

**IDENTIFICACIÓN Y DEFINICIÓN DE LA METODOLOGÍA DE CÁLCULO DE
LOS ÍNDICES Y VARIABLES INVOLUCRADOS EN EL CÁLCULO DE LAS
TASAS POR USO DEL AGUA**

I.C. CAROLINA ORTIZ PIMIENTA

**Tesis de Grado presentada como requisito parcial para optar al título de
Magíster en Ingeniería – Recursos hidráulicos**

Directora: M.Sc. MARIA VICTORIA VÉLEZ OTÁLVARO

Codirectora: M.Sc. CLARA INÉS VILLEGAS PALACIO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

ESCUELA DE GEOCIENCIAS Y MEDIO AMBIENTE

POSGRADO EN APROVECHAMIENTO DE RECURSOS HIDRÁULICOS

MEDELLÍN

2006

A mi más grande tesoro

Mamá, Papá y Juancho.

Los Amo muchísimo.

AGRADECIMIENTOS

A Maria V por ser mi profe, amiga, compañera de aprendizaje y hasta mi mama a ratos.

A Clara Villegas por estar ahí cuando lo necesite en todo sentido.

A Mario y Carlos por estar ahí para ayudarme y regañarme cuando lo necesité.

A mi familia por la paciencia, el apoyo y el amor que me han dado día a día para llegar hasta acá.

A todos los que trabajaron en el proyecto de la Doña María, pues me suministraron la información base de este trabajo.

A los compañeros de la maestría por compartir dos años de su vida conmigo.

A los profes por darme tanto conocimiento y enseñarme caminos posibles de vida.

Al AMVA por la oportunidad del trabajar en este proyecto y desarrollar este trabajo.

RESUMEN

Desde el año 1993 el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial con la Ley 99 ha publicado decretos con el fin de implementar instrumentos económicos para la sostenibilidad del recurso hídrico. En este trabajo se pretende realizar un análisis de la pertinencia y aplicabilidad del Decreto 155 de 2004, por medio del cual se reglamenta el Artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre Tasa por Utilización de Agua (TUA). Se parte del análisis de la legislación vigente relacionada con el decreto y con el recurso agua. Posteriormente se hace un análisis técnico de cada uno de los factores y coeficientes presentes en él, con el objetivo de identificar algunas inconsistencias técnicas para la aplicación de la TUA y se sugieren soluciones a las mismas. Según este trabajo, uno de los principales problemas radica en que la metodología existente para el cálculo de la TUA y la valoración económica del recurso agua, presenta inconsistencias entre conceptos. El Decreto 155 de 2004 define muy someramente el manejo de la información y hace la metodología no aplicable a los casos de las cuencas en nuestros territorios.

PALABRAS CLAVE

Instrumentos económicos, Tasa por Uso del Agua (TUA), Índice de Escasez, Decreto 155 de 2004, Gestión Ambiental.

ABSTRACT

Since 1993, through Law 99, the "Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial" has published "decretos" with the end of implementing tools for economic water resources "sustainability". This work performs an analysis of "applicability" of "Decreto 155 de 2004" which declares Article 43 de la Law 99 de 1993, about Water Using Costs (Tasa por Utilizacion del Agua, TUA). An analysis of actual legislation related with Water Resources is described. A technical analysis about each one of the parameters used in TUA estimation is performed, some technical "inconsistencies" for TUA estimation have been found, and some suggestions for this failures are proposed.

This work concludes that there are many conceptual inconsistencies in TUA estimation methodology and economic water resources procedures in Colombian legislation. "Decreto 155 de 2004 " don't make a clear definition about information handling and TUA methodology is not "applicable" for real status of Colombian Watersheds.

KEY WORDS

Economics Instruments, Use of the Water Rates, Scarcity Index, 2004 Decree 155, Environmental Management, Colombia.

TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO 1

Introducción

CAPITULO 2

Tasa por Uso del Agua: un instrumento económico

2.1	LOS INSTRUMENTOS ECONÓMICOS EN LA GESTIÓN AMBIENTAL	2-3
2.2	LOS INSTRUMENTOS ECONÓMICOS EN LA GESTIÓN DE RECURSOS HIDRÁULICOS	2-4
2.3	MARCO TEÓRICO DE FIJACIÓN DESDE LA TEORÍA DE ECONOMÍA AMBIENTAL	2-4
2.3.1	Propuesta de Análisis para la Tarifa Mínima (TM)	2-5
2.3.2	Impuestos a uso de agua e incertidumbre.	2-11
2.3.2.1	Impuestos al consumo e incentivos para innovar	2-11
2.3.3	Fiscalización de impuestos ambientales	2-12

CAPITULO 3

Aspectos Legales

3.1	LEGISLACIÓN COLOMBIANA	3-1
3.1.1	Decreto 2811 de 1974	3-1
3.1.2	Ley 99 de 1993 (Diciembre 22)	3-3
3.1.3	Ley 373 de 1997 (Junio 6)	3-3
3.1.4	Decreto 155 de 2004 (22 de Enero)	3-4
3.1.5	Resolución 0865 de 2004 (Julio 22)	3-5
3.1.6	Decreto 4742 de 2005 (Diciembre 30)	3-6
3.1.7	Resolución 0872 de 2006 (Mayo 18)	3-6
3.1.8	Decreto 1900 de 2006 (Junio 12)	3-7

3.1.9	Proyecto Ley del Agua	3-7
3.2	COMENTARIOS DE LAS CORPORACIONES NACIONALES RESPECTO AL DECRETO 155 DE 2004	3-8

CAPITULO 4

Estructura de la Tasa por Uso del Agua

4.1	ESTRUCTURA DE LA TUA	4-1
4.1.1	Factor Costo de Oportunidad	4-1
4.1.2	Tasa por Uso del Agua (TUA)	4-2
4.1.2.1	Tarifa mínima (TM)	4-2
4.1.2.2	Factor regional (FR)	4-3
4.1.2.3	Coeficiente de Inversión (CK)	4-4
4.1.2.4	Coeficiente socioeconómico (Cs)	4-5
4.1.2.5	Coeficiente de escasez (CE)	4-5
4.1.2.5.1	Resolución 0865 de 2004	4-6
4.1.2.5.2	Resolución 0872 de 2006	4-8

CAPITULO 5

Experiencias nacionales e internacionales de la aplicación de tasas ambientales

5.1	COLOMBIA	5-1
5.1.1	CORPOGUAJIRA (Río Ranchería)	5-1
5.1.2	CORANTIOQUIA (Quebrada La Sopetrana)	5-3
5.2	OTROS PAÍSES	5-4
5.2.1	Brasil (Estado de Ceará)	5-4
5.2.2	Experiencias en California	5-5
5.2.3	Un caso español: Alicante	5-7
5.2.4	El caso europeo	5-8
5.3	OTROS INSTRUMENTOS	5-9

5.3.1	Estructura de Water Poverty Index (WPI)	5-10
5.3.2	Definición matemática del WPI	5-11

CAPITULO 6

Metodología propuesta - Aplicación a la cuenca de la quebrada Doña María

6.1	DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA	6-1
6.2	METODOLOGÍA Y APLICACIÓN	6-3
6.2.1	Factor Costo de Oportunidad (Fop)	6-3
6.2.2	Tasa por Uso del Agua (TUA)	6-5
6.2.2.1	Tarifa mínima (TM)	6-5
6.2.2.2	Factor regional (FR)	6-5
6.2.2.2.1	Coficiente de Inversión (Ck)	6-5
6.2.2.2.2	Coficiente socioeconómico (Cs)	6-6
6.2.2.2.3	Coficiente de escasez (Ce)	6-9
6.3	RESULTADOS	6-18
6.3.1	Tarifa Mínima	6-18
6.3.2	Factor Regional	6-19
6.4	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD ESPACIAL DEL DECRETO	6-22
6.5	ANÁLISIS DEL DECRETO 155 DE 2004 CON CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE POLÍTICAS AMBIENTALES EN LA CUENCA DE LA QUEBRADA DOÑA MARÍA	6-24
6.5.1	Eficiencia	6-25
6.5.1.1	Beneficios Totales	6-25
6.5.1.2	Costos Totales	6-26
6.5.1.3	Calculo de la eficiencia	6-27
6.5.2	Costo Efectividad	6-27
6.5.2.1	Eficacia	6-27

CAPITULO 7

Conclusiones

CAPITULO 8

Referencias

ANEXO 1. Decretos y Resoluciones

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO 2

Tasa por Uso del Agua: un instrumento económico

Figura 2.1.Función de Productividad Marginal	2-7
Figura 2.2.Función de Productividad Marginal Agregada	2-8
Figura 2.3.Función de Productividad Marginal Individual	2-9
Figura 2.4.Funciones de productividad marginal de las fuentes	2-10
Figura 2.5.Funciones de productividad marginal con mejora tecnológica	2-11

CAPITULO 3

Aspectos Legales

Figura 3.1.Legislación actual del agua en Colombia	3-2
--	-----

CAPITULO 6

Metodología propuesta - Aplicación a la cuenca de la quebrada Doña María

Figura 6.1.Eschema general del modelo de tanques	6-15
Figura 6.2.Índice de escasez de aguas superficiales por captación.	6-24

LISTA DE TABLAS

CAPITULO 4

Estructura de la Tasa por Uso del Agua

Tabla 4.1.Valores extremos de la TUA y el FR	4-3
--	-----

CAPITULO 5

Experiencias nacionales e internacionales de la aplicación de tasas ambientales

Tabla 5.1.Legislación de aguas en países Europeos (Fuente: UNESCO)	5-8
Tabla 5.2.Estructura del WPI	5-10

CAPITULO 6

Metodología propuesta - Aplicación a la cuenca de la quebrada Doña María

Tabla 6.1.Necesidades Básicas Insatisfechas	6-9
Tabla 6.2.IPC y Tarifa Mínima	6-19
Tabla 6.3.Coeficiente socioeconómico con datos DANE 1993	6-19
Tabla 6.4.Coeficiente socioeconómico con NBI calculado	6-19
Tabla 6.5.Cambio potencial de rango de FR y TUA según NBI usado	6-20
Tabla 6.6.Índice de Escasez Aguas Superficiales	6-20
Tabla 6.7.Índice de Escasez Aguas Subterráneas	6-21
Tabla 6.8.Factores Regionales quebrada Doña María (NBI DANE, 1993)	6-21
Tabla 6.9.Factores Regionales quebrada Doña María (NBI calculado)	6-21
Tabla 6.10.Valores de la TUA (NBI DANE, 1993)	6-21
Tabla 6.11.Valores de la TUA (NBI calculado)	6-22
Tabla 6.12.Condiciones de escasez de los puntos de captación.	6-23
Tabla 6.13.Costos totales de cobro de la TUA de CORANTIOQUIA en la cuenca de la quebrada Doña María	6-26

Tabla 6.14. Costos totales de cobro de la TUA de AMVA en la cuenca de la quebrada Doña María	6-26
Tabla 6.15. Eficiencia	6-27

1. INTRODUCCIÓN

La situación mundial en lo referente a suministro de agua, es crítica, ya que un quinto de la población no tiene acceso a agua potable segura. Esto afecta mayoritariamente al segmento más pobre de la población influyendo en su calidad de vida. Una de las herramientas que ayudan al uso óptimo del recurso son los instrumentos económicos, los cuales están justificados en la disponibilidad de agua (uso) y en la sostenibilidad (contaminación y agotamiento).

La Tasa por Uso del Agua (TUA) es un instrumento económico que tiene como fin mejorar el uso que se hace del agua, evitando su escasez y garantizando la eficiencia económica y ambiental (Artículo 43 de Ley 99 de 1993) y esta reglamentado en el Decreto 155 de 2004. En Colombia, las tasas son consideradas como ingresos no tributarios que se fundamentan en los principios orientadores del derecho fiscal y que según el artículo 95 y 363 de la Constitución, son la justicia, la equidad, la legalidad, eficiencia, progresividad y proporcionalidad (ASOCARS, 2002). El objetivo que se persigue con la introducción de instrumentos económicos en la gestión del agua es mantener una estructura de administración de recursos eficaz y protegerla de las presiones presupuestarias generales, y ofrecer mayor flexibilidad y seguridad a los usuarios influyendo en su comportamiento con el fin de aumentar la eficiencia en el uso del agua y reducir la contaminación.

Las tasas ambientales, de acuerdo con lo establecido en la Ley, se cobran por la depreciación que sufren los recursos naturales renovables al ser utilizados. La depreciación, en términos económicos está asimilada al daño (pérdida de valor que experimenta un activo como consecuencia de su uso, del paso del tiempo o por obsolescencia tecnológica). Sin embargo, los expertos afirman que para el caso de la TUA, la depreciación debe asimilarse a la disminución de la oferta del recurso hídrico en términos de cantidad y calidad, por la alteración que se produce a causa de actividades humanas que requieren utilizarla.

El modelo que se presenta en Colombia para el cobro de la TUA, consta de dos partes: una tarifa mínima, fijada por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), y un factor regional, constituido por las singularidades regionales asociadas a las variables socioeconómicas, geográficas e hidrológicas de la cuenca que establecen los niveles de presión que se ejerce sobre el recurso hídrico superficial y subterráneo comprometiendo su disponibilidad para el uso humano y el de los ecosistemas presentes en él.

Se hace entonces necesario revisar los casos, conceptos y pautas alrededor de las distintas propuestas de cálculo de las tarifas de la Tasa por Uso del Agua ya que la metodología existente para el cálculo de la TUA y la valoración económica del recurso agua en Colombia, es muy general, solo existen leyes, resoluciones y decretos del Ministerio de Medio Ambiente que describen de forma no muy clara el manejo de la información necesaria para hallar cada uno de los coeficientes definidos en la ley . En el factor regional se encuentran problemas de tipo técnico para su aplicación, especialmente en lo concerniente con la evaluación del índice de escasez que pretende medir la satisfacción de la demanda existente con respecto a la disponibilidad neta del recurso hídrico; las dificultades están asociadas al grado de información hidrológica e hidrogeológica y de demanda requeridos.

En este trabajo se identificaron y definieron las variables de mayor relevancia en la evaluación económica del agua para el cálculo de la Tasa por Uso de Agua, se propuso una metodología y se verifica con un caso de aplicación en la cuenca de la Quebrada Doña María en Antioquia.

En el capítulo 2 se presenta una revisión de la TUA como un instrumento económico ya que los servicios del recurso agua están siendo subvalorados por la sociedad, por lo que se debe establecer un procedimiento que permita imponer un cargo por el derecho a su utilización para lograr que sea mejor valorado, y lograr que su uso sea más eficiente.

En el capítulo 3 se revisa la legislación colombiana para la implementación y definición de las tasas ambientales. Además de considerar los decretos, leyes y resoluciones se ponen en consideración algunos puntos del Proyecto de Ley del Agua que tienen relación directa

con el Decreto 155 de 2004 y las inquietudes de las corporaciones autónomas regionales con respecto a la formulación y aplicación de la TUA.

En el capítulo 4 se presenta la revisión del Decreto 155 de 2004 y las resoluciones que lo complementan o modifican, presentando de manera clara cada uno de los conceptos y factores que intervienen en el cálculo de la TUA.

