP es generada es muy importante en estos métodos, ya que los entrevistados pueden sesgar sus respuestas de acuerdo con la información que están recibiendo del propio encuestador. Por ejemplo, el encuestador puede sugerir un precio de inicio para el servicio, y los encuestados pueden usar ese precio como referencia para su valoración.

Las encuestas realizadas para obtener la DAP también recogen información de otras variables que potencialmente influyen en la demanda —como el ingreso de los agentes—, o elementos que influyen en sus preferencias, como nivel de educación, género, nivel socioeconómico, experiencia previa, etcétera.

23 La literatura teórica y empírica sobre métodos de valoración contingente es muy amplia y a ella referimos a los lectores interesados en profundizar en esta materia. Para una aproximación teórica, véase Barrantes (1993); y para aplicaciones recientes al Perú, Tudela Mamani et al. (2009).

# Capítulo 15
# La evaluación económica de proyectos de agua

En este capítulo se presenta el enfoque básico para la evaluación económica de proyectos de agua. Se consideran algunas características fundamentales de los proyectos en los procesos de evaluación, y se discuten los métodos para evaluar, tanto cualitativa como cuantitativamente, los beneficios y costos estimados que determinan su viabilidad económica.

## 15.1. Las características básicas para evaluar un proyecto de agua

Un proyecto se define como un conjunto de acciones orientadas a generar cambios o impactos en una población beneficiaria. Un «proyecto de agua» buscará cambiar la cantidad, calidad y/o variabilidad del acceso al recurso por parte de un grupo específico de la población, utilizando para esto tecnologías y procesos establecidos de conducción, tratamiento y distribución del agua hacia los usuarios.

Todo proyecto de agua se define en un ámbito geográfico determinado. La mayor parte de proyectos en el sector agua están directamente relacionados con alguna fuente específica del recurso, y esto define de manera importante las posibilidades y alcances del proyecto. Un tema clave es el esquema de derechos de acceso al agua en la fuente, que determinará si el proyecto puede extraer el recurso libremente o requiere un proceso de asignación de derechos, por parte del Estado, o de negociación con los que actualmente tienen derechos sobre aquel.

Además, el punto o puntos de la fuente en los que se extrae el agua para un proyecto definirá parámetros importantes. Por ejemplo, en dichos puntos se deben conocer características de cantidad disponible (flujo),

calidad y variabilidad de la oferta de agua en el tiempo. Es importante contar con información histórica sobre estas variables, ya que sobre esa base será posible proyectar con cierta certeza los flujos futuros de agua que el proyecto busca alterar.

El área en la que se desarrollará un proyecto determina también al grupo de beneficiarios potenciales, especialmente si dicho espacio está ocupado y tiene a personas con derechos de propiedad establecidos sobre él. En algunos casos, los beneficios de un proyecto pueden orientarse hacia una población aún no asentada en el espacio físico del proyecto, y esto complica en cierta forma la determinación más precisa de la población beneficiaria potencial. Igualmente, esto abre espacio para procesos de invasión y especulación por parte de personas que buscan obtener los beneficios esperados del proyecto en el futuro.

Una vez definidas las condiciones de acceso a la fuente de agua, los parámetros de cantidad, calidad y variabilidad, el espacio físico de cobertura del proyecto y la población potencialmente beneficiaria, será posible diseñar alternativas para generar los impactos esperados en la población objetivo. En algunos casos, es posible que exista más de una alternativa técnicamente viable para lograr los objetivos, y en este caso el proceso de evaluación económica ayudará a discriminar la mejor alternativa y, a su vez, esta deberá pasar el criterio general de viabilidad (rentabilidad). Pero también es posible que se plantee una sola alternativa, cuando las condiciones materiales o sociales limitan las alternativas a una sola opción. En ese caso, se evalúa la única alternativa con respecto a criterios generales de rentabilidad o viabilidad.

## 15.2. Identificación de los costos y beneficios del proyecto

Una vez definidas las alternativas técnicas que serán planteadas, es posible estimar los costos de cada alternativa de acuerdo con los procesos de producción e insumos requeridos para generarla. Se requiere identificar todas las

actividades, insumos y procesos requeridos para generar el proyecto en un tiempo determinado. Habitualmente, el horizonte de generación del proyecto, una vez iniciado, no debería ser muy amplio, en la medida en que se requiere que la población objetivo cuente con los beneficios lo más pronto posible.

El otro componente fundamental por calcular en un proyecto son los beneficios estimados en la población beneficiaria. Es en este proceso que los métodos de valoración presentados en el capítulo anterior adquieren importancia. Los beneficios esperados pueden tomarse de otros proyectos que ya hayan generado impactos en otros usuarios y que hayan sido medidos a través de procedimientos de evaluación de impacto; véanse, más adelante, algunos conceptos de las evaluaciones de impacto.

Un punto crucial para poder estimar beneficios esperados es conocer el tamaño y las características económicas de los agentes que serán beneficiarios. Si el proyecto genera agua para el consumo de los agentes, se deberá estimar el valor monetario del incremento en la utilidad de los consumidores por efecto del proyecto. Si el agua entrará en un proceso productivo, el cual, a su vez, generará ingresos, será necesario estimar el valor neto adicional generado por el agua —descontando el pago a otros factores— para los agentes beneficiados. Igualmente, se requiere agregar beneficios de agentes que pueden ser heterogéneos, para lo cual se apela a la monetización de beneficios que son agregables.

Una vez estimados los costos y beneficios de cada alternativa para el proyecto y su distribución temporal, será posible generar los indicadores de viabilidad que se describen a continuación.

## 15.3. Los indicadores de viabilidad económica de un proyecto: VAN y TIR

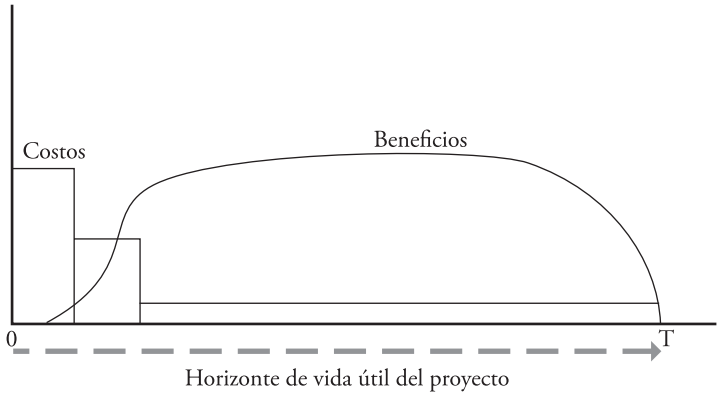
El proceso de evaluación de un proyecto se basa en la teoría económica de decisión de agentes que buscan maximizar sus ingresos netos. Si se trata de un proyecto público, como son la mayoría de los proyectos en riego y

saneamiento, por ejemplo, el Estado buscará lograr los objetivos de los proyectos al menor costo posible en el presupuesto. En ambos casos, se buscará maximizar el ingreso neto, es decir, los beneficios esperados menos los costos.

Cabe mencionar que todo proyecto tiene un horizonte temporal en el que se que espera ocurran los beneficios; es decir, tiene una «vida útil». Luego de transcurrido este horizonte, ya no se esperan beneficios atribuibles al proyecto. Es importante fijar ese horizonte de «vida útil» del proyecto para evaluar los flujos de beneficios esperados y poder contrastarlos con los costos.

En este punto, se requiere un mecanismo que permita comparar los distintos flujos temporales y generar indicadores de viabilidad del proyecto. En el gráfico siguiente se pueden ver flujos de beneficios y costos en un horizonte *T*.

**Gráfico 15.1**
**Costos y beneficios de un proyecto en el tiempo**




Normalmente, en los primeros años del horizonte se incurre en los costos del proyecto, mientras los beneficios atribuibles se inician a partir de la puesta en operación. Se requiere comparar el total de beneficios generados en el tiempo con los costos. Para este fin, es necesario considerar la tasa de descuento; es decir, el costo que tiene para la sociedad tener que esperar para consumir.

En la práctica comun, se usará la tasa de interés por ahorros para obtener una apoximación a la compensación que requieren los agentes ahorradores en el sistema financiero por posponer el consumo presente por consumo futuro. Con estos elementos, es posible generar el principal indicador de viabilidad de un proyecto: el valor actual neto (VAN).

El VAN de un proyecto se define como:

$$VAN = \sum_{t=1}^{T} \frac{B_t}{(1+r)^t} - Inversión$$

Donde $B_t$ es el beneficio neto obtenido por la población en cada período $t$ debido al proyecto, y $r$ es la tasa de interés vigente. El VAN mide el valor actual de los beneficios —descontados con una tasa de descuento— menos la inversión total por realizarse en el momento de ejecutar el proyecto. Si el valor es positivo, quiere decir que el proyecto está generando beneficios netos positivos y puede considerarse potencialmente viable. Si una alternativa *A* de proyecto tiene un VAN mayor que otra alternativa *B*, deberá preferirse la alternativa *A*, siempre y cuando logre los mismos objetivos y la escala no sea muy distinta entre ambas alternativas.

Un indicador alternativo que también se utiliza en la evaluación de proyectos es la tasa interna de retorno (TIR). Esta tasa se define como aquel valor de $r$ que hace que el VAN sea igual a cero. En otras palabras:

$$VAN = \sum_{t=1}^{T} \frac{B_t}{(1+TIR)^t} - Inversión = 0$$

La TIR indica la tasa de interés a la que se recupera totalmente la inversión. A mayor TIR para un proyecto, mayor rentabilidad. Por ejemplo, si para la misma inversión el proyecto *A* tiene una TIR de 0,2 y el proyecto *B* una de 0,3, el proyecto *B* es más rentable porque su flujo de beneficios debe ser descontado más para llegar al equilibrio. En otras palabras, el proyecto *B* tiene mayores flujos de beneficios esperados que el proyecto *A* para la misma inversión.

En las técnicas de evaluación de proyectos hay otros elementos por considerar. Una decisión importante se refiere a la TIR a la que se considera aceptable o viable un proyecto dentro de un esquema de evaluación general.

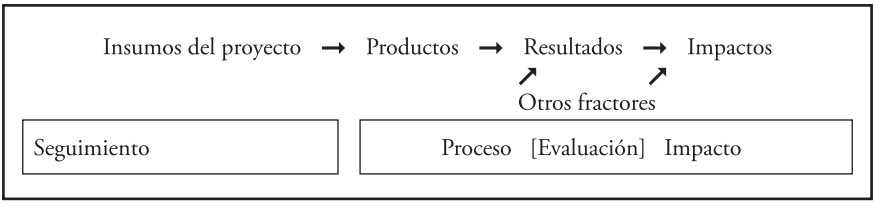
Otro aspecto importante se refiere a la valoración de los beneficios a precios privados —de mercado— o a precios sociales. Los precios sociales se estiman cuando existen externalidades positivas en los servicios o bienes generados por el proyecto que no son valorizados por el mercado. Los precios sociales también se pueden aplicar a los costos de proyecto; es decir, al costo de los factores de producción, como la mano de obra.

Finalmente, existen situaciones en las que un proyecto es evaluado por su costo-efectividad. Dado un objetivo determinado, se busca la opción de menor costo para lograr el objetivo, sin necesidad de estimar beneficios, que requieren técnicas complejas de estimación, muchas veces sujetas a grandes variaciones, dependiendo de los supuestos y la información disponible. La falta de evaluaciones de impacto rigurosas de proyectos públicos es, precisamente, una de las limitaciones para generar estimados confiables de beneficios. En el texto que sigue se presentan algunos conceptos básicos de las evaluaciones de procesos y de impacto de proyectos, las cuales son cruciales para mejorar el desempeño y la eficiencia de las intervenciones.

## 15.4. Las evaluaciones de procesos y resultados

En el diagrama siguiente se presentan algunos elementos básicos de todo esquema de evaluación.

**Diagrama 15.1**
**Tipos de evaluación de intervenciones públicas**



El diagrama esquematiza flujos de una intervención en la que, sobre la base de un diseño preestablecido, se utilizarán insumos para generar productos específicos, directamente asociados a la intervención. Estos productos, a su vez, deben contribuir a la obtención de resultados; es decir, cambios esperados en aspectos específicos de la realidad intervenida. Finalmente, estos resultados generarán o contribuirán a generar impactos en las personas y comunidades; es decir, en la población objetivo que será beneficiada por las intervenciones.

Las «evaluaciones de proceso» se centran en mirar el flujo recurrente de insumos y productos específicos de las intervenciones. Aunque la evaluación de proceso debe observar todos los procesos importantes de la intervención —desde el diseño hasta los impactos esperados finales—, pone más énfasis en evaluar la implementación en términos de los productos y resultados, que son procesos intermedios hacia los impactos finales.

