

## **VALORACIÓN CONTINGENTE DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO PORCE III: APLICACIÓN A LAS MICROCUENCAS DEL ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA <sup>1</sup>.**

Paula Andrea Grajales <sup>2</sup>.

### **Resumen**

Este artículo expone el resultado de la valoración económica, por el método contingente, de la pérdida de bienestar de la población afectada por una disponibilidad de agua menos limpia y en menor cantidad, durante la construcción de la infraestructura vial del Proyecto Hidroeléctrico Porce III, etapa que aporta el mayor número de contaminantes a las fuentes de agua del área de influencia directa, tales como el Río Porce y algunas de sus microcuencas tributarias. Una vez concluida tal etapa del proyecto, la población no estará afectada directamente en tanto se adopten las medidas necesarias para mitigar los daños, o bien se reubique a la comunidad afectada en un nuevo sitio con condiciones equiparables al lugar de origen, en otro caso se presumen cambios en el bienestar, que

<sup>1</sup> Este artículo es la síntesis de la monografía "Valoración económica del impacto ambiental de la construcción de la infraestructura vial del proyecto hidroeléctrico Porce III: aplicación al recurso hídrico de las microcuencas del área de influencia directa", asesorado por el profesor Edison Vázquez Sánchez [evasquezs@unalmed.edu.co](mailto:evasquezs@unalmed.edu.co), de la Escuela de Economía de la Universidad Nacional de Colombia, 2005.

<sup>2</sup> Economista de la Universidad Nacional de Colombia. Correo electrónico: [agrajal@unalmed.edu.co](mailto:agrajal@unalmed.edu.co)

bien pueden ser significativos e irreversibles, por lo que se hace necesario considerar además de la dimensión ambiental, la opinión de las comunidades exigiendo el cumplimiento de las normativas ambientales, durante y después de la construcción de tal infraestructura.

A partir de la introducción al tema, se ilustra la fundamentación microeconómica en que se basan los diferentes métodos de valoración económica para bienes que no tienen un mercado, como el caso de algunos recursos y/o servicios ambientales, y por tanto carecen de un precio explícito que revele el grado de importancia que tienen para el colectivo social este tipo de bienes. Seguidamente se presentan las características más relevantes del método de valoración contingente, por ser éste el utilizado para lograr el objetivo de la investigación. A continuación se ilustra el contexto de la investigación y la aplicación metodológica al caso de estudio referido, por último, se presentan las conclusiones relevantes del ejercicio analítico.

**Palabras claves:** Agua, Proyecto Hidroeléctrico Porce III, valoración económica, valoración contingente, bienestar, impacto ambiental, Disponibilidad a Pagar, compensación.

**Clasificación JEL:** Q20, Q51

### **Abstract**

This article presents the result of the economic valuation, by the contingent method, of the population welfare loss, affected by a less clean and less quantity water availability during the construction of the infrastructure of the hydroelectric project Porce III, which is the phase that brings the greatest number of contaminants to the water sources over the direct influenced area, such as the Porce River and some of the surrounding streams.

Once this phase is concluded, the population won't be affected directly as long as the required measurements are implemented to diminish the damages, or else, to move the population to a new place with equal conditions to those of their origins, otherwise major changes in their welfare, which could be significant and irreversible, might happen. This is why it's necessary to consider, not only the environmental proportion, but also, the community's opinion, demanding the fulfillment

of the environmental regulations during and after the construction of such infrastructure.

After the introduction to the subject is presented, the microeconomic foundation is outlined, in which the different economic valuation methods for goods without specific market share, such as some natural resources and environmental services. Therefore their lack of a set price doesn't reveal the importance that these goods have for society. Subsequently the most relevant characteristics of the contingent valuation method are presented, due to the fact that this is the method used to accomplish the goal of this investigation. Later on, the context of the investigation and the methodological application to the study case are illustrated. Lastly, relevant conclusions of this analytical exercise are presented.

### **Key Words**

Water resource, Porce III Hydroelectric Project, Economic Valuation, Contingent Valuation, Welfare, Environmental Impact, Willingness to pay, Compensation.

**JEL Classification:** Q20, Q51

## **1. Introducción**

La política legislativa trae cada vez mayores exigencias de regulación, control, compensación y corrección de los impactos que pueda generar la ejecución y posterior funcionamiento de los proyectos de desarrollo, entre ellos los proyectos hidroeléctricos. Al tiempo, la población se inquieta cada vez más ante la posibilidad de cambios en su bienestar, ocasionados por la ejecución y operación de las obras, al introducir cambios en la calidad de su entorno. Por tal razón, diversas disciplinas que abordan la problemática ambiental, han centrado parte de su atención en los costos y beneficios distintos a los tradicionalmente contabilizados en este tipo de proyectos. Esta preocupación ha generado en la ciencia económica el desarrollo de un campo de estudio conocido como economía ambiental, a la cual, la economía del bienestar suministra complementos. Desde esta arista disciplinar se abordan problemas relacionados con la gestión de la naturaleza, como la política de asignación de

los recursos naturales, las externalidades resultantes de la actividad entrópica, la valoración económica de los cambios en la calidad ambiental por parte de individuos o de colectivos, las razones del cómo y por qué las personas toman decisiones que tienen consecuencias ambientales y el diseño de políticas eficientes para lograr la defensa, conservación y mejoramiento del ambiente.

A la luz de la economía ambiental y del bienestar, la valoración económica ambiental se constituye en una herramienta útil para capturar las preferencias sociales de preservar ciertos niveles de bienestar, y puede definirse como todo intento de asignar valores cuantitativos a las ganancias o pérdidas en el bienestar que genera para la sociedad variaciones de las condiciones ambientales. En este sentido la valoración económica ambiental asume la postura de la ética antropocéntrica, según la cual, la estimación del valor económico es una actividad originada en el ser humano y destinada a él, sin embargo, hay posibilidad de asumir otra postura, la de la ética de la tierra, para la cual los recursos naturales y el medio ambiente tienen un valor per sé, sin que nada ni nadie asuma la iniciativa de otorgárselo.

Este estudio es un intento por descubrir y cuantificar uno de los tantos costos que trae para la comunidad de las veredas Puente Acacias y La Bramadora, ubicadas en jurisdicción del municipio de Guadalupe, Departamento de Antioquia, la puesta en marcha de la construcción de la infraestructura vial del Proyecto Hidroeléctrico Porce III. Para alcanzar este objetivo se recurre a la valoración económica de los recursos naturales y del medio ambiente.

Específicamente se aplica el método de valoración contingente, como medio para hallar información relevante acerca de la compensación que debería recibir la población afectada, a partir de reinterpretar objetivamente su propia valoración, o en palabras equivalentes su Disponibilidad a Pagar, por prevenir, corregir y controlar los impactos sobre el recurso hídrico de las microcuencas generados por la construcción de la infraestructura vial de Porce III; considerando el contexto de la legislación colombiana y el alcance de las políticas establecidas

por Empresas Públicas de Medellín, corporación encargada del desarrollo de las obras de infraestructura respectivas. El método sirve además para la ordenación de prioridades de inversión y diseño de políticas relativas a la prevención, mitigación, corrección y compensación de los impactos ambientales negativos sobre el recurso hídrico.

## **2. Breve fundamentación teórica de la valoración económica de los recursos naturales y del medio ambiente**

Si un individuo dispone de un conjunto de bienes y servicios  $(Z, Q)$ , siendo  $Q$  la cantidad o calidad del bien ambiental y  $Z$  los demás bienes y servicios, además de un ingreso  $M$ , y éste puede ordenar jerárquicamente estos bienes y servicios, es posible introducir tal información en una función de utilidad del individuo de la forma  $U(P_z, M, Q)$ , donde  $P_z$  es el precio que éste paga por los bienes y servicios  $Z$ . De este modo, la función se convierte en el mecanismo para expresar en dinero los cambios en el bienestar del individuo que implican la modificación en las condiciones de oferta, a saber, cantidad y calidad de un bien o servicio ambiental, cuando el individuo decide utilizarlo de forma directa o indirecta, de manera tal que se pueda medir en términos monetarios la utilidad que obtiene de su elección de consumo.

Esto conduce a la noción de la Disponibilidad a Pagar -DAP- por acceder al disfrute de un bien, o por evitar un daño a dicho bien. De manera equivalente, se presenta la idea de la Disposición a Aceptar -DAA- algo en compensación por un mal recibido o por renunciar a la posibilidad de acceder a un bien. Es decir, si una persona valora positivamente algo que posee, los beneficios que ésta obtiene de ello son iguales a la cantidad máxima que está dispuesta a pagar por ello o a la cantidad mínima por aceptar renunciar a su tenencia (Riera, 1994).