En el capítulo 5 se hace un recuento de algunas experiencias nacionales en la aplicación de la TUA en cuencas pilotos, además se presentan algunos instrumentos económicos aplicados en otros países para el cobro por el uso del agua y finalmente una metodología mediante la cual se calcula un índice de pobreza a partir de la escasez del agua, el cual es usado como un instrumento de gestión.

En el capítulo 6 se hace un análisis técnico del decreto, en el cual se muestran las debilidades de los factores involucrados y se presenta la propuesta para combatir cada una de las falencias halladas. Se desarrolla la metodología propuesta mediante el caso de aplicación a la cuenca de la quebrada Doña María la cual fue reglamentada inicialmente por el INDERENA mediante la resolución 0256 de Abril 19 de 1993. Se hace también un análisis de la sensibilidad de los coeficientes correspondientes a las condiciones socioeconómicas del usuario y las de escasez del recurso a escala espacial. Completando el análisis técnico se hace una simple evaluación desde criterios económicos de la eficiencia y efectividad de la TUA, teniendo en cuenta el objetivo de mejorar el uso que se hace del agua, evitando su escasez y garantizando la eficiencia económica y ambiental (Artículo 43 de Ley 99 de 1993).

Se presentan finalmente las conclusiones obtenidas de todo el análisis realizado, la metodología aplicada y el análisis de sensibilidad de los parámetros.

2. TASA POR USO DEL AGUA: UN INSTRUMENTO ECONÓMICO

Cuando se habla de recursos naturales como el agua, es necesario adoptar disposiciones que permitan hallar verdaderas y eficaces soluciones a sus problemas, dado que su deterioro condiciona la vida de los seres vivos. Esto es difícil, pero es imprescindible para mejorar el marco conceptual que sustenta el debate sobre las políticas públicas que en esta materia existen. Es preciso basarse en una reflexión que busque, no sólo las verdaderas causas estructurales de los problemas ambientales asociados al recurso agua y a su disponibilidad, sino que vaya más allá en la identificación, tanto de los elementos, como de los mecanismos que definen y operan los complejos sistemas de uso y administración del recurso agua. En la forma como son desarrolladas las actividades económicas, especialmente las relacionadas a los recursos ambientales, debe tenerse en cuenta que ellas están rodeadas de variables externas, donde prácticamente cada acción individual tiene consecuencias sobre el estado del bienestar general y donde las iniciativas y proyectos públicos muchas veces se mueven en una ruta conflictiva con intereses privados bien establecidos. Así mismo, se debe tener presente que para mediar con las decisiones de los individuos y que sus efectos no generen mayores costos sociales, es necesario contar con la presencia del Estado para diseñar y mantener un marco legal y normativo adecuado. En materia ambiental, ese marco debe incluir esquemas transparentes de incentivos para que los individuos tomen sus decisiones ambientales de manera apropiada (Cortes, 2006).

El estudio de los problemas ambientales siempre se ha considerado complejo, y no se exceptúan los asociados a la problemática del agua. Las bases de una política pública dirigida a la sustentabilidad del desarrollo económico deben considerar entre otras, una distribución equitativa de los costos entre todos los usuarios, incluido el sector público. Así, la integración de una serie de estrategias e instrumentos para la solución de los problemas ambientales, debe mezclar acciones convencionales con otras innovadoras.

Pensando en el problema de uso y consumo del recurso agua, se analiza la alternativa de establecer la TUA como un incentivo económico para la protección ambiental, ya que los

servicios del recurso agua están siendo subvalorados por la sociedad, por lo que se debe establecer un procedimiento que permita imponer un cargo por el derecho a su utilización para lograr que sea mejor valorado, y lograr que su uso sea más eficiente. Adicionalmente, la entidad ambiental responsable de hacer regulación ambiental en agua debería brindar con claridad todo el marco teórico legal, institucional, técnico y económico sobre el cual se base la reglamentación.

Se hace necesario realizar no sólo un análisis desde el punto de vista de reformas institucionales que puedan conducir a la eficiencia económica, sino pensar en las necesidades y las acciones que debería seguir una comunidad para la administración del recurso agua, y sobre las metodologías que se deberían incorporar a los proyectos relacionados con el agua en combinación con estrategias de políticas en un lugar determinado.

Resulta también claro, desde ya, que existe una fisura entre la teoría y la práctica del diseño de políticas ambientales. Por lo tanto es importante, al realizar el diseño de las TUA, el tratar de establecer un modelo que tome en cuenta los distintos problemas, tecnológicos y de información, que son comunes en la definición e implementación de los instrumentos de incentivos económicos. Deben entonces existir unos objetivos de calidad ambiental como unos instrumentos de política, que sean eficientes teóricamente, pero sobre todo que se puedan implementar.

No sobra decir que para el diseño de las TUA se requiere que exista una cantidad importante y confiable de información, que permita establecer el verdadero valor económico de los beneficios que surgen de la existencia de externalidades en los distintos usos del recurso agua. Esto permitirá que se pueda diseñar un precio eficiente desde el punto de vista económico para este recurso.

2.1 LOS INSTRUMENTOS ECONÓMICOS EN LA GESTIÓN AMBIENTAL

Son una serie de regulaciones que tratan de crear mercados para la protección ambiental o al menos, de integrar los costos ambientales en los precios de mercado, permitiendo que sean las fuentes emisoras las que hagan su selección individual sobre el nivel de abatimiento de los niveles de contaminación y la tecnología para ser usada. (Von Amsbery, 1995, citado por Lee y Jouravlev, 1998).

El objetivo que se persigue con la introducción de instrumentos económicos en la gestión del agua es mantener una estructura de administración de recursos eficaz y protegerla de las presiones presupuestarias generales, y ofrecer mayor flexibilidad y seguridad a los usuarios influyendo en su comportamiento con el fin de aumentar la eficiencia en el uso el agua y reducir la contaminación.

Pero el objetivo de los incentivos ambientales en suma, es influir en el comportamiento de los individuos. Muchos de los impuestos relacionados con el medio ambiente son creados por razones fiscales en primer lugar, e indirectamente ayudan a incentivar un comportamiento adecuado desde el punto de vista ambiental. Sin embargo, para el medio ambiente es importante que los instrumentos incidan en el comportamiento. Algunos factores que determinan que la respuesta de la sociedad sea la deseada son:

- Impacto de los impuestos en los costos marginales de los individuos: Es necesario que el individuo perciba que aumentará el impuesto al emitir una unidad más de contaminante, por ejemplo. Las tasas fijas no generan incentivos para modificar conductas.
- Elasticidad precio del bien o servicio: Entre más elástica sea la demanda por un bien, la respuesta es mayor ante cambios en precios.
- Posibilidades de sustitución: En el corto plazo suele haber menor posibilidad de sustitución que en el largo plazo puesto que los cambios tecnológicos requieren fuertes inversiones de capital.

Los instrumentos más usados en lo referente al recurso agua son principalmente: los permisos transables, los mercados de agua, los cargos e impuestos, normatividad y la concesión de derechos.

2.2 LOS INSTRUMENTOS ECONÓMICOS EN LA GESTIÓN DE RECURSOS HIDRÁULICOS

El objetivo de la introducción de instrumentos económicos en la gestión del agua es mantener una estructura de administración eficaz del recurso e influir en el comportamiento de los usuarios para aumentar la eficiencia y el uso racional del agua y reducir la contaminación.

Las políticas que comienzan a ser implementadas en diferentes países para la protección y uso eficiente del agua tienen como instrumentos mas utilizados los permisos transables, los mercados de agua, los cargos, tasas e impuestos (caso colombiano), la normatividad y la concesión de derechos.

- Permisos transables: Crean incentivos para la explotación racional del recurso. A un usuario se le otorgan unos derechos para hacer uso de un cuerpo de agua para determinada actividad.
- Mercados de Agua: El agua se asigna para su uso a un precio determinado.
- Tasas, Cargos e impuestos: Se requiere una autoridad que asigne el tipo de regla o imposición, vigile el comportamiento del usuario y recaude las tasas o tributos. Una tasa representa el valor que cobra el estado por prestar un servicio y que corresponde a la recuperación de los costos por su prestación.

2.3 MARCO TEÓRICO DE FIJACIÓN DESDE LA TEORÍA DE ECONOMÍA AMBIENTAL

La teoría económica sugiere que la demanda por agua debería comportarse igual que la de cualquier otro bien: la cantidad demandada se reduce cuando el precio del bien aumenta. Por lo anterior, un camino sugerido para proveer incentivos para la reducción del uso del agua, o su uso eficiente ha sido imponer un precio por el uso del agua. Este

tipo de instrumentos han sido también promovidos como un mecanismo para internalizar los costos sociales y ambientales por el uso del agua, y como una alternativa para obtener ingresos. (Economic Instruments for Water Demand Management in an Integrated Water Resources Management Framework, 2004)

En teoría, el agua para cada uso específico debería tener un precio, por el cual todos los costos son recuperados, incluyendo los costos sociales y los costos ambientales. Este precio, proveería el nivel adecuado de incentivos para la reducción en el uso del agua y la eficiencia. En la práctica, este precio es difícil de determinar, en parte porque estimar el costo marginal de la oferta de agua, para el cual la asignación de agua sea económicamente eficiente, aun sin considerar las externalidades, no es una tarea fácil. Adicionalmente, las externalidades ambientales por el uso del agua son poco entendidas, y varían a través del tiempo y el espacio; esto hace que el precio no sea fijo. (Economic Instruments for Water Demand Management in an Integrated Water Resources Management Framework, 2004). La fijación de un precio “eficiente” conduce al uso eficiente del agua. De acuerdo con muchos economistas, la eficiencia es alcanzada fijando el precio al costo marginal (costo de suministrar una unidad adicional de agua); y en el cálculo de dicho costo deberían estar incluidas las externalidades ambientales. Basados en este precio, los usuarios de agua podrían hacer un análisis costo – beneficio de incrementar (o mantener) su uso de agua, y son capaces de tomar decisiones eficientes. (Economic Instruments for Water Demand Management in an Integrated Water Resources Management Framework, 2004)

2.3.1 Propuesta de Análisis para la Tarifa Mínima (TM)

En cualquier proceso productivo se debe pagar por los insumos, esto hace que se utilicen tan económica y eficientemente como sea posible. El enfoque de incentivos económicos en la política ambiental funciona de la misma forma.

A continuación se hace una propuesta teórica acerca de como podría ser fijada una tarifa mínima por el uso del agua, a través de una analogía simple con la metodología presentada por la economía ambiental para la fijación de niveles de impuestos a la emisión de contaminantes al medio ambiente. En el presente análisis se considera el

agua como un factor productivo, cuya demanda está asociada al valor de la productividad de ésta, la cual además depende inversamente de su precio.

El objetivo final del cobro de una tasa por uso es dar señales al usuario de la escasez del recurso, para su uso eficiente. Y su uso eficiente se traduce en una reducción del caudal captado por el usuario.

Cuando se trabaja en un esquema de impuestos a la contaminación, los contaminadores pueden arrojar la cantidad de residuos que deseen, pero sus emisiones se miden y se les exige que paguen un impuesto por cada unidad que descarguen. Los contaminadores pagan por el servicio de “vertimiento” a la naturaleza y así tendrán el incentivo de conservar la utilización de los servicios ambientales. Haciendo la analogía con el consumo de agua, los usuarios cuando enfrentan un esquema de impuestos al uso del recurso, su consumo se mide y se les exige que paguen determinada cantidad por cada unidad de volumen que usen; de esa forma tendrán el incentivo para reducir su consumo, o al menos usar el recurso de una manera eficiente. Al igual que en el caso de impuestos a la contaminación, una gran ventaja de esta técnica es que permite que los usuarios determinen libremente de qué manera pueden reducir de la mejor forma el uso del recurso.

Para el caso de los impuestos a la contaminación, la determinación del monto del impuesto es función del costo del daño ambiental, o de la señal de precio requerida para lograr un determinado objetivo de descontaminación. En el caso de una tasa por uso, la meta de descontaminación puede asimilarse con el caudal máximo que puede ser captado de una fuente de agua; es decir, se impone cierto nivel de impuesto (que en este análisis se entiende como tarifa mínima) con el objetivo de reducir el consumo de agua hasta cierto nivel.

El consumo máximo de agua, o el caudal máximo que puede ser extraído de la fuente hídrica (que es la meta que se desea obtener con el impuesto) $Q_{c_{max}}$, debe considerar dos factores fundamentales: la oferta hídrica (OH) y el caudal ecológico (Q_{ecol}). De esta manera se obtiene:

$$Q_{c_{max}} = OH - Q_{ecol}$$

En este punto se resalta que la oferta hídrica y el caudal ecológico esta asociado a una cuenca en particular, y se requiere información sobre parámetros físicos (relacionados con topografía e hidrografía) y climáticos de esta.

Una vez conocida la meta que se quiere obtener con el consumo de agua, es decir, cuál es el caudal máximo que debe ser extraído de una fuente de agua, si se quiere conocer el monto de la tarifa mínima a ser cobrada, debe conocerse la curva de productividad marginal agregada del recurso (Figura 2.1).

La productividad marginal puede ser entendida como el aumento en la productividad cuando se usa una unidad adicional del recurso; esto puede ser interpretado como: “¿En cuánto aumenta el valor de la producción cuando aumenta en una unidad el volumen de agua usado?”. Cuando se habla de función de productividad marginal agregada, se refiere a la suma de las curvas de productividad marginal de los usuarios a regular.

La forma de dicha función debería ser decreciente en el caudal y convexa. Es decir, a medida que el caudal usado aumenta, la productividad marginal del recurso disminuye a tasas decrecientes; lo anterior se explica por la ley de rendimientos decrecientes, como se muestra en la siguiente figura:

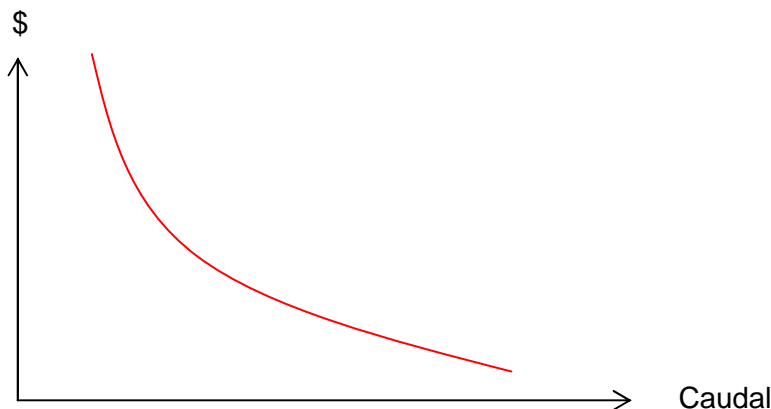


Figura 2.1. Función de Productividad Marginal

Si se piensa que la curva de demanda de un bien puede ser interpretada como la máxima disponibilidad a pagar por determinada cantidad de ese bien, la productividad marginal agregada podría asimilarse con la demanda agregada por el bien. Lo anterior se deriva

del hecho de que la máxima disponibilidad a pagar está determinada por el rendimiento que se obtiene del recurso.