En este marco general, identificamos los siguientes elementos básicos que se evalúan en cada intervención: i) calidad y consistencia del diseño de la intervención; ii) identificación de la población objetivo; iii) eficacia para la implementación de las actividades y generación de los productos; iv) relación entre el presupuesto asignado, la estructura de actividades y productos, y la cobertura de la población objetivo; v) eficiencia en la generación de los productos —costos medios—; vii) calidad de productos-servicios y satisfacción de los beneficiarios.

### *Diseño y marco lógico*

El marco lógico de un proyecto es un instrumento que refleja el diseño inicial de las intervenciones y que sirve de guía para todo el proceso descrito en el diagrama de flujo, desde insumos hasta impactos finales. La evaluación del diseño y el marco lógico es el punto de partida para la evaluación, en la medida en que este refleja el diseño fundamental y establece las relaciones lógicas planteadas entre los insumos, los productos y los resultados esperados. Por este motivo, un tema central de las evaluaciones de proceso es la calidad y consistencia del marco lógico que está detrás de la intervención, para lo cual se requiere personal que tenga conocimiento y práctica con este instrumento.

*Población objetivo*

La definición de la población objetivo de cada intervención es un aspecto clave de evaluación, en la medida en que esta se convierte en el principal criterio orientador para la asignación de recursos y el logro de resultados. En algunas intervenciones, la población objetivo puede estar menos definida si se trata de intervenciones generales para producir bienes públicos de acceso general. En otros casos, la población objetivo puede ser más específicamente definida; es decir, la intervención tiene elementos que focalizan los recursos en cierta población con características conocidas.

La identificación de la población objetivo es importante para poder luego evaluar si la asignación de recursos está realmente orientada al grupo meta. Igualmente, el conocimiento de características de esta población ayuda a reconocer si el diseño y los procesos de implementación de la intervención son consistentes con estas características. Finalmente, una buena identificación de la población objetivo es clave para evitar la pérdida de recursos (filtraciones) y reducir las posibilidades de superposición entre diversas intervenciones públicas.

*Eficacia en la implementación y generación de productos*

La eficacia se define como la capacidad de la entidad evaluada para lograr metas preestablecidas. Esta evaluación ocupa gran parte del proceso evaluador, en la medida en que equivale a entrar en la «caja negra» de la entidad ejecutora; es decir, en el proceso de generación de productos y resultados. En esta parte de la evaluación, es importante contar con información de los procesos críticos que deben llevar a la generación de los productos. Es fundamental que la entidad evaluada cuente con un buen sistema de seguimiento de sus procesos, y que sea capaz de identificar los procesos críticos para lograr los productos requeridos, en el tiempo y con la calidad esperada.

Es importante evaluar el nivel de organización, la capacidad e incentivos del personal ejecutor para el logro de objetivos, el flujo de información vertical y horizontal dentro de la organización, los niveles de formalización y de relaciones no formales, que pueden ser también importantes para

lograr metas —el clima institucional—. Asimismo, es importante evaluar restricciones que provienen desde fuera de la entidad, como rigideces presupuestales y legales, o la interferencia de intereses políticos y económicos. En suma, se trata de identificar fortalezas y debilidades en el aparato administrativo que está a cargo de ejecutar la intervención evaluada.

*Eficiencia en la generación de los productos*

La eficiencia responde a la pregunta de si los productos se están generando al menor costo posible dada una tecnología de producción. El punto crítico por evaluar aquí se refiere a los costos unitarios de algunos de los productos principales de la intervención. Las entidades ejecutoras muy rara vez tienen un estimado de sus costos unitarios. En muchos casos, los productos no son fácilmente identificables y relacionables con los costos, especialmente cuando existe una gran cantidad de costos comunes o transversales. Igualmente, es un reto generar comparaciones de costos con otras entidades o con otras experiencias en otros países. En este caso, se debe buscar generar la mejor información posible, teniendo en cuenta que esto depende de la propia calidad de la información que manejan las entidades evaluadas.

*Calidad de los productos-servicios y satisfacción de los beneficiarios*

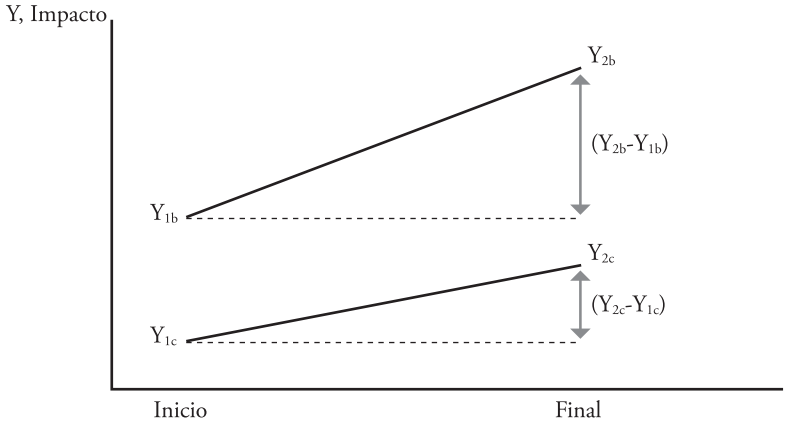
Este es uno de los aspectos esenciales de una evaluación, en la medida en que se centra en la interacción más importante: entre unidad ejecutora y beneficiarios. En este nodo de evaluación, se debe contar con información sobre la cantidad y calidad de los productos y servicios que, efectivamente, llegan a los ciudadanos, y al mismo tiempo, tener noción sobre los niveles de satisfacción de ellos.

## 15.5. Evaluación de impacto de un proyecto

Una vez implementado un proyecto, es necesario medir sus impactos en los beneficiarios. La metodología recomendada para diseñar e implementar esquemas de evaluación de impactos es la de grupos de control y tratados, como se explica a continuación.

Si asumimos que el proyecto pretende impactar una variable *Y*, el marco básico para la evaluación de impacto se muestra en el gráfico siguiente.

**Gráfico 15.2**
**Método de evaluación de impacto**




Definimos el grupo *b* como tratados por el proyecto y el grupo *c* como un grupo de control comparable. En el inicio del proyecto, ambos grupos tienen un valor promedio de $Y_1$ de la variable de impacto con el grupo tratado con grupo control con $Y_{1b}$ e $Y_{1c}$.

En general, la característica deseable para los grupos *b* y *c* es que estos tengan características similares en cuanto a la probabilidad de ser seleccionados para el tratamiento por el proyecto. Cuando no hay una selección aleatoria entre tratados y grupos de control —extraídos de una misma distribución de la población—, el análisis del impacto exige la aplicación de «técnicas de emparejamiento» (*matching*), es decir, identificar entre los agentes tratados y no tratados un «soporte común» de la probabilidad —de ser tratado— y generar comparabilidad a lo largo del espacio probabilístico. La aplicación de técnicas de emparejamiento asegura que los sesgos de selección sean mitigados o eliminados bajo circunstancias específicas.

Al final del proyecto —o en una fase intermedia—, la variable se mide en ambos grupos a $Y_{2b}$ e $Y_{2C}$. Por lo tanto, el impacto $\Delta Y$ «atribuible

al proyecto» debe estimarse según la siguiente fórmula de diferencias en diferencias:

$$\text{Impacto del proyecto } (\Delta Y^1) = (Y_{2b} - Y_{1b}) - (Y_{2c} - Y_{1c})$$

El «impacto» $\Delta Y^1$ debe tener en cuenta que hay una parte de la diferencia en la variable de impacto que no es atribuible al proyecto y que se mide mediante el grupo de control que no obtiene beneficios del proyecto. Esta parte *no imputable* $(Y_{2c} - Y_{1C})$ debe ser sustraída de la diferencia en el grupo tratado $(Y_{2b} - Y_{1b})$. Esto se conoce como la medida de «diferencias-en-diferencias» en la literatura de evaluación.

A veces, la naturaleza de las intervenciones o decisiones sobre la selección de los grupos de tratamiento puede hacer inviable la posibilidad de construir un «grupo de control» apropiado. Cuando no hay ningún grupo de control, la medida que solo está disponible para medir el impacto del proyecto es:

$$\text{Impacto del proyecto } (\Delta Y^2) = (Y_{2b} - Y_{1b})$$

Esta medida se conoce como indicador «después-antes», y está sujeta al sesgo potencial de no tener el componente $(Y_{2c} - Y_{1C})$, es decir, el cambio potencial en el grupo de control no atribuible al proyecto. Cuando es el único indicador a mano, es necesario evaluar otros posibles factores que influyen en el valor omitido $(Y_{2c} - Y_{1C})$ para poder tener una mejor aproximación del impacto real del proyecto; por ejemplo, análisis de no atribución a través de fuentes externas de información.

El enfoque de ambos indicadores requiere la medición de las variables de impacto tanto en el punto de partida —o antes— del proyecto, la llamada «línea de base», como al final, o «evaluación final». En el primer caso, una línea de base debe aplicarse a ambos grupos de tratados y de control. En el segundo, no hay ningún grupo de control y la encuesta se aplica solo a los agentes potencialmente tratados.

# Capítulo 16
# Los proyectos de riego de escala menor en el Perú

En este capítulo presentamos información sobre los proyectos de riego de alcance distrital declarados viables por el Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP) en los últimos diez años en el Perú. La información alude a proyectos que tienen referencia a alguno de los distritos del país, y se analiza la evolución en el tiempo de variables básicas de estos proyectos, así como su distribución en el territorio nacional.

## 16.1. La base de datos del SNIP para proyectos de riego

El SNIP ha venido funcionando en el Perú durante la última década con la intención de darles a los proyectos públicos un adecuado proceso de formulación y evaluación de costos y beneficios, para así asignar mejor los recursos fiscales invertidos en ellos.

El llamado SNIP registra todos los tipos de proyectos públicos, tanto los que tienen alcance nacional como regional y local. En este caso, estamos interesados en presentar información solo de aquellos proyectos que hayan sido aprobados y que tengan ejecución en el nivel distrital, los que generalmente son de pequeña o mediana escala; en otras palabras, aquí no se analizan los grandes proyectos de irrigación de alcance regional o multirregional.

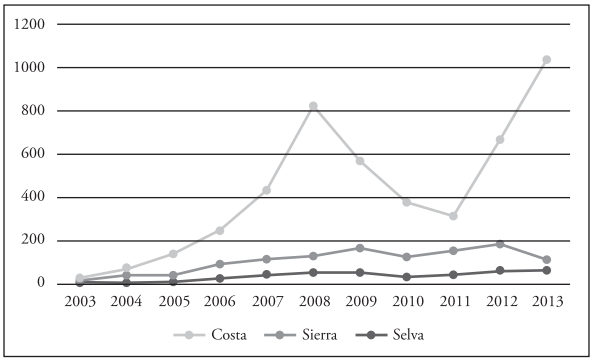
Debido a que la base de datos del SNIP no tiene un clasificador de proyectos de riego, para la construcción de la base de datos se han seleccionado todos los proyectos cuyo nombre incluya cualquiera de las siguientes palabras: riego, irrigación, canales, reservorios y represas. Igualmente, se han seleccionado solo los proyectos que han sido declarados viables por el SNIP.

La base contiene proyectos de los tres niveles de gobierno: nacional, regional y local. Cabe señalar que los proyectos declarados viables pueden no haber sido iniciados aún, estar en ejecución o ya haberse ejecutado, y no es posible conocer la situación al no tener el estatus de cada uno de estos. La idea central es evaluar qué tipos de proyectos de riego de pequeña y mediana envergadura han venido siendo declarando viables por el SNIP durante la última década.

## 16.2. Evolución del número y distribución de los proyectos

En el siguiente gráfico se presenta la evolución anual del número de proyectos de riego declarados viables y de alcance distrital durante la última década.

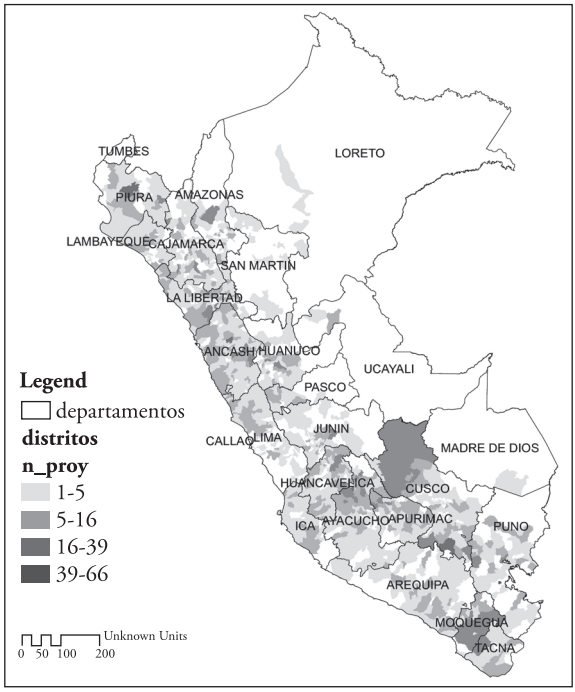
**Gráfico 16.1**
**Número de proyectos de riego**




Fuentes: SNIP y MEF.