La teoría económica neoclásica utiliza los conceptos de variación compensada -VC- y variación equivalente -VE- como medidas de la DAP y la DAA. Cuando ocurre un evento económico y éste le genera una pérdida de bienestar al individuo, la

VC es la mínima cantidad de dinero que un individuo estaría dispuesto a aceptar en compensación por dicha pérdida de bienestar; si por el contrario dicho evento le genera al individuo una ganancia en el bienestar, la VC es la mínima cantidad de dinero que el individuo debería pagar por esa ganancia de bienestar; ambas medidas sitúan al individuo en el nivel de bienestar en el que se encontraba antes de que el evento ocurriera. Ante un evento que no ha ocurrido, pero que tiene cierta probabilidad de ocurrencia, y que le generaría una ganancia en el bienestar a un individuo, la VE es la mínima DAA del individuo para que el evento no ocurra, pero si el evento le generará pérdida en el bienestar al individuo, la VE es la máxima DAP de éste para que tal evento no ocurra; ambas medidas sitúan al individuo en el nivel de bienestar que tendría si el cambio ocurriera (Nicholson, 2004).

La valoración económica distingue grupos de individuos que en la sociedad le asignan valor o importancia a los recursos naturales y al medio ambiente: usuarios y no usuarios. El valor económico total -VET- captura estos dos aspectos fundamentales, los valores de uso y los valores de no uso.

El valor de uso, corresponde a la DAP o DAA de los individuos en relación con los bienes y servicios que ofrece el medio ambiente, tiene que ver con el bienestar que tal uso proporciona a los agentes económicos (CONAMA, 1996). Este valor de uso se clasifica en valor de uso directo, relacionado con el aprovechamiento de todo aquello que participa en el proceso productivo y de consumo, valor de uso indirecto, que corresponde al beneficio derivado de las funciones ecosistémicas, y valor de opción, representado por la DAP de los individuos frente a la opción de utilizar el medio ambiente en un futuro.

El valor de no uso o valor intrínseco, no implica necesariamente interacciones entre el hombre y el medio ambiente. Se podría clasificar en valor de existencia, aquel valor que se asume tienen los recursos por el simple hecho de existir, y valor de herencia, que corresponde al valor de los recursos asociado a la posibilidad de que las generaciones futuras puedan utilizar los recursos que el medio ambiente provee.

### **3. Algunas limitaciones de la valoración económica de los recursos naturales y del medio ambiente**

Los bienes ambientales cuentan con ciertas características que no permiten aplicar para ellos los principios de la teoría económica neoclásica de la formación de precios.

Al ser los bienes ambientales por lo general bienes públicos, no es posible crear para ellos un mercado y unos precios definidos, en el cual y con los cuales estos bienes se puedan transar. Así, la valoración económica de los recursos naturales y el medio ambiente tiene serios limitantes.

Las externalidades dan origen a una incorrecta asignación social de los recursos en la economía. Quien genera una externalidad negativa no tiene que pagar por ello a pesar del perjuicio que causa, y quien produce una externalidad positiva no se ve recompensado monetariamente por ello (CONAMA, 1996).

Cuando los derechos de propiedad sobre los bienes ambientales no están claramente establecidos, es difícil encontrar usuarios que estén dispuestos a corregir sus posibles daños.

No es fácil saber quien o quienes son los usuarios del medio ambiente que se busca valorar. Por lo general es fácil identificar quienes son los usuarios directos, pero no ocurre lo mismo cuando se pretende definir a los usuarios para los que el medio ambiente tiene un valor de uso indirecto e incluso un valor de existencia (Azqueta, 1994).

No es tarea sencilla medir los cambios producidos en el bienestar de la sociedad a partir de las mediciones del cambio en el bienestar de una persona determinada. El interrogante que surge de esta dificultad es ¿Cómo inferir las preferencias sociales a partir de las preferencias individuales y de la medida del bienestar individual?

Dada la ausencia de información acerca de los beneficios que traen los bienes ambientales, dado que se trata de funciones cuyas definiciones aún se expresan en un lenguaje muy especializado, es difícil para los usuarios definir con claridad su

DAP o su DAA por los beneficios recibidos de las funciones ecosistémicas. Entonces, las decisiones que toman los individuos basadas en la información que transmiten los precios, o la falta de ellos, no generan una distribución eficiente de los recursos.

#### **4. Síntesis conceptual del método de valoración contingente**

El método de valoración contingente -MVC- es una técnica de valoración en la que se realizan encuestas, se selecciona a los entrevistados mediante muestreo probabilístico y se realiza análisis inferencial utilizando métodos econométricos.

Consiste en simular un mercado hipotético mediante entrevistas a los consumidores, donde estos declaran su máxima DAP por un determinado bien o mejora de éste, o declaran su mínima -DAA- por no tener dicho bien o mejora. Su base teórica es la teoría neoclásica del bienestar, suponiendo racionalidad económica en el comportamiento del consumidor y asumiendo que las preferencias del agente pueden modelarse bajo una función de utilidad. Sin embargo, esta técnica toma elementos conceptuales de disciplinas como la sociología, la psicología y la estadística, además de la teoría económica.

Es el único método de valoración que permite descubrir la compensación económica exigida para permitir un cambio que deteriora el bienestar, o renunciar a uno que lo mejora (Azqueta, 1994), es decir, a diferencia de otros métodos, éste permite obtener valoraciones antes de que ocurra el cambio.

Según Kristöm & Riera (1997), un estudio de valoración contingente puede tipificarse en cuatro etapas:

**Etapa 1.** Se precisa el problema y se clarifica su entorno, lo cual facilita definir por qué y qué se desea valorar -el mercado a simular-. Se identifica a quienes se dirigen las preguntas, la modalidad de la entrevista -personal, telefónica, por correo o experimentos de laboratorio-, qué se desea medir con el estudio, la DAP o la DAA, el formato de la pregunta de valoración -pregunta abierta, simple, dicotómica, mixta o formato subasta-. A partir de estas claridades conceptuales se estructura un cuestionario.



Debe identificarse cómo y cuánto se afecta el bien o servicio ambiental, lo cual da una idea de cómo y cuánto se afecta el bienestar de la población. Posteriormente se propone una alternativa de uso, cambiar o no la situación inicial. Es igualmente importante expresar los efectos de la alternativa propuesta sobre el bien o servicio ambiental, para así valorar los efectos sobre el bienestar de las personas. No obstante, Milgröm (1992) plantea que no puede considerarse que una persona sufra una pérdida o ganancia de bienestar si desconoce la existencia del evento ambiental que la provoca.

**Etapas 2.** Se selecciona la muestra de la población a la que se debe aplicar la encuesta. Se distribuye el cuestionario y se obtienen las respuestas a las preguntas formuladas en el mismo.

**Etapas 3.** Se calcula la DAP o DAA, media o mediana, eliminando en el proceso las respuestas que se consideren no significativas, posteriormente, se agregan los datos obtenidos para el conjunto de la población relevante, durante el tiempo que se considere necesario.

**Etapas 4.** Se desarrolla el análisis y la evaluación de los datos obtenidos. Los resultados deben interpretarse de acuerdo con el contexto de la investigación. Finalmente se presenta el informe con los respectivos resultados.

## **5. Caso de aplicación de un estudio de valoración contingente**

### **5.1 El problema**

La alteración de caudales y de calidad del agua, la inestabilidad y erosión de terrenos, la formación de nuevos hábitats acuáticos, son algunos de los efectos mas visibles en los cuerpos de agua de las microcuencas intervenidas por la construcción de la infraestructura vial del Proyecto Hidroeléctrico Porce III, un proyecto con una capacidad instalada de más 660 megavatios (EEPPM, 2002) <sup>3</sup>.

*3 Hay efectos sobre otros componentes del ecosistema, así como impactos sociales y económicos que trascienden las posibilidades mismas del presente estudio.*

La población de las veredas La Bramadora y Puente Acacias es la directamente afectada por los impactos mencionados. Ante el notable deterioro de la calidad de las aguas de las quebradas que usan para sus actividades diarias la población objeto de estudio ha manifestado cierta inconformidad. Aunque la comunidad se realocalice para que no sea afectada directamente por las obras, o pueda disponer de un acueducto veredal con el objetivo de compensar parte de la pérdida de bienestar, desde que se inicia todo el proceso de construcción de Porce III, su nivel de vida puede verse afectado dada la disponibilidad de aguas menos limpias y en menor cantidad, sea para fines productivos, recreativos o incluso de consumo humano.

