

La metodología de valoración contingente en la evaluación de proyectos ambientales: el caso del saneamiento del río Medellín¹

Freddy A. Zuleta Dávila²

Lecturas de Economía. No. 41

Introducción, 137. I. Base teórica, 140. II. Procedimiento práctico, 145. III. Casos de aplicación de la metodología en Colombia: los proyectos de saneamiento del Río Cauca y del Río Medellín, 147.

Introducción

Desde 1984, el Decreto 1594 exige a las entidades prestadoras del servicio de Acueducto y Alcantarillado el tratamiento de las aguas residuales colectadas. Sin embargo, aunque las disposiciones legales en este sentido resul-

ten apenas lógicas, toda vez que la contaminación de los ríos y afluentes es una consecuencia negativa directa de la utilización del acueducto, lo cierto es que son muy pocas las entidades que han desarrollado ya planes de saneamiento y recuperación de las fuentes contaminadas. Quizás, la princi-

-
1. Toda la información aquí presentada es responsabilidad exclusiva del autor y no compromete para nada a la Empresa para la que trabajaba ni a las fuentes de información.
 2. El autor es Ingeniero Civil y Economista y se desempeñó como analista en el Área de Investigaciones Económicas de Empresas Públicas de Medellín.

pal razón para que ello ocurra sea la "supuesta" baja rentabilidad de los proyectos de saneamiento. Y es que hasta hace poco en la evaluación de iniciativas ambientales en general, la valoración que podía hacerse de los beneficios era bastante tímida. Al basarse en la cuantificación de efectos tales como la disminución de enfermedades o gastos hospitalarios, se dejaba a un lado el beneficio percibido por los habitantes y que, como veremos, es normalmente mucho mayor de lo que apriorísticamente podría pensarse.

Muchos de los estudios y políticas en países como el nuestro omitían el valor de los beneficios ambientales argumentando una alta elasticidad ingreso de su demanda y presumiendo que los individuos de bajos recursos simplemente no pagarían por este tipo de servicios.³

Aunque las metodologías de valoración contingente no son del todo nuevas en el ámbito mundial, ni siquiera en el latinoamericano, su aplicación en Colombia se ha

reducido a unos pocos proyectos ambientales que aún no se ejecutan.

Los métodos de evaluación ambiental en general, pretenden cuantificar los efectos que sobre el medio ambiente, y en particular, sobre el bienestar de los individuos, tiene la realización de un proyecto gubernamental, con el fin de incluirlos en el análisis beneficio-costos del mismo.

Podrían así clasificarse las distintas alternativas de evaluación en dos grupos: en el primero aparecen aquellos procedimientos basados en la observación del comportamiento de los individuos, entre ellos se destacan *Los Hedonistas*, que asumen que el precio que un bien tiene en el mercado refleja adecuadamente tanto sus beneficios como sus desventajas. Es el caso de dos viviendas con iguales comodidades internas pero situadas una de ellas cerca a la playa y la otra cerca a un relleno sanitario. A pesar de que el valor de construirlas es muy similar, su precio reflejará nece-

3. Mc.Connell, K.E "Introducing Referendum Models", IDB Workshop on Valuation Technics in Project Analysis, November, 1998

sariamente el efecto negativo del olor sobre la segunda vivienda o de la cercanía a la playa en la primera.

Se destacan también dentro del primer grupo, los modelos que asumen que un individuo estará dispuesto a pagar por un proyecto una suma similar a la que le cuesta buscar un sustituto al "bien ambiental" que se le ofrece. Esto es, si el saneamiento de un río le permite al ciudadano pescar y recrearse allí, ese proyecto valdrá para él la suma que periódicamente paga por viajar a un río cercano con el mismo fin.

Desgraciadamente, en la mayoría de los casos, no es fácil establecer un mercado de referencia para el bien que se evalúa. Esto hace que deba acudirse a otro tipo de procedimientos. Aparecen entonces las Metodologías de Valoración Contingente. Básicamente, se fundamentan en la información recolectada por encuestas

bien planeadas a grupos de usuarios, estadísticamente representativos, y que indaga por la disposición a pagar (DAP) por el bien ofrecido. La pregunta por la DAP puede hacerse abierta, o acercarse iterativamente a una respuesta afirmativa; sin embargo, ambos casos introducen sesgos en las respuestas originados en el tipo de pregunta o en el encuestador mismo.

En 1979, Bishop y Heberlein⁴ introdujeron el Modelo del Referendum como una variante a la metodología contingente. Este modelo indaga al encuestado por un valor aleatoriamente escogido -en un rango dado- esperando de él tan sólo una respuesta afirmativa o negativa.

Posteriormente, diversos autores desarrollaron las formulaciones teóricas que soportan el modelo, entre ellos, se destacan los trabajos de M. Henemann y T.A. Cameron y el consiguiente trabajo de Mc.Connell,⁵ en 1990.