Se puede observar un crecimiento importante del número de proyectos durante la década, especialmente en la sierra peruana. Hubo dos ciclos de crecimiento: entre el 2004 y el 2008, luego una fuerte caída entre el 2009-2011, y una recuperación notable entre el 2012-2013; en ese último año se llegó a más de mil proyectos declarados viables. La distribución territorial del número de proyectos durante todo el período 2003-2013 se presenta en el mapa siguiente.

**Mapa 16.1**
**Número de proyectos a nivel nacional**

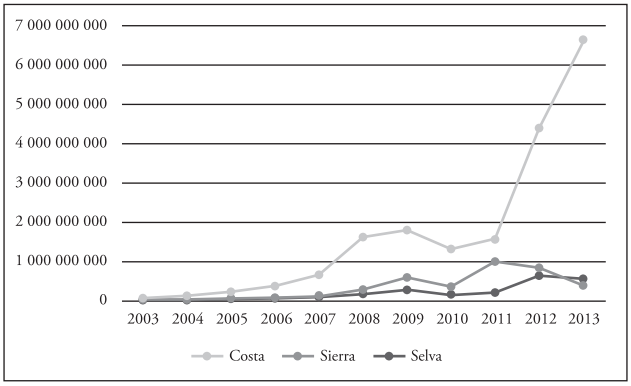



Fuente: SNIP-MEF.

Se puede ver mayor concentración de proyectos en algunas zonas específicas de Cusco, Ayacucho, Moquegua, Áncash, La Libertad y Piura. Este patrón, al parecer, está relacionado con la disposición de recursos del canon minero y gasífero, el cual se incrementó significativamente entre los años 2009 y 2013, lo que aumentó los presupuestos de los gobiernos regionales y locales en zonas específicas del país.

En términos de montos totales aprobados para los proyectos viables, el gráfico siguiente muestra el fuerte incremento en los presupuestos asignados a este tipo de proyectos en la sierra peruana, especialmente en los años 2012 y 2013 —llegó a 7000 millones de nuevos soles—, proceso que, como se mencionó, estaría relacionado con la mayor dotación de recursos de canon de algunos de los gobiernos regionales y locales ubicados en esta región natural.

**Gráfico 16.2**
**Monto (nuevos soles) aprobado por el SNIP para proyectos viables de riego**




Fuente: SNIP-MEF.

## 16.3. El tamaño promedio y la tasa interna de retorno de los proyectos

La base del SNIP a la que se ha accedido contiene información sobre el monto aprobado por cada proyecto, así como el número de beneficiarios y la tasa interna de retorno de cada uno de estos. La evolución de estas variables para todo el período se presenta en el cuadro siguiente.

**Cuadro 16.1**
**Evolución de variables de proyectos de riego**

| | Monto Promedio | Número de Beneficiarios | TIR | Monto/Beneficio |
|---|---|---|---|---|
| 2003 | 637 956 | 503 | 60 | 1515 |
| 2004 | 1 389 766 | 7901 | 59 | 851 |
| 2005 | 1 346 739 | 1125 | 59 | 2365 |
| 2006 | 1 320 405 | 2197 | 44 | 3575 |
| 2007 | 1 373 510 | 1206 | 36 | 4232 |
| 2008 | 1 994 387 | 1516 | 34 | 4329 |
| 2009 | 3 333 957 | 2401 | 29 | 6922 |
| 2010 | 3 333 339 | 1754 | 29 | 8097 |
| 2011 | 5 454 427 | 3188 | 26 | 9460 |
| 2012 | 6 425 770 | 2134 | 23 | 8124 |
| 2013 | 6 325 548 | 3066 | 24 | 10109 |
| **promedio** | **3 939 038** | **2282** | **31** | **6920** |

Fuente: Ministerio de Economía y Finanzas (MEF).

El monto promedio por proyecto declarado viable fue de casi cuatro millones de nuevos soles, el cual se ha incrementado sosteniblemente durante los últimos cinco años de la serie. El número de beneficiarios promedio ha sido de 2282 agricultores —o familias de agricultores—, pero con un comportamiento más errático en el tiempo. La tasa interna de retorno (TIR), que mide básicamente la rentabilidad esperada de los proyectos aprobados, ha tenido un comportamiento declinante durante la década, sobre todo porque se han venido declarando viables más proyectos con menores tasas internas de retorno; en el 2003, el promedio fue de 60%, y se redujo a 24% en el 2013.

El monto por beneficiario de los proyectos tuvo un promedio de 6920 nuevos soles —unos US$ 2400 por beneficiario—, y este ratio se incrementó durante los últimos cinco años de la serie, lo cual indica que hay proyectos que se han encarecido por beneficiario, y de allí la menor tasa interna de retorno observada. Lamentablemente, la base no contiene información sobre el número de hectáreas que serían mejoradas o ampliadas con los proyectos de riego; por ello, no es posible generar un estimado del costo de los proyectos por hectárea, un dato importante para evaluar la rentabilidad de estos si se compara con el precio de la tierra bajo riego en el mercado en cada zona específica. En el capítulo siguiente se hace una estimación del impacto del riego en el valor de la tierra, a través de una función de ingreso de los agricultores.

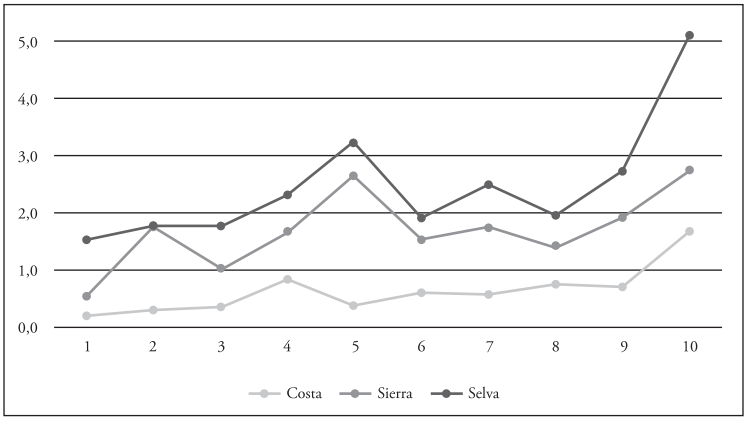
# Capítulo 17
# La valorización del agua de riego en la pequeña agricultura

En este capítulo, se presentan estimados del valor de la tierra bajo riego en la pequeña agricultura familiar del Perú. Se utilizan datos de las encuestas de hogares (Enaho) para evaluar una función de ingresos, dentro de la cual la tierra bajo riego es uno de los factores de producción.

## 17.1. La dotación de tierra bajo riego de la agricultura familiar

Para analizar el valor de la tierra bajo riego, se usarán datos de Enaho entre los años 2009 y 2012. La cantidad de tierra bajo riego promedio por decil de ingreso de los agricultores en las tres regiones naturales se presenta en el gráfico siguiente:

**Gráfico 17.1**
**Cantidad de tierra bajo riego promedio por deciles (hectáreas)**




Fuente: Enaho 2009-2012 (INEI).

En la costa y la sierra, el promedio de tierra con riego es bastante mayor que en la selva, donde el riego es mucho menos importante. Igualmente, se puede ver la relación creciente —aunque imperfecta— entre tierra bajo riego e ingreso total esperado de los agricultores. En particular, se observa que los agricultores con mayor ingreso (decil 10), tienen en promedio unas cinco hectáreas en la costa y cerca de tres hectáreas bajo riego en la sierra, y cerca de dos hectáreas en la selva.

Usaremos una función de ingreso esperado de los agricultores para estimar el impacto que tiene en dicho ingreso cada hectárea bajo riego de los agricultores (para la relación general entre acceso al agua de riego e ingresos de los agricultores en un sistema de irrigación, véase el anexo en este capítulo). Se incluyen en la estimación de la función otras variables importantes como la tierra bajo secano, si el agricultor tiene riego tecnificado, y los años de educación y tenencia de ganado vacuno. Haremos estimaciones separadas para cada región natural. Los valores descriptivos de las variables por utilizar en la estimación se presentan en el cuadro siguiente.

**Cuadro 17.1**
**Valores descriptivos de las variables para estimación**

| | Costa | | | | Sierra | | | | Selva | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Media | Dv Estd | Min | Max | Media | Dv Estd | Min | Max | Media | Dv Estd | Min | Max |
| Ingreso anual (S/.) | 24 513 | 24 203 | 506 | 414 924 | 12 390 | 15 107 | 208 | 466 956 | 17 364 | 20 082 | 386 | 425 516 |
| Tierra bajo secano (ha) | 0,75 | 5,48 | 0,0 | 200,0 | 3,99 | 28,68 | 0,0 | 998,0 | 13,06 | 29,30 | 0,0 | 999,0 |
| Tierra bajo riego (ha) | 2,47 | 5,86 | 0,0 | 126,0 | 1,57 | 18,82 | 0,0 | 967,0 | 0,52 | 3,95 | 0,0 | 152,0 |
| Tiene riego tecnificado | 5,5% | 22,8% | 0,0% | 100,0% | 5,6% | 22,9% | 0,0% | 100,0% | 1,4% | 11,8% | 0,0% | 100,0% |
| Ganado vacuno (unid.) | 1,49 | 4,61 | 0,0 | 94,0 | 2,78 | 4,85 | 0,0 | 85,0 | 2,76 | 12,09 | 0,0 | 550,0 |
| Años educación JH | 6,35 | 4,29 | 0,0 | 18,0 | 5,37 | 4,16 | 0,0 | 18,0 | 6,05 | 3,72 | 0,0 | 18,0 |
| **Observaciones** | **4180** | | | | **23 750** | | | | **9869** | | | |

Fuente: Enaho 2009-2012 (INEI).

Se puede observar que el ingreso anual promedio de los agricultores en la costa es de 24 500 nuevos soles, mientras que en la sierra es prácticamente la mitad (12 400 nuevos soles). La selva se ubica en un lugar intermedio, con 17 300 nuevos soles anuales (promedios nominales 2009-2012). El acceso a riego tecnificado es bastante bajo en la agricultura familiar según Enaho. En la costa apenas llegó al 5,5%; en la sierra, al 5,6%; y en la selva, al 1,4%.

Para la estimación, usaremos una relación lineal simple de las variables con la siguiente forma:

Y = **a** + **b***(tierra riego) + **c***(tierra secano) + **d***tecnif + **e***(vacuno) + **f***(educ) + v

Donde:

Y: ingreso anual del agricultor
tierra riego: superficie bajo riego del agricultor
tierra secano: superficie bajo secano del agricultor
tecnif: *dummy* para riego tecnificado, 1 = tiene riego tecnificado; 0 = no tiene
vacuno: número de unidades de ganado vacuno
educ: años de educación del agricultor
v: variable aleatoria con distribución normal y media = 0

Los resultados de la estimación para cada región natural se presentan en el cuadro 17.2. Como se puede ver, la tierra bajo riego tiene impacto significativo en la costa y la selva, con aumentos del ingreso esperado de 750 nuevos soles y 612 nuevos soles, respectivamente. En la sierra, el impacto es de apenas 6 nuevos soles en el ingreso anual, prácticamente nulo.