Esta población habita un espacio rural y se caracteriza por el predominio de una economía de subsistencia, es decir de bajos ingresos, nucleada en familias, con interrelaciones orientadas por la red de parentesco, y desarrolla esencialmente la actividad minera y de comercio (Ingetec S.A, 2003).

## **5.2. La encuesta**

Para saber que tan familiarizado estaba el encuestado con el recurso, en la primera sección de la encuesta se plantearon preguntas acerca de los usos que éste le daba al agua de las microcuencas intervenidas, así como de los cambios que había notado en la calidad del mismo. En este proceso se utilizó material fotográfico para ilustrar a los entrevistados el estado de las quebradas antes de iniciadas las obras de construcción y una vez iniciadas éstas, y se les informó de algunas de las consecuencias de este cambio, con el fin de que éste identificara con claridad el problema focalizado por el estudio (Ver Anexo 1).

Posteriormente se invitó al encuestado a participar, en un plano hipotético, en la toma de decisiones para lograr un adecuado manejo del agua de las quebradas, y se le informó de algunos planes que ayudan a corregir los daños, así como los beneficios que traería para ellos el proyecto de descontaminación, es decir, los beneficios obtenidos si el estado del agua de las quebradas fuese igual que antes de iniciadas las obras.

Dado que Empresas Públicas de Medellín debe ofrecer opciones de restitución de las condiciones de vida de la población objeto de desplazamiento, es decir, debe restituir y compensar los activos físicos, económicos y sociales de los individuos y su familia, preguntar por la mínima disponibilidad a aceptar -DAA-, conllevaría a que los encuestados declararan una DAA atípica, pensando que sus respuestas tendrían influencias sobre las negociaciones llevadas a cabo con la empresa.

Por tal razón se tomó la decisión de estimar la variación compensada -VC- como medida de bienestar, preguntando en la segunda sección del cuestionario por la máxima disponibilidad a pagar -DAP- para que el proyecto de descontaminación efectivamente ocurra, dado que éste mejora el bienestar de las personas, es decir, que la comunidad revela el pago para que la calidad del agua de las quebradas fuera igual o mayor a la que tendrían sin la intervención de las quebradas por las obras de Porce III. Con las limitantes interpretativas pertinentes esta medida de pago equivale a la compensación que deben recibir por el daño.

Para indagar por la DAP se optó por utilizar el formato de pregunta dicotómico 4. Con el fin de especificar la distribución de los montos de precios para la pregunta sobre DAP de la encuesta final, se aplicó previamente una encuesta piloto a un grupo de 30 personas seleccionadas de manera aleatoria, a las cuales se les preguntó con un formato de pregunta abiertos sobre su DAP por llevar a cabo los planes de descontaminación propuestos. De este modo, el escenario del mercado hipotético presentado al encuestado, a través de la encuesta final en su segunda sección (Ver Anexo 1), fue el siguiente:

- Una pregunta dicotómica de DAP de \$5.000 ó \$10.000, estos montos se obtuvieron en base a la encuesta piloto.
- El momento y periodicidad de pago: mensualmente por un año, tiempo en el que estaría concluidas las obras de construcción de la infraestructura vial, desde el momento

4 En éste se le propone al entrevistado un precio para el bien examinado y éste decide si lo acepta o no. ¿Estaría usted dispuesto a pagar \$A cantidad de dinero por...?

5 Se trata de pedirle al entrevistado que declare su DAP de manera abierta. ¿Cuánto estaría usted dispuesto a pagar por...?

de aplicación de la encuesta.

- Los planes propuestos: captación de caudales estrictamente necesarios, protección de la cobertura vegetal en las quebradas, instalación de sistemas de tratamiento de aguas residuales, manejo adecuado de drenaje, gestión integral de desechos sólidos, transporte y disposición de excedentes de excavación, obras para el manejo de aguas lluvias y de infiltración, protección de taludes y en general obras de tipo preventivo.
- Los encuestados obtendrían: calidad de agua igual o mejor de la que tendrían las quebradas sin intervención por las obras. Las entidades que administrarían los recursos son: Empresas Públicas de Medellín y la Junta de Acción Comunal.

Finalmente, la tercera sección de la encuesta incluyó preguntas que establecieran características socioeconómicas, tales como año de nacimiento, sexo, grado de escolaridad, ocupación, tiempo de residencia en la vereda e ingresos.

### **5.3. La elección de la muestra y aplicación de la encuesta**

La población total objeto de estudio estaba compuesta por 1.048 personas. Sin embargo la población susceptible de ser encuestada se limitó a la población mayor de edad, de ambas veredas. Con el fin de obtener una muestra significativa, que reprodujera los rasgos básicos de la población total, se hizo uso del muestreo aleatorio simple. Con una confiabilidad del 95%, un error absoluto máximo del 10% y una desviación estándar  $-S-$  de 0.4660916, la cual fue estimada con base en el estudio piloto de la variable bajo estudio *-la respuesta acepta pagar o no-*, se determinó estadísticamente que el tamaño de la muestra debía ser de 77.3 personas, sin embargo se tomó una muestra de 79 personas.

El trabajo de campo, tanto para aplicación de la encuesta piloto como de la encuesta final se realizó entre los meses de febrero y marzo de 2005 respectivamente. Los dos montos de precios establecidos para la encuesta final \$5.000 y \$10.000 se distribuyeron por partes iguales en las 79 entrevistas realizadas en dicha encuesta.

#### 5.4. La estimación de la DAP

Para obtener la medida de bienestar se hizo uso del modelo de estimación paramétrica presentado por Hanemman (1984), conocido como modelo de "diferencia en la función de utilidad indirecta", con éste se obtienen las medidas de bienestar hicksianas VC ó VE, bajo el supuesto de que las preferencias de los individuos pueden modelizarse por una función indirecta de utilidad  $U$ , donde dos estados del medio ambiente -inicial y final- pueden ser interpretados y comparados en términos de los cambios en la función de utilidad.

El encuestado tiene una función de utilidad que mide su bienestar, representada por la canasta de bienes y servicios que su ingreso le permite adquirir. Si incluimos en la función de utilidad el bien ambiental tenemos que la utilidad inicial  $-U^1$  - del encuestado está dada por:

$$U^1(M, Q^1, X) \quad (1)$$

Donde:

$M$ : ingreso del encuestado.

$Q^1$ : calidad y cantidad inicial del bien ambiental, en nuestro caso la calidad y cantidad disponible de agua después de iniciadas las obras.

$X$ : matriz de características socioeconómicas del encuestado.

El escenario de descontaminación ofrecido en la encuesta pretendía aumentar la calidad y cantidad del agua hasta el nivel  $Q^2$ , nivel de calidad en que se encontraba antes de iniciadas las obras, de tal manera que  $Q^2 > Q^1$ , por tanto, los individuos se ubicarían en el nivel de bienestar  $U^2 > U^1$ , en el que se encontraban antes de iniciadas las obras, es decir, un nivel final de utilidad dado por:

$$U^2(M, Q^2, X) \quad (2)$$

$U^i$  Representa la máxima utilidad  $U$  que es posible alcanzar dado un ingreso  $M$  y un vector de precios  $A$ . Es del tipo  $U^i = V^i(A, M, Q^i, X) + \varepsilon_i$ ; donde  $i=0$  para la situación inicial y  $i=1$  para la situación luego del cambio ambiental propuesto.  $Q$  es la calidad ambiental,  $X$  es la matriz de características socioeconómicas del individuo y  $\varepsilon$  es un error aleatorio de media.

Si el encuestado realiza un pago de \$A equivalente a la VC o máxima DAP, que se descuenta de su ingreso, por acceder a la nueva calidad y cantidad de agua  $Q^2$ , el individuo se situaría en el nivel de utilidad  $U^1$ , es decir, en el nivel de utilidad donde consume una cantidad y calidad  $Q^1$  del bien sin realizar ningún pago. El individuo debería ser indiferente entre aceptar o no el cambio, por lo que su nivel de utilidad final estará dado por:

$$U^2(M-A, Q^2, X) = U^1(M, Q^1, X) \quad (3)$$

Este modelo asume que los individuos conocen sus preferencias con certeza pero no toman en consideración el elemento estocástico, el cual contiene algunos elementos que no son observables para el investigador y son tratados como aleatorios.

Por lo que las anteriores funciones de utilidad vienen dadas por:

$$U^1(M, Q^1, X) = V^1(M, Q^1, X) + \varepsilon(1) \quad (1a)$$

$$U^2(M, Q^2, X) = V^2(M, Q^2, X) + \varepsilon(2) \quad (2a)$$

$$U^2(M-A, Q^2, X) = V^2(M-A, Q^2, X) + \varepsilon(2) = V^1(M, Q^1, X) + \varepsilon(1) \quad (3a)$$

Respectivamente 7.