-
4. Bishop, R.C., and Heberlein T.A. "Measuring Values of Extramarket Goods: Are Indirect Measures Biased?", *American Journal of Agriculture, Econ.* 61, 1979.
 5. Véase: "Guía para la Utilización del Método de Valoración Contingente en la Evaluación de Proyectos", Banco Interamericano de Desarrollo, Agosto, 1993.

Desde entonces se ha impuesto el método del referendo por sus indiscutidas ventajas al formular el modelo econométrico que permite generalizar, a toda la población, las conclusiones sobre la DAP observadas en la muestra.

Son muy conocidos en la literatura sobre el tema, entre otros, los casos del sistema de colectores en Montevideo -Uruguay- y el caso del colector Tronco en el Río Fabia-Timbó -Brasil.⁶ En Colombia se adelantó una aplicación para evaluar los beneficios indirectos de la planta de tratamiento de aguas residuales de Cali -Economía-EMCALI- y hace sólo unos meses Empresas Públicas de Medellín -EPPMM- sometió el Proyecto de Saneamiento del Río Medellín y sus quebradas afluentes a una evaluación de este tipo.

I. Base teórica

Aunque no es propósito de este artículo la discusión del fundamento matemático del modelo, sí

se intentará describir brevemente sus bases teóricas, antes de presentar los resultados que para EPPMM tuvo la evaluación mencionada.

Se parte del principio microeconómico de que cada individuo posee su propia función de utilidad. Inicialmente, y en ausencia del bien ambiental, la utilidad personal será función del ingreso y de otras variables exógenas que miden su bienestar, -nivel de educación, cobertura de salud, recreación, edad y contaminación del río por ejemplo-. En el Cuadro 1 esta relación está expresada en la ecuación (1), donde U es utilidad, Y ingreso y S el vector de variables socioeconómicas. El valor de b representa la utilidad marginal del ingreso real y el componente aleatorio se denomina e_0^* .

Una vez se realice el proyecto y se cobren $\$X$ por él, la utilidad del individuo será U_1 . En ella el bienestar se ha alterado en dS y el ingreso se ha disminuido en X -ecuación 2-.

6. Véase: Mc.Connell, K.E. "Valuing Environmental Quality in Developing Countries: Two Cases Studies", AEA Session, Atlanta, 1989.

* El componente aleatorio, explica las variaciones entre los gustos del individuo y el promedio de la población -o estrato en donde habita-

Cuadro 1
Fundamento Matemático del
Modelo

$$U_0 = f(S) + b(Y) + e_0 \quad (1)$$

$$U_1 = f(S + dS) + b(Y - X) + e_1 \quad (2)$$

$$U_0 = U_1$$

$$f(s) + b(Y) + e_0 = F(S + ds) + b(Y - X) + e_1$$

$$X = \frac{[f(S + dS) - f(S) + (e_1 - e_0)]}{b} \quad (3)$$

$$E(X) = \frac{[f(S + dS) - f(S)]}{b} \quad (4)$$

$$X = \frac{[f(S + dS) - f(S)]}{b} \quad (5)$$

donde U_0 representa la utilidad sin proyecto, y U_1 la utilidad con proyecto.

Como es lógico, cada consumidor racional estaría dispuesto a pagar un valor X tal que su utilidad final resultante sea mayor que la inicial, y será indiferente a pagar o no pagar, si la utilidad permanece constante una vez reali-

zado el proyecto. Este valor de equilibrio puede hallarse igualando (1) y (2). El valor esperado de X no es otra cosa que la cuantificación en unidades de ingreso del incremento en el bienestar del consumidor (ecuación 3). Dicho monto se conoce también como la "Compensación equivalente de Hicks".

Nótese que se ha supuesto una utilidad marginal del ingreso (b) constante, por tanto el modelo deberá estimarse separadamente para individuos con niveles de ingreso comparables. En el caso del Río Medellín, por ejemplo, se utilizó una muestra estratificada para considerar este supuesto.

Debe recordarse que en un modelo como el de referendo, el individuo sólo responde "Si" o "No", sin ser posible saber exactamente su DAP.

Comienza entonces a ser evidente la necesidad de formular un modelo econométrico que permita estimar el valor máximo de X que el individuo promedio de la muestra pagaría por el proyecto.

Suponiendo alguna distribución de probabilidades para el

componente aleatorio ($e_1 - e_0$),⁷ puede estimarse una expresión para la probabilidad de que un individuo responda "Sí" ante un valor de X escogido aleatoriamente para su encuesta.

La probabilidad de obtener un "Sí" por respuesta, es igual a la probabilidad de que la utilidad final sea mayor que la inicial:

$$\begin{aligned} \text{Prob}(\text{Sí}) &= \text{Prob}(U_1 > U_0) \\ &= \text{Prob}[(f(S+dS) - f(S)) - bX > e_1 - e_0] \end{aligned}$$

Cuando se conozca la distribución del componente aleatorio e , la función de probabilidades puede escribirse directamente y despejar el valor de X .