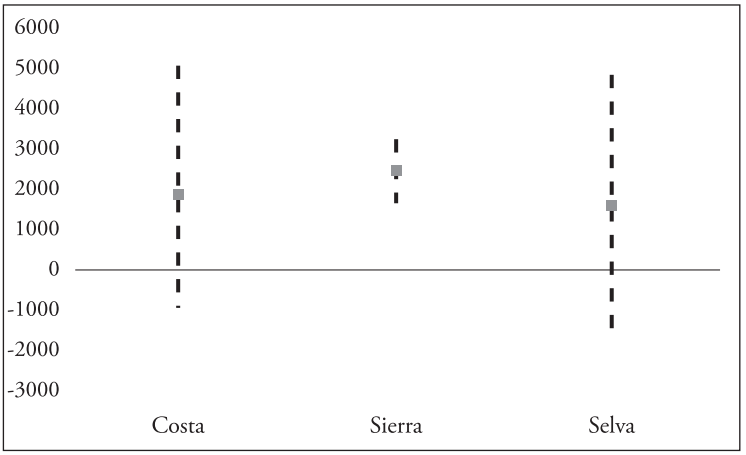
**Cuadro 17.2**
**Estimación de la función del ingreso esperado de los agricultores**

| | Costa | | | Sierra | | | Selva | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Coef.** | **Std. Err.** | **t** | **Coef.** | **Std. Err.** | **t** | **Coef.** | **Std. Err.** | **t** |
| Tierra bajo secano (ha) | -125,1 | 62,8 | -1,84 | 1,50 | 3,66 | 0,41 | 63,4 | 7,8 | 8,12 |
| Tierra bajo riego (ha) | 750,7 | 64,4 | 11,67 | 6,23 | 5,57 | 1,12 | 611,6 | 49,6 | 12,32 |
| Tiene riego tecnificado | 1875,1 | 1596,1 | 1,17 | 2419,3 | 403,16 | 6,00 | 1574,6 | 1662,2 | 0,95 |
| Ganado vacuno (unid) | 427,7 | 79,1 | 5,41 | 235,3 | 19,18 | 12,27 | 233,0 | 18,9 | 12,33 |
| Años educación JH | 987,1 | 83,9 | 11,76 | 1152,9 | 22,30 | 51,71 | 1191,9 | 51,0 | 23,35 |
| Año 2010 | 933,2 | 977,6 | 0,95 | 1021,9 | 265,48 | 3,85 | 1787,0 | 549,6 | 3,25 |
| Año 2011 | 3794,9 | 1015,9 | 3,74 | 1447,5 | 259,40 | 5,58 | 3488,8 | 534,0 | 6,53 |
| Año 2012 | 3633,8 | 1025,9 | 3,54 | 2002,8 | 262,09 | 7,64 | 4464,7 | 538,4 | 8,29 |
| Constante | 13 783,99 | 887,0 | 15,54 | 4255,9 | 226,01 | 18.83 | 6114,4 | 498,5 | 12,27 |

Fuente: Enaho 2009-2012 (INEI), estimados propios.

No obstante, en la sierra se observa un impacto muy fuerte y significativo del acceso a riego tecnificado, que incrementa el ingreso anual en más de 2400 nuevos soles. El impacto del riego tecnificado por región se puede ver en el siguiente gráfico.

**Gráfico 17.2**
**Impacto del acceso a riego tecnificado en ingresos**




Fuente: Enaho 2009-2012 (INEI), estimados cuadro 17.2.

Solo en la sierra el impacto es estadísticamente significativo y muy preciso. En las otras dos regiones, el impacto medio, aunque positivo, tiene intervalos de confianza muy amplios que no permiten descartar la hipótesis de efecto nulo en el ingreso. Este impacto en la sierra indica claramente que el acceso a riego en esta región debe estar acompañado de tecnificación, que es lo que realmente permite incrementar significativamente la productividad y el ingreso de los agricultores.

**Anexo: acceso a riego e ingresos de los agricultores**

En este anexo, se plantea teóricamente el tema de la asignación de derechos de agua en el interior de un espacio regido por la «escasez compartida» del recurso por parte de los agricultores y cómo se relaciona esto con sus

ingresos y el conflicto por el recurso. Se analiza el efecto de los derechos en los ingresos esperados de los agricultores, así como el efecto de la incertidumbre y externalidades entre los usuarios, dada la interconexión física dentro de los sistemas de riego.

Imaginemos a un conjunto de productores individuales en una zona de escasez compartida de agua, quienes, para producir cultivos específicos, requieren el agua que reciben efectivamente las plantas instaladas en su tierra (esta cantidad de agua se denota por $z$). Cada productor tiene acceso a una tecnología que le permite transformar el insumo $z$ —en combinación con otros insumos, denotados por un vector $x$—, en una cantidad determinada de cultivo $y$.

La tecnología será representada por una función $f(.)$ para el productor $i$ de la siguiente forma:

$$y_i = f(z_i, x_i) \qquad (A.1)$$

Cada productor hipotético tiene acceso a una dotación de agua $A_i$ dentro del espacio bajo riego o de escasez compartida. Si bien el agricultor debe pagar una tarifa de agua, esta no está asociada a la cantidad de agua efectivamente utilizada por el agricultor, $z_i$, sino a la dotación de agua establecida en el sistema de asignación $A_i$. El cultivo producido tiene un precio $p$, y los otros insumos de la producción tienen precios de mercado $p_x$. El productor tiene como objetivo lograr el máximo retorno $B$ por su inversión en los insumos $x$, dada su dotación de agua. Podemos representar este objetivo del productor de la siguiente manera:

$$\text{Max}_{\{z,x\}}\ \pi = pf(z_i, x_i) - p_x x_i - t_a * \mathbf{A}_i$$
$$\text{s. a.} \qquad z_i \leq \mathbf{A}_i$$

Donde $t_a$ es la tarifa de agua. El agricultor debe decidir cuánta agua ($z_i$) y cuánto de otros insumos ($x_i$) va a usar en la producción.

Para la decisión óptima de uso del agua, que denotaremos $z_i^*$, la solución al problema tiene dos posibilidades. La primera es que el productor, simplemente, use toda su dotación $z_i^* = A_i$. Este caso será óptimo siempre y cuando:

$$pf'_z (A_i, x_i) \geq 0 \qquad (A.2)$$

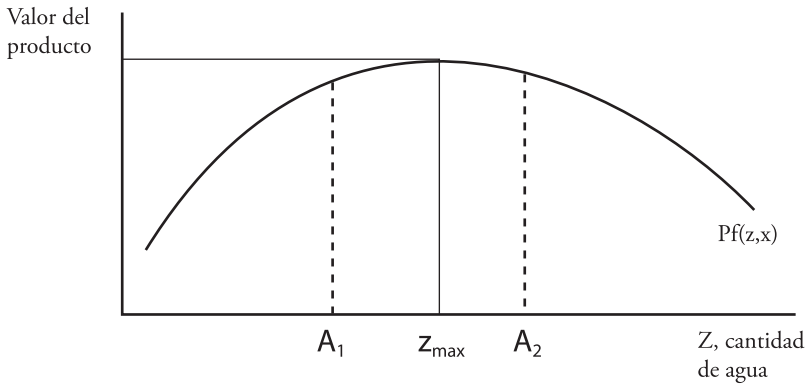
es decir, el valor marginal de usar toda la dotación es positivo o cero. Si este valor es positivo, el productor querría usar más agua, ya que esto aumentaría su beneficio sin incrementar sus costos —el pago de tarifa es un costo fijo no asociado a la cantidad de agua utilizada $z_i$ sino a la dotación fija $A_i$—. Sin embargo, solo puede usar como máximo su dotación. Si el valor es igual a cero, la dotación es exactamente la necesaria para lograr el máximo beneficio posible.

La segunda posibilidad es que —óptimamente— use menos del total de su dotación, o que $z_i^* < A_i$. Este caso ocurre si:

$$pf'_z (A_i, x_i) < 0 \qquad (A.3)$$

es decir, el uso del total de la dotación está por encima del punto de uso óptimo, y usando menos agua que la dotación se logrará el máximo beneficio. Ambos casos se muestran en el siguiente gráfico. Si el productor tiene una dotación de $A_1$ de agua, entonces usará óptimamente toda su dotación. Si el productor tiene $A_2$ como dotación, usará menos agua que su dotación, y se ubicará en el punto de máximo beneficio $z_{max}$.

**Gráfico A.1**
**Decisión sobre el uso de agua del productor**



Para fines del análisis, conviene introducir la noción de la función de beneficios. Esta función se establece a partir de los valores óptimos $z_i^*$ y $x_i^*$ obtenidos de acuerdo con (A.2) o (A.3). Si el productor enfrenta la posibilidad (A.2), la dotación $A_i$ del productor sí limita el uso de agua y, por ende, esta entrará como argumento en la función de beneficios $\pi^*$:

$$\pi^*_i = pf[z_i^*(p, p_x, A_i); x_i^*(p, p_x, A_i)] - p_x^* x_i^*(p, p_x, A_i) - t_a^* A_i = \pi^*_i (p, p_x, A_i, t_a) \quad (A.4.1)$$

La posibilidad (A.3), por otro lado, indica que el productor tiene una dotación de agua bastante amplia y debe dejar de usar parte del agua que le pertenece. En este caso, la dotación del productor no desempeña ningún rol en el nivel de uso del agua y, por ende, en los retornos totales a la producción:

$$\pi^*_i = pf[z^*(p, p_x); x^*(p, p_x)] - p_x^* x^*(p, p_x) - t_a^* A_i = \pi^*_i (p, p_x, t_a) \quad (A.4.2)$$

A diferencia del caso anterior (A.4.1), la función de beneficios obtenidos solo depende de los precios relativos entre producto e insumos, y la *dotación de agua no interesa*. Nótese, en ambos casos, que la tarifa de agua no influye en la decisión de uso del agua $z_i^*$, aunque sí tiene impacto en los beneficios del productor. Solo si la tarifa estuviera atada directamente al uso del agua, se tendría que la decisión del uso de agua se vería influenciada por aquella. De todas formas, el tema de la tarifa afecta los beneficios y, por ende, se generan dificultades para que los propios agricultores fijen una tarifa que cubra los costos de operación y mantenimiento de los sistemas de riego.

La diferencia entre (A.4.1) y (A.4.2) es muy importante desde el punto de vista de la gestión del agua. El primer caso es el más importante e identifica la situación de explotación del recurso en condiciones de que haya *escasez relativa y los agricultores usen toda el agua que reciben*. En la expresión (A.4.1), los ingresos de los productores están directamente relacionados con su dotación de agua.

# Capítulo 18
# Evaluación cualitativa de proyectos de agua en ciudades pequeñas

El presente capítulo resume los resultados de una evaluación externa a un proyecto en ciudades pequeñas que se ejecutó entre los años 2003 y 2007 en nueve localidades del Perú.[24] Se trata de una evaluación cualitativa de procesos y resultados.

## 18.1. Contexto del proyecto

El proyecto nació sobre la base de una iniciativa de cooperación externa que disponía para el año 2001 de fondos de donación —unos cinco millones de dólares— que debían ser usados en el sector de agua y saneamiento en el Perú. El diseño original del proyecto identificaba al segmento de pequeñas localidades definidas como lugares con población por encima de los 2000 y menos de 30 000 habitantes. Se citaban estudios previos que señalaban que este segmento había sido descuidado por la política pública de agua y saneamiento durante la década de 1990.

El diseño inicial, definido como proyecto piloto, apuntaba a trabajar con este segmento no atendido básicamente para generar mejoras en el servicio y poder establecer lecciones para guiar mejores estrategias de intervención desde el sector público nacional, regional y local. El objetivo explícito inicial del proyecto fue «apoyar a poblaciones de pequeñas localidades para que tengan acceso a servicios de calidad y sostenibles de agua y desagüe, con impactos en su salud y niveles de vida».

De las once localidades inicialmente seleccionadas, se realizaron algunas modificaciones —salidas y entradas— y quedaron finalmente nueve

24 El contenido de este capítulo se basa en Zegarra y Espinoza (2008).

localidades en donde se desarrolló el proyecto: Laredo, Nauta, Nueva Cajamarca, Sechura, Talavera, Tabalosos, Tamshiyaku, Tumán y Urcos. Estas localidades tendrían, en el año 2005, entre unos 4500 habitantes (Tamshiyaku) y casi 30 000 habitantes (Sechura). En el caso de las dos localidades de la sierra (Urcos y Talavera) y selva baja (Tamshiyaku y Nauta), se observa una mayor importancia de la población rural en el distrito.

## 18.2. Conceptualización, sostenibilidad técnica y viabilidad política del proyecto

El equipo del proyecto desarrolló una conceptualización sobre el nuevo «modelo de gestión» del servicio de agua, dentro del cual se debía definir prioritariamente la forma de participación de la población en el servicio y la naturaleza del operador privado o especializado. El concepto de modelo de gestión fue entendido como el de «interacción de actores» con una nueva definición de sus roles, funciones y responsabilidades.

En el nuevo esquema, el municipio abandona su rol previo de operador para ocupar el de proveedor de infraestructura y regulador del servicio. En el esquema entra en escena un nuevo actor, el *operador especializado* (OE), que pasa a operar el sistema de agua sobre la base de un contrato y un conjunto de derechos y obligaciones contractuales. Finalmente, la sociedad civil se organiza y participa en la provisión del servicio a través de la *Junta Vecinal de Supervisión* (JVS), cuyo rol más importante es velar por que los usuarios reciban un servicio adecuado y de buena calidad.

Uno de los mayores aportes conceptuales del proyecto fue la distinción entre dos niveles en los cuales debía tener impactos verificables. El primero es el nivel propiamente técnico-económico del modelo de gestión, en el que la preocupación central vendría a ser la provisión de servicios de agua y saneamiento de calidad y en forma sostenible técnica y económicamente. El segundo nivel es el de sostenibilidad política, que haría viable el sostenimiento de los nuevos modelos al margen de los ciclos políticos vigentes.

Cabe señalar que la sostenibilidad técnico-económica está estrechamente relacionada —en forma interdependiente— con la viabilidad política de los modelos, tema que sí sería explícitamente planteado por el proyecto.