Teniendo estos dos elementos: la meta ambiental que se desea obtener, es decir, el caudal máximo a extraer y la curva de productividad marginal agregada, es posible conocer el nivel de tarifa mínima que debe cobrarse (Figura 2.2). Este nivel se obtiene como el punto en el cual el caudal máximo a extraer se corta con la curva de productividad marginal agregada, como se muestra en la siguiente figura:

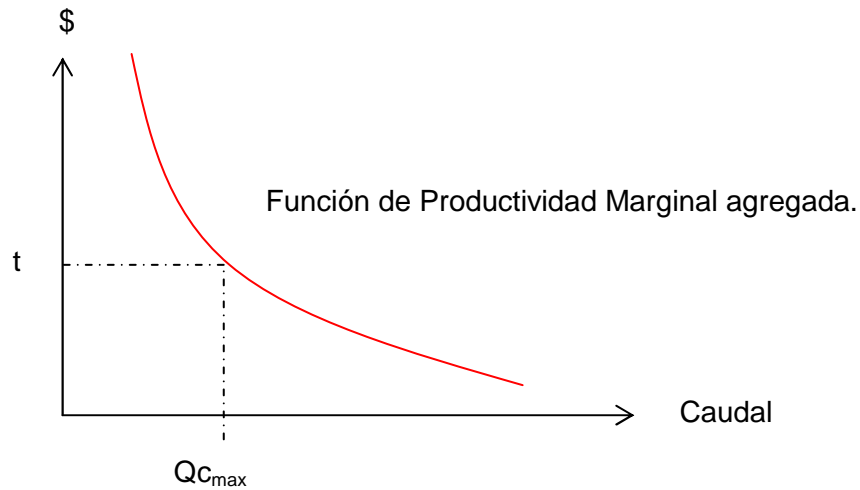


Figura 2.2. Función de Productividad Marginal Agregada

En aquellas cuencas donde el recurso es más escaso, se reflejará en un menor nivel de caudal máximo a ser extraído y por tanto en un mayor nivel de impuesto, dando señales al usuario de la escasez del recurso.

De esta manera, cada usuario comparará el nivel de impuesto con su productividad marginal y toma decisiones acerca de pagar la tasa por uso, o reducir su consumo. Si el valor de la productividad marginal del recurso excede el monto del impuesto que debería pagar, el usuario preferirá pagar el impuesto; si por el contrario, la productividad marginal es inferior al monto del impuesto, el usuario preferirá reducir su consumo. El caudal captado por cada uno de los usuarios (Q_i) será entonces el punto en el cual el nivel de impuesto iguala su función de productividad marginal individual (Figura 2.3).

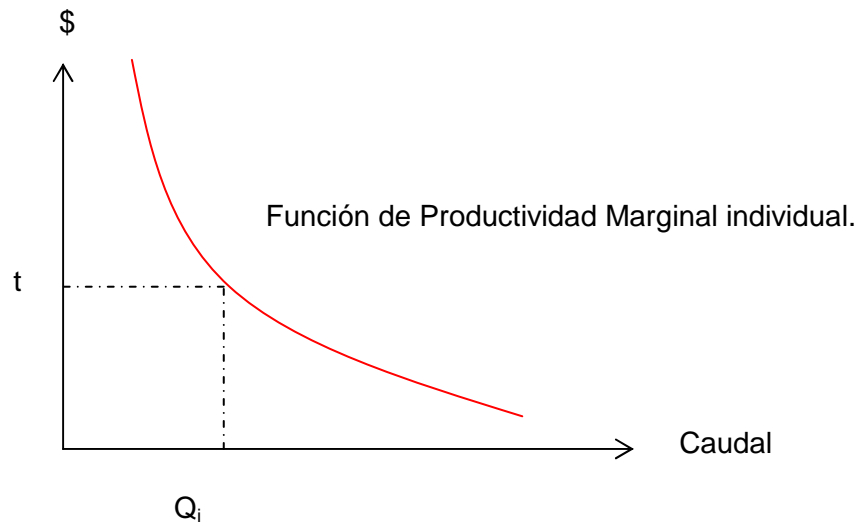


Figura 2.3. Función de Productividad Marginal Individual

Cuanto menos pronunciados los Costos Marginales de Reducción (CMR) en una empresa, mayor será la reducción de caudal consumido y menor su liquidación tributaria.

Para que los impuestos sean eficientes, la autoridad no necesita conocer las funciones de productividad marginal de las fuentes (PM_i) ya que ellas mismas establecen su nivel de emisiones tal que $PM_i = t$ (Figura 2.4).

$$PM_1 = t$$

$$PM_2 = t$$

$$PM_i = t$$

$$PM_1 = PM_2 = \dots = PM_i$$

En los estándares, es decir, si la autoridad fijara una cantidad máxima de agua a consumir, el regulador debe conocer las funciones de Productividad marginal de cada una de las fuentes para tener un programa completamente eficiente.

Tasa por uso e incertidumbre

¿Por qué existe incertidumbre?

Las personas no saben qué daños se originan al disminuir la calidad ambiental y la cantidad del agua.

Las autoridades a menudo no saben el caudal que está consumiendo cada agente ni cuáles son los impactos sobre los seres humanos y sobre los ecosistemas.

No se conoce la forma de la curva de productividad marginal de las fuentes sujetas a control.

Una ventaja de los impuestos es que pueden generar resultados efectivos en costos aunque se encuentre presente la incertidumbre.

Pero una desventaja es que generalmente la autoridad no está segura de la cantidad de reducción de caudal captado que resultará de la aplicación del impuesto, porque esto depende de la manera como respondan las fuentes al impuesto aplicado:

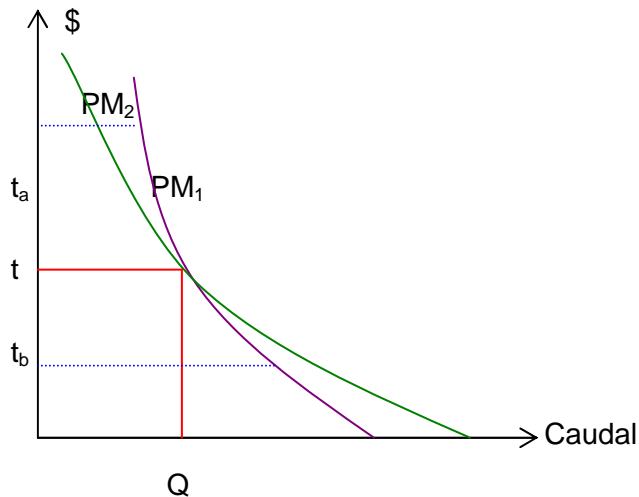


Figura 2.4. Funciones de productividad marginal de las fuentes

2.3.2 Impuestos a uso de agua e incertidumbre.

Mientras menos pronunciada sea la función de PM, más sensible es el nivel de emisiones final elegido por la empresa, y más difícil será encontrar la tasa de impuestos que origine la reducción deseada en el nivel de consumo.

2.3.2.1 Impuestos al consumo e incentivos para innovar

Los impuestos al consumo de agua suministran incentivos para estimular el cambio tecnológico. Cuando se da una mejora en tecnología, disminuye el nivel de caudal requerido para conservar el mismo nivel de productividad, lo que claramente puede traducirse en una disminución de la demanda de agua, lo cual es deseable. Gráficamente, una mejora tecnológica se reflejaría en un desplazamiento de la curva de productividad marginal de PM_1 a PM_2 , Figura 2.5.

PM_1 es la curva de productividad marginal actual, si el usuario enfrenta un impuesto t , gasta el área $(a+b+c)$ en impuestos.

Si la empresa invierte en cambio tecnológico y desplaza su función hasta PM_2 , gasta el área "a" en impuestos.

El ahorro es entonces $b+c$.

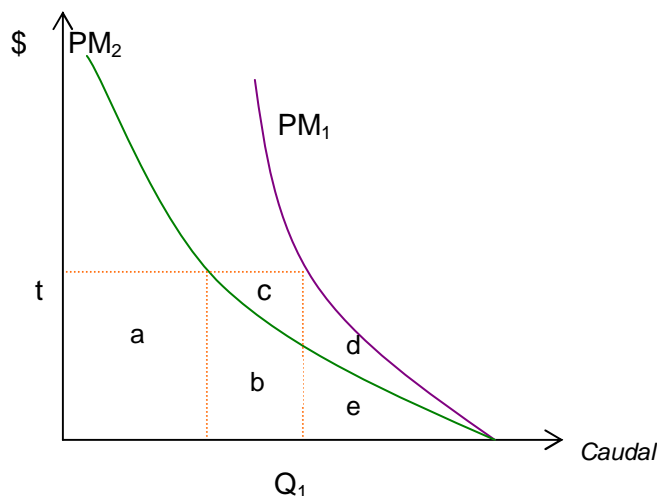


Figura 2.5. Funciones de productividad marginal con mejora tecnológica

Esta forma de plantear el problema genera algunos puntos interesantes para el trabajo empírico:

- La demanda por agua varía muy probablemente entre categorías de usuarios agregados. En este sentido, debería calcularse una función de productividad marginal agregada por sector económico: Sector urbano (consumo doméstico), sector industrial y comercial, sector agrícola y pecuario; esta diferenciación de curvas de productividad marginal, claramente se reflejará en una tarifa diferente para cada sector. También es necesario determinar para cada uno de los sectores el caudal máximo a captar: la suma de los caudales máximos para cada sector debe ser igual el caudal máximo total a consumir. Dicha asignación de caudales puede pensarse inicialmente con base en consumos históricos, o a través de otras reglas de asignación.
- La demanda por agua varía muy probablemente entre agentes en cada uno de estos grupos. Por ejemplo, el valor de la productividad del agua en agricultura puede ser alta en el cultivo x y baja en el cultivo z. Esto se verá reflejado en las diferentes curvas de productividad marginal individual.
- El marco conceptual previo, además de considerar un uso agregado dado, es implícitamente de carácter estático. Un marco conceptual alternativo sería uno de carácter dinámico que considere una función objetivo, un nivel de stock inicial de agua, y una ecuación de movimiento. En este caso la tasa de uso óptima, no está determinada por la ecuación simple de valor producto marginal igual a precio.

De acuerdo con Dower (1995), los impuestos/cargos por contaminar se deben implementar cuando existen numerosas y diversas fuentes de contaminación, cuando el costo marginal de cumplimiento entre las fuentes difieren, cuando se puede o es posible tolerar incertidumbres sobre los efectos ambientales, cuando no es crítica la asignación de derechos, cuando existen incentivos a la innovación tecnológica, y cuando se disponen de datos de monitoreo aceptables y creíbles.

Estas mismas condiciones pueden hacer pensar, que como requisito para la implementación de impuestos o cargos por el uso del agua en una cuenca, existen numerosos y diversos usuarios y captaciones del recurso y la productividad marginal difiere entre los usuarios.

2.3.3 Fiscalización de impuestos ambientales

A veces se considera que la sola creación de una ley corregirá automáticamente el problema que ésta trata de resolver, pero esto es improbable y se necesita además una fiscalización.

El objetivo de la fiscalización es lograr que los agentes contaminadores acaten una ley que les es aplicable.

Los costos de fiscalización son una componente importante de las políticas ambientales, son un factor fundamental de los programas de mejora ambiental y deben ser tenidos en cuenta de forma explícita.

En algunos casos la fiscalización exige mediciones técnicas muy complejas, mientras que en otros casos los costos de fiscalización son mucho menores; no vale entonces la pena adoptar una nueva política ambiental, por buena que sea, si fiscalizarla resulta imposible.

La fiscalización comprende básicamente dos etapas: la supervisión y la sanción. La supervisión consiste en comprobar hasta que punto los agentes contaminantes respetan la norma. La fase de sanción consiste en llevar ante la justicia a los infractores identificados durante la supervisión.

En el caso de la Tasa por Uso del Agua se requiere hacer supervisión en campo de que se este captando el volumen concesionado o exigir a los usuarios que declaren periódicamente los volúmenes consumidos y vertidos. Para tal fin es necesario que cada uno de los usuarios cuente con un medidor volumétrico lo que implica campañas de diferentes tipos, costos que deben involucrarse en los de implementación de la TUA.

3. ASPECTOS LEGALES

3.1 LEGISLACIÓN COLOMBIANA

Para el estudio de este tema se tiene como base inicial la revisión bibliográfica de la legislación existente del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, las interpretaciones de los decretos hechos por las Corporaciones Autónomas Regionales (CORNARE y CORANTIOQUIA por el momento) y las entidades rectoras del recurso (Área Metropolitana), y los proyectos de aplicación y adaptación de tales metodologías a cuencas pilotos.

El recurso hídrico en nuestro país esta conformado por las aguas superficiales, subterráneas, los lagos y las aguas marinas. Este trabajo se orientará a las aguas superficiales y subterráneas.

La Figura 3.1 presenta un esquema del proceso que ha seguido la legislación sobre el agua en Colombia. Se explicará a continuación cada una de los decretos, leyes y resoluciones involucrados en la definición de la Tasa por Uso del Agua (ANEXO 1).

3.1.1 Decreto 2811 de 1974

“Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección del Medio Ambiente.”

El Decreto-Ley 2811 de 1974, del Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente trata, entre otras cosas, de elementos fundamentales como la atmósfera y el suelo.

En este Decreto – Ley se regula el manejo de la atmósfera y el espacio aéreo nacional, el agua en cualquiera de sus estados, la tierra, el suelo y el subsuelo, la flora y fauna, los recursos geotérmicos, los recursos biológicos de las aguas y la tierra y las fuentes primarias de energías agotables.

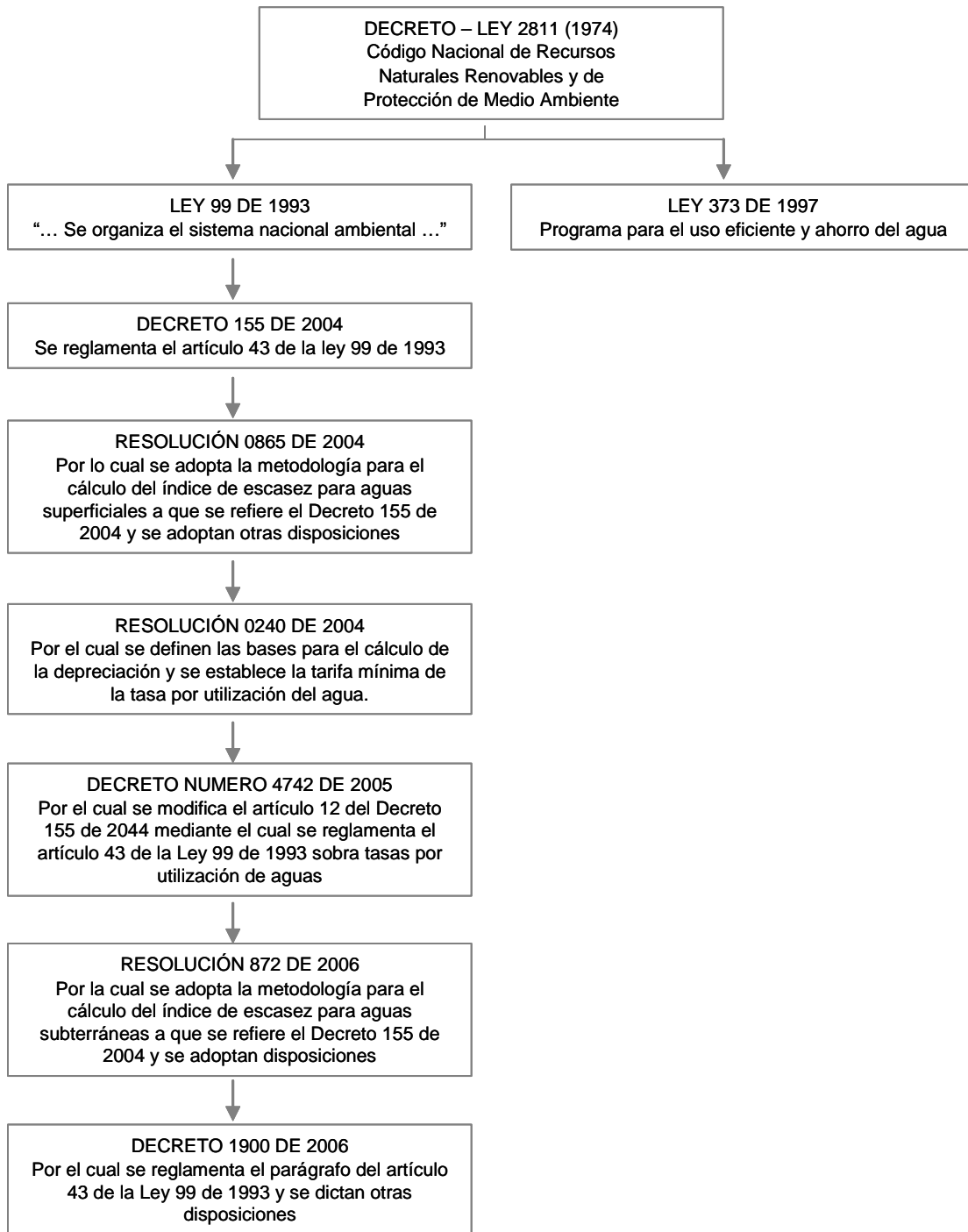


Figura 3.1. Legislación actual del agua en Colombia

Este decreto fue la primera “Ley” que agrupó la normatividad sobre todos los Recursos Naturales publicada por el Gobierno Nacional de Colombia.