Dado el caso en que e_0 y e_1 se distribuyan normalmente con media cero y varianza constante, su diferencia ($e_1 - e_0$) lo hará de la misma forma y la probabilidad de obtener un "Sí" por respuesta será:

$$\begin{aligned} \text{Prob}(\text{Sí}) &= \frac{[F(S) - bX] / \sigma}{\sigma} g(t) dt \\ &= -\alpha \end{aligned}$$

donde:

$$F(S) = f(S+dS) - f(S)$$

$g(t)$ = función de densidad de una normal con media cero y varianza unitaria.

En este caso se usarían modelos PROBIT para la solución de la función en sus parámetros.

De otro lado, cuando ($e_1 - e_0$) se distribuye en forma logística con media cero y varianza uno, la probabilidad de una respuesta afirmativa será:

$$\text{Prob}(\text{Sí}) = \frac{1}{1 + e^{-[F(S) - bX]}}$$

Debido a la forma de la función, la respuesta ante valores de $F(S)$ y X varía entre 0 y 1. Por tanto puede estimarse un modelo con base en la información muestral, entrando 1 cuando la respuesta ante un valor de X sea "Sí" y 0 cuando sea "No". De igual forma pueden manejarse otras respuestas de tipo dicotómico

7. Véase BID *op. cit.*, ó Maddala, G.S. "Limited Dependent and Qualitative Variables in Econometrics", Econometric Society Monographs, Cambridge, 1987.

como las visitas al río, el conocimiento previo del proyecto o de otras campañas educativas.

El punto medio de la probabilidad será entonces 0.5, por lo que:

$$\text{Prob (Sí)} = \frac{1}{1+e^{-[F(S)-bX]}} = \frac{1}{2}$$

Obteniendo logaritmo natural a cada lado se llega a que:

$$F(S) - bX = 0, \quad \text{por tanto}$$

$$X = F(S) / b$$

que corresponde a la ecuación 5 del Cuadro 1.

Debido a que se supuso b constante, se ha llegado a un resultado de X que es independiente del ingreso. Esta conclusión que aparentemente contradice la teoría económica, puede obviarse, como se anotó antes, estratificando la muestra para estimar modelos diferentes para individuos con ingreso disponible similar.

La respuesta de un individuo ante un valor propuesto, aleatoriamente escogido, dadas sus propias características socioeconómicas, es independiente de la respuesta de los demás. Por lo tanto, usando la propiedad de independencia de la teoría probabilística, se puede construir la probabilidad de tener un patrón muestral de respuestas como el producto de las probabilidades individuales.

Aplicando procedimientos normales de estimadores máximo verosímiles, pueden hallarse los parámetros del modelo que sean estimadores insesgados y de mínima varianza.⁸

Usando la Figura 1 puede entenderse con mayor facilidad el significado de la máxima DAP de cada individuo, en función del comportamiento de su bienestar final. La Figura (1a) representa la curva de utilidad personal antes del proyecto. El individuo logra el mismo nivel de satisfacción con com-

8. Procedimientos econométricos de cálculo en el caso en que se plantea al encuestado más de dos alternativas, o cuando se trata de bienes heterogéneos, se pueden hallar en Maddala, G.S. "Limited-Dependent and Quantitative Variables in Econometrics". 1983.

binaciones de ingreso y bienestar social que estén sobre la curva U_0 .

Una vez se realice el proyecto, su utilidad será U_1 . Pagará por ella un valor X que disminuya su ingreso, pero recibirá un incremento en su bienestar dS tal que su beneficio neto U_1 será mayor que el inicial. Figura (1b). Lo máximo que puede cobrarse a ese consumidor por el proyecto será una tarifa W tal que el beneficio neto final siga siendo igual al inicial Figura (1c).⁹

Para finalizar la discusión teórica es conveniente mencionar cuatro clases de sesgos que pueden presentarse en este tipo de modelos, y que se constituyen en los argumentos preferidos por quienes aún no se convencen de las bondades del método.

De acuerdo con la clasificación que hace Xinming Mu¹⁰ puede hablarse de Sesgo Hipotético, Sesgo

Estratégico, Sesgo de Punto de Inicio y Sesgos de Información.

El Hipotético se refiere al carácter mismo del procedimiento contingente, que además de involucrar un mercado inexistente, pregunta por un valor a pagar supuesto y que no tendrá implicaciones, al menos inmediatas, sobre el ingreso disponible del encuestado. Básicamente se habla de un sesgo inducido por el hecho de que el individuo no sufre disminución directa en su utilidad debida a la respuesta, y que, por tanto, no tiene una motivación suficiente para realizar el “esfuerzo mental”, en términos de dinero y tiempo, para formular una evaluación ajustada a la futura realidad.

De otro lado, aún si hiciera el ejercicio mental adecuado, no sería capaz de predecir con exactitud el comportamiento futuro de su bienestar dado lo hipotético de la situación.

9. Esta W es lo que en la literatura se denomina *Willinness to Pay* o Disposición a Pagar del consumidor por un bien ambiental.