En el caso de la viabilidad política, uno de los temas clave del nuevo modelo de gestión era que debía ser capaz de superar —o trascender— la discusión polarizante sobre la privatización de los servicios de agua y saneamiento que estaba planteada en el país desde hacía un buen tiempo. Para tal fin, se explicitaba la necesidad de promover una amplia participación de la sociedad civil en los procesos de discusión y decisión sobre los nuevos modelos de gestión que se debían adoptar. Esto abriría un espacio importante para recoger las inquietudes y reducir los temores de la población con respecto a la privatización de un servicio como el del agua, que es un tema muy sensible social y políticamente. A su vez, este proceso permitiría que los alcaldes comprometidos con el proyecto asumieran un menor riesgo político, al tener el respaldo de la población en cuanto al proceso de toma de decisiones que lleva a la adopción de una nueva forma de gestionar el servicio.

Por eso, el proyecto otorgaría especial atención a promover y sensibilizar a la población, la cual se concentraría en generar espacios y procesos participativos que permitieran, por un lado, validar un modelo de gestión técnica y económicamente sostenible mediante su aprobación directa por parte de la población y, por otro, generar canales de diálogo permanente entre los pobladores y la municipalidad a través de la JVS para la adecuada supervisión del servicio.

## 18.3. Viabilidad técnica y viabilidad política: el rol de la participación de la población

Con respecto a la viabilidad política, creemos que esta tenía importantes fortalezas, pero también limitaciones en el diseño del proyecto. En el primer caso, es claro para los evaluadores que los procesos participativos como el adoptado por el proyecto son claramente superiores a los procesos verticales

o tecnocráticos en cuanto a asegurar una mayor legitimidad y sostenibilidad social y política de nuevas formas de gestión del agua en estas localidades.

No obstante, planteamos que el tipo de proceso participativo promovido específicamente por el proyecto, aunque necesario, no fue suficiente para lograr los niveles de viabilidad política requeridos para este tipo de proyectos de agua. Los procesos de consulta ciudadana pueden enfrentar múltiples limitaciones: la manipulación política del proceso por el alcalde u otros actores, la inexistencia de una «cultura participativa» en la población o, simplemente, una mala convocatoria. Además, estos procesos participativos siguieron teniendo un carácter relativamente exógeno y no aseguraron necesariamente que se generen consensos políticos más amplios en torno al tipo de modelo de gestión adoptable.

En la mayoría de los casos evaluados, se pudo constatar que debido a las demoras significativas en las obras de infraestructura y a problemas para mejorar el servicio en forma notoria, la población no tuvo oportunidad de apreciar la mejora en el servicio de agua y relacionarla con la presencia de un nuevo operador, y esto generó una gran frustración luego de haber pasado por un proceso de promoción y empoderamiento.

Así, una característica que se debe tomar en cuenta al usar el enfoque participativo para este tipo de proyectos se refiere al delicado manejo de las expectativas de la población. Una vez iniciado el proceso de sensibilización y consultas, es evidente que se generan nuevas expectativas sobre las condiciones y calidad del servicio, las cuales serán rápidamente expuestas a la realidad prevaleciente. Si el proyecto no consigue generar mejoras tangibles en el servicio en un período cercano al del proceso participativo, se pueden generar reacciones adversas que facilitan la aparición de los discursos y actores adversos al cambio de modelo de gestión.

## 18.4. Análisis del ciclo e implementación del proyecto

La fase de implementación puede dividirse en dos grandes etapas. La primera puede considerarse como una etapa previa de estudios y selección de locali-

dades. La segunda etapa ya corresponde a la implementación propiamente dicha del esquema de intervención, la cual se centró en la promoción e introducción de nuevos modelos de gestión e inversiones complementarias en infraestructura de agua en las localidades.

Una decisión importante en la fase inicial del proyecto fue el agrupamiento de diversos estudios de diagnóstico, planteados inicialmente en el Plan de Implementación del año 2003, en un solo estudio global que sería realizado por una entidad consultora externa. Este estudio estuvo orientado a generar un diagnóstico más profundo y completo sobre los problemas de las pequeñas localidades del Perú, que eran parte del público objetivo del proyecto.

La etapa de implementación del proyecto tuvo desfases importantes con respecto al diseño original. Inicialmente, el proyecto fue diseñado para una duración total de tres años; sin embargo, la ejecución total duró poco más de cuatro años, entre abril del 2003 y octubre del 2007. De acuerdo con el diseño original, para el primer año del proyecto (abril del 2003-marzo del 2004), se tenía previsto contratar a las ONG/firmas operadoras del componente de sensibilización, promoción y asistencia técnica de los modelos de gestión en las localidades. Pero la contratación de estas firmas no pudo hacerse sino hasta la mitad del segundo año de iniciado el proyecto.

El problema de los atrasos en la etapa inicial llevó a que, en el primer semestre del 2004, el equipo central del proyecto se hiciera cargo directamente de la fase de sensibilización de la población de las localidades, de tal forma que esta etapa ya no fue desarrollada por las ONG/firmas que debían ser contratadas. El proyecto contrató directamente a consultores que implementaron el proceso de sensibilización en once localidades inicialmente seleccionadas.

Luego de contratar a dos ONG/firmas para la etapa de promoción y asistencia técnica a los municipios para la licitación y contratación de operadores, el proyecto enfrentó algunos problemas importantes. Por ejemplo, una de las firmas usó parámetros demasiado rígidos en las exigencias a los postulantes en las licitaciones, sin considerar las condiciones locales —por

ejemplo, pedían cartas de garantía inalcanzables para los posibles postores locales—, lo cual llevó a que estas se declararan desiertas. La otra firma demoró mucho más de lo esperado en el proceso de promoción y realización de los estudios, lo cual llevó a una pérdida de confianza con el proyecto por parte de la población local; posteriormente, el equipo central tuvo que hacer esfuerzos para reconstruir la confianza.

El enfoque inicial del proyecto de apelar a una amplia tercerización de actividades claves no resultó ser el más apropiado para ejecutar un proyecto con estas características. En las localidades había niveles muy altos de incertidumbre sobre la naturaleza de la intervención como para poder plasmar esto en términos de referencia para las ONG/firmas que además sirvieran de referencia para tareas de supervisión y seguimiento de sus acciones.

Igualmente, el arreglo institucional para la ejecución de las obras de impacto del proyecto fue bastante complejo y engorroso. Se realizó un intento —valioso— por involucrar a los municipios en los procesos de ejecución de las obras, pero la ONG/firma contratada para ejecutar las obras debía coordinar en forma intensa con municipios que no tenían las capacidades técnicas necesarias para, por ejemplo, producir expedientes técnicos.

En cuanto al componente de infraestructura, ocurrieron demoras sustanciales y muy problemáticas para el proyecto. Recién en noviembre del 2005 la ONG-firma seleccionada para ejecutar este componente inició la implementación de obras de infraestructura. Cabe señalar que, en ese momento, ya la mayoría de las localidades habían asignado el servicio a algún operador especializado (OE) en función del trabajo de promoción y asistencia técnica realizado previamente por el propio proyecto. El diseño original consideraba que las obras de mejora en infraestructura debían estar culminadas para dar inicio al servicio por parte de los OE. Este supuesto no pudo ser aplicado, lo que generó problemas bastante notorios al proyecto, incluida la puesta en riesgo de la sostenibilidad política de los nuevos modelos de gestión.

En general, al analizar el ciclo del proyecto en su diseño original y el desarrollo de sus componentes, se puede concluir que los desfases ocurridos

fueron importantes y tuvieron impactos significativos en los resultados obtenidos. Cabe señalar que algunos de estos desfases eran previsibles debido a la naturaleza de proyecto piloto de la intervención, pero otros sí estuvieron asociados a problemas de implementación específicos, especialmente en el componente de infraestructura, que tenía especial significación para generar un efecto de opinión positiva en las poblaciones beneficiarias con respecto a los nuevos modelos de gestión promovidos. Igualmente, se detectaron desfases relacionados con restricciones en las reglas de operación del organismo internacional ejecutor dentro de las cuales debió operar el proyecto, así como debido a limitaciones de los municipios como contrapartes técnicas o financieras en la implementación.

## 18.5. Principales logros y limitaciones del proyecto

En opinión de los evaluadores, los principales logros obtenidos por el proyecto son los siguientes:

- Se realizaron una serie de estudios que ayudaron a dimensionar la problemática de la provisión de servicios de agua y saneamiento en las pequeñas localidades del país. Asimismo, estos estudios permitieron visualizar la complejidad de los retos asociados a esta tarea.
- El enfoque conceptual del proyecto —que no solo prioriza la sostenibilidad técnico-económica de los servicios de agua y saneamiento, sino que introduce la variable de viabilidad política— ha generado aportes concretos a la política sectorial para las pequeñas localidades.
- Se ha logrado una mejora parcial del servicio en las localidades de Sechura, Tabalosos, Nauta y Talavera, aunque en este último caso una parte de las mejoras puede ser explicada por factores externos al proyecto.

- El modelo de gestión propuesto por el proyecto se encuentra operando plenamente en las localidades de Sechura y Tabalosos, y está en proceso de consolidación en Talavera, Tamshiyaku y Nauta. Si estos últimos tres procesos se consolidan, se puede afirmar que se han logrado introducir cambios en los modelos de gestión en cinco de las nueve localidades, tal y como se había previsto inicialmente.
- El proyecto ha generado una oferta inicial de operadores especializados, y ha desarrollado los instrumentos y el marco normativo general que hacen viable su participación en el servicio. Ello facilita la replicación del modelo, con los ajustes necesarios, en otras pequeñas localidades del país.
- Se han desarrollado espacios institucionales que facilitan la interacción y cooperación de los sectores público, privado y de la sociedad civil en temas relacionados con la provisión de servicios de agua y saneamiento. En particular, la creación de las juntas vecinales de supervisón (JVS) constituye una valiosa innovación que apunta a empoderar a la sociedad civil para que esta supervise efectivamente la calidad del servicio.
- En general, las innovaciones —conceptuales, estratégicas y operativas— planteadas por el proyecto han permitido evaluar una serie de hipótesis, generando importantes lecciones que vienen siendo tomadas en cuenta en el diseño e implementación de otros proyectos de agua para pequeñas localidades, en particular por PRONASAR.

En cuanto a las principales limitaciones mostradas por el proyecto, se puede señalar lo siguiente:

- El proyecto no logró la viabilidad política del nuevo modelo de gestión del servicio de agua en las localidades de Nueva Cajamarca, Urcos, Tumán y Laredo, donde las nuevas administraciones

ediles elegidas en noviembre del 2006 decidieron retirarse del proyecto y rescindir los contratos con los operadores especializados. En el caso de Tumán, el nuevo alcalde intentó cambiar los términos del contrato, lo que llevó, en última instancia, al retiro del operador por falta de acuerdo; actualmente, el alcalde viene promoviendo la realización de un nuevo proceso con asistencia del proyecto. En el caso de Laredo, la nueva administración también se vio forzada a rescindir unilateralmente el contrato con el operador —en este caso, de carácter mixto con participación de los usuarios— debido a presiones de un sector de la población ante el intento de cobro del IGV.

- A la luz de los últimos eventos registrados en la visita de campo para esta evaluación —fines del 2007—, el proyecto aún enfrentaba un elevado riesgo político en Tabalosos, ante el rechazo de una parte de la población del alza de la tarifa por parte del operador especializado y la debilidad del nuevo alcalde para mantener un apoyo claro al nuevo modelo de gestión. También existen riesgos en Nauta, debido a una gestión edil relativamente débil —demasiados cambios de funcionarios— y cuestionamientos judiciales al nuevo alcalde.
- El efecto de las obras de impacto en la calidad del servicio fue bastante limitado, lo cual impidió asociar el nuevo modelo de gestión con una mejora sustancial en la provisión del servicio. Más aún, muchas de las obras fueron entregadas con varios meses de retraso, lo que agravó seriamente el problema de imagen del proyecto ante la población, dañando sus prospectos de sostenibilidad política.
- Las JVS no se consolidaron como espacios reales para la defensa de los intereses de los usuarios. De hecho, estas no llegaron a funcionar en varios casos, o lo hicieron parcialmente y bajo la injerencia de distintos grupos de presión. En los pocos casos en los que las JVS empezaron a cumplir la función para la que fueron

originalmente creadas, estas funcionaron sobre la base de la voluntad de sus miembros individuales y no de manera institucional.

- Al ser un proyecto piloto de aprendizaje, este aceptó algunos modelos de gestión de tipo mixto en los cuales se elimina la figura de un agente privado independiente. En este caso, una organización de usuarios asume, directa o indirectamente, la operación del servicio. Si bien estos modelos pueden constituir una alternativa viable, requieren diseños institucionales especiales que permitan mantener un equilibrio entre, por una pate, los mecanismos de monitoreo y *enforcement*, y por otra, la autoridad de la junta de usuarios y la municipalidad. Asimismo, se necesita una inversión importante en la capacitación técnica de los usuarios encargados de la dirección de la empresa operadora de tipo mixto.
- La mayor parte de los municipios no han desarrollado capacidades de regulación e inversión sostenible. Ahora, casi todos apuestan por el programa Agua para Todos o algún proyecto de insfraestructura mayor para las localidades, y ponen escasa atención en los temas de gestión o regulación.