Artículo 13: Con el objeto de fomentar la conservación, mejoramiento y restauración del ambiente y de los recursos naturales renovables, el gobierno establecerá incentivos económicos.

3.1.2 Ley 99 de 1993 (Diciembre 22)

Mediante esta ley el Ministerio del Medio Ambiente crea el Sistema Nacional Ambiental SINA.

Artículo 43: Tasas por utilización de Aguas. La utilización de aguas por personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, dará lugar a cobro de tasas fijadas por el Gobierno Nacional que se destinarán al pago de los gastos de protección y renovación de los recursos hídricos, para los fines establecidos por el artículo 159 del código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, Decreto 2811 de 1974. El Gobierno Nacional calculará y establecerá las tasas a que haya lugar por el uso de las aguas.

3.1.3 Ley 373 de 1997 (Junio 6)

“Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.”

Artículo 1: Programa para el uso eficiente y ahorro del agua. Todo plan ambiental regional y municipal debe incorporar obligatoriamente un programa para el uso eficiente y ahorro del agua. Se entiende por programa para el uso eficiente y ahorro del agua el conjunto de proyectos y acciones que deben elaborar y adoptar las entidades encargadas de la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado, riego y drenaje, producción hidroeléctrica y demás usuarios del recurso hídrico.

Las Corporaciones Autónomas Regionales y demás autoridades ambientales encargadas del manejo, protección y control del recurso hídrico en su respectiva jurisdicción, aprobarán la implantación y ejecución de dichos programas en coordinación con otras Corporaciones Autónomas que compartan las fuentes que abastecen los diferentes usos.

Dentro del marco de definición de tal ley se definen programas orientados a mejorar falencias de los sistemas de uso del recurso hídrico. Algunos de los programas se mencionan a continuación.

- Programa uso eficiente del agua
- Reducción de Pérdidas
- Reuso obligatorio del agua
- Medidores de consumo
- Incentivos tarifarios: Desincentivar los consumos máximos
- Actualización de Información
- Otorgamiento de concesiones de Aguas Subterráneas: Estudios hidrogeológicos y acciones de protección de zonas de recarga. Apoyo de IDEAM e INGEOMINAS
- Campañas educativas a usuarios
- Desarrollo de tecnología de bajo consumo
- Protección de Zonas de manejo especial (zonas de páramo, bosques de niebla y áreas de influencia de nacimientos de acuíferos y de estrellas fluviales)

3.1.4 Decreto 155 de 2004 (22 de Enero)

“Por medio de este decreto se reglamenta el Artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas y se adoptan disposiciones.”

Este decreto es la base para la aplicación del cobro de Tasas por Uso del Agua.

El recurso hídrico considerado en este decreto son las aguas superficiales, las aguas estuarias, las aguas subterráneas y los acuíferos litorales.

Se define la **Unidad Hidrológica de Análisis** como el área natural de concentración y recolección de aguas superficiales y/o subterráneas que tienen connotación principalmente hidrológica en la cuantificación, distribución y utilización de los recursos hídricos disponibles.

Es competencia de las autoridades ambientales el recaudo de la tasa en cuestión. El cobro se hará en virtud de una concesión considerando el volumen de agua efectivamente captada.

Los recursos obtenidos por el cobro de la tasa se destinarán a la protección y recuperación del recurso hídrico en conformidad con el Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca.

El decreto presenta la metodología del cálculo de la tarifa en función de variables y constantes de tipo cualitativo, las cuales son el tema principal de este capítulo. En el Capítulo 4, se hace un estudio detallado de la estructura tarifaria y se definen cada uno de los índices y variables.

3.1.5 Resolución 0865 de 2004 (Julio 22)

“Por la cual se adopta la metodología para el cálculo del Índice de Escasez para aguas superficiales a que se refiere el decreto 155 de 2004 y se adoptan otras disposiciones.

Según el decreto 155 de 2004, el Ministerio se compromete a reglamentar los criterios y procedimientos para el cálculo del Índice de Escasez de agua superficial y agua subterránea, a un plazo de 6 meses después de publicado el decreto.

En Julio 22 del 2004 se publica la Resolución 0865 de 2004, que representa la adopción de una metodología para el cálculo del Índice de Escasez de agua superficial. A continuación se describe el contenido de tal resolución.

La metodología adoptada corresponde a la publicada por el IDEAM el 4 de agosto de 2004.”

- Metodología del cálculo del índice de escasez para aguas superficiales: IDEAM o propuestas por autoridad ambiental competentes
- Si no se puede calcular se pueden usar los municipales producto del Estudio Nacional de Aguas

En este punto vale la pena resaltar que el IDEAM publicó en su página de Internet una actualización de la metodología del cálculo de Índice de Escasez para aguas superficiales (Diciembre de 2004), en el cual se presentan modificaciones importantes desde el punto de vista técnico, pero aun el Ministerio no ha “legalizado” la actualización dentro de ninguna resolución.

En virtud de lo definido en el Decreto 155 de 2004, se resalta que el Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial no cumplió en el plazo establecido (6 meses a partir de la publicación del decreto 155) con la definición de una metodología para el cálculo del Índice de Escasez de aguas subterráneas, la cual fue publicada el 18 de Mayo de 2006.

3.1.6 Decreto 4742 de 2005 (Diciembre 30)

“Por el cual se modifica el artículo 12 del Decreto 155 de 2004 mediante el cual se reglamenta el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas.”

En este decreto se hace una modificación al cálculo del valor a pagar por la TUA. La modificación consiste en el cambio de la Tarifa Mínima por una Tarifa Unitaria anual (TU) de la tasa por utilización de agua, que se calcula en función del IPC, la TU y la TUA del año inmediatamente anterior al que se está liquidando.

El cálculo de la TU se define para tres temporadas, la primera correspondiente al año 2006, la segunda para el periodo comprendido entre 2007 y 2016 y la tercera para los años del 2017 en adelante.

3.1.7 Resolución 0872 de 2006 (Mayo 18)

“Por la cual se establece la metodología para el cálculo del Índice de Escasez para aguas subterráneas a que se refiere el decreto 155 de 2004 y se adoptan otras disposiciones.”

En esta resolución se presentan definiciones básicas para el entendimiento de la definición de recurso hídrico subterráneo. Se presenta la definición de Unidad Hidrológica de Análisis de agua subterránea según criterios hidrogeológicos.

Se define el caudal captado como la sumatoria de los caudales extraídos del acuífero mediante pozos, aljibes o manantiales y se presentan diferentes metodologías de cálculo según el nivel de información.

En cuanto al cálculo del caudal explotable se define como un porcentaje (30 al 100%) de la recarga natural y artificial del acuífero. Para el cálculo de la recarga del acuífero enumera 5 metodologías.

Se presenta en la metodología casos de cálculo específico del índice de escasez para acuíferos multicapa y para los casos en que la recarga sea cero o desconocida.

3.1.8 Decreto 1900 de 2006 (Junio 12)

“Por el cual se reglamenta el párrafo del artículo 43 de la Ley 99 de 1993 y se dictan otras disposiciones”

Este decreto trata de la reglamentación de los usos de agua superficial o subterránea para la realización de proyectos. Todo proyecto que requiera licencia ambiental deberá destinar el 1% del total de la inversión en actividades de recuperación, conservación, preservación y vigilancia de la cuenca hidrográfica.

Se define claramente lo correspondiente a la inversión total del proyecto y las actividades en las cuales se debe invertir el 1% mencionado.

3.1.9 Proyecto Ley del Agua

El Gobierno Nacional ha presentado a consideración del Congreso de la República el proyecto de ley N° 365 (LEY DEL AGUA), que fue ya a probado en primer debate por la Comisión Quinta de la Cámara de Representantes.

No es clara la justificación de separar el manejo del AGUA en una Ley aparte, pero en este contexto esta en proceso de aprobación tal ley.

A continuación se hace mención de algunos puntos muy importantes del proyecto Ley del Agua, en lo que tiene que ver con el cobro de las Tasas por Uso del Agua.

“Por lo cual se establecen medidas para orientar la planificación y administración del recurso hídrico en el territorio nacional”

Se presenta un análisis del proyecto LEY DEL AGUA que actualmente esta en proceso de aprobación, con el fin de resaltar procedimientos y definiciones que están en contravención con lo definido legalmente hasta la fecha.

- *Artículo 12, Parágrafo: No requieren concesión de aprovechamiento las aguas privadas.*
- *Artículo 21: Caudal ecológico “será establecido por las autoridades ambientales competentes, de acuerdo a los lineamientos técnicos que para el efecto establezca el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Hasta la definición de los lineamientos se considera como tal el caudal de permanencia en la fuente durante el 90% del tiempo”*
- *Artículo 42: “El propósito de las tasas ambientales, como instrumentos económicos, es incentivar a los usuarios del recurso hídrico a tomar decisiones costo efectivas que se reflejen en su uso racional del mismo en relación con la cantidad demandada...”*

“Todo usuario deberá contribuir proporcionalmente al cubrimiento de los costos eficientes requeridos para la ordenación, control, monitoreo, seguimiento, protección, renovabilidad y recuperación del recurso hídrico”

Factor de Oferta del Recurso: “Los valores de las tasas deberán determinarse de manera diferencial según las particularidades de los cuerpos de agua o tramos de los mismos ...”

Factor de recuperación de costos: “... las tasas deben ser suficientes para cubrir adicionalmente los costos necesarios para su implementación, control y monitoreo y seguimiento del recurso hídrico.”

3.2 COMENTARIOS DE LAS CORPORACIONES NACIONALES RESPECTO AL DECRETO 155 DE 2004

Durante el desarrollo de este trabajo y en busca de información concerniente al tema se realizó una visita a la oficina de Análisis Económico e Investigación del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. De tal visita se obtuvo información sobre los talleres realizados con la participación de las Corporaciones Autónomas Regionales del

país y entidades rectoras del recurso hídrico, en los cuales se trató en forma participativa el tema de la TUA.

Se obtuvieron en medio impreso documentos generados por cada una de las CAR, atendiendo los lineamientos de una invitación hecha por el MAVDT para la concertación de la reglamentación de Tasas por Uso del Agua, con el fin de garantizar la unidad de criterios de los diferentes aspectos de la reglamentación.

Pensando en la importancia de los puntos de vista de quienes finalmente tienen que generar proyectos para la aplicación del Decreto 155 (posterior a la formulación de los documentos analizados) y sabiendo cada corporación la disponibilidad y las falencias de recursos e información, se presenta un resumen de los puntos clave en que el decreto actual no cumplió con las expectativas planteadas.

Se hizo revisión de documentos de las siguientes corporaciones:

- CAR
- CVC
- CORPOURABA
- CORPOGUAVIO
- CORPOCESAR
- CRC
- CARSUCRE
- Corporación Autónoma Regional del Quindío
- CVS
- DADIMA
- CORPOAMAZONÍA
- CORPOGUAJIRA
- CORANTIOQUIA
- CORNARE
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá

Las observaciones más relevantes y repetitivas en los documentos formulados por las corporaciones son las siguientes:

- La tasa por utilización debería tener como principio que sea justa, equitativa, legal, eficiente, eficaz y progresiva.
- La estructura de la tasa debe tener un costo mínimo de administración y una componente variable que refleje el estado de la cuenca.
- La actualización de la reglamentación de la cuenca debe ser cargado el 100% a la tasa.
- Cobro según uso del agua: Mayor costo para uso industrial y comercial.
- Caudal ecológico: En este punto hay inquietud con respecto a como definirlo y cual es la implicación final.
- Se considera necesario la creación de esquemas de mediciones de consumo.
- Se debe considerar un consumo mínimo que no sea incluido en el valor de la tasas, con el fin de garantizar supervivencia de las personas.
- Para que el instrumento tenga el efecto esperado es necesario generar metodologías de supervisión.
- Diseño de indicadores para medir la eficacia de la aplicación de la tasa.
- Se considera que debido a la presión que hay sobre el recurso se debe pensar en darle estacionariedad a la tasa, por medio de la Tarifa Mínima.
- Plantean como dificultades para la aplicación de la tasa los problemas de recursos para inventario de aguas y definición de recarga.
- Se considera pertinente tener en cuenta el uso del Índice de Aridez.
- Tasa por uso del agua: Mecanismo de administración y regulación del uso del agua, cumpliendo políticas definidas.
- Se necesita conocer la dinámica natural de las fuentes abastecedoras, para lo cual se requieren muchos recursos.
- Diferenciar la aplicación de la tasa entre corrientes reglamentadas y no reglamentadas.
- Se deben correlacionar las tarifas de agua subterránea y de agua superficial para evitar la sobreexplotación de las aguas.

- No se pueden generar pérdidas a la corporación con el mero hecho de facturar.
- Clarificar la escala de trabajo, ya que en ciertas cuencas las condiciones pueden variar con el cambio de cota.
- Se debe definir cual es el tratamiento que se le debe dar a los Humedales, ya que son zonas de tratamiento especial por sus características físicas y biológicas.
- Donde hay escasez hay que trabajar con metas de recuperación del recurso, con el fin de buscar sostenibilidad.

Muchos de los puntos anteriores no están considerados en el Decreto 155 de 2004, por lo que las corporaciones se encuentran en desacuerdo con muchos de los conceptos y puntos existentes en la legislación actual, lo cual se fundamenta principalmente en los altos costos requeridos para la implementación y aplicación del instrumento económico y los bajos montos recaudados en su cobro.