10. Xinming Mu, “Modeling Rural Water Demand Behavior, a Study of the Contingent Valuation Method”, University of North Carolina, Chapel Hill, January, 1988

Tal como lo sustenta Xinming Mu, estas dos situaciones no son de mucha importancia cuando se evalúan sistemas de acueducto o alcantarillado. Por un lado, el tratarse de servicios "básicos", hace que el individuo tenga un conocimiento suficiente de los beneficios asociados, lo cual ciertamente no ocurre con la evaluación de impactos ambientales poco comunes como la emisión de gases o el derrame de productos químicos.

Por otro lado, el simple hecho de que el usuario de un servicio se sienta, tal vez como nunca antes, tenido en cuenta para estas decisiones, hace que encare las preguntas con mayor seriedad.

El Sesgo Estratégico, por su parte, se refiere a la "tentación" que tienen los individuos de alterar el resultado de la encuesta, buscando acomodarla a su interés particular. En este orden de ideas, quienes creen que el gobierno hará el proyecto, sólo si las respuestas son positivas, tenderán a manifestar un valor superior a su real DAP. De igual forma, quienes creen que el proyecto se hará de todas maneras y que la tarifa final estará asociada a valor que manifesten en la encuesta, tenderán a subvalorar el beneficio y se incli-

narán por valores de DAP bajos.

Algunos autores restan importancia al problema con el argumento de que si las respuestas se distribuyen normalmente al rededor de la media muestral, el hecho de existir un sesgo hacia ambos lados sólo hará aumentar la varianza sin afectar el valor de la media. El efecto, sin embargo, debe estudiarse con más precisión en cada aplicación y tratar de minimizarlo con la ayuda de un formulario de encuesta diseñado para tal fin.

El Sesgo de Punto de Inicio sólo procede en el caso de usar un método de pregunta interactiva, lo cual se constituye en una razón de más para preferir la metodología del referendo.

Finalmente aparecen los Sesgos de Información, aunque no son despreciables, son manejables en la medida en que no son exclusivos de esta metodología sino inherentes a cualquier procedimiento de recolección de información estadística.

II. Procedimiento práctico

Suponiendo aceptado el argumento teórico que sustenta el método, la real dificultad radica

en la elaboración de un formulario que, aplicado a una muestra científicamente diseñada, permita la estimación de un modelo confiable. Para ello debe contarse con la ayuda de un grupo profesional interdisciplinario con experiencia en la aplicación del método y conocimiento profundo de la comunidad encuestada. Los grupos focales previos a la encuesta final permiten detectar algunas variables socioeconómicas significativas, seleccionar el lenguaje requerido en las preguntas y estimar el rango dentro del cual debe variar aleatoriamente el valor de la disposición a pagar, por la que se preguntará, en cada segmento de la muestra clasificado, por el nivel de ingresos.¹¹

En este punto, es importante recalcar algunas consideraciones básicas de las metodologías de valoración contingente. Los casos estudiados en la literatura sobre el tema permiten apreciar cómo en los países en desarrollo existe, contrario a lo que podría pensarse, alguna conciencia ambiental

que hace factible muchas iniciativas de recuperación y preservación de recursos naturales deteriorados. Métodos como éste permiten consultar esa conciencia social y cuantificar adecuadamente los verdaderos beneficios asociados a estos programas.

No debe perderse de vista que, contrario a la lógica económica, se ha supuesto una utilidad marginal del ingreso constante, por lo que el modelo debe aplicarse por separado a grupos con niveles de ingreso muy similares. Debido a que el encuestado sólo responde "Sí" o "No", el nivel de conocimiento que tenga del proyecto es definitivo en su decisión. El consumidor debe tener un excelente conocimiento del "bien ambiental" que se le ofrece para que su respuesta sea confiable. Esto es, que los beneficios inherentes al proyecto le deben ser perfectamente claros. Para los fines que se persiguen, es igualmente peligroso una subestimación de los beneficios que una sobrestimación de los mismos.

-
11. Una discusión más profunda sobre el diseño de la encuesta, y la selección y tamaño de la muestra, se encuentra en Mc. Connell, K.E. "Models for Referendum Data: The Structure of Discrete Choice Models for Contingent Valuation", *Journal of Environmental Economics and Management* 18, 1990.

Finalmente, debe existir en la comunidad una alta confianza en la entidad que ofrece realizar el proyecto. La credibilidad de la misma afectará directamente la DAP final.

Además de ser un medio de cuantificación de beneficios ambientales bastante confiable, los resultados de DAP pueden ser elementos de juicio sobre las estructuras tarifarias que deberán diseñarse, en caso de que sea el usuario quien pague directamente por el proyecto.

La aplicación de estas metodologías puede ser entonces la clave para la justificación definitiva de todos aquellos proyectos de saneamiento y recuperación de fuentes que posiblemente están en el tintero de muchos alcaldes y concejos municipales a la espera de la voluntad política necesaria.