Donde  $U^i$  (.) no es observable por el investigador, contiene un componente observable o determinístico  $V^i$  (.), y un elemento de error no observable  $\varepsilon(i)$  que es aleatorio o estocástico, con media 0 y varianza constante. Con  $i = 1, 2$  para la situación inicial y final respectivamente.

Debe tenerse en cuenta que la cantidad \$A, bajo el formato de pregunta dicotómico, no es necesariamente la verdadera máxima DAP del individuo o VC, pues quien responde afirmativamente puede estar DAP una cantidad mayor a la que se le ofrece y quien responde negativamente puede estar DAP una cantidad menor. Por lo tanto, para que el individuo acepte el cambio, su verdadera DAP debe ser mayor o igual a la canti-

7 Conviene anotar que  $U^{2*}$  difiere de  $U^2$  en que, siendo ambos el nivel de utilidad alcanzado después del cambio, en el segundo caso ya se ha materializado el pago de \$A por parte del agente afectado.

dad que se le está ofreciendo, de suerte que su nivel de utilidad final será mayor o igual a su nivel de utilidad inicial, lo que puede expresarse como:

$$V^2(M-A, Q^2, X) + \varepsilon(2) > V^1(M, Q^1, X) + \varepsilon(1) \quad (4)$$

Reordenando los términos se tiene:

$$V^2(M-A, 2, X) - V^1(M, 1, X) > \varepsilon(1) - \varepsilon(2) \quad (4a)$$

Si  $\eta = \varepsilon(1) - \varepsilon(2)$  y definimos  $\Delta V = V^2(M-A, 2, X) - V^1(M, 1, X)$  como el cambio en el bienestar experimentado por el individuo cuando cambia  $Q$ , o sea la diferencia en la función de utilidad indirecta cuando se acepta el cambio, se tiene que la probabilidad de que el individuo acepte el cambio esta dada por:

$$\text{Prob}(SI) = \text{Prob}(\Delta V > \eta) = F(\Delta V)_8 \quad (5)$$

Mientras la probabilidad de que el individuo rechace el cambio está dada por:

$$\text{Prob}(NO) = 1 - \text{Prob}(\Delta V > \eta) = 1 - F(\Delta V) \quad (6)$$

Donde  $F(\Delta V)$  es la función de probabilidad acumulada de los errores representados por  $\eta$ . En este caso, la probabilidad de aceptar o no el cambio es una función del precio ofrecido y de variables socioeconómicas que cambian la función de utilidad indirecta, por lo tanto, la estimación de estas probabilidades se utiliza para hallar el valor medio o la mediana de estas variables explicativas.

Si la función de utilidad puede expresarse como una función lineal de la variable ingreso y se supone una distribución de probabilidad para  $\eta$ , se obtiene:

$$V^1 = E(U/M) = \alpha_1 + \beta M \quad (7)$$

8 Donde  $F(\Delta V) = \int_{-\infty}^{\Delta V} f(\eta) d\eta$ , siendo  $f(\eta)$  la función de densidad de  $\eta$ , que indica la probabilidad que  $\eta$  sea menor o igual a  $\Delta V$ .

Donde  $i = 1, 2$ ,  $E(U/M)$  es la esperanza de  $U$  dado  $M$  y  $\beta > 0$  es el coeficiente de la regresión que representa la utilidad marginal del ingreso. Por poseer  $Q$ , el ingreso disminuye, esta disminución es igual al precio  $A$ . Así resulta que  $\Delta V$  es una función lineal:

$$\Delta V = \alpha - \beta A \quad (8)$$

$\alpha = \alpha_2 + \alpha_1$ , representa el cambio en la utilidad por poseer  $Q^2$ . Observemos que (8) no incorpora el ingreso  $M$  y es lineal negativa en el precio  $A$ , de modo que a mayor  $A$  se obtendrá menor  $\Delta V$ , es decir que la probabilidad de responder "SI" será menor.

El precio que deja indiferente al encuestado, entre aceptar o no el cambio, será aquel en donde no hay cambio en la utilidad, o sea que  $\Delta V = 0$ , es decir:

$$\alpha - \beta A = 0 \quad (9)$$

Entonces:

$$A = \alpha / \beta \quad (10)$$

La ecuación (10) representa la máxima DAP por acceder a  $Q^2$ .

Consideremos como variable dependiente a  $Y$ , la respuesta del encuestado de si rechaza o acepta el cambio, la cual toma el valor de 0 ó 1 respectivamente. Dado que las probabilidades (5) y (6) están en función de algunas variables cuantitativas, el análisis de los datos provenientes de la encuesta se realiza mediante modelos estadísticos que pronostican la probabilidad de que  $Y = 0$  ó  $Y = 1$ , en función del precio propuesto y otras variables socioeconómicas. Tales modelos estadísticos de respuesta dicotómica SI/NO son el modelo de probabilidad lineal, el modelo probit y el modelo logit <sup>9</sup>.

Para las estimaciones de este estudio se empleo el modelo logit,

<sup>9</sup> Gujarati (1992), Maddala (1996) y Green (1997) presentan detalladamente estos tres modelos.



el cual usa la función logística acumulativa como modelo de descripción del comportamiento de la variable dependiente categórica, que toma los valores de 0 ó 1, la ecuación que representa matricialmente estas respuestas es:

$$Y_j^* = \beta_j X_j + \varepsilon_j \quad \text{con } j = 0, 1, 2, 3, \dots, n \quad (11)$$

Donde  $X_j$  es el conjunto de variables socioeconómicas de el individuo  $j$ ,  $\varepsilon_j \approx N(0, \sigma^2)$ ,  $\text{cov}(\varepsilon_j, \varepsilon_k) = 0$  para  $j \neq k$ .

Esta es la generalidad de los modelos logísticos, pero  $Y_j^*$  no se observa, ésta se conoce comúnmente como variable latente para la que se percibe una evidencia dicotómica, lo que se observa es una variable indicadora  $Y_j$  definida por:

$$Y_j = \begin{cases} 1 & \text{Acepta el cambio} & \beta_j X_j + \varepsilon_j > 0 \\ 0 & \text{si no lo acepta} & \beta_j X_j + \varepsilon_j < 0 \end{cases} \quad (12)$$

Relacionando (11) y (12) en términos de esperanza condicional y probabilidades, se tiene:

$$E(Y_j / X_j) = \beta_j X_j \quad (13)$$

Si  $P_j$  es la probabilidad de que  $Y=1$ , entonces  $(1-P_j)$  es la probabilidad de que  $Y=0$ . Entonces  $Y_j$  tiene la siguiente distribución binomial de probabilidades:

$Y_j$	0	1
Probabilidad	$(1-P_j)$	$P_j$

Entonces,

$$E(Y_j / X_j) = [0 \cdot (1-P_j)] + [1 \cdot P_j] = P_j \quad (14)$$

O sea que:

$$P_j = E(Y_j / X_j) = \beta_j X_j \quad (15)$$

De este modo la esperanza condicionada de  $Y_j$  dado  $X_j$  puede interpretarse como la probabilidad de que  $Y=1$  dado  $X_j$ . O sea

que se obtiene la probabilidad de que se acepte el cambio para cada valor de la variable dependiente.

Si  $E(Y=1 / X_j)$  representa la probabilidad de que el encuestado acepte el cambio, dado  $X_j$ , es necesario que  $0 < E(Y=1 / X_j) < 1$ , para que represente un valor de probabilidad, este esquema puede proporcionarlo la función de distribución logística acumulativa, para el cual la mediana es igual a la media:

$$P_j = \text{Prob}(Y=1 / X_j) = [1 + e^{-(\beta_j X_j)}]^{-1}, \text{ y} \quad (16)$$

$$1 - P_j = \text{Prob}(Y=0 / X_j) = \{1 - [1 + e^{-(\beta_j X_j)}]^{-1}\} = [1 + e^{(\beta_j X_j)}]^{-1} \quad (17)$$

(16) y (17) no son lineales en los parámetros y además no cumplen con el supuesto de varianza homogénea para los distintos valores de  $X$ . Para corregir esta heterocedasticidad es necesario linealizarlos.