## 18.6. Las lecciones del proyecto para dotar de agua a pequeñas localidades

En el contexto de la presente evaluación, planteamos las siguientes lecciones de la experiencia de este proyecto:

- Las experiencias locales de implementación enseñan que es fundamental atender la viabilidad política de este tipo de proyectos. En tal sentido, el enfoque básico, que priorizó esta dimensión, resulta no solo adecuado sino imprescindible.
- Para lograr el éxito de proyectos que buscan introducir nuevos modelos de gestión del agua en las pequeñas localidades se re-

quiere una adecuada sincronización de las políticas nacionales y regionales. Estas políticas deben ofrecer incentivos concretos para la adopción de estos nuevos modelos, asegurando mejoras en los servicios y, al mismo tiempo, sostenibilidad técnica y económica. En el caso de esta experiencia, no se contó con incentivos de este tipo en la política sectorial correspondiente, tendencia que se ha agravado con la llegada del programa Agua para Todos, en el que no hay mayor condicionamiento a mejoras o cambios en los modelos de gestión.

- Los elevados niveles de riesgo e incertidumbre en los que se enmarcan este tipo de proyectos hacen necesario reevaluar el grado de tercerización de actividades clave de la implementación. En general, la particularidad y complejidad de los contextos políticos, sociales y técnicos de cada localidad hacen sumamente difícil establecer términos de referencia y esquemas de monitoreo adecuados para la tercerización de tareas críticas como la promoción y asistencia técnica en nuevos modelos de gestión.
- El nuevo modelo de gestión propuesto para las pequeñas localidades debe centrarse en algunas ideas simples sobre: i) mejoras en el servicio, ii) tarifas razonables y simples, y iii) confianza entre el operador y los usuarios. Al inicio del cambio de modelo deben evitarse modelos muy complejos que incluyan, por ejemplo, introducir la micromedición en forma prematura. La prioridad de la intervención debe considerar desarrollar niveles de confianza y predecibilidad en la relación del operador y los usuarios, y los instrumentos de gestión del servicio deben diseñarse para lograr este objetivo fundamental.
- El gasto en infraestructura debe tener relación con las condiciones específicas de cada localidad, en lugar de ser un gasto similar para todas. Las obras deben tener efectos rápidos y concretos que favorezcan la imagen del nuevo operador y permitan legitimar su actuación a través de un «*shock* de confianza».

- Los procesos de consulta ciudadana pueden enfrentar múltiples limitaciones: la manipulación política del proceso, la inexistencia de una «cultura participativa» en la población o, simplemente, una mala convocatoria. En tal sentido, resulta riesgoso que el «blindaje político-legitimación» del proyecto dependa casi exclusivamente de estos procesos de consulta. Los consensos construidos por estos tienden a ser olvidados rápidamente si no hay efectos visibles en el servicio en un plazo de no más de seis meses.
- El compromiso político de los alcaldes con el proyecto y su liderazgo en la etapa de implementación son una condición necesaria para alcanzar los resultados esperados y, en especial, para lograr que los operadores especializados sean aceptados por la población.
- Las mejoras concretas y objetivas en el servicio de agua y saneamiento son una condición necesaria para legitimar ante la población la actuación de los operadores especializados. Estas mejoras deben ser visibles y demostrables en el corto plazo, y deben constituir la llave central para generar viabilidad política en el mediano plazo.
- Este tipo de proyectos requiere una inversión importante en el desarrollo de las capacidades técnicas de los municipios para asumir su nuevo rol de reguladores y planificadores de la expansión de los sistemas de agua y desagüe. Si estas capacidades no se desarrollan, el nuevo modelo de gestión tendrá pocas posibilidades de ser sostenible en el largo plazo.

En conjunto, se ha evaluado positivamente la experiencia, dado que ha generado un conjunto valioso de lecciones útiles para mejorar las intervenciones públicas orientadas a los servicios de agua y saneamiento del segmento de pequeñas localidades en el Perú.

# Quinta sección

## Asignación de derechos y mercado de aguas

# Capítulo 19
# Los sistemas de asignación de derechos de agua en el Perú

En este capítulo se describe la evolución histórica del sistema de asignación de derechos de agua en el Perú durante las últimas cuatro décadas sobre la base del análisis de las dos normas generales que definieron el marco legal e institucional de acceso al recurso. Se hace referencia a los avances y limitaciones de la nueva legislación del 2009 para la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH).

## 19.1. El sistema de asignación de derechos en la Ley de Aguas de 1969[25]

El sistema de acceso y uso del agua en el Perú se rigió, durante más de cuatro décadas, por la Ley de Aguas de 1969, en la cual se adoptó un modelo de propiedad estatal sobre el recurso. Destacó en dicha ley la fuerte capacidad discrecional del Estado sobre el agua, que fue definida como un recurso sobre el que explícitamente no puede haber propiedad privada ni tampoco derechos adquiridos por parte de los usuarios.

En este marco, el acceso de los usuarios —públicos y privados— al agua superficial y subterránea se realizaba a través de un esquema de derechos administrativos. En el reglamento de la norma, se estableció que la autoridad otorgante de estos derechos administrativos fuera el Ministerio de Agricultura, entidad encargada de la administración y conservación del agua.

Además del sistema de derechos administrativos de agua, la Ley de 1969 fijó un orden de preferencia en el otorgamiento de «usos» del agua con condiciones diferenciales para las distintas actividades socioeconómicas

25 Véase Zegarra (1998).

cuando existan demandas concurrentes de distintos sectores por una misma dotación de agua. El orden establecido fue el siguiente:

- Necesidades primarias y poblacionales.
- Cría y explotación de animales.
- Agricultura.
- Usos energéticos, industriales y mineros.
- Otros usos.

En el caso de la agricultura, se definieron usos preferentes, así como el condicionamiento del acceso al agua a la participación en planes de cultivo y riego (PCR) formulados por la autoridad del distrito de riego correspondiente. Estos planes de cultivo y riego tenían un doble fin: a) seguir las pautas de planificación de la producción agraria en el nivel central y regional, y b) compatibilizar las demandas de los cultivos con la oferta de agua proyectada en la zona.

Cabe señalar que en el esquema de la ley, toda reasignación de agua requiere un acto administrativo específico en el cual, si hay cambio en algún atributo básico de la licencia —como la ubicación, el titular o el uso—, se requiere la emisión de una nueva licencia. Este cambio de licencia, sin embargo, no puede implicar ningún beneficio económico para el titular anterior, en la medida en que no tiene realmente un «derecho» a apropiarse de este beneficio al no ser propietario del agua. Es claro que en este contexto no puede operar un mercado de aguas, el cual se basa, precisamente, en que algunos o todos los atributos del derecho de agua puedan ser valorizados y apropiados por los titulares.

## 19.3. Evolución y crisis del sistema de asignación del agua en el Perú hasta la década del 2000

En el Perú, el sistema de asignación del agua empezó a enfrentar serios problemas desde inicios de la década de 1980, a diez años de aprobada la Ley de

Aguas. El sector en el que se evidenciaron mayores problemas fue el agrario, donde se inició un rápido y masivo proceso de disolución y fragmentación de las unidades productivas creadas por la Reforma Agraria (cooperativas), y se pasó a una situación en la que cientos de miles de unidades individuales requerían licencias que la administración no pudo otorgar.

Por otro lado, el sistema de tarifas creado por la ley nunca funcionó realmente como se había previsto. Por ejemplo, durante la mayor parte de la década de 1970 el Estado subsidió la operación de todo el sistema técnico y administrativo, especialmente asociado a los usos agrarios. Sin embargo, toda la década de 1980 estuvo marcada por severas restricciones fiscales que implicaron un total abandono del financiamiento estatal del aparato administrativo encargado del agua.

El debilitamiento de la presencia estatal en el manejo del agua no pudo ser suplido de manera rápida por una mayor participación de los propios usuarios a través de sus organizaciones formales. En gran medida, el enfoque del manejo del agua con carácter de planificación centralizada de la ley no permitió un desarrollo significativo de los niveles organizativos y de gestión de las juntas de usuarios, las cuales tuvieron que enfrentar crecientes problemas para mantener sus sistemas de distribución y asegurar el cumplimiento de normas para el uso ordenado del agua.

Hacia fines de la década de 1980, el manejo del agua era totalmente caótico. A través de un dispositivo legal específico, el D. S. 037-89-AG, y como parte de una descentralización administrativa, el Gobierno de ese entonces decidió delegar en las organizaciones de usuarios —básicamente regantes— funciones estatales de cobro de tarifas, administración y mantenimiento. Un posterior reglamento de tarifas, aprobado a principios de 1990, estableció el componente «Ingreso junta de usuarios» en las tarifas, para que estas organizaciones financien sus actividades de acuerdo con ciertos requisitos mínimos.

Sin experiencia y con pocos recursos, estas organizaciones no pudieron enfrentar efectivamente y de manera inmediata los complejos problemas existentes. En muchos casos, las tarifas que establecieron los regantes eran

inferiores a las tarifas previas y se mantuvieron fijas por varios años, pese a que el reglamento establecía un mecanismo automático de reajuste respecto a la unidad impositiva tributaria.

Este conjunto de cambios se profundizaría durante los primeros años de la década de 1990, cuando se trasladó la responsabilidad de otorgar licencias de agua a los administradores técnicos de agua, quienes tenían muy pocos recursos y capacidades para cumplir con las funciones asignadas. Igualmente, dispositivos de la época debilitaron en forma explícita la autoridad de estos administradores técnicos frente a las organizaciones de usuarios de riego.

Este desenlace afectó los usos no agrarios, cuyos representantes se sintieron aún más marginados del sistema de acceso al agua al tener que depender de organizaciones de usuarios con presencia masiva de un solo tipo de usuarios (regantes). Esta situación llevó a que los sectores no agrarios empezaran a impulsar normas paralelas y en muchos casos contrarias a la Ley de Aguas de 1969.

Igualmente, durante la década de 1990 hubo diversos intentos para cambiar la legislación de aguas en el Perú. El sistema de asignación creado por la Ley de 1969 aparecía como crecientemente ineficaz para promover objetivos socioeconómicos, y se pensaba que la adopción del «modelo de mercado» podría revertir esta situación. Este enfoque generó el rechazo de esta reforma por amplios sectores de la sociedad, especialmente por los agricultores.

Sin embargo, de estos intentos se desprendió una preocupación central por cambiar la lógica del sistema de asignación del agua y pasar de un esquema puramente administrativo a uno en el cual se generen mecanismos más flexibles para promover la eficiencia en la asignación del agua sin llegar a la privatización de los derechos. Durante la década del 2000, se generó un mayor consenso en el Perú sobre la necesidad de aprobar un nuevo marco legal para la gestión del recurso, el cual sería aprobado finalmente en el año 2009 con la Ley 29338, cuyos elementos principales se describen a continuación.

## 19.4. La nueva legislación de aguas, Ley de Recursos Hídricos 29338, del 2009

La Ley 29338 recogió una serie de consensos logrados durante casi dos décadas de discusión sobre la necesidad del cambio. Algunos de los más importantes consisitieron en unificar la autoridad de aguas en una sola, evitando la dualidad de la norma anterior, que asignaba el control de la cantidad al sector Agricultura y el de la calidad, al sector Salud. Igualmente, la nueva norma recogió la importancia de generar una institucionalidad para la gestión del agua en el nivel de las cuencas y, muy importante, la necesidad de definir mejor y ampliar los instrumentos económicos para la gestión del recurso.

En otros frentes sustanciales, sin embargo, la norma no logró avances. Por ejemplo, se mantuvo a la autoridad de aguas dentro del sector Agricultura, lo cual debilita el esquema institucional para un manejo integrado y multisectorial. Igualmente, aunque la norma recogió el consenso sobre la no conveniencia de la privatización de los derechos de agua, no consiguió introducir mayor flexibilidad para reasignaciones condicionadas de derechos, que les otorgan a usuarios organizados la posibilidad de promover reasignaciones beneficiosas.

Entre los principios orientadores, la norma introdujo el tema económico en el «Principio de valoración del agua y de gestión integrada del agua», en el que se establece que «el agua tiene valor sociocultural, valor económico y valor ambiental, por lo que su uso debe basarse en la gestión integrada y en el equilibrio entre estos». La norma definió cinco instrumentos económicos:

- Retribución económica por el uso.
- Retribución económica por vertimientos.
- Tarifas por servicios sectoriales.
- Tarifa por utilización de infraestructura hídrica.
- Tarifa por monitoreo y gestión de aguas subterráneas.