III. Casos de aplicación de la metodología en Colombia: los Proyectos de Saneamiento del Río Cauca y del Río Medellín

Quizás, el antecedente más importante, hasta el año anterior, en la aplicación de la Metodología de Valoración Contingente en Colombia, sea la evaluación de los beneficios indirectos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Cali (PTARC).¹²

De un lado, se cuantificaron los beneficios directos, "en términos del incremento en la actividad pesquera y ahorros en el uso del agua para acueductos municipales". Por su parte, los beneficios intangibles sobre la calidad de vida de la población caleña y de otros municipios cercanos, lograron valorarse por la Metodología Contingente. Para hacerlo se encuestaron 1.300 hogares en Cali y 300 en Buga.

12. Este artículo no pretende ser exhaustivo en el análisis del caso de la PTARC. Para un a información más detallada debe verse: "Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Cali - Estudios Económicos y Financieros", ECONOMETRIA LTDA., 1992. Adicionalmente, el autor agradece la ayuda prestada por la Gerencia de Planeación de EMCALI durante el trabajo de investigación sobre el tema.

El modelo llegó a estimar una DAP mensual por familia por estrato, que implicaba un beneficio total de \$ 6.829 millones al año para todo el sistema -US\$ 13.6 millones en 1990-. Adicionalmente se estimaron en US\$1.1 millones los beneficios de los demás municipios en la zona de influencia.

La adición de los beneficios indirectos a los directos, calculados inicialmente, le implican al proyecto en el período de análisis una tasa interna de rentabilidad cercana al 18% en términos reales, que es más que buena para un proyecto público de estas características.¹³

Es muy factible que algunos elementos pudieran haber contribuido a elevar artificialmente los beneficios, tal es el caso de una eventual sobrestimación de las bondades del proyecto por parte del usuario o la doble contabilización de efectos positivos debido a que algunos de los que se cuantificaron como directos; el usuario consultado los introduce de nue-

vo en su función de utilidad personal a la hora de responder a la encuesta. Esto, sin embargo, no puede desvirtuar la contundencia del resultado ni, mucho menos, demerita las enormes bondades que tiene la metodología aplicada.

Por su parte, EEPPMM utilizó la Metodología para valorar los beneficios indirectos de su programa piloto para el próximo decenio, en lo que a Acueducto y Alcantarillado se refiere. El Saneamiento del Río Medellín y sus Quebradas Afluentes. Para describir el proyecto, debe decirse que el Area Metropolitana del municipio está ubicada en el Valle de Aburrá, corredor natural estrecho, con laderas de alta pendiente, que es atravesado por el río Medellín antes de convertirse en el río Porce. En el tramo localizado dentro de la jurisdicción metropolitana desembocan al río más de 200 quebradas, que, aunque de diferente magnitud, poseen algunas características similares. En la parte central, más

13. Mientras el VPN al 12% de los beneficios directos alcanzaba los US\$ 7.5 millones (en pesos de 1990), el VPN de los beneficios indirectos, valorado por la metodología contingente, llegaba a los US\$ 87.6 millones. Véase documento citado, *ECONOMETRIA*, 1992.

urbanizada, existen alrededor de 60 quebradas, todas ellas cruzan laderas de muy alta pendiente sobre lechos compuestos por rocas meteorizadas o coluviones y que tienen, en invierno, una gran capacidad de arrastre de material sólido -rocas, sedimentos, etc.-.

Las quebradas tributarias al río son las recolectoras de toda la escorrentía superficial producto de las aguas lluvias. En muchos casos, reciben también las aguas residuales domésticas e industriales. La carencia de un sistema completo de alcantarillado que incluya recolección, transporte y tratamiento del agua, ha llevado a que se presenten situaciones sanitarias críticas en muchos sectores del Area Metropolitana. Este hecho afecta directamente la calidad de vida de la población y el potencial recreacional utilizable.

Las inversiones y proyectos presupuestados para el mediano

plazo hacen parte de un plan que ha venido desarrollándose en las últimas décadas con miras al manejo integral de las aguas vertidas al río Medellín y que está orientado a conformar la infraestructura de un sistema integral de alcantarillado. Se pretende entonces completar las obras agrupadas básicamente en tres fases: la primera de ellas, denominada de Colección, incluye las redes secundarias de alcantarillado; la segunda, denominada de Conducción y Transporte, incluye las obras de colectores e interceptores; y la tercera, denominada de Tratamiento, incluye las plantas de tratamiento de aguas residuales.¹⁴

La selección de la alternativa óptima fue el resultado de cuidadosos estudios de planeación.¹⁵ La Figura 2 presenta una visión panorámica del Area Metropolitana, permitiendo visualizar los principales componentes del sistema que se propone implementar.