Si se expresa la razón de probabilidades a favor de que el encuestado acepte el cambio como:

$$P_j / (1-P_j) = [1 + e^{-(\beta_j X_j)}]^{-1} / [1 + e^{(\beta_j X_j)}]^{-1} \quad (18)$$

Simplificando, se tiene:

$$P_j / (1-P_j) = e^{\beta_j X_j} \quad (19)$$

Ahora, si se toma el logaritmo natural de (19), es decir de la razón de probabilidad a favor de aceptar el cambio, se tiene el siguiente resultado:

$$L_j = \ln[ P_j / (1-P_j) ] = \beta_j X_j \quad (20)$$

La ecuación (20) representa el modelo logit, que no es lineal en los parámetros, pero es lineal para la razón de probabilidades a favor de que el encuestado acepte el cambio. Dado que  $0 < P_j < 1$ , el logit  $L_j$  está entre  $-\infty$  y  $+\infty$ , es decir, aunque las probabilidades están entre 0 y 1, los logit no tienen estos límites. Por otro lado, aunque  $L_j$  es lineal en  $Y$ , las probabilidades mismas no lo son.

Retomando las ecuaciones (5) y (6), si a  $F(\Delta V)$  se le asocia una distribución de probabilidad logística, tales ecuaciones pueden representarse como:

$$F(\Delta V) = \text{Prob}(\Delta V > \eta) = \text{Prob}(SI) = (1 + e^{-\Delta V})^{-1} = (1 + e^{\alpha_1 \beta_1})^{-1}, y \quad (5a)$$

$$1 - F(\Delta V) = 1 - \text{Prob}(\Delta V > \eta) = \text{Prob}(NO) = (1 + e^{\Delta V})^{-1} = (1 + e^{-\alpha_1 \beta_1})^{-1} \quad (6a)$$

Respectivamente.

Lo que interesa en este estudio es encontrar la VC o máxima DAP como medida de bienestar, que se denominará  $C^+$ . Al retomar la ecuación (3a) y considerar  $A = C$ , puede definirse el cambio en la utilidad con el siguiente modelo lineal:

$$V^1(M-C, Q^2, X) + \varepsilon(2) = V^1(M, Q^1, X) + \varepsilon(1) \quad (21)$$

Conociendo la forma lineal para la utilidad representada en la ecuación (7) y obviando momentáneamente el vector  $X$ , se tiene que:

$$\alpha_2 + \beta(M-C) + \varepsilon(2) = \alpha_1 + \beta(M) + \varepsilon(1) \quad (22)$$

Si a los errores de la ecuación (21) se les asocia una distribución logística, la VC es:

$$C^+ = DAP = \alpha / \beta \quad (23)$$

Dado que se trata de un modelo de forma lineal para la utilidad, esta estimación de la media de la máxima DAP es a la vez la estimación de la mediana en el modelo logit.

Si a fin de acortar las escalas y así mejorar la significancia de la estimación, se toma el ingreso del encuestado y el pago que éste realiza en logaritmos, la media o mediana de la máxima DAP, viene dada por:

$$C^{++} = e^{(-\alpha/\beta)} ( (\alpha/\beta) / \text{sen}(\Pi/\beta) ) \quad (25)$$

La estimación de los parámetros  $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_n$ , se hizo por el método de máxima verosimilitud. Para ello se corrió en

Limdep 7.0 la versión lineal y logarítmica del modelo que calcula la afectación del bienestar de los habitantes de las veredas Puente Acacias y La Bramadora, debido al cambio de la calidad y cantidad del agua de las microcuencas afectadas por la construcción de la infraestructura vial del Proyecto Hidroeléctrico Porce III.

Las variables incluidas en el modelo estimado se definen así:

**Y:** variable dependiente binaria, que representa la probabilidad de responder afirmativamente ( $SI = 1$ ) a la pregunta de DAP por el nivel de calidad  $Q^2$ .

**PAGO:** variable independiente continua que representa el precio hipotético a pagar por acceder a los beneficios del cambio en la calidad del agua de las quebradas.

**INGP:** variable independiente continua que representa el ingreso familiar mensual dividido entre el número de integrantes de la familia.

**EDUC:** variable discreta categórica que representa el nivel de educación del entrevistado, si realizó primaria incompleta ( $=1$ ), primaria completa ( $=2$ ), secundaria incompleta ( $=3$ ) y secundaria completa ( $=4$ ).

**CAMB:** variable independiente binaria que toma el valor de ( $=1$ ) si el entrevistado ha notado cambios en las condiciones del agua de las quebradas desde el inicio de la construcción de la infraestructura vial de Porce III, ó ( $=0$ ) si no ha notado cambios.

**OTRACON:** variable independiente categórica que toma el valor de ( $=0$ ) si dentro de las causas de contaminación expuestas en la pregunta 9 de la encuesta final, el encuestado reconoce sólo causas distintas a la construcción de la infraestructura vial del proyecto hidroeléctrico Porce III, es ( $=1$ ) si el encuestado considera que las quebradas están contaminadas sólo por la ejecución de las obras de dicho proyecto, ó es ( $=2$ ) si el encuestado reconoce que las quebradas están contaminadas por las obras del proyecto y otras razones (ver Anexo 1).

Las versiones de los modelos logit estimados, lineal y logarítmico, son en su orden:

$$\text{PROB(SI)} = \text{Prob}(\Delta V > \eta) = \beta_1 + \beta_2 \text{PAGO} + \beta_3 \text{INGP} + \beta_4 \text{EDUC} + \beta_5 \text{CAMB} + \beta_6 \text{OTRACON}$$

$$\text{PROB(SI)} = \text{Prob}(\Delta V > \eta) = \beta_1 + \beta_2 \text{LPAGO} + \beta_3 \text{LINGP} + \beta_4 \text{EDUC} + \beta_5 \text{CAMB} + \beta_6 \text{OTRACON}$$

Se omitió de la base de datos de respuestas obtenidas lo siguiente: nueve encuestas debido a que los entrevistados manifestaron una DAP negativa porque consideraban que era obligación de Empresas Publicas de Medellín reparar los daños ocasionados, lo cual no quiere decir que los cambios en la calidad del agua de las quebradas no afecta el bienestar de estas personas, simplemente no están de acuerdo con la forma en que se les plantea la pregunta. Dos encuestas en las que además de obtener una DAP negativa, los encuestados no revelaron sus ingresos. Se omitieron otras dos encuestas porque los encuestados no revelaron sus ingresos, aunque estaban DAP. Finalmente otras tres encuestas porque el tiempo de residencia en la zona del encuestado era inferior a un año 10.

Una vez codificada la variable "SINO" como 1 si la respuesta frente a la DAP es afirmativa ó 0 si la respuesta es negativa, se obtuvieron los resultados siguientes:

$$\text{PROB(SI)} = 1.891695361 - (0.4319794452)^{-03} \text{PAGO} + (0.4874975072)^{-05} \text{INGP} + 1.116233037 \text{EDUC} - 2.389860426 \text{CAMB} + 0.9474838486 \text{OTRACON}.$$

$$\text{PROB(SI)} = 10.39137904 - 3.508336454 \text{LPAGO} + 1.679760860 \text{LINGP} + 1.229891843 \text{EDUC} - 2.734577404 \text{CAMB} + 1.083918967 \text{OTRACON}.$$

Luego de verificar que los signos de los parámetros estimados fueran los esperados y de chequear que los coeficientes fueran estadísticamente significativos para los modelos estimados, se elige el modelo que tenga el logaritmo de la función de verosimilitud (loglikelihood) y el estadístico de McFadden más altos, como el mejor modelo (Ver Anexo 2). En el Cuadro 1 se pre-

10 Tiempo transcurrido desde el inicio de la construcción de la infraestructura vial, hasta el momento de realizadas las encuestas.

sentan los indicadores citados para cada uno de los modelos.

### Cuadro 1: Indicadores arrojados para los modelos logit lineal y logarítmico.

Modelos Logit	Variables Significativas	McFadden	LogLikelihood	DAP (\$)
Lineal	PAGO, EDUC, CAMB	0.2573	-28.6439	10544.0249
Logarítmico	LPAGO, LINGP, EDUC, CAMB	0.3056	-26.7804	13574.6111

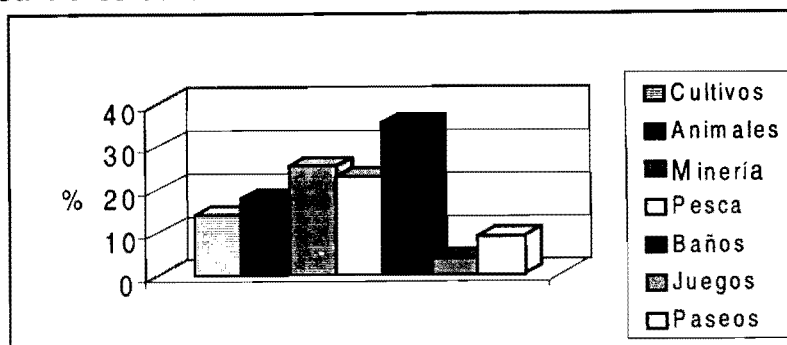
Fuente: Elaboración propia. Datos tomados de Limdep 7.0 Anexo 2

El modelo logit logarítmico reporta un mejor desempeño en términos de eficiencia estimativa y significancia estadística de los parámetros. Según este modelo, la DAP promedio al mes de cada individuo es de \$13.574,6 a fin de que se lleven a cabo los planes de propuestos para prevenir, compensar, corregir y controlar los impactos sobre el recurso hídrico de las microcuencas ocasionados por la construcción de la infraestructura vial del proyecto hidroeléctrico Porce III.