De los cinco, los dos primeros (retribuciones) son los que no existían previamente —o no estaban definidos con claridad— en la legislación y han sido un importante avance para financiar adecuadamente la gestión integrada de las cuencas. Estas retribuciones ya habían sido definidas de manera muy general por la Ley Orgánica de Recursos Naturales, pero no habían sido implementadas para el caso del recurso agua. Todos los sectores y tipos de usuarios deben pagar por este concepto, y la Autoridad Nacional del Agua (ANA) define la metodología para determinar cobros diferenciados por actividad, región y tipo de uso del agua. En la norma se mencionan criterios socioeconómicos y ambientales para sustentar la metodología, que debe ser planteada en forma transparente por la ANA.

*Ventajas y limitaciones de la nueva legislación para la GIRH*

La Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) es una forma general de enfrentar los problemas del agua desde una perpectiva multisectorial y multidimensional. Igualmente, este enfoque busca combinar en forma adecuada los roles y la participación de los actores sociales, políticos y económicos, de tal forma que se puedan generar procesos eficientes y sostenibles en el manejo del recurso. La nueva legislación peruana de aguas del año 2009 refleja en parte este enfoque, pero también muestra limitaciones de diseño que es necesario considerar.

Un ejemplo importante es el tema de la autoridad. Como se dijo antes, la norma definió una única autoridad del agua en el país, la ANA, la cual tiene plenas atribuciones para realizar cobros por el uso del recurso. Este es un avance importante y parte central para lograr una gestión integrada del recurso. No obstante, la ANA fue adscrita al Ministerio de Agricultura, que es uno de los sectores usuarios; esto limita seriamente la posibilidad de generar una gestión multisectorial, como se recomienda.

Así, el Ministerio de Agricultura es la entidad pública encargada de otorgar los derechos, elaborar el método y determinar el valor de las retribuciones económicas por el derecho de uso de agua, así como por el vertimiento de aguas residuales en fuentes naturales de agua. La norma tam-

bién reconoció las funciones que venían ejecutando las juntas de usuarios, básicamente de regantes: i) operación y mantenimiento de la infraestructura hidráulica, ii) distribución del agua, y iii) cobro y administración de las tarifas de agua. No obstante reconocer que las organizaciones de usuarios son asociaciones civiles, en el ejercicio de las funciones asignadas a estas, por realizarse respecto a recursos de carácter público, son evaluadas conforme a las normas aplicables del Sistema Nacional de Control.

Un problema que la nueva norma no ha resuelto es que los usuarios no agrarios de agua se sienten discriminados y excluidos del sistema de gestión, al no tener una participación equilibrada en las organizaciones de usuarios y diversas instancias de gestión en donde predominan los usuarios agrarios. En tal sentido, una empresa de agua potable que atiende a cientos de miles de pobladores tendría solo un voto frente a un voto por cada usuario agropecuario dentro de una Junta de Usuarios. Esta falta de proporcionalidad afecta seriamente el adecuado funcionamiento de las instancias de gestión del agua.

Quizá uno de los avances más importantes de la nueva normatividad fue la inclusión de nuevos y más claros instrumentos para la gestión del agua, como las retribuciones por uso. Este instrumento es crucial para la GIRH, ya que permite aplicar con mayor claridad incentivos y desincentivos para el uso multisectorial del agua desde las fuentes originarias. Igualmente, los ingresos captados por este instrumento son claves para la mejor gestión integrada de cuencas. Sigue siendo un desafío importante para la ANA el adecuado diseño e implementación de las retribuciones económicas por uso y por vertimientos.

Un elemento adicional importante de la norma es que no permite la propiedad privada sobre el agua ni sobre los bienes públicos asociados, aunque deja espacio para la potencial participación privada en la construcción e incluso gestión de obras de infraestructura. Al ser el acceso al agua meramente de carácter administrativo, no se permite el mercado de derechos de agua, pero tampoco se pensó en las ventajas potenciales de promover transferencias condicionadas de derechos, las que podrían ayudar

a mejorar la asignación del recurso en condiciones de extrema escasez en algunas espacios del territorio nacional. La idea de promover transacciones condicionadas se explora en mayor detalle en el capítulo siguiente, en el que se discutirán los límites y las posibilidades para la operación del mercado de aguas en el Perú.

# Capítulo 20
# Mercado de aguas, límites y posibilidades en el caso peruano

En este capítulo, se discuten las características básicas del mercado de aguas, y se evalúan sus límites y posibilidades como instrumento para la gestión del recurso en el contexto peruano.

## 20.1 El mercado de aguas

El mercado de aguas se define como el conjunto de intercambios voluntarios de dotaciones de agua entre usuarios con derechos establecidos, ya sea en forma permanente —mercado de derechos— o temporal —mercado de arriendos—. El mercado de aguas se distingue de los métodos administrativos de reasignación del agua en un aspecto fundamental: se acepta el principio de que los titulares de derechos de agua puedan recibir beneficio económico de las reasignaciones.

Un mercado de aguas se basa en los incentivos económicos que los usuarios puedan tener para realizar transacciones. Cuando existe heterogeneidad en las demandas de agua —por factores tecnológicos o de mercado—, aparecen los incentivos para intercambiar dotaciones y, de esta manera, lograr beneficios comunes entre los participantes en la transacción. Sin embargo, como se ha explicado en otras partes de este libro, es importante considerar algunos elementos especiales del agua que dificultan la adecuada o plena operación del mercado.

## 20.2. Mercado de aguas: externalidades y costos de transacción

En el capítulo 6 se explicó por qué el agua es un recurso especial, cuyas características físicas tienen implicancias para los métodos de asignación y distribución, tanto administrativos como de mercado. En particular, destaca su naturaleza de recurso móvil: su propia configuración física implica una continua movilidad espacial, y una buena proporción del recurso fluye en el territorio a través de la red de ríos y acuíferos, en interacción permanente con los mares. Esta característica especial influye en las condiciones en que el recurso puede ser apropiado y explotado por el ser humano. Por esto, en la gran mayoría de los casos, el acceso se produce en condiciones de *interdependencia* entre usuarios; es decir, en condiciones en las que los usuarios utilizan una misma fuente y red de distribución, de la cual extraen el recurso de manera simultánea. Esta condición de interdependencia genera las llamadas externalidades, que se analizan a continuación.

### *Mercado y externalidades*

Las externalidades más importantes asociadas a reasignaciones dentro de un sistema de extracción y distribución de aguas son las siguientes: i) efectos sobre caudales de retorno, ii) efectos sobre usos no consuntivos, iii) efectos sobre el área de origen y iv) efectos ecológicos.

El primer caso es importante cuando en un sistema existen filtraciones aguas arriba que son utilizadas aguas abajo. Estas filtraciones pueden verse afectadas por reasignaciones de derechos de agua, que pueden alterar el agua que reciben los usuarios de aguas abajo. El segundo caso es importante cuando existen una serie de usos no consuntivos del agua —como recreación o pesca—, que son afectados por una reasignación de derechos.

El tercer tipo de externalidad se refiere a los impactos negativos que una reasignación de agua pueda tener en los usuarios del área de origen, ya sea en la propia gestión del agua como en efectos económicos más amplios. Este problema surge de la naturaleza interdependiente de los que utilizan un sistema de agua en el que lo que hacen unos impacta en otros sistemáticamente.

Un caso claro y muy importante de este tipo externalidad —que dificulta la operación del mercado— ocurre cuando las pérdidas de los sistemas de distribución tienen una relación desconocida con la cantidad de agua que se quiere sacar de un sistema. Si un grupo de usuarios quiere sacar agua para venderla a otro sistema, por ejemplo, los que no están vendiendo agua tendrán el problema de no saber si sus pérdidas por conducción aumentarán luego de que se retire una cantidad de agua para la venta. Esta es una externalidad negativa que solo podría ser resuelta con altos niveles de medición de los impactos sobre las pérdidas de conducción, o con modelos confiables al respecto. Únicamente en ese caso la externalidad puede ser trasladada a los vendedores y compradores, y los no participantes no se ven perjudicados.

El cuarto tipo de externalidad está relacionada con efectos ecológicos adversos frente a una reasignación de agua, por ejemplo, al poner en riesgo el caudal mínimo que requiere la reproducción de especies en un río o lago.

El problema general es que los sistemas de distribución de agua son complejos y las relaciones físicas entre usuarios, muy difíciles de medir y simular en el nivel de detalle que puede requerir la operación de un mercado que saque agua de un sistema hacia otro, salvo que esto se haga en forma conjunta para todo el sistema. La operación de un esquema de ventas individuales se hace extremadamente complicada por múltiples externalidades, y se convierte en una fuente de conflicto directo entre usuarios.

El manejo y la disminución de externalidades es uno de los retos más importantes para la operación de un mercado de aguas. Estas tendrán distinta importancia de acuerdo con la realidad específica de cada espacio. Por ejemplo, en el caso peruano, el tema de los caudales de retorno parece no ser muy importante en la práctica;[26] mucho más importantes son las externalidades en las áreas de origen, especialmente en potenciales reasignaciones de agua entre zonas de riego, o entre riego y otros usos no agropecuarios.[27]

26 Comunicación verbal del intendente de Recursos Hídricos del Inrena, circa 2008.

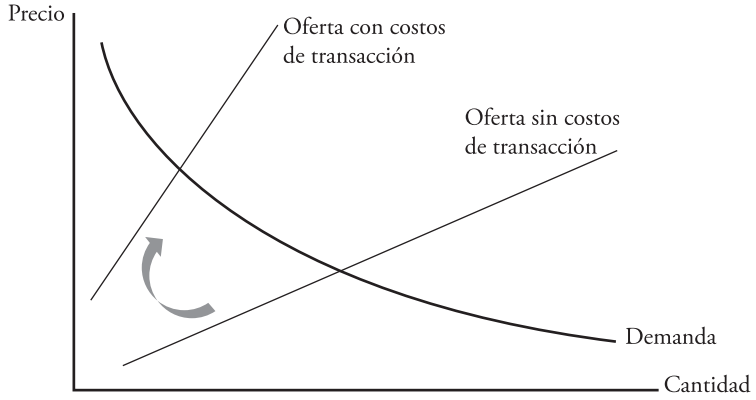
27 Este parece ser uno de los principales motivos por los cuales los agricultores peruanos se opusieron férreamente a la introducción de mecanismos de mercado en la asignación del agua en el Perú.

Cabe decir que las externalidades también pueden generar problemas de equidad en la operación de un mercado de aguas. Estas pueden afectar de manera particular a grupos vulnerables y con escasa capacidad de respuesta frente a cambios en las reglas de juego y en las asignaciones de agua que los afectan.

***Mercado, costos de transacción y situación de dominio***

El tema de los *costos de transacción* se refiere a los recursos necesarios para que el mercado opere, tanto en términos legales como en términos de la información necesaria para las transacciones. El mercado de aguas es un caso típico de altos costos de transacción por diversos motivos. La literatura sobre mercados de agua en el mundo señala que estos se caracterizan por tener altos costos de transacción, especialmente en mercados intersectoriales. En primer lugar, el agua es un recurso móvil de medición costosa e imperfecta y, por lo tanto, se requieren recursos para conocer con precisión sus atributos de cantidad y calidad. En segundo lugar, generalmente la situación jurídica del recurso es compleja y se requiere un eficiente aparato técnico-administrativo que establezca claros derechos de propiedad y los mantenga y actualice en el tiempo. Finalmente, la reasignación del agua en un sistema de distribución fijo puede requerir alteraciones costosas tanto en la infraestructura como en la operación, elementos que entran como costos de transacción en cualquier operación de mercado. El efecto del costo de transacción en un mercado se presenta en el gráfico siguiente.

**Gráfico 20.1**
**Efecto de costos de transacción en mercado**



Los costos de transacción desplazan la curva de oferta de tal forma que solo se pueden generar transacciones de niveles de precio mucho más elevados que sin aquellos. En algunos casos, los costos de transacción son tan altos que el mercado «colapsa» y no es posible observar transacciones.

En el caso del agua, los costos de transacción son generalmente muy altos por las dificultades técnicas para reasignar agua de un espacio físico a otro. Los costos unitarios de transporte del agua de una localidad a otra que no esté cerca de la fuente pueden ser mucho más altos que el precio unitario que todos los demandantes estén dispuestos a pagar. Solamente en condiciones en las que los demandantes tienen una muy alta valoración del recurso es posible generar transacciones.

Por otro lado, en un mercado que funciona bien en términos de eficiencia, es posible que algunos agentes puedan manipularlo en beneficio propio; es decir, que se generen procesos de especulación frente a un recurso natural que se sabe que se irá valorizando a medida que crece la demanda económica. Por ello, es necesario que permanentemente se promuevan condiciones de *libre entrada* al sistema de derechos. Solo en estas condiciones los actores del mercado se ven imposibilitados de manipular los precios para mejorar sus beneficios en detrimento del resto de la sociedad.