-
14. Se denominan Colectores al conjunto de tuberías paralelas a las quebradas, a las cuales se descargan las aguas residuales recogidas por las redes de alcantarillado. Por Interceptores se debe entender las tuberías, de mayor diámetro, paralelas al río y que reciben las descargas de los colectores para conducirlas a una Planta de Tratamiento.
 15. Véase "Alternativas Para el Saneamiento del Río Medellín", Revista EPM, Vol 5- Nos. 1 y 4, Enero y Octubre de 1983.

El Plan de Saneamiento y Acueducto de EEPPMM entre 1994 y 1999, tiene un costo de US\$ 231.8 millones -a precios corrientes-, de los cuales US\$ 193.4 corresponden a costos directos y el resto a ingeniería, administración y gastos financieros. De esta cantidad el 56% se realizará con recursos de crédito del Banco Interamericano de Desarrollo -BID-.

Las obras de Saneamiento del Río ascienden a US\$139.3 millones. El programa beneficiará a más de 522,000 usuarios en toda el Area Metropolitana.¹⁶

En la evaluación del proyecto, se utilizó el modelo SIMOV para cuantificar los beneficios directos de los programas de Habilitación de Viviendas y Ampliación y Mejoras del Sistema de Acueducto. Para cuantificar los beneficios asociados a las inversiones en sanea-

miento, se utilizó la Metodología de Valoración Contingente que se ha descrito.¹⁷ Se analizaron independientemente las fases de Colección -y Transporte- y Tratamiento.

Para la primera, se realizaron 788 encuestas efectivas, a los hogares beneficiados con la recolección de las aguas residuales de 7 quebradas seleccionadas por su ubicación estratégica.¹⁸ Con la información de la encuesta de hogares se estimaron varios modelos, basados en características socio-económicas de la vivienda y en la percepción individual del problema, entre todos ellos se seleccionó un *Logit* por ser, estadísticamente, el más confiable. El modelo arrojó una DAP entre \$1,825 y \$1,890 por familia por mes, lo que implica unos beneficios mínimos para la fase de \$17,092 millones en el período 1993-2012, que com-

-
16. A diciembre de 1993, la Empresa tenía 472,000 usuarios residenciales (31% en estrato 2 y 39% en estrato 3), 33,400 comerciales y 4,850 industriales.
 17. El BID contrató con la Universidad de los Andes la evaluación económica del Plan, entre julio y septiembre de 1993. Para mayor información sobre los resultados de la evaluación debe verse el "Informe Final de la Evaluación del Proyecto de Saneamiento del Río Medellín", UniAndes, 1993.
 18. La Fase de Colección incluye 101 km de colectores, 42 quebradas, en los municipios de Itagüí, Envigado, Medellín y Bello, que benefician a 125,352 hogares -aproximadamente 626,760 habitantes-.

parados con la inversión estimada, generan una Tasa Interna de Retorno -TIR- superior al mínimo aceptable para este tipo de proyectos.

Un ejercicio similar para las inversiones de Control Vertimientos por separado arrojó una TIR similar y un Valor Presente Neto -VPN- (12%) de \$7,313 millones en el mismo período.

Para la fase de Tratamiento,¹⁹ se estimaron modelos para tres grupos de ingresos -altos, medio y bajos-, a partir de la información de 1191 encuestas. Al calcular la mediana de la DAP en cada caso, se obtuvo un valor mínimo de \$1,408 por familia-mes para el grupo de ingresos bajos, \$2,090 para ingresos medios y \$7,264 para ingresos altos. Estas cifras ponen de manifiesto la dificultad de utilizar un único modelo para todos los niveles de ingreso. Los beneficios consideran sólo el 40% de la DAP mínima de cada grupo, puesto que el tratamiento completo incluye la futura Planta de Bello, y ascienden a \$45,960 millones,