### 5.5. El resultado

En total se realizaron 79 encuestas, 48 en la vereda Puente Acacias (60.75%) y 31 en la vereda La Bramadora (39.25%). El 72.1% de los encuestados conocía el nombre de más de dos quebradas de la región. En relación al uso del agua de las quebradas el 65.8% de los encuestados le daba algún uso distinto del uso doméstico. El orden de importancia de tales usos del recurso se ilustra en el Gráfico 1.

### Gráfico 1: principales usos del agua de las quebradas del área de estudio local



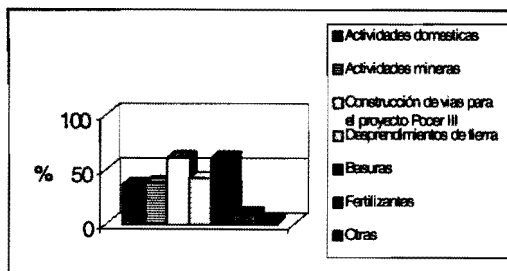
Fuente: Encuesta de campo

Un aspecto importante era averiguar si el encuestado había notado o no cambios en las condiciones del agua de las quebradas desde el inicio de la construcción de la infraestructura vial del Proyecto Hidroeléctrico Porce III. 44 personas (55.7%) afirmaron haber notado algún cambio negativo en las condiciones del agua de las quebradas, 77% de éstas eran habitantes de la vereda Puente Acacias. Las restantes 35 personas encuestadas afirmaron no haber notado ningún cambio, de éstas 77.42% pertenecían a la vereda La Bramadora. Lo anterior es resultado de que al momento de realizar las encuestas, a diferencia de la vereda La Bramadora, en la vereda Puente Acacias ya se había iniciado el proceso de construcción de vías para el proyecto Porce III.

Hay que mencionar que las personas pertenecientes a la vereda Puente Acacias que habían notado cambios, también afirmaron que con la construcción del acueducto veredal, instalado por Empresas Publicas de Medellín, se había dado solución parcial al problema de abastecimiento de agua para consumo doméstico, en tanto que las personas que afirmaron no haber notado cambios y que eran habitantes de la vereda La Bramadora, manifestaron que una vez iniciaran las obras de construcción desmejoraría la calidad del agua de las quebradas de su vereda.

En el Gráfico 2 se observa que las basuras (60.7%) y la construcción de vías para el proyecto Porce III (60.7%) son las principales actividades que los encuestados identifican como causas de contaminación de las quebradas.

**Gráfico 2: Causas de contaminación identificadas de las quebradas del área de estudio local**



Fuente: Encuesta de campo

Por su parte, el nivel medio mensual de ingreso per cápita encontrado es de \$170.194 pesos del año 2005. Al clasificar por rangos se obtiene que el 24% de la población encuestada cuenta con un ingreso mensual entre \$150.001 y \$200.000, el 15.2% entre \$100.001 y \$150.000, el 22.8% entre \$50.001 y \$100.000, y el 5% de la población encuestada no respondió. Como se observa se trata de un nivel de ingreso bajo, que se corresponde en parte con el nivel de acceso a la educación. En efecto, el 46.83% de la población encuestada no completó los estudios escolares, el 31.6% si lo hizo, el 13.9% había cursado secundaria incompleta y tan sólo el 7.6% realizó secundaria completa.

El cuadro 2 sintetiza los resultados de la distribución de las respuestas obtenidas frente a la pregunta acepta pagar o no, por vereda y por género.

**Cuadro 2: distribución de las respuestas obtenidas en la pregunta acepta pagar o no, por vereda y por género.**

Ítem	Puente Acacias	La Bramadora	Total
Acepta pagar	26	22	48
No acepta pagar	22	9	31
Total	48	31	79
Ítem	Mujer	Hombre	Total
Acepta pagar	28	20	48
No acepta pagar	18	13	31
Total	46	33	79

Fuente: Encuesta de campo

Las principales razones por las que el 39.3% de la población no estaba DAP para que se llevarán a cabo los planes propuestos fueron en orden descendente el argumento de que EEPPM es quién debe pagar y reparar todos los daños ocasionados (35.5%), motivos económicos (29%), no lo consideró importante (16.1%), otras (19.3%). La mayoría de estos encuestados estimaban que no volverán al lugar.

Teniendo en cuenta que la ejecución de las obras de la infraestructura vial del Proyecto Hidroeléctrico Porce III tiene una duración de dos años, 2004 y 2005, y que el proceso de compensación, negociación, relocalización o indemnización por las pérdidas de bienestar que han podido sufrir las personas por



la ejecución de las obras, deberá estar concluido, una vez ésta concluya, resulta de interés agregar el resultado de la DAP, multiplicando la población afectada por la DAP estimada para el periodo de tiempo de duración de las obras.

El calculo arroja un valor de \$341.428.615, el cual puede considerarse como la medida de beneficio económico que percibirían los habitantes de las veredas Puente Acacias y la Bramadora por prevenir, compensar, corregir y controlar los impactos sobre el recurso hídrico de las microcuencas, debidos a dicho proceso de construcción. Resulta deseable ponderar este valor por el nivel de ingreso local, pues esto da una idea más certera de la magnitud en que se valora, o tiene importancia, económicamente el recurso. Así, el agente que gana en promedio \$170.194 mes, estará dispuesto en promedio a recibir como compensación por el daño el equivalente a un 7.97% de su ingreso mensual. Esta cifra está un punto porcentual arriba de la tasa de interés media de captación que paga el mercado financiero en el 2005.

Empresas Publicas de Medellín como organización a cargo del desarrollo de la obras de infraestructura en cuestión, considera el ambiente como el resultado de la interacción dinámica entre el medio natural y el medio social. En este contexto, la gestión ambiental está asociada a la prevención, mitigación, compensación, corrección y control de los impactos no deseables. La empresa declara igualmente que su gestión social debe adelantarse con base en el conocimiento de las características socioeconómicas de las comunidades influenciadas por el desarrollo de los proyectos, obras o actividades, bajo el criterio de responsabilidad social, de tal manera que las medidas que se propongan para manejar los impactos respondan a las necesidades reales de la población involucrada (EEPPM, 2004).

Siguiendo los lineamientos establecidos en La Ley 56 de 1981, los establecidos por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, los criterios de EEPPM (EEPPM, 2004) y conforme a los resultados del estudio de valoración contingente presentado, se considera que es preciso dar prioridad a los planes de mitigación, corrección y compensación de los impactos sobre el recurso hídrico y el bienestar de la población afectada.

tada, de suerte tal que la inversión en estos planes sea igual o superior a \$341.428.615, durante el tiempo establecido para la ejecución de las obras. De este modo se compensará la pérdida en el bienestar de la población como consecuencia de las actividades que les niega el disfrute de una calidad y cantidad de agua que habían consumido durante tantos años.

## **6. Conclusiones**

El ejercicio de valoración no consiste en darle un valor económico exacto a los recursos naturales. La valoración debe buscar realmente asignar valores monetarios a las pérdidas o ganancias en el bienestar de las personas ante cambios en las condiciones de calidad y cantidad de los recursos naturales. En el ámbito de la ética antropocéntrica esto es posible porque estos bienes son apreciados por la sociedad.

Se verifica que el éxito de un estudio de esta naturaleza, y en general cualquier estudio de valoración, radica en la calidad de la encuesta, la demarcación adecuada de los impactos y/o bienes a valorar, así como sus causas y consecuencias, la precisión con la que se delimite la población afectada y el tiempo.

De acuerdo con el trabajo realizado en campo se concluye que es importante que el encuestado entienda con claridad el planteamiento de la problemática, el cambio planteado y las consecuencias de dicho cambio, para que en base a su restricción presupuestaria, éste emita una respuesta honesta. De igual manera se verifica la ventaja que tiene en este tipo de estudios la realización de la encuesta con formatos subasta<sup>11</sup> y mixto<sup>12</sup>, dado que varios de los encuestados manifestaron de manera voluntaria que podrían pagar una cantidad menor o mayor a la que se les proponía.