## 20.3. Características que podría tener un mercado condicionado de aguas en el Perú

Debido a sus características especiales, el sistema de derechos que parece ser más apropiado para la operación del mercado de aguas es el de *derechos de aguas condicionados*, en los que el Estado o la nación no pierden el dominio sobre el recurso, pero los titulares de los derechos tienen un conjunto de opciones sobre los derechos que pueden ser valorizadas a través del mercado. Esto da origen a la aparición de un «mercado de aguas condicionado».

En cuanto a los requisitos para la adecuada operación de este tipo de mercado de aguas, se hace preciso que se definan, tanto en el nivel agregado

como en el individual, los derechos de agua correspondientes, teniendo en cuenta algún parámetro objetivo como el uso previo. Este es un proceso extremadamente complejo para el caso de la agricultura, en el cual el acceso al agua ha estado muy distorsionado por grupos de interés y no existen registros adecuados del uso individual o colectivo del agua. En ese caso, será preciso realizar un complejo y delicado trabajo de establecimiento del sistema básico de derechos por asignar, teniendo en cuenta factores técnicos, sociales y hasta políticos.

Para otorgar los derechos, es necesario crear y mantener un *eficiente sistema de catastro y registro público* de los derechos de aguas, de tal forma que los usuarios tengan plena seguridad jurídica sobre sus derechos y puedan generarse intercambios en condiciones apropiadas. Igualmente, se requiere que la autoridad encargada del otorgamiento de los derechos de agua sea capaz de formalizar estos derechos en un tiempo razonable y evitando generar inestabilidad en los derechos adquiridos y a un costo aceptable para los usuarios.

Otro requisito fundamental para la operación del mercado de aguas es el esquema regulatorio, en el que es preciso establecer claramente las atribuciones de la autoridad de aguas, para condicionar las transacciones a no generar o a compensar las externalidades, así como brindar todas las oportunidades y recursos a los potenciales afectados para que puedan participar en el proceso de autorización de las transacciones.

Otro tema básico de regulación se refiere a las reglas para evitar situaciones de dominio en el mercado de aguas. En este caso, un instrumento legal importante es el de establecer el requerimiento de *uso efectivo y beneficioso*,[28] para evitar la monopolización y especulación de derechos y generar incentivos para la operación más activa del mercado de aguas.

Igualmente, el esquema regulatorio debe considerar el tratamiento de los temas ambientales. En el caso del agua, los temas más importantes se refieren a los estándares mínimos de calidad y a la capacidad real de las

28 Véase Solanes (1996).

autoridades para hacerlos respetar. Un tema adicional se refiere a la necesidad de establecer caudales mínimos ecológicos en los ríos, tema que afectaría de alguna manera al establecimiento de derechos y a la operación del mercado.

## 20.4. Potenciales áreas económicas en las que se activaría un mercado de aguas en el Perú

La introducción de mecanismos de mercado en el sistema de asignación del agua en el Perú tiene un primer espacio posible, el de generar transacciones intersectoriales. Es bastante claro que el sector agrario, que consume actualmente el 85% del agua utilizada en el Perú, es el sector que probablemente alimente un mercado de aguas intersectorial desde la oferta antes que la demanda. De acuerdo con los precios relativos existentes,[29] el sector agrario es el que tiene el menor valor por metro cúbico y, por ende, cabría predecir su reasignación vía el mercado si es que este empezara a operar.[30] Conviene, entonces, evaluar la posible demanda de derechos de agua de los otros sectores.

El sector hidroenergético, por lo general, accede al agua en condiciones de un uso compartido con otros sectores, especialmente con la agricultura. El sistema de derechos actual permite la explotación multiuso del agua en las cuencas respectivas, y generalmente el uso energético no requiere adquirir derechos permanentes de uso del agua sino derechos de uso no consuntivo con parámetros establecidos de retorno de las aguas en calidad, cantidad y oportunidad. Esto no limita que este sector pueda convertirse

29 Actualmente, la productividad del trabajo en la agricultura es equivalente al 25% de la productividad del trabajo en el resto de la economía, ya que en esta opera el 30% de la población económicamente activa (PEA) y se produce el 10% del PIB. Si la agricultura produce el 10% del PIB y usa el 85% del agua consumida en el país, su productividad por metro cúbico sería de solamente el 2% de la productividad en el resto de sectores económicos.

30 Evidentemente, existen importantes costos de transacción que pueden terminar bloqueando transacciones entre la agricultura y otros sectores, aunque algunos de ellos pueden ser reducidos por políticas públicas. Además, los costos de transacción pueden ir perdiendo importancia económica en un contexto de creciente escasez del agua.

efectivamente en un demandante de derechos de agua de otros sectores, sobre todo la agricultura, en la medida en que la industria puede requerir usar el agua en condiciones de competencia con el uso agrario.

Respecto al consumo de agua para consumo humano y de servicios de saneamiento, se estima que este sector seguirá creciendo de manera sostenida durante los próximos años, especialmente en las ciudades de la costa peruana y en Lima Metropolitana. Es bastante probable que este sector se convierta en demandante de agua de áreas agrícolas específicas, y por ende, dinamizaría la operación de un mercado de aguas.

En cuanto al sector minero, su consumo es una muy pequeña proporción del agua en el país, pero lo hace en condiciones que muchas veces generan conflictos con otros usuarios, sobre todo por contaminación. La minería utiliza el agua para sus procesos productivos y también requiere derechos de vertimiento para poder diluir desechos. Este sector es uno de los que más se preocupa por formalizar sus derechos frente a las autoridades, tanto de fuentes superficiales como subterráneas, y es también el que más paga por las tarifas de uso no agrario. El acceso al agua es estratégico para la actividad minera y la valoración económica del agua por parte de esta actividad es una de las más altas. Por ende, este sector se convertiría en un demandante potencial de derechos del agua en casos muy específicos, en los que el mayor tema de regulación se refiere al manejo ambiental.

En el caso de la industria, esta consume generalmente agua de dos tipos: i) de alta calidad, cuando el agua es un insumo básico del producto final —por ejemplo, productos lácteos, cervezas o gaseosas—; y ii) de baja calidad, cuando el agua no entra como insumo del producto final, sino que es usada en el proceso y luego desechada. La actividad industrial genera también desechos y requiere derechos de vertimiento para el uso de fuentes en las que estos se descargan. Este sector no aparece como un generador importante de demandas de agua, aunque, en algunos casos, sí puede haber competencia por el agua en zonas urbanas.

## 20.5. La operación de un mercado intrasectorial en la agricultura

Si bien la agricultura aparece como el principal ofertante potencial de derechos de agua para otros sectores como agua potable o minería, es quizá el único sector en el cual sí existe un importante espacio para la operación de un mercado intrasectorial. Los agricultores generalmente tienen distintas necesidades de agua en función de sus cultivos y acceso a mercados. La posibilidad de intercambiar dotaciones de agua entre agricultores con distintas valoraciones espaciales y temporales del agua es una fuente importante de ganancias económicas en caso de que se pueda organizar un mercado de aguas dentro de este sector.

Una ventaja interesante del mercado de aguas dentro de la agricultura es que es posible reducir conflictos por el acceso al agua entre agricultores sobre la base de negociaciones bilaterales o multilaterales. Mientras en un sistema administrativo quien resuelve los conflictos es la administración, con un mercado que opera sobre la base de derechos de agua claramente definidos, los agricultores en conflicto tienen incentivos para resolver sus disputas mediante una negociación comercial. Esto reduce la presión sobre el sistema administrativo, que debe orientarse sobre todo a temas de gestión.

También hay que reconocer que la introducción de mecanismos de mercado en la asignación del agua en la agricultura tiene potenciales desventajas. En primer lugar, el efecto que tenga la operación del mercado de aguas en la equidad de un sistema irrigado depende fundamentalmente de la buena o mala operación de otros mercados, como el de financiamiento, así como de la definición inicial de los derechos de propiedad. El punto es que el mercado tenderá a asignar el agua a los agentes con mayor eficiencia técnica y económica, y en algunos casos esto puede reflejar otras fallas de mercado antes que diferencias «intrínsecas».

Igualmente, las transacciones de mercado tienden a complicar la gestión de la distribución del agua, por lo que generan resistencia en los administradores del recurso. En general, las transacciones de agua están también sujetas a problemas por externalidades —e incluso pueden agravarlas—, las

que suelen ser complejas de medir y definir. Sin embargo, también es posible que la operación de un mercado de aguas favorezca una mejor gestión de los sistemas de irrigación. Como vimos, una ventaja decisiva del mercado es que puede acomodar mejor las cambiantes demandas de los agricultores, frente a lo cual cualquier administración tiene poca capacidad de respuesta en condiciones normales.

# Referencias bibliográficas


Asad, Musa; Azebedo, Gabriel; Kemper, Karim E. y Simpson, Larry D. (1999). *Management of water resources: bulk water pricing in Brazil*. World Bank Technical Paper, 432. Washington, DC: World Bank.

Barrantes, Roxana (1993). *Economía del medio ambiente: consideraciones teóricas*. Documento de Trabajo, 48. Lima: Instituto de Estudios Peruanos.

Capnet (2008). *Aspectos económicos en la gestión sostenible del agua: manual de capacitación y guía para moderadores*. Recuperado de http://www.cap-net-esp.org/fckuploads/Manual%20aspectos%20economicos.pdf

Ferro, Gustavo y Lentini, Emilio (2010). *Economías de escala en los servicios de agua potable y alcantarillado*. Documento de Proyectos, 369. Santiago de Chile: CEPAL.

González, Fernando (2002). Benchmarking for irrigation systems: experience and possibilities. En Fernando González y Salman Salman (Eds.). *Institutional reform for irrigation and drainage: proceedings of World Bank Workshop* (pp. 123-132). World Bank Technical Paper, 524. Washington, DC: World Bank.

Golte, Jürgen (1980). Notas sobre la agricultura de riego en el Perú. *Allpanchis, XIV* (15), 57-67.

Georgescu-Roegen, Nicholas. (1967). Teoría económica y economía agraria. *El Trimestre Económico, XXXIV* (136), 589-638.

Iguiñiz, Javier (2007). Cambio tecnológico en la agricultura peruana en las décadas recientes: enfoques, resultados y elementos (pp. 19-56). En *Perú:*

*el problema agrario en debate. SEPIA XI*. Lima: Seminario Permanente de Investigación Agraria.

OECD (2002). *Social issues in the provision and pricing of water services*. París: OECD.

Revollo, Daniel y Londoño, Giovanna (2010). Análisis de las economías de escala y alcance en los servicios de acueducto y alcantarillado en Colombia. *Desarrollo y Sociedad, Segundo Semestre* (66), 145-182.

Solanes, Miguel (1996). Mercados de derechos de agua: componentes institucionales. *Revista de la CEPAL*, 59, 83-96.

Tudela M., Juan, Martínez, M.; Valdivia, R.; Portillo, M. y Romo, J. L. (2009). Modelos de elección discreta en la valoración económica de áreas protegidas. *Revista Mexicana de Economía Agrícola y Recursos Naturales*, 2, 7-29.

Varian, Hal (1998). *Análisis microeconómico*. 3a ed. Madrid: Antoni Bosch Editor.

Young, Robert (1996). *Measuring economic benefits for water investments and policies*. World Bank Technical Report, 338. Washington, DC: World Bank.

Zegarra, Eduardo (1998). *Agua, Estado y mercado: elementos institucionales y económicos*. Lima: Ediciones Pro A Sur.

Zegarra, Eduardo; Asenjo, Estela y Salcedo, Rodrigo (2004). *Evaluación económica y legal-institucional del estudio 'Determinación de la tarifa de agua superficial para uso no agrario y su aplicación al sistema de tarifas de agua vigente' para el Instituto de Estudios Energético Mineros (IDEM) y la Sociedad Nacional de Industrias (SNI)*. Informe final de consultoría, GRADE , Lima.

Zegarra, Eduardo y Espinoza, Álvaro (2008). *Evaluación externa del Proyecto Piloto en Pequeñas Localidades (PPPL) del Programa de Agua y Saneamiento (PAS) del Banco Mundial*. Informe final de consultoría, GRADE , Lima.

Zegarra, Eduardo y Quezada, Boris (2010). Hacia un nuevo esquema de fijación de tarifas de agua para fines agrarios en la costa del Perú. En María del Pilar García (Comp.). *Gestión integrada de recursos hídricos: instrumentos financieros y económicos* [Tomo III]. Bogotá: Universidad Externado de Colombia.

Economía del agua
Conceptos y aplicaciones
para una mejor gestión

Se terminó de imprimir en el mes de
junio de 2014 en los Talleres de
Impresiones y Ediciones Arteta E.I.R.L.