Dentro de los documentos analizados se observó que algunas Corporaciones contaban con su propia formula tarifaria y metodologías de cálculo con las cuales estaban haciendo recaudo de dineros, los cuales invertían en investigación y conocimiento de las regiones.

4. ESTRUCTURA DE LA TASA POR USO DEL AGUA

El Decreto 155 de 2004 es la base metodológica desarrollada por el MAVDT para la aplicación del cobro de la Tasa por Uso del Agua. El recurso hídrico considerado para la aplicación de la TUA son las aguas superficiales, aguas estuarias, aguas subterráneas y acuíferos litorales.

En el decreto, la definición espacial de la escala de trabajo (de aplicación de la TUA) se hace con la **Unidad Hidrológica de Análisis**, área natural de concentración y recolección de aguas superficiales y/o subterráneas.

Para poder realizar el cobro de la TUA se requiere una concesión, considerando el volumen de agua efectivamente captada como el volumen a gravar con la tasa. Los recursos obtenidos por el cobro de la tasa se destinarán a la protección y recuperación del recurso hídrico de acuerdo con el Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca.

El decreto presenta la metodología del cálculo de la tarifa en función de variables y constantes de tipo cuantitativo, las cuales son el tema principal de este capítulo.

4.1 ESTRUCTURA DE LA TUA

La estructura de la tarifa se define así:

$$(4-1) \quad VP = TUA * V * F_{op}$$

Donde VP es el valor a pagar por el usuario, la TUA es la Tasa por Uso del Agua (\$/m³), V corresponde al volumen base del cobro y F_{op} el Factor de costo de oportunidad.

4.1.1 Factor Costo de Oportunidad

Según el decreto, este factor tiene en cuenta el tipo de uso que el usuario le está dando al recurso: consuntivo o no consuntivo, lo cual genera un costo de oportunidad para los demás (usuarios aguas abajo). El factor está definido como la relación entre magnitudes

de volúmenes captados y retornados (ecuación **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) en la misma Unidad Hidrológica de Análisis.

$$(4-2) \quad F_{op} = \begin{cases} \frac{V_c - V_v}{V_c} & \text{Para usuarios que retornen el} \\ & \text{recurso hídrico a la misma cuenca} \\ & \text{o unidad hidrológica de análisis} \\ 1 & \text{Para los demás casos} \end{cases}$$

Donde:

F_{OP} : Factor de costo de oportunidad

V_c : Volumen de agua capturada o concesionada durante el periodo de cobro

V_v : Volumen de agua vertido a la misma cuenca o unidad hidrográfica de análisis durante el periodo de cobro.

Se acota el factor de oportunidad así: $0.1 < F_{op} < 1$.

4.1.2 Tasa por Uso del Agua (TUA)

LA TUA es el producto de dos componentes: la tarifa mínima (TM) y el factor regional (FR).

$$(4-3) \quad TUA = TM * FR$$

Donde a TM ($\$/m^3$) será fijada mediante resolución por el MAVDT. El FR integra los factores de disponibilidad, necesidades de inversión en recuperación de la cuenca hidrográfica y condiciones socioeconómicas de la población, mediante variables cuantitativas.

4.1.2.1 Tarifa mínima (TM)

Se tiene en cuenta para su cálculo la depreciación del recurso, la cual incluirá costos sociales, ambientales y de recuperación del recurso hídrico. La tarifa mínima se definió por resolución del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial mediante la Resolución 0240 de 2004.

4.1.2.2 Factor regional (FR)

El Factor Regional (FR) es el término de la TUA que define las particularidades de las regiones a las cuales se les va a aplicar la tasa. En la metodología de la TUA, la definición de la escala de trabajo de este factor es fundamental; para tal fin se ha hecho un análisis del documento del Ministerio: “Estimación de la fórmula de cálculo del Factor Regional”.

En el documento, el Factor Regional (FR) se analiza bajo las siguientes consideraciones:

La tasa por utilización del agua deberá estar en un rango que no tenga mayor afectación sobre el sector regulado, tales como actividades correspondientes al sector agropecuario.

La tasa por utilización del agua deberá estar en un rango que oscile entre las tarifas mínimas y máximas cobradas “actualmente” (antes del Decreto 155 de 2004) por las autoridades ambientales competentes.

El análisis se hizo de tal forma que recolectando la información de los cobros que se realizaban por las CAR se obtuvieran unos valores extremos para la TUA tanto para aguas superficiales como subterráneas. Tal análisis se considera netamente económico y estadístico. A ese punto, conocido el valor de la TM = 0.5 \$/m³ (para año 2004) y los valores extremos de la TUA, se definieron los valores máximo y mínimo para el FR.

En la Tabla 4.1 se presentan los valores extremos calculados.

Tabla 4.1. Valores extremos de la TUA y el FR

RECURSO	CONCEPTO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
Agua Superficial	TUA (\$/m ³)	0,5	3,5
	FR	1	7
Agua Subterránea	TUA (\$/m ³)	0,5	6,0
	FR	1	12

La estructura del FR corresponde a un valor adimensional expresado como:

$$(4-4) \quad FR = 1 + [C_K + C_E] * C_S$$

Donde:

C_k: Coeficiente de Inversión

C_E : Coeficiente de escasez

C_s : Coeficiente socioeconómico

Siguiendo el procedimiento planteado en el documento de la oficina de Análisis Económico del MAVDT que define el cálculo del FR se tiene, los rangos de variación de los coeficientes socioeconómicos y de inversión están definidos entre 0 y 1, donde 0 corresponde a la condición mas desfavorable y 1 a la más favorable; se definen funciones matemáticas para calcular la fórmula de Coeficiente de Escasez teniendo en cuenta el rango de variación de este con el fin de cumplir los máximos y mínimos valores para el factor regional según el análisis presentado anteriormente. Se tienen coeficientes distintos para el agua superficial y subterránea. El coeficiente de escasez es en función del índice de escasez, el cual considera las condiciones existentes entre la oferta y la demanda en la cuenca.

A continuación se hace una descripción más detallada de cada uno de los coeficientes que componen el factor regional.

4.1.2.3 Coeficiente de Inversión (C_K)

Se calcula como la fracción de los costos totales del plan de ordenación y manejo de la cuenca no cubiertos por la tarifa mínima. Este coeficiente esta pensado de tal forma que las Corporaciones que hayan hecho inversión en la cuenca sean “premiadas”. A mayor inversión en la cuenca C_K es diferente de “0”, lo que repercute en mayor valor de la TUA.

$$(4-5) \quad C_K = \frac{C_{PMC} - C_{TM}}{C_{PMC}} \quad 0 < C_K < 1$$

Donde:

C_K : Coeficiente de inversión de cuenca hidrográfica

C_{PMC} : Costos totales anuales del plan de ordenación y manejo de la cuenca del año inmediatamente anterior.

C_{TM} : Facturación anual estimada de la tasa por utilización de aguas, aplicando la Tarifa Mínima a los usuarios de la cuenca.

4.1.2.4 Coeficiente socioeconómico (C_s)

Se calcula teniendo en cuenta el Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI).
MIENTRAS MÁS POBRE, MENOS PAGA.

$$(4-6) \quad C_s = \begin{cases} \frac{100 - NBI}{100} & \text{Para consumos de agua asociados a la} \\ & \text{satisfacción de necesidades básicas} \\ & \text{insatisfechas: Consumo Básico} \\ 1 & \text{En los demás casos} \end{cases} \quad 0 < C_s < 1$$

Donde:

C_s : Coeficiente de Condiciones Socioeconómicas

NBI: Necesidades Básicas insatisfechas (Municipal)

El NBI es explicado con mas detenimiento en el capítulo 6.

4.1.2.5 Coeficiente de escasez (C_E)

Se calcula con el fin de definir las condiciones de oferta y demanda de una cuenca determinada, diferenciando agua superficial y subterránea.

Agua Superficial:

$$(4-7) \quad C_E = \begin{cases} 0 & \text{Si } I_{ES} < 0.1 \\ \frac{5}{6} \left[1 - \frac{5}{3} I_{ES} \right] & \text{Si } 0.1 < I_{ES} < 0.5 \\ 5 & \text{Si } I_{ES} > 0.5 \end{cases}$$

Donde:

C_E : Coeficiente de escasez para aguas superficiales

I_{ES} : Corresponde al Índice de Escasez para aguas superficiales estimado para la cuenca, tramo o unidad hidrológica de análisis.

Agua Subterránea:

$$(4-8) \quad C_E = \begin{cases} 0 & \text{Si } I_{EG} < 0.1 \\ \frac{40}{[40 - 90I_{EG}]} & \text{Si } 0.1 < I_{EG} < 0.5 \\ 10 & \text{Si } I_{EG} > 0.5 \end{cases}$$

Donde:

C_E : Coeficiente de escasez para aguas subterráneas

I_{EG} : Corresponde al Índice de Escasez para aguas subterráneas estimado para el acuífero o unidad hidrológica de análisis.

Según el Decreto 155 de 2004 (22 de Enero) el Ministerio publicaría, dentro de los seis meses siguientes a su publicación, las metodologías para el cálculo del Índice de Escasez de aguas superficiales y subterráneas. La metodología para el Índice de Escasez de Aguas Superficiales se presenta en la Resolución 0865 de 2004 y la de aguas subterráneas en la Resolución 0872 de 2006.

4.1.2.5.1 Resolución 0865 de 2004

En Julio 22 del 2004 se publica la Resolución 0865 de 2004, una metodología para el cálculo del Índice de Escasez de Agua Superficial a que se refiere el Decreto 155 de 2004, corresponde a la publicada por el IDEAM el 4 de agosto de 2004.

Vale la pena resaltar, que el IDEAM publicó en su página de Internet una actualización de la metodología del cálculo de Índice de Escasez para aguas superficiales (Diciembre de

2004), en el cual se presentan modificaciones importantes desde el punto de vista técnico, pero aun el Ministerio no ha “legalizado” la actualización dentro de ninguna resolución.

La metodología planteada define el Índice de Escasez como:

$$(4-9) \quad I_{ES} = \frac{D}{O_n} * F_r * 100$$

Donde:

I_e : Índice de escasez [%]

D : Demanda de agua [m³]

O_n : Oferta Hídrica Superficial Neta [m³].

F_r : Factor de reducción por calidad y caudal ecológico.

El decreto presenta para la demanda tres escenarios de cálculo, los que se definen según el nivel de información que se tenga y las proyecciones de crecimiento de las poblaciones, además de los datos de diferentes usos del agua en la Unidad Hidrológica de Análisis.

La metodología relaciona la oferta hídrica con los caudales medios del cauce, y para su cálculo presenta tres posibles métodos de cálculo de oferta:

- Balance hídrico: Para cuencas hidrográficas con registros climatológicos e hidrológicos con longitud de registros mayor de 10 años. Esta metodología se aplica en cuencas con un área de drenaje mayor de 250 km².
- Caudal medio puntual en las corrientes de interés: Cuando los registros de caudal generan series cortas y no confiables (series anuales menores de dos años).
- Relación lluvia escurrentía: Aplicable en cuencas menores, con áreas de drenaje inferiores a 250 km², y no instrumentadas.

El IDEAM ha adoptado como caudal mínimo ecológico un 25% del caudal medio mensual multianual más bajo de la corriente en estudio y para la reducción por calidad se define un 25% del caudal.

4.1.2.5.2 Resolución 0872 de 2006

El 18 de Mayo de 2006, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial publicó la metodología que se presenta a continuación para el cálculo del índice de escasez para aguas subterráneas.

La metodología planteada define el Índice de Escasez como:

$$(4-10) \quad I_{EG} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{Ci}}{Q_E}$$

Donde:

I_{EG} : Índice de escasez para aguas subterráneas

Q_{Ci} : Caudal captado en la *i-ésima* captación [m³/año]

Q_E : Caudal explotable del acuífero [m³/año]

n : número de captaciones

Las definiciones de las componentes principales de la fórmula de cálculo son las siguientes:

Caudal captado de un acuífero: Corresponde al caudal extraído por pozos, aljibes y manantiales en cada una de las zonas hidrogeológicas delimitadas por las autoridades ambientales competentes.

Caudal explotable de un acuífero: Corresponde al caudal que se puede extraer de un acuífero, sin alterar el régimen de explotación establecido por la autoridad ambiental competente.

Según lo definido en el decreto, la fórmula se aplica para la Unidad Hidrológica de Análisis, la cual no necesariamente coincide con la de aguas superficiales.

El decreto presenta metodologías para el cálculo del caudal captado relacionadas con la información disponible de cada una de las captaciones subterráneas: existencia de medidor, datos de tiempo de explotación y características de la explotación, además de los caudales concesionados por la autoridad ambiental competente.

El cálculo del caudal explotable es un porcentaje de la recarga natural y/o artificial del acuífero. Para el cálculo de la recarga se enumeran las siguientes metodologías:

- Métodos basados en balance hídrico
- Métodos basados en zona saturada
- Métodos basados en zona no saturada
- Métodos isotópicos
- Métodos basados en variaciones de nivel piezométrico

En cuanto a la recarga no se hace explicación de ninguna de las metodologías enumeradas.

Se particulariza en el cálculo del índice de escasez para acuíferos formados por varias capa y se dan valores de $I_{EG} = 0$ para el caso de no tener información de la recarga y de $I_{EG} = 1$ para acuíferos sin recarga.

5. EXPERIENCIAS NACIONALES E INTERNACIONALES DE LA APLICACIÓN DE TASAS AMBIENTALES

5.1 COLOMBIA

En la Corporación Valle del Cauca (CVC) se llevó a cabo una experiencia que en alguna medida permite un acercamiento al valor por el uso del agua. Allí se pretendió encontrar una solución desde dos puntos de vista: en primer lugar, el de la oferta, en el cual se analizan los costos de conservar una cuenca y construir las obras civiles necesarias para asegurar una asignación de agua dada dentro de determinados niveles de confiabilidad; en segundo término, el valor desde el punto de vista de la demanda, estimado con base en la disposición a pagar por parte de los usuarios, por disponer de un determinado caudal conforme a la concesión otorgada. La CAR (1999) ha afirmado que este concepto es especialmente relevante porque entonces la utilización de un recurso (financiero, físico, intelectual, técnico, etc.), en un proyecto o proceso determinado, “implica el sacrificio de las alternativas de venderlo, emplearlo, implementarlo, y en síntesis, utilizarlo en otros fines; y la posible cuantificación, o mejor monetización de dicho sacrificio, es una forma de representación del Costo de Oportunidad” (El costo de Oportunidad debe entenderse como el valor de la producción de la mejor alternativa que se deja de realizar, en el caso del agua, si se deja de contar con este recurso para distintos usos).

5.1.1 CORPOGUAJIRA (Río Ranchería)

La Corporación Autónoma Regional de la Guajira presentó en 1998 una propuesta para la implementación de las TUA en el río Ranchería, con una aplicación anterior al Decreto 155 de 2004. En el río se presentaba déficit hídrico en largos tramos y se dedujo que en épocas de estiaje el cauce no recibía agua por precipitación sino por influencias de la Sierra Nevada de Santa Marta.

Se necesitó entonces determinar el volumen de agua concesionada y el tipo de usuarios según los cultivos más representativos de la región y se determinó quiénes eran los

mayores demandantes del recurso. Se notó además que a mayor demanda del recurso, había menos usuarios.