*11 Consiste en ofrecerte al entrevistado un precio de partida y a continuación se le pregunta si estaría dispuesto a pagar esta cantidad. Si la respuesta es afirmativa, se le ofrece una cantidad mayor y así sucesivamente hasta que el individuo responda negativamente. Si la respuesta original es negativa, a continuación se ofrece un precio menor hasta obtener una respuesta afirmativa.*

*12 Se realiza una pregunta dicotómica seguida de otra abierta. En este formato se ofrece un precio al individuo que debe aceptar o rechazar y posteriormente se le pide que revele un precio máximo que estuviera dispuesto a pagar.*

Se recomienda realizar estudios de valoración que midan de forma objetiva, las pérdidas y/o ganancias de bienestar de la población del área de influencia directa e indirecta de proyectos hidroeléctricos y en general de proyectos de desarrollo, involucrando además los muy diversos impactos, que quedaron por razones obvias fuera del alcance de este estudio. Esto con el ánimo de internalizar las ganancias y/o pérdidas en los análisis de costo-beneficio, necesarios para evaluar la viabilidad, económica, social y ecológica de tales proyectos de manera profesional y especialmente ética, buscando la eficiencia de las inversiones y la renovación del contrato social alrededor de un espíritu desarrollista más sostenible, mas al servicio del hombre.

## **Referencias bibliográficas**

Azqueta D. (1994). Valoración económica de la calidad ambiental. McGraw-Hill.

Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) (1996). Valoración Económica de las Funciones del Medio Ambiente. Apuntes Metodológicos. Documento de trabajo N° 1 Serie Economía Ambiental.

Empresas Públicas de Medellín E.S.P (EEPPM) (2002). Estudio de Impacto Ambiental del proyecto hidroeléctrico Porce III. Medellín.

\_\_\_\_\_ (2004). Estrategias para el manejo del desplazamiento poblacional. Versión 1. Medellín.

Greene, W. (1997). Análisis Econométrico 3ª Edición. Prentice Hall.

Gujarati, D. (1992). Econometría 2ª Edición. Mc Graw-Hill.

Hanemman, W. (1984). Welfare evaluations in contingent valuation experiments with discrete responses. American Journal of Agricultural Economics vol. 66 (pp. 332-341).

Ingetec S.A. (2003). Censo socioeconómico del área de influencia directa, revisión 1. Medellín.

Kristöm, B. & Riera, P. (1997). El método de la valoración contingente aplicaciones al medio rural español..Versión ampliada respecto a la que aparece en revista española de Economía Agraria N° 179, primer trimestre 1997. España.

Maddala, G. (1996). Introducción a la econometría, 2ª edición. Prentice Hall.

Milgröm, P. (1992). ¿Is Sympathy an Economic Value? Philosophy, Economics and the Contingent Valuation Method. In Contingent Valuation: A Critical assessment. Cambridge Economics, Inc.

Nicholson, W (2004). Teoría Microeconomica, 8ª edición. Thomson Editores.

Riera, P. (1994). Manual de Valoración Contingente. En línea: [www.volcano.uab.es/priera/manualcvm2](http://www.volcano.uab.es/priera/manualcvm2)

## **Anexo 1: Encuesta final**

### **Universidad Nacional de Colombia sede Medellín - EEPPM. Encuesta sobre calidad de recurso hídrico, área de influencia proyecto hidroeléctrico Porce III.**

Buenos días / tardes. Se está realizando una encuesta de opinión sobre la calidad de fuentes hídricas afectadas por el proyecto hidroeléctrico Porce III, como parte de una investigación que en la actualidad desarrolla la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

Su cooperación es esencial para llevar a cabo el proyecto; por lo tanto le pido de la manera más atenta, conteste el siguiente cuestionario, diseñado para determinar como usted usuario del agua de las quebradas del área valora una descontaminación de las mismas. La información que usted me proporcione es para propósitos académicos y será tratada con confidencialidad. En este proceso no hay respuestas que se consideren buenas o malas, adecuadas o inadecuadas. Por esta razón le solicitamos el favor de contestar con sinceridad y objetividad.

### **PREGUNTAS ACERCA DEL BIEN**

1. ¿Sabe usted de dónde proviene el agua que usa para su consumo diario?  
Si ☐ Nombre de la quebrada \_\_\_\_\_ No ☐  
No responde ☐
2. ¿Conoce el nombre de otras quebradas de la región?  
Si ☐ ¿Cuáles? \_\_\_\_\_ No ☐  
No responde ☐

3. ¿Aparte del agua que destina para consumo humano en su casa o finca que otro uso le da usted al agua de las quebradas?
- Uso productivo: Si ☐ No ☐ (Riego de cultivos, animales, minería, pesca, etc.)
  - Uso recreativo: Si ☐ No ☐ (Paseos, baños, jugar, etc.)
  - Otro uso: ☐ ¿Cuál? \_\_\_\_\_
4. ¿Ha notado cambios en las condiciones del agua que corre por las quebradas desde el inicio de construcción de las vías para el proyecto hidroeléctrico Porce III?
- Color: Más turbia ☐ Más limpia ☐  
No ha notado cambios ☐ No responde ☐
  - Caudal: Mayor ☐ Menor ☐ No ha notado cambios ☐  
No responde ☐
  - Consistencia: Más espesa ☐ Menos espesa ☐ Igual ☐  
No responde ☐
  - Espuma: Nunca ha tenido ☐ Aumentó ☐ Disminuyó ☐  
Igual ☐ No responde ☐
  - Cantidad de animales vivos en el agua: Mayor ☐  
Menor ☐ Igual ☐ No Responde ☐
5. ¿Conoce usted acerca de los planes de EEPPM para mejorar la calidad del agua de las quebradas de su vereda?
- Sí ☐ ¿Cuál? \_\_\_\_\_ No ☐ No Responde ☐

## **PREGUNTAS ACERCA DE LA VALORACIÓN DEL BIEN**

Queremos que observe estas fotografías: en la fotografía 1 usted observa el estado en el que se encuentra el agua de las quebradas antes que se inicien las obras de construcción del proyecto hidroeléctrico Porce III; y en las fotografías 2 y 3 usted observa el estado en el que se encuentra tal recurso ahora, una vez se han iniciado las obras de construcción de las carreteras del proyecto hidroeléctrico.

El agua limpia y descontaminada es una fuente de recreación,

deporte y salud tanto para usted como para sus hijos, nietos, familiares y amigos, además sirve para que usted y ellos puedan realizar actividades como pesca, agricultura, ganadería, minería y labores domésticas.

Usted sabe que el agua de las quebradas está siendo expuesta a ciertos niveles de contaminación tanto por las obras del proyecto como por la actividades de la población; por esto la gente está dejando de usarla para fines, tales como pesca, agricultura, ganadería, paseos, entre otros.

Queremos que usted haga parte de las decisiones que se debe tomar respecto al adecuado manejo del agua de las quebradas. Estas decisiones están relacionadas con la prevención, compensación, corrección y control de los impactos que no se desean.

Queremos que las quebradas queden libres de contaminación a través de la realización de los siguientes planes: captación de caudales estrictamente necesarios, protección de la cobertura vegetal en las quebradas, instalación de sistemas de tratamiento de aguas residuales, manejo adecuado de drenaje, gestión integral de desechos sólidos, transporte y disposición de excedentes de excavación, obras para el manejo de aguas lluvias y de infiltración, protección de taludes y en general obras de tipo preventivo.

Al realizarse estos planes recuperamos la flora y la fauna, podremos evitar muchas enfermedades; usted, su familia y amigos podrán utilizar el agua de las quebradas para todas sus actividades diarias, sin ningún tipo de inconvenientes y en el futuro, usted y ellos podrán tener acceso no sólo a agua de mejor calidad sino que también podrán visitarlas, nadar y pescar, en ellas.

6. ¿Haría usted uso de las quebradas si estas estuvieran limpias y disponibles, durante y después de la construcción del embalse?

Sí ☐ No ☐ No Responde ☐ (Sí, pase a la pregunta 7, No, pase a la pregunta 8)

7. ¿Qué actividades realizaría?

Paseos ☐ Baños ☐ Pesca ☐ Otros ☐ ¿Cuales?

\_\_\_\_\_

8. ¿Cuál es el motivo principal por el cual no lo haría?