generando una Tasa de Retorno de la Inversión -TRI- del 13.9%

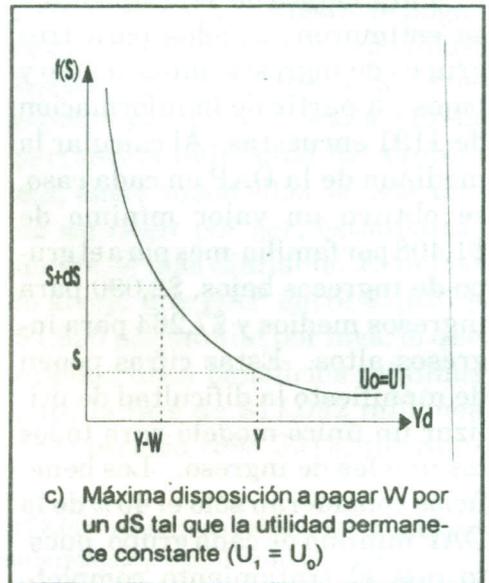
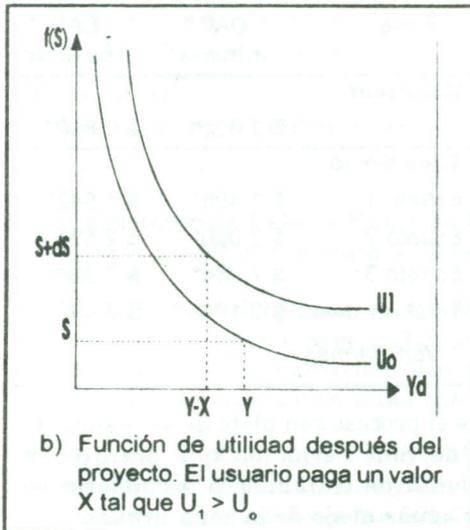
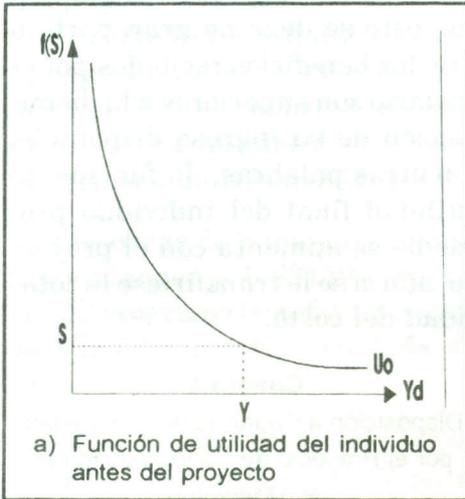
Puede hablarse entonces de una total aprobación de la comunidad al proyecto que se le propone, esto se debe en gran parte a que los beneficios recibidos por el usuario son superiores a la disminución de su ingreso disponible. En otras palabras, la función de utilidad final del individuo promedio se aumenta con el proyecto, aún si se le transfiriese la totalidad del costo.

Cuadro 2
Disposición a Pagar de la Comunidad por el Proyecto de Saneamiento del Río Medellín.
-Pesos de septiembre de 1993-

Fase	DAP mínima	DAP máxima
Colección	\$ 1,825*	\$ 1,890*
Tratamiento		
Estrato 1	\$ 1,408*	\$ 1,542*
Estrato 2	\$ 2,090*	\$ 2,537*
Estrato 3	\$ 7,264*	\$ 7,368*
Total encuesta	\$ 2,178*	\$ 2,450*
* familia/mes		

19 La Figura 3 representa esquemáticamente el proceso completo de saneamiento del río, el cual, además de la Planta de San Fernando que entrará en funcionamiento en 1999, incluye otra planta de tratamiento secundario en Bello, y dos más de tratamiento primario aguas abajo de la zona urbana.