A partir de lo anterior y de la legislación existente (hasta 1998, INDERENA), se diseñó un plan de manejo ambiental en aras de recuperar la cuenca del río, dividida en programas y proyectos. Además se planeó un escenario a 5 años y uno a 10 años. En este último se reflejaba una mejor distribución de las inversiones (1300 millones anuales) porque desde el punto de vista de mecanismos de financiamiento se hacían más accesibles y operantes las TUA.

La tarifa mínima se calculó a través del Método de Costo Incremental Promedio de Largo Plazo, que utiliza la información en forma agregada que está relacionada con la previsión de la demanda y los costos asociados a su satisfacción. El método de CIPLP está definido por la suma de las tres contribuciones (inversiones, costos de operación y mantenimiento, gastos de administración y generales), al monto inicial de la tarifa del recurso que se está analizando.

En el estudio se encontró que el valor de oferta del recurso agua era bastante alto (\$4710) comparado con la tasa que pagaba los usuarios del recurso (\$232 Lps). Sin embargo, se precisó que ese incremento obedecía a un cambio de concepción de las tasas por uso de agua superficial como mecanismo económico que garantizara el abastecimiento permanente del recurso en la cuenca.

También permitió definir una tasa con dos componentes: uno fijo y otro variable de acuerdo al caudal asignado a cada usuario. Esta división en la estructura de la tasa permitió entender que existía un componente (la tasa fija) que podía ser usado discrecionalmente en la política de gestión de la Corporación en cuanto a las fuentes de financiamiento de las inversiones contempladas en el Plan de Manejo Ambiental.

El otro componente (la tasa variable) era el valor mínimo que debería cobrar la Autoridad Ambiental para garantizar la prestación del servicio. Al respecto, los datos indicaron que el incremento con respecto a su tarifa era de \$238. Una de las recomendaciones hechas fue la de diseñar una base de datos que registrara no sólo los caudales asignados sino también la periodicidad de uso al mes, con el fin de hacer la estimación de la tasa.

Se debe también tener en cuenta la influencia de las políticas ambientales sobre la equidad entre los miembros de la sociedad o de la población objetivo, pues un sistema puede ser muy eficiente pero no muy equitativo en cuanto a la distribución de los bienes. Según Field (1997), “la equidad se encuentra estrechamente ligada a la distribución de bienestar en una sociedad. Si el bienestar se distribuye de forma injusta, el criterio de eficiencia en sí mismo puede ser demasiado restringido”.

5.1.2 CORANTIOQUIA (Quebrada La Sopetrana)

La Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia (CORANTIOQUIA) en desarrollo de sus actividades de implementación del Decreto 155 de 2004 en su jurisdicción escogió como cuenca piloto la correspondiente a la quebrada La Sopetrana ubicada en el municipio de Sopetrán occidente antioqueño.

La cuenca de la quebrada La Sopetrana presenta grandes problemáticas tales como la alta demanda del recurso hídrico y forestal, cambio en el uso del suelo generando procesos erosivos, expansión de la agricultura hasta no respetar los retiros en las corrientes superficiales, extracción de carbón vegetal para la cocción de alimentos, comercio indiscriminado de fauna y flora, uso irracional del recurso hídrico entre otros (CORANTIOQUIA, 2005).

CORANTIOQUIA contrató con BSC CONSULTORES ASOCIADOS (2005) para implementar la TUA en la cuenca piloto y capacitar al equipo técnico jurídico de la Corporación se realizó un estudio para priorizar la cuenca y se llegó hasta la etapa relacionada con la facturación, cobro y recaudo de la TUA, solo para aguas superficiales.

Para la implementación del Decreto 155 de 2004 se generaron metodologías para la recolección de información de campo, cálculo de la oferta hídrica superficial, cálculo de la demanda de agua para diferentes usos, definición de una metodología para la reducción por calidad de la oferta y finalmente cálculo de los índices y coeficientes del factor regional y de la TUA. Actualmente no existe disponible al público una publicación del informe consolidado de este estudio.

El valor encontrado del índice de escasez fue de 0.53 con una demanda hídrica superficial de 397.89 l/s y una oferta neta disponible de 754.90 l/s. Como la cuenca no tenía Plan de Ordenamiento y Manejo de Cuenca (POMCA) el coeficiente de inversión se toma como "0". El promedio para el Factor Regional es de 5.3 (CORANTIOQUIA, 2005). Se resalta que el factor de oportunidad fue asumido como 1 para todas las captaciones.

Actualmente se está facturando a los usuarios legalizados de la cuenca y se está desarrollando un plan de legalización masiva de los usuarios no legalizados, con el fin de realizarles el cobro.

5.2 OTROS PAÍSES

5.2.1 Brasil (Estado de Ceará)

El estado de Ceará utiliza el cobro por la utilización del recurso hídrico como una política para disminuir la pobreza y mejorar las condiciones de vida en las partes urbanas. La política se fundamenta también en la escasez de agua de la zona, lo cual ayudó a la implementación del concepto de valor económico del agua entre los usuarios.

Para hacer el cobro se crearon dos organizaciones:

- Compañía de Gestión para los Recursos del Agua (COGERH): encargada de la administración de la oferta de agua
- Sistema Integrado de gestión de Recursos Hídricos (SEGERH): encargada del manejo de la demanda de agua

Inicialmente se hizo el cobro para conseguir recursos para el COGERH. Las tarifas de cobro fueron diferenciales para consumo urbano e industrial (siendo mayor este). El uso agrícola quedó exento de cobro. La justificación del alto valor para el uso industrial es, aparte de la escasez del recurso, la discontinuidad del mismo.

Dentro del proceso de cobro se realizaron campañas de sensibilización y seminarios para definir los diferentes niveles y tipos de consumo,

5.2.2 Experiencias en California

El primer sistema implementado fue el Sistema de Apropiación por Prioridades que tiene dos principios fundamentales: “lo usa o lo pierde” y “el primero que llega, primero se sirve”.

Este sistema se implementó para llevar a los individuos a establecerse en tierras y establecer proyectos de agua: se les asignan los derechos al agua desde que comienzan a desviarla (de una región a otra), no se puede transferir (ni vender), no se restringen las cantidades desde que sea para uso benéfico. Los distritos de agua o agencias administradoras de proyectos de agua, fijan el precio del agua del usuario de tal manera que genere ingresos que sean iguales a los costos. Sin embargo a medida que el agua empieza a ser más escasa se comienzan a implementar mecanismos de fijación de precios por costo marginal.

Este sistema tiene variaciones dependiendo de la región, ligadas al concepto de escasez del recurso, y en algunas depende de la capacidad de vender derechos permanentes de agua en los que el inconveniente radica en los costos de transacción, además es imprescindible tener una definición clara de los derechos del agua. En otras, se asocian los derechos de agua a la propiedad de la tierra; las ineficiencias pueden surgir cuando no se separan estos dos recursos. Otra dificultad consiste en las restricciones Geográficas sobre la Transferencia de Agua que no exime la posibilidad de que se presente comercio informal a corto plazo.

Lo que parece configurarse, es que una de las razones por las que se comienzan a conformar mercados es la escasez, no solamente de aguas superficiales sino también subterráneas, además de las regulaciones medioambientales. No obstante, el sistema de derechos del agua en California desalentó el comercio y dio incentivos muy pequeños para la conservación del recurso.

También se presentó la necesidad de Introducir Planes de Fijación Gradual de Precios: cobrar diferentes precios de agua como una función del uso de agua por acre. Se cobra a los usuarios un precio relativamente bajo por un volumen inicial por acre y se cobran

precios más altos (generalmente estos precios son iguales al costo marginal de agua en el distrito) por el agua usada sobre estos niveles iniciales.

Finalmente Zilberman en su informe concluye que “la transición a sistemas eficientes está lejos de ser completa. El comercio de agua está restringido por la falta de infraestructura y servicios de conducción. Las implicaciones del comercio sobre terceros y sobre agua subterránea no han sido completamente estudiadas. Hay mucha incertidumbre con respecto a la propiedad y a las interpretaciones de la Ley, lo cual aumenta los costos de transacción y reduce los incentivos al comercio. El marco legal que trata los temas de agua está fragmentado y varía según los lugares. Aún así, la transición a mercados es irreversible y, en 10 o 20 años, el comercio de agua en California será fácil y trivial como lo es en otros bienes.”

Una consecuencia del sistema de apropiación por prioridades es que pueden surgir monopolios de la oferta de agua, lo que hace necesario un eficiente control fiscal. En Colombia existen numerosas regiones en que los derechos de agua se asocian a la tenencia de la tierra, y existen grandes dificultades para ejercer el control fiscal, aún cuando desde el Código de Recursos Naturales se infiere que los recursos naturales son “propiedad exclusiva del Estado”.

Por otra parte, los planes de fijación gradual de precios dan señales de más eficiencia pues la capacidad de transferir agua sobre una base anual llevaría a mejoras en la asignación del recurso y a situaciones en las que el agua se utilice en actividades que generen un mayor valor.

5.2.3 Un caso español: Alicante

Al contrario del caso de California, en España, particularmente en Alicante, la propiedad del agua está separada de la propiedad de la tierra. El agua se distribuye por rotación, a una tasa fija, aproximadamente la misma cantidad de agua en cada rotación, y la proporción de agua disponible para cualquier tenedor de derechos de agua varía con cada rotación según los derechos de agua adquiridos en cada ocasión. Antes de cada rotación se pone un aviso que anuncia la fecha en que va a comenzar ésta e informa a los propietarios de derechos de agua que deben retirar, dentro de determinado tiempo, sus

“albalaes” (especie de boleta o billete) para participar en ella. Una vez asignados, los billetes, disponibles en doce denominaciones correspondientes a un suministro constante de agua que oscila entre 1 hora y 1/3 minuto, se transan libremente en una subasta pública y en un mercado informal. Para todo este engranaje hay también corredores que facilitan el comercio.

En un estudio comparativo realizado con regiones donde no se permiten las transacciones se concluyó que el sistema de Alicante es más eficiente en términos de aumento neto del ingreso regional, más aún, las diferencias no son grandes cuando la escasez de agua es moderada, pero son significativas cuando es alta, sin embargo no se menciona nada sobre su eficiencia en cuanto al objetivo de que se haga un mejor uso del recurso agua.

Una observación comparativa que podría hacerse es que este tipo de mercados logran ser más equitativos que las TUA, debido principalmente a la pretensión de aplicarse de la misma manera para todos (derechos de aguas), sin importar su uso y en todas las regiones del país, resaltando que para la implementación de este instrumento “no se necesita un tratamiento igualitario sino equitativo” (Uribe, 2005).

Una conclusión sacada en documento por parte de la Unión Europea, afirma que es absolutamente imprescindible un cambio profundo en las políticas, métodos y usos tradicionales del agua porque sus modelos de gestión desde la oferta, hace tiempo que entraron en crisis en esos países, crisis que se ha ido produciendo por cambios en la sociedad. Agregan que “El objetivo de poner a disposición de los agricultores recursos hidráulicos a bajo o ningún costo, para poner en regadío importantes y crecientes superficies ya no puede mantenerse, ni desde la perspectiva de la disponibilidad de recursos hidráulicos –cada vez más escasos y en consecuencia con mayor costo para su obtención- ni desde la perspectiva del desarrollo rural, el regadío ya no puede contemplarse como la única posibilidad, y en muchos casos ni siquiera la más importante; ni tan sólo desde la perspectiva de las producciones agrarias en el contexto de las nuevas orientaciones de la política agraria común” (Genotes y Avella). En este sentido la situación se asimila al caso colombiano.

5.2.4 El caso europeo

En Europa, las leyes que tratan sobre el agua son bastante antiguas pero desde el inicio han tenido un aspecto normativo claro y preciso. Sobre el manejo del agua en el viejo continente han predominado los mercados de agua, los permisos transables y la concesión de derechos. En la Tabla 5.1 se presentan algunas particularidades de la legislación en los países europeos para el control y administración del agua, además de los costos de uso del recurso hídrico.

Tabla 5.1. Legislación de aguas en países Europeos (Fuente: UNESCO)

País	Año	Definición		Concesión	Administración	Costo USD 1 m ³
		Pública	Privada			
Bélgica	1949	Sí. Navegación y flotación	Sí. Aguas riberieñas y subterráneas	Sobre aguas públicas y subterráneas	Municipio y la Sociedad Nacional de Abastecimiento	1,54
España Ley de Aguas	1985	Sí	No	Con un máximo de 50 años, la transferencia debe mantener los usos indicados en el título.	Al nivel de cuena. El máximo organismo es el Consejo Nacional de Agua	Varía según la configuración económica y técnica local
Francia Ley de Aguas	1992	Sí	Sí. Subterráneas y vertientes.	Sobre las aguas públicas	Al nivel de cuencas	1,23
Inglaterra y País de Gales Ley del Recurso Hídrico	1991	Sí	No	Sobre las aguas públicas con muchas restricciones	Autoridades regionales de aguas	1,18
Alemania						1,91
Dinamarca						1,64
Países Bajos						1,25
Italia						0,76
Finlandia						0,69
Irlanda						0,63
Suecia						0,58
España						0,57

En Europa existen distintas estructuras de precio para el cobro del uso del agua: Tasas fijas, principalmente como medio de financiamiento y Tasas basadas en volumen que

requieren de un medidor. Cabe resaltar que casi siempre hay un tratamiento preferencial a la actividad agrícola sin embargo la extracción subterránea de agua sólo se cobra en Dinamarca, Holanda y Polonia.

5.3 OTROS INSTRUMENTOS

A nivel mundial se destaca un trabajo realizado por las Universidades de Keel y Wallingford, en la cual su principal promotor es la Doctora Caroline Sullivan del CEH (Centre for Ecology & Hydrology).

Este trabajo esta fundamentado en la medición de la pobreza en relación con la escasez de agua, como una herramienta de gestión y manejo del recurso. La experiencia se trabajó a escala nacional, con la definición del índice llamado Water Poverty Index de 147 países.

En este estudio se unió el esfuerzo de 31 investigadores y 100 especialistas de diferentes áreas del conocimiento, con el fin de definir las variables socioeconómicas y técnicas para medir la pobreza de cada región en función de la escasez de agua.

Actualmente se usa como una herramienta de gestión y manejo del recurso, y no está involucrado en el cobro de tasas por uso, aún cuando es una valoración económica del agua.

5.3.1 Estructura de Water Poverty Index (WPI)

La estructura del Water Poverty Index se fundamenta en la medición de parámetros que definen la disponibilidad del recurso, accesibilidad de los usuarios al agua, capacidad económica de los usuarios, los sistemas de uso eficiente del agua y las condiciones ambientales. En la Tabla 5.2 se presentan los puntos de evaluación para definir las condiciones de las componentes consideradas.