No le interesa ☐ Cree que no volverá al lugar ☐

Otro ☐ ¿Cuál? \_\_\_\_\_

9. Considera usted que el agua de las quebradas esta contaminada por:

Actividades domésticas ☐ Actividades mineras ☐ Construcción de  
vías para el proyecto Porc III ☐ Desprendimientos de  
tierra ☐ Basuras ☐ Fertilizantes ☐ Otro ☐

Cuál? \_\_\_\_\_

La situación que le vamos a plantear a continuación en este momento no es real e involucra dinero así que le suplico que ponga atención.

10. En caso tal de que para poder llevar a cabo los planes de descontaminación que le propuse anteriormente, le solicitara contribuir con dinero, y si éste dinero fuera administrado por EEPPM y la Junta de Acción Comunal ¿Estaría usted dispuesto (a) a contribuir con \$\_\_\_\_\_ mensuales por un año para mejorar la calidad del agua de las quebradas?

Si ☐ No ☐ (Si pase a la pregunta 12, No pase a la pregunta 11).

11. ¿Por qué motivos no contribuiría?

Motivos económicos ☐ No lo considera importante ☐ Es EEPPM  
quien debe pagar y reparar todos los daños ocasionados ☐

Otras razones ☐

Cuáles? \_\_\_\_\_



**PREGUNTAS ACERCA DEL HABITANTE**

12. Año de nacimiento: \_\_\_\_\_
13. Sexo: M ☐ F ☐
14. Educación: Primaria incompleta ☐ Primaria completa ☐  
 Secundaria incompleta ☐ Secundaria completa ☐  
 Técnico ☐ Universitarios ☐
15. Vereda: La Bramadora ☐ Puente Acacias ☐
16. Ocupación: Estudiante ☐ Ama de casa ☐ Agricultor ☐  
 Minero ☐ Comerciante ☐ Jubilado ☐ Sin ocupación ☐  
 Empleado ☐ Independiente ☐ Otra ☐  
 Cuál? \_\_\_\_\_
17. Tiempo de residencia en la vereda: \_\_\_\_\_ Años
18. Ingreso familiar mensual: \$ \_\_\_\_\_
19. Número de personas que viven en la casa: Niños \_\_\_\_\_  
 Adultos \_\_\_\_\_

**OBSERVACIONES** \_\_\_\_\_
**Anexo 2: Resultados econométricos.**  
**Salidas en Limdep 7.0**

Resultados del modelo logit de probabilidad lineal:

Multinomial Logit Model	
Maximum Likelihood Estimates	
Dependent variable	SINO
Weighting variable	ONE
Number of observations	63
Iterations completed	6
Log likelihood function	-28.64399
Restricted log likelihood	-38.56880
Chi-squared	19.84964
Degrees of freedom	5
Significance level	.1333575E-02

Variable	Coefficient	Standard Error	b/St.Er.	P[ Z >z]	Mean of X
Characteristics in numerator of Prob[Y = 1]					
Constant	1.891695361	1.4743218	1.283	.1995	1
PAGO	-.4319794452E-03	.15096167E-03	-2.862	.0042	7619.0476
INGP	.4874975072E-05	.44515149E-05	1.095	.2735	179505.67
EDUC	1.116233037	.46495583	2.401	.0164	1.7936508
CAMB	-2.389860426	.99004359	-2.414	.0158	.52380952
OTRACON	.9474838486	.50500059	1.876	.0606	1.0952381

Fit Measures for Binomial Choice Model		
Logit model for variable SINO		
Proportions P0=	.301587	P1= .698413
N = 63	N0= 19	N1= 44
LogL =	-28.64399	LogL0 = -38.5688
Efron	Mcfadden	Ben./Lerman
.29018	.25733	.70197
Cramer	Veall/Zim.	Rsqr ML
.29254	.43526	.27026
Information Criteria	Akaike I.C.	Schwartz I.C.
	1.09981	82.14678

Frequencies of actual & predicted outcomes  
 Predicted outcome has maximum probability.

Predicted

Actual	0	1	Total
0	11	8	19
1	6	38	44
Total	17	46	63

Descriptive Statistics

All results based on nonmissing observations.

Variable	Mean	td.Dev.	Minimum	Maximum	Cases
DAP	10544.0249	3229.55645	3687.82127	17872.0522	63

Matrix: La:  
 [1,7]

## Resultados del modelo logit de probabilidad logarítmico:

```

Multinomial Logit Model
Maximum Likelihood Estimates
Dependent variable          SINO
Weighting variable          ONE
Number of observations      63
Iterations completed        6
Log likelihood function     -26.78042
Restricted log likelihood   -38.56880
Chi-squared                 23.57676
Degrees of freedom          5
Significance level          .2617755E-03

```

Variable	Coefficient	Standard Error	b/St.Er.	P[ Z >z]	Mean of X
----------	-------------	----------------	----------	----------	-----------

## Characteristics in numerator of Prob[Y = 1]

Constant	10.39137904	11.147424	.932	.3512	
LPAGO	-3.508336454	1.1975323	-2.930	.0034	8.8802703
LINGP	1.679760860	.81462594	2.062	.0392	11.990939
ELUC	1.229891843	.51641359	2.382	.0172	1.7936508
CAMB	-2.734577404	1.1105905	-2.462	.0138	.52380952
OTRACON	1.083918967	.56948652	1.903	.0570	1.0952381

Fit Measures for Binomial Choice Model  
Logit model for variable SINO

Proportions	P0= .301587	P1= .698413
N =	63 N0= 19	N1= 44
LogL =	-26.78042	LogL0 = -38.5688

Efron	McFadden	Ben./Lerman
.33865	.30565	.72248
Cramer	Veall/Zim.	Rsqr ML
.34122	.49473	.31218

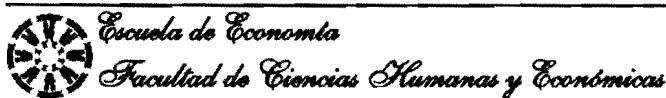
Information Criteria	Akaike I.C.	Schwartz I.C.
	1.04065	78.41965

## Predicted

Actual	0	1	Total
0	10	9	19
1	4	40	44
Total	14	49	63

Variable	Mean	Std.Dev.	Minimum	Maximum	Cases
DAP	13574.6111	6914.12396	4987.00898	32155.0024	63

Recibido el 25 de agosto de 2005. Aprobado su publicación el 21 de septiembre de 2005.



El Centro de Gestión Empresarial de la Facultad de Ciencias Humanas y Económicas de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, es una unidad académica y de extensión dirigida al medio empresarial, al sector público y a la comunidad en general; oferente de servicios de Apoyo, Asesoría, Consultoría e Investigación en las áreas de *Emprendimiento, Gestión, Finanzas, Mercadeo y Tecnología* a nivel de unidades empresariales, con especial énfasis en las MIPYMES.

### **SERVICIOS OFRECIDOS:**

- Asesoría y consultoría a gremios, personas naturales y jurídicas, instituciones públicas, entidades no gubernamentales y público en general, en los procesos de gestación, consolidación y puesta en marcha de iniciativas empresariales.
- Investigación y estudios especializados de problemáticas empresariales.
- Seminarios de capacitación específica en temas empresariales.
- Diagnósticos de empresas.
- Valoración de empresas.
- Elaboración de Planes Estratégicos y capacitación para la Planeación Estratégica.
- Asesoría y consultoría para emprendimientos y empresas, tanto permanente y global como puntual y por áreas de responsabilidad o unidades de negocios.
- Participación en licitaciones, concursos e invitaciones públicas para desarrollar investigaciones y consultorías.

- Apoyo a los programas gubernamentales para la creación y sostenibilidad de empresas (Programa Banco de Recuperación), Programas de Empleo en las entidades municipales, Programa Emprender del SENA y Programa Cultura E).
- Desarrollo de planes conjuntos con las entidades promotoras de las MIPYMES a nivel de ciudad.
- Operación del Observatorio del Emprendimiento a nivel regional.
- Servicios de evaluación y seguimiento en los procesos de incubación de productos y de innovación tecnológica y transferencia de tecnología.
- Articulación de los gestores empresariales con las entidades de financiación, transferencia de tecnología e inteligencia de mercados.

**Coordinadores:** **Jorge León Pérez Peláez**, Especialista en Gerencia y Desarrollo de Proyectos, Universidad de Ceara, Brasil.  
**Helena Estrada Ortiz**, Economista, Magíster en Administración, Universidad EAFIT.

**Sede de Actividades:** Universidad Nacional, Sede Medellín; Núcleo El Volador, Bloque 46, Oficina 409. Teléfonos: 430 92 11 y 430 92 15; Fax: 260 44 51 Correo electrónico: [cege@unalmed.edu.co](mailto:cege@unalmed.edu.co)