Figura 1
Variación de la utilidad del individuo



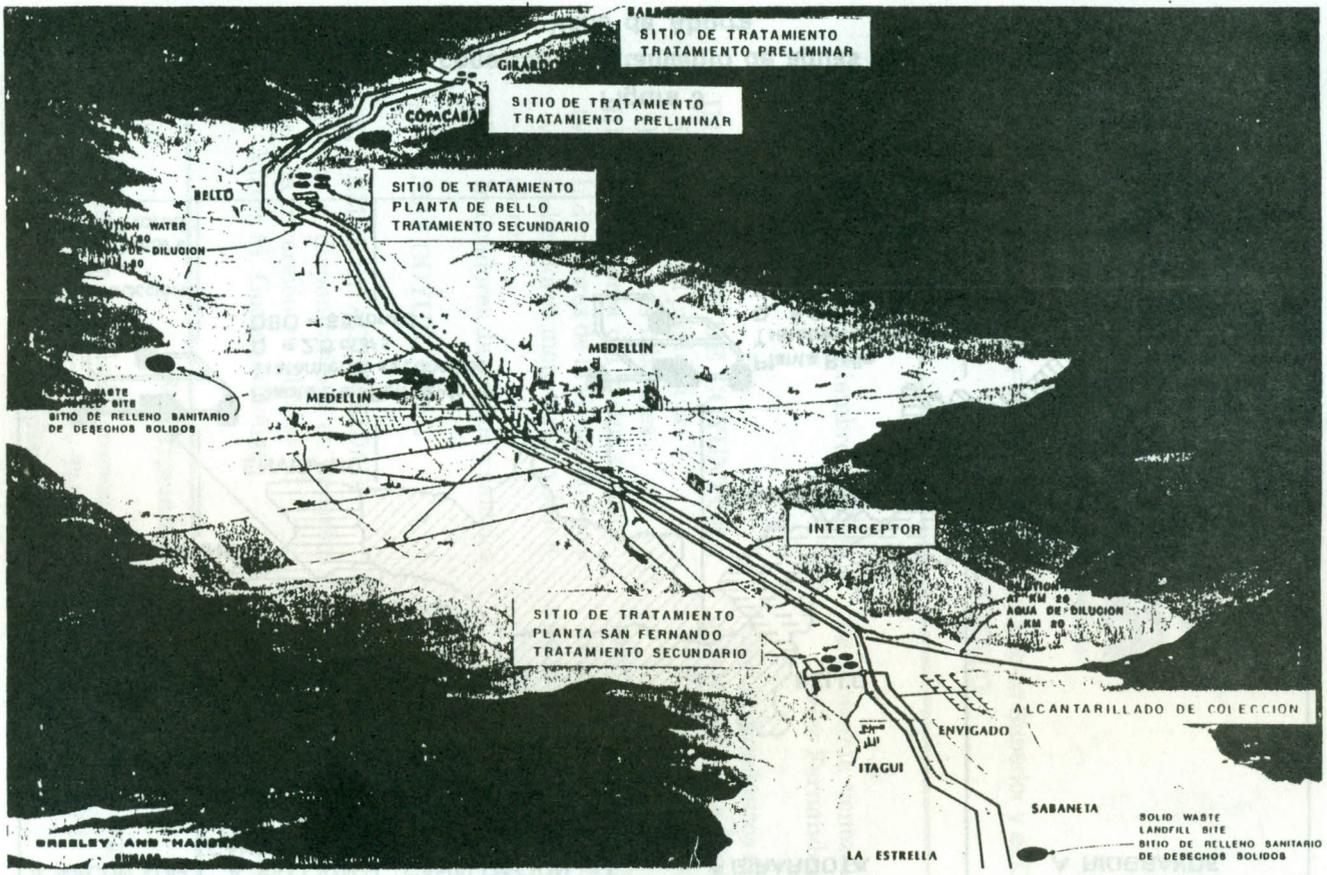


Figura 2

Perspectiva general sobre sistema de colocación y tratamiento de las aguas residuales en el Valle de Aburrá

Medellín, julio-diciembre 1994

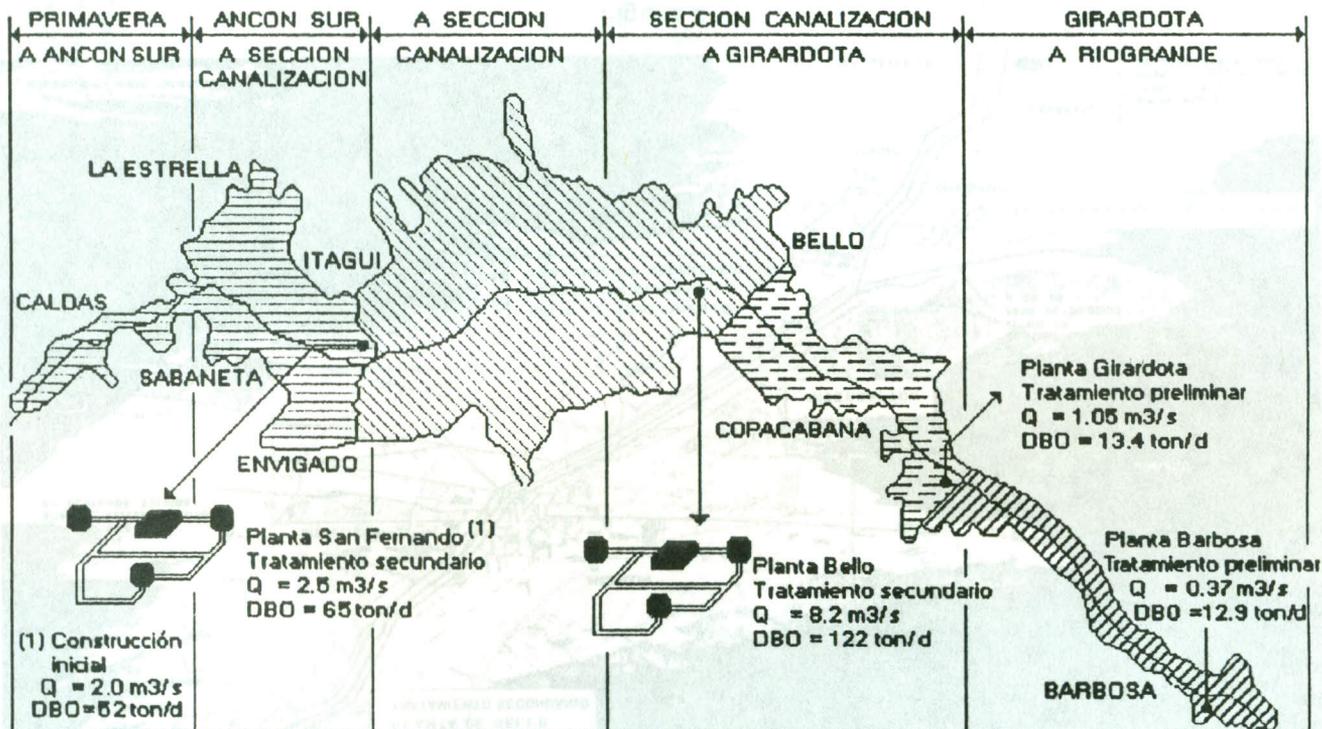


Figura 3

Alternativa para conexión y tratamiento de aguas residuales en el Valle de Aburrá