Tabla 5.2. Estructura del WPI

WPI Componentes e importancia	Sub-componentes
Disponibilidad del recurso (20%)	Flujos de agua dulce en la región Afluentes externos Población

WPI Componentes e importancia	Sub-componentes
Accesibilidad al agua (20%)	% de la población que tienen acceso a agua limpia % de la población que tiene acceso a saneamiento Acceso de la industria comparada con la necesidad Acceso del riego comparada con la necesidad
Capacidad (20%)	Capacidad económica Ratas de mortalidad Posibilidad de educación
Uso eficiente del agua (20%)	Uso doméstico en l/día Aprovechamiento del agua en la industria Aprovechamiento del agua en la agricultura
Ambiente (20%)	Índices Calidad del agua Contaminación del agua "water stress" Regulación y manejo ambiental Cantidad y capacidad de información Biodiversidad basada en especies en amenaza

Es importante resaltar que la escala de trabajo dependerá de la cantidad y calidad de información disponible en las regiones. La determinación de este índice puede hacerse para pequeñas regiones y también a nivel de países, lo cual servirá a las entidades rectoras del recurso diferenciar las condiciones de las diferentes zonas de un país, lo que llevará a priorizar áreas de manejo y a definir las zonas para los planes de ordenamiento territorial.

5.3.2 Definición matemática del WPI

La definición matemática del Water Poverty Index (WPI) es básicamente la ponderación de cada uno de sus componentes.

Se calcula el WPI usando un acercamiento compuesto del índice. Se combinan los cinco componentes dominantes usando la expresión general:

$$(5-1) \quad WPI_i = \frac{\sum_{i=1}^N w_{x,i} X_i}{\sum_{i=1}^N w_{x,i}}$$

Donde está el valor WPI de índice de la pobreza del agua para una localización particular, X_i refiere a la componente i de la estructura de WPI, el w_i es el peso aplicado que a esta

componente y N es el número de los componentes de análisis. Cada componente se compone de un número de sub componentes, y éstos primero se combinan usando el mismo orden de la técnica para obtener los componentes.

$$(5-2) \quad WPI = \frac{w_r R + w_a A + w_c C + w_U U + w_E E}{w_r + w_a + w_c + w_U + w_E}$$

Es el promedio ponderado de los cinco recursos de los componentes recurso (R), del acceso (A), de la capacidad (C), del uso (U), y del ambiente (E). Cada uno de los componentes primero se estandariza de modo que esté en el rango de 0 a 100; así el valor de WPI que resulta está también entre 0 y 100.

6. METODOLOGÍA PROPUESTA - APLICACIÓN A LA CUENCA DE LA QUEBRADA DOÑA MARÍA

6.1 DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA

La cuenca de la quebrada Doña María está localizada en la ladera occidental del Valle de Aburrá, entre los municipios de Medellín (cerca del 79,7 % del área de la cuenca, 60,4 km² aproximadamente), Itagüí (15,1% o 11,4 km² aproximadamente) y La Estrella (5,2% o 3,9 km² aproximadamente), departamento de Antioquia. La cuenca tiene un área aproximada de 75,82 km² y es uno de los principales tributarios al río Medellín. En la parte alta y media de la cuenca se encuentra el corregimiento de San Antonio de Prado (corregimiento del municipio de Medellín) principalmente rural, como también lo es la fracción del territorio correspondiente al municipio de La Estrella. En la parte baja se encuentra el municipio de Itagüí, quien posee el mayor porcentaje de área urbanizada en la cuenca, con una población aproximada de 222.431. (Unalmed, 2006).

La jurisdicción ambiental en la cuenca está dividida entre dos corporaciones, el área rural corresponde a la jurisdicción de Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia (CORANTIOQUIA) y el área urbana al Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA).

La cuenca de la quebrada Doña María fue reglamentada inicialmente por el INDERENA mediante la resolución 0256 de Abril 19 de 1993 aprobando 34 concesiones, sin especificar cota de captación, dirección del predio beneficiado y su ubicación dentro del perímetro urbano y rural. Posteriormente el Área Metropolitana del Valle de Aburrá otorgó concesiones de agua a otros usuarios, a partir de la fecha en la cual asume funciones de autoridad ambiental, Ley 99 de 1993. Como parte de un proyecto contratado por el AMVA con la Universidad Nacional de Colombia para la realización de una propuesta de reglamentación de sus aguas, surgió este trabajo de tesis, el cual se centró en aprovechar la información levantada para el proceso de reglamentación en la definición de una

metodología para la aplicación del Decreto 155 de 2004 que reglamenta las Tasas Por Uso del Agua.

La subcuenca de la quebrada Doña María presenta como actividad económica pequeñas explotaciones agrícolas y pecuarias de características propiamente campesinas hasta grandes empresas industriales, comerciales y de servicios. En la zona rural de la subcuenca predomina la actividad agropecuaria en pequeñas unidades productivas, con presencia de algunas empresas importantes de explotación forestal, porcícola, avícola y ganadera. La zona urbana presenta dos tendencias claramente diferenciadas: un amplio sector de comercio a pequeña y mediana escala, tanto en el corregimiento San Antonio de Prado, como en el municipio de Itagüí, y la presencia, en este último municipio, de grandes empresas industriales, comerciales y de servicios.

En el trabajo de campo en la cuenca se identificaron 333 captaciones superficiales, de las cuales 211 se consideran captaciones artesanales, dado que no cuenta con obras permanentes de captación. De las captaciones superficiales inventariadas, 54 captaciones están ubicadas en los nacimientos de los cauces, 278 se encuentran en las quebradas y 1 en un cuerpo de agua; según la información secundaria encontrada solo 87 captaciones son concesión vigente, 63 vencidas y 5 en trámite. En cuanto a captaciones subterráneas el inventario se basó en la confirmación en campo de lo encontrado en la información secundaria revisada. En este punto se aclara que se consideran captaciones subterráneas de la cuenca los puntos que están dentro de la divisoria de aguas superficiales; finalmente se identificaron 25 puntos de agua subterránea en la cuenca; en los expedientes se encontraron 2 vigentes, 1 vencido, 18 en trámite, 4 indeterminados. Además de las captaciones se inventariaron 85 vertimientos puntuales sobre las quebradas tributarias a la Doña María y sobre ella misma.

Dentro de la información levantada en campo se resalta la realización del censo predial e industrial en la cuenca, el cual fue fundamental en la definición de la demanda actual de agua, sus usos y las condiciones socioeconómicas de los habitantes en la zona. El censo fue concebido como un instrumento que permitía el levantamiento de información primaria, no disponible, sobre el uso y aprovechamiento del recurso agua, y vertimientos, en la subcuenca Doña María; pero, adicionalmente, incluyó preguntas sobre población,

servicios públicos, actividad productiva, nivel de escolaridad y seguridad social, entre otros. Este censo se aplicó en cada uno de los predios rurales de la subcuenca en los cuales el acueducto era de carácter comunitario, veredal o nacimiento. No se aplicó en los predios en los cuales el servicio lo ofrece Empresas Públicas de Medellín.

6.2 METODOLOGÍA Y APLICACIÓN

La metodología para el cálculo del valor a pagar por la utilización de agua se aplicó a cada una de las captaciones legalizadas (con concesión) de la Unidad Hidrológica de Análisis que en este caso es la cuenca de la quebrada Doña María.

Para la definición del valor a pagar por la TUA, se considera que el volumen base del cobro será el correspondiente al volumen declarado por el usuario (según la libertad que da la ley de declarar), de no existir tal reporte se cobrará a partir del caudal concesionado.

La metodología que se presenta es la adaptación del Decreto 155 de 2004 a las particularidades de la cuenca de la quebrada Doña María. En la adaptación se hacen algunos cálculos que no siguen exactamente los lineamientos de la ley y son justificadas desde el punto de vista técnico. Los cambios se realizaron especialmente en lo que se relaciona con el coeficiente de escasez y se aclaran puntos clave que se dejan sueltos en la ley con respecto al cálculo del Factor de oportunidad.

Dentro de la metodología se hace un análisis de sensibilidad espacial a la TUA y a la escala de la información a usar para su cálculo.

En este trabajo no se hace ningún cuestionamiento en cuanto al cálculo de la tarifa mínima, esto se puede consultar en Cortes (2006).

A continuación se analizarán cada uno de los parámetros.

6.2.1 Factor Costo de Oportunidad (F_{op})

Para el cálculo de este factor se requieren los volúmenes captados y vertidos por un mismo usuario a la unidad hidrológica de análisis. Los volúmenes considerados serán los

declarados por el usuario (es un derecho que tiene). De no existir declaraciones se usará como volumen captado el correspondiente al caudal concesionado. En el caso del volumen vertido, si no hay declaración el $F_{op} = 1$.

Este factor reduce el valor a pagar por el usuario si este hace retornos de agua al cauce, lo cual representa un premio por aumentar la disponibilidad del recurso aguas abajo de su lugar de captación, pero la falencia fundamental de este factor es que puede haber un aumento de disponibilidad por volumen pero disminución por calidad que es algo que no se evalúa. Dado lo anterior se requeriría la implementación del decreto 155 de 2004 conjuntamente con el decreto 3100 de 2003 (Tasas Retributivas) para lograr el objetivo del aumento de oferta considerando la calidad del agua. Lo anterior implica que este factor es ineficiente y reduce el valor a pagar sin justificación técnica de oferta disponible.

Se tienen las siguientes observaciones respecto a este parámetro:

Abastecimiento de otras fuentes: es común que muchos usuarios, en especial los industriales tengan captaciones superficiales, subterráneas, aguas lluvias y acueductos (dada la no existencia de reglamentación en las cuencas). Cuando esto sucede se puede obtener un valor negativo que según el decreto sería $F_{op} = 0,1$.

Múltiples captaciones y vertimientos: Es posible que un usuario tenga más de un permiso de captación y vertimiento de agua, tanto superficial como subterránea, lo cual hace imposible la identificación del origen, de cada uno de los caudales captados y retornados, por lo cual se suman todos los volúmenes captados (o en su defecto concesionados) y todos los vertidos para calcular un F_{op} único para el usuario y este F_{op} se aplica para todos los puntos de captación. Los volúmenes captados de agua subterránea son objeto de otro cobro ya que la TUA se cobra separadamente para los dos recursos.

Captaciones subterráneas: este factor no aplica, ya que a excepción de las petroleras (en proceso de recuperación de crudo) no es permitido verter volúmenes líquidos en el acuífero, por lo que $F_{op} = 1$. Es importante resaltar que dada la relación directa entre las aguas superficiales y subterráneas se debería considerar que los volúmenes vertidos (contaminados) a los cauces afectan directamente el recurso subterráneo.

6.2.2 Tasa por Uso del Agua (TUA)

La Tarifa Mínima se calculará para cada año, al igual que el Factor Regional, ya que se debe actualizar anualmente la TUA.

6.2.2.1 Tarifa mínima (TM)

Para el 2004, por la resolución 0240 de 2004 se tiene que el valor de la tarifa mínima es cincuenta centavos por metro cúbico (0,5 \$/m³), este valor se ajusta anualmente con base en el Índice de Precios al Consumidor, IPC. Las inversiones para el cálculo de las bases para la depreciación se actualizarán cada cinco (5) años.

6.2.2.2 Factor regional (FR)

El factor regional depende de tres coeficientes que representan las condiciones de manejo y gestión en la cuenca (inversión), condiciones socioeconómicas de los usuarios y de escasez del recurso agua. En este trabajo se pone en duda que este factor represente efectivamente las condiciones mencionadas, dado que se requiere para ese fin información muy detallada y particular de la cuenca analizada. Del estudio realizado a este factor se considera poco clara su definición matemática, no se encontró además documentación y no es comprensible porque se suman condiciones de escasez del recurso (C_E) que son propias de características físicas de la cuenca y la climatología con datos de inversión económica en esta (C_K) que corresponden a recursos monetarios de la corporación, además de los intereses particulares de los tenedores de la tierra.

6.2.2.2.1 Coeficiente de Inversión (C_K)

Este coeficiente depende de los costos del plan de ordenación y manejo de la cuenca (en estudio) del año inmediatamente anterior y del monto total estimado de la facturación de la TUA aplicando la TM a los usuarios de la cuenca.

Es importante resaltar que en cuencas con jurisdicciones compartidas por entidades ambientales se consideran que los costos del plan de manejo de la cuenca hacen parte de los ejecutados por cada una de las corporaciones, al igual que la TUA facturada.

6.2.2.2.2 Coeficiente socioeconómico (C_s)

En el cálculo de este parámetro se requiere inicialmente identificar el tipo de uso del agua: consumo básico o abastecimiento doméstico y otros usos. Definir el uso, si es doméstico, se ubica a que municipio pertenece el usuario al que se le va a facturar. Este coeficiente es función del índice de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), el cual ha sido empleado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE) para medir niveles de pobreza en Colombia y ha sido utilizado en varios países latinoamericanos según la CEPAL.

La cuenca de la quebrada Doña María esta ubicada en área de los municipios de Itagüi, Medellín y La Estrella, por lo que hay que considerar tres valores distintos del Índice de necesidades básicas insatisfechas. Se aclara que el NBI se define para el usuario (según su ubicación espacial) y no para el municipio donde se ubica la captación.

El DANE, entre los indicadores de pobreza que calcula con los datos del censo de nuestro país, resalta la utilidad del índice de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI).

Este indicador se calcula con base en los siguientes indicadores simples:

- Viviendas inadecuadas:

Considera las características físicas de las viviendas que son no apropiadas para el alojamiento humano.

- Viviendas con hacinamiento crítico:

Este indicador busca captar los niveles críticos de la ocupación de los recursos de la vivienda por el grupo que la habita. Se considera que hay hacinamiento en las viviendas si hay más de tres personas por cuarto.

- Viviendas con servicios inadecuados:

Este indicador expresa de forma directa la inexistencia de servicios públicos y sanitarios adecuados.

- Viviendas con alta dependencia económica:

Es un indicador indirecto de los niveles de ingreso. Se discriminan las viviendas en las cuales hay más de tres personas por cada integrante de la familia empleado y se considera que el jefe del núcleo familiar hubiera aprobado como máximo dos años de educación primaria.

- Viviendas con niños en edad escolar que no asisten a la escuela:

Mide la satisfacción de las necesidades educativas mínimas para la población infantil.

Dado que cada uno de los indicadores simples se refiere a necesidades básicas de diferente tipo, a partir de ellos se define un índice, NBI, que clasifica como pobre, o con NBI, a aquella vivienda que estuviera al menos en una de las situaciones de carencia expresada por los indicadores simples (DANE, 1987).

En el caso de la cuenca de la quebrada Doña María se cuenta con los valores de NBI correspondientes al censo del DANE de 1993 (los datos del censo del 2006 no han sido publicados), para los cuales se hace la aplicación.

De igual forma se considera que las condiciones de vida de las personas que usan el recurso hídrico directo de las fuentes no está representado por los valores del DANE, dado que estos no discriminan el NBI entre personas asentadas en zonas urbanas y rurales (se trabaja valor medio del índice), el cual para Medellín debe estar muy afectado por los desarrollados asentamientos urbanos que existen actualmente; es claro que la mayoría de personas que toman agua directamente de un cauce es porque no cuentan con servicio de acueducto y, a diferencia de las industrias, tienen condiciones de vida baja.

La cuenca de la quebrada Doña María tiene asentamientos rurales de los municipios de Medellín, La Estrella e Itagüí. A partir de la información de la encuesta levantada se decidió calcular el NBI para los habitantes de cada municipio en la cuenca, y así evaluar la sensibilidad de la tasa a este parámetro, además de evaluar que tan efectiva es la ponderación de la tasa desde el punto de vista socioeconómico con los datos de NBI que reporta el DANE a escala municipal.

La información usada y la metodología aplicada para definir el NBI en la cuenca se presenta a continuación.

- Viviendas con servicios inadecuados:

De la información que se obtuvo con la encuesta se registró para cada usuario la existencia de los servicios públicos correspondientes a Acueducto, Alcantarillado, Energía, Teléfono y Recolección de Basuras. Para este análisis se considera que el servicio telefónico no es un servicio prioritario. A partir de esta información se catalogó que los servicios eran inadecuados si no se contaba con mínimo 3 de los 4 mencionados, se consideró que si la persona contaba con captación de agua directa de la fuente se daba por hecho que contaba con acueducto (disponibilidad de agua).

- Viviendas con hacinamiento crítico:

Con el número de habitantes por vivienda se calculó este parámetro considerando como hacinamiento crítico cuando hay más de 5 personas en una vivienda (habitantes/vivienda < 0.20), lo que representa una alta densidad.

- Vivienda con alta dependencia económica:

En la encuesta realizada para la cuenca se contaba con la información de la actividad desarrollada por cada uno de los habitantes de la vivienda y de su escolaridad (este dato no es uno a uno con la actividad). Para analizar el aspecto de empleo (indicador indirecto de ingresos) se calculó el número de personas empleadas (se consideró a la persona pensionada como empleada ya que aporta ingresos a la familia) por número de habitantes de la vivienda y se consideró que si este factor era menor de 0.33 (mas de tres personas sin empleo por una empleada en la cada vivienda) existía déficit económico. Para analizar las condiciones de escolaridad se comparó el número de habitantes de la vivienda con escolaridad superior a la primaria respecto al número de empleados de la vivienda. Si el número de habitantes con esta escolaridad era mayor o igual que el número de empleados se consideraba que no había problemas de escolaridad del jefe de familia. Dado que en este caso se consideran dos aspectos de los habitantes, si se tiene deficiencia en uno de los dos aspectos analizados, se considera que hay alta dependencia económica en la vivienda.

Con respecto a los indicadores de vivienda inadecuada y viviendas con niños en edad escolar que no asisten a la escuela, no se pudo realizar ningún cálculo, ya que no existía información suficiente. De lo anterior se tiene que la metodología aplicada para el cálculo del NBI en la cuenca de la quebrada Doña María, es apropiada para el análisis propuesto, dado que siempre se intentó trabajar con las condiciones más optimistas con el fin de subestimar el índice y estar mas cerca de los resultados medios municipales del DANE.

Finalmente para cada vivienda se calculo el NBI (considerando solo 3 indicadores, lo cual puede subestimar el resultado) y se obtuvieron los valores presentados en la Tabla 6.1.

Tabla 6.1. Necesidades Básicas Insatisfechas

Municipio	NBI DANE (%)	NBI Calculado (%)
Medellín	16,08	59,62
Itagüi	12,30	62,50
La Estrella	18,58	54,11

Observando los resultados que se presentan en la Tabla 6.1 se puede concluir que el coeficiente socioeconómico no representa las condiciones socioeconómicas de los usuarios del agua en la cuenca. El NBI calculado es entre 3 y 5 veces el NBI reportado por el DANE, lo cual disminuiría el coeficiente de escasez y se reflejaría en un importante porcentaje del Factor Regional. Con estos resultados queda la expectativa sobre que tan justa puede ser la tarifa para los usuarios si la medida de sus necesidades económicas no es evidenciada por el coeficiente socioeconómico planteado.

6.2.2.2.3 Coeficiente de escasez (C_e)

Este coeficiente se calcula de forma distinta para aguas superficiales y para aguas subterráneas y depende del índice de escasez de ambos recursos, relación porcentual entre la oferta y la demanda del agua.

El índice de escasez es un valor que pretende medir las condiciones de escasez del recurso en una escala espacial dada. Para calcular este valor se requiere un trabajo hidrológico para el cálculo del volumen de agua aprovechable y un trabajo económico, sociocultural y técnico para la definición de la demanda actual de agua y definir las proyecciones de cómo esto variará en el futuro. Es por esto que se considera que el

coeficiente de escasez es el que más problemas de definición tiene, ya que se requiere de información detallada y personal muy capacitado para su definición, pues este es el que realmente definirá cual es la posibilidad de que los usuarios cuenten con abastecimiento de agua y la TUA les garantice esto por mucho tiempo. Además el recurso hídrico es uno solo por lo que los índices deberían estar relacionados, dado que el uso eficiente de uno de los recursos puede evitar la escasez del otro.

6.2.2.2.3.1 Índice de escasez de agua superficial

El índice de escasez de agua superficial se define a partir de la Resolución 0865 de 2004:

$$(6-1) \quad I_{ES} = \frac{D}{O_n} * F_r * 100$$

Donde:

I_{ES} : Índice de escasez [%]

D : Demanda de agua [m³]

O_n : Oferta Hídrica Superficial Neta [m³].

F_r : Factor de reducción por calidad y caudal ecológico.

Se encuentra una inconsistencia entre lo expresado en el documento con respecto al índice de escasez y la fórmula que define el índice (Ecuación (6-1)).

Dentro del documento el índice de escasez es la relación porcentual entre la demanda actual de agua y la oferta hídrica neta disponible. Esta oferta es la correspondiente a la natural o total reducida por el factor de calidad y caudal ecológico (Resolución 0865 de 2004).

Analizando la ecuación (6-1) se observa que el índice está mal definido matemáticamente. En la fórmula O_n corresponde a la **oferta hídrica superficial neta** (lo cual implica oferta ya reducida); se observa que el índice de escasez se reduce por un factor F_r correspondiente a calidad y caudal ecológico, lo cual se reflejaría en una reducción del

índice y no en su maximización como es el objetivo. Se considera que según lo analizado en la resolución la formulación correcta es:

$$(6-2) \quad I_{ES} = \frac{D}{O * (1 - F_r)} * 100$$

Donde:

O_n : Oferta Hídrica Superficial Total [m^3].

En este trabajo se hace caso omiso a la fórmula planteada en la resolución y se aplica la ecuación (6-2), correspondiente a la teoría explicada a lo largo de esta.

♦ Demanda de agua

Para el cálculo de la demanda actual de agua, en la cuenca de la quebrada Doña María, se utilizó una metodología en función de la cantidad de información primaria obtenida (censo realizado) y secundaria disponible (expedientes, censo agropecuario e información de los POT).

En general, la demanda se puede cuantificar como un producto entre dos cantidades: la primera representa una medida del tamaño de una cierta población o actividad que requiere agua (p. e. la población de una vereda, el número de animales en una finca ganadera, el área de un cultivo, el número de productos industriales fabricados, etc.), y la segunda es una dotación o índice de consumo asociado al uso del agua que representa esa población o actividad (Unalmed, 2006).

Para el cálculo de la demanda una de las variables más importantes es definir la cantidad de personas que demandan el recurso y el uso que estas le dan. Para esto se trabajan con los censos poblacionales del DANE y la información que existe en los municipios, juntas de acción comunal e información secundaria confiable. En este caso se realizó el censo predial en el cual se pudo tener mayor información de la población que habita la cuenca y los usos del agua en los predios.

Se revisaron los expedientes en los cuales se reportaban caudales concesionados y su uso, lo cual se cruzó con la información levantada en campo de las captaciones (obras

físicas) existentes en la cuenca y el censo. El cruce de información se hace completamente necesario para identificar los usuarios legalizados y los no legalizados, ya que ambos son demandantes del recurso. La clasificación de los usos del agua trabajados fue la definida en el artículo 41 del decreto 1541 de 197; pero en el caso de la aplicación de la TUA solo se trabaja con uso doméstico (Incluye la utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural, y la utilización para necesidades domésticas individuales) y otro uso (se tienen en cuenta el resto de usos del recurso).

Definida la población y el uso del agua se asigna la dotación o módulo de consumo (UPB, 2000) y se obtiene finalmente la demanda total del recurso, discriminada por uso.

◆ Oferta hídrica superficial neta

Para el cálculo de la oferta hídrica natural la resolución 0865 de 2004 plantea que: “Cuando existe información histórica confiable de los caudales con series extensas, el caudal medio anual del río es la oferta hídrica de esa cuenca”. En el caso de la quebrada Doña María no se cuentan con registros históricos de caudal, por lo que se podría decir que el caudal medio no representa la oferta hídrica de la cuenca.

Es claro que evaluar la disponibilidad y escasez del recurso hídrico para su manejo y administración requiere considerar las condiciones más críticas de este, las cuales corresponden claramente a los caudales mínimos.

La aplicabilidad de los tres métodos planteados en la resolución se analiza a continuación.

- Balance hídrico: permite estimar la oferta hídrica media anual para cuencas hidrográficas con un registro de las variables climatológicas e hidrológicas mayor de 10 años. Se aplica en cuencas instrumentadas y con un área de drenaje mayor (más de 250 km²). Como ya se mencionó la cuenca de la quebrada Doña María tiene un área de 75,17 km² y no esta instrumentada, por lo cual no es aplicable este método.

- Caudal medio puntual en las corrientes de interés: Se aplica cuando se tengan series cortas de registros de caudal, no confiables (series anuales menores de dos años). La cuenca no cuenta con registros históricos de caudal.
- Relación lluvia escorrentía: Aplicable en cuencas con áreas de drenaje inferiores a 250 km², no instrumentadas. De los tres métodos presentados este es el que se puede aplicar en la cuenca de la Doña María. La resolución presenta el modelo lluvia – escorrentía desarrollado por el Servicio de Conservación de Suelos de Estados Unidos (Soil Conservation Service - SCS) el cual esta diseñado para el cálculo de las abstracciones iniciales de una tormenta orientado al cálculo de eventos extremos, lo que no representa de ninguna forma las condiciones de disponibilidad mínimas del recurso.

Dado lo anterior, en este trabajó se realiza el cálculo de la oferta natural del recurso como los caudales mínimos en la cuenca para un periodo de retorno dado. Para tal fin se utilizó un modelo lluvia escorrentía desarrollado Vélez (2001), el cual estima caudales mínimos en una cuenca con información escasa.

Uno de los métodos que se han venido implementando en los últimos años para la estimación de caudales mínimos en cuencas con información escasa, es el modelo de tanques, el cual reproduce valores de escorrentía superficial directa a una resolución temporal diaria en un lapso de tiempo dado por los periodos de precipitación que se tengan en la cuenca. (Vélez., 2001). Dentro del cálculo de la oferta no se tuvo en cuenta el flujo de retorno en la cuenca, lo cual genera aumento en cantidad del recurso.

La importancia de la aplicación del modelo de tanques es que permite simular series de caudales en cualquier punto de la cuenca (permite obtener variación espacial, mapa, de los caudales mínimos en la cuenca), a partir de las cuales, se pueden calcular caudales mínimos asociados a diferentes periodos de retorno.

En el modelo empleado para la simulación de caudales, la producción de escorrentía se basa en el balance hídrico en la cuenca, asumiendo que el agua se distribuye en cuatro tanques o niveles de almacenamiento conectados entre sí, como puede observarse en la Figura 6.1.

En cada intervalo de tiempo, la precipitación X_1 , se distribuye a los distintos almacenamientos, donde en función del volumen almacenado en cada uno de ellos H_i , se determina su contribución a la esorrentía Y_i . El modelo realiza el balance de agua en cada tanque y actualiza los volúmenes almacenados en cada uno.

La cantidad de agua que se deriva en cada nodo D_i y la que continua hacia los niveles inferiores X_i por el conducto distribuidor depende de la cantidad de agua disponible, el estado del almacenamiento del tanque y de la capacidad del conducto distribuidor aguas abajo del nodo, la cual se puede relacionar con la conductividad hidráulica en el subsuelo.

La descarga Y_i en cada uno de los tanques está en función del volumen almacenado y de las características de la cuenca que se pueden asociar con el tiempo de permanencia del agua en un elemento de almacenamiento temporal.

Simuladas las series de caudales para la cuenca se obtiene la serie de caudales mínimos mensuales y la serie anual, para hacer un análisis de frecuencia y obtener los caudales mínimos de la cuenca para diferentes periodos de retorno. En el caso de la oferta hídrica superficial neta de la cuenca de la quebrada Doña María se toma un caudal con periodo de retorno de 10 años, según lo propuesto por la Universidad Nacional de Colombia (2004).

- ◆ Factor de reducción por calidad y caudal ecológico

Para la estimación del caudal ecológico se empleó la metodología propuesta en la Resolución 0865 de 2004 la cual cita el Estudio Nacional de Aguas (IDEAM, 2000). Esta permite estimar el caudal ecológico de una corriente, como el 25% del caudal mensual multianual más bajo de la corriente.

El factor de reducción por calidad será el 25 %, tal y como lo propone la Resolución 0865 de 2004.

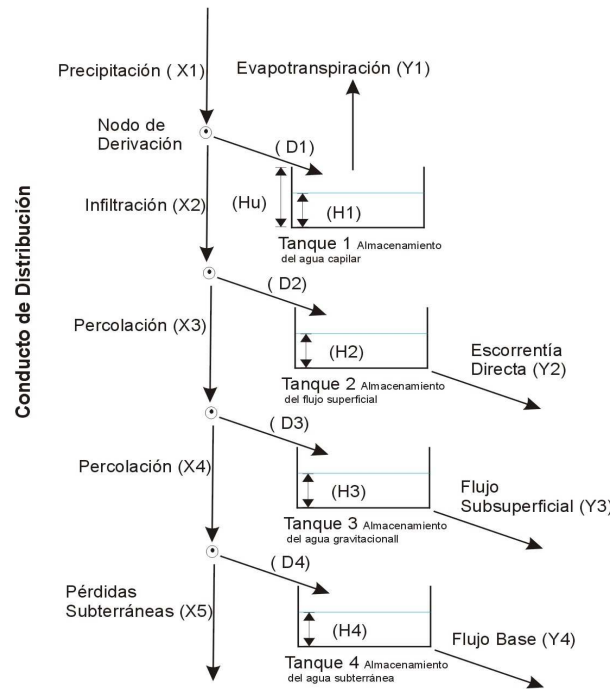


Figura 6.1. Esquema general del modelo de tanques

6.2.2.2.3.2 Índice de escasez de agua Subterránea

Para las aguas subterráneas, el índice de escasez se define como:

$$(6-3) \quad I_{EG} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_c}{Q_e}$$

Donde:

$\sum_{i=1}^n Q_c$: es la sumatoria de los caudales captados en el acuífero

Q_e : es el caudal del recurso hídrico que es explotable del acuífero

I_{EG} : corresponde al índice de escasez para aguas subterráneas.

Haciendo análisis de la expresión y definiendo claramente el caudal explotable en el acuífero de tal forma que no haya afectación del mismo en el sistema subterráneo a largo plazo, se recomienda que este sea un porcentaje de la recarga. Para el cálculo de los caudales captados se tienen dos opciones, una con el reporte de las medidas volumétricas en cada captación, en caso de no existir estas, se definirá una metodología para su cálculo aproximado con la información obtenida de la encuesta.

En este caso el índice de escasez no tiene en cuenta de ninguna forma la calidad del agua subterránea, factor que puede llegar a ser limitante inmediata para el uso de tal recurso.

6.2.2.2.3.2.1 Caudal explotable - Oferta

Los recursos explotables representan el volumen de agua, expresado en forma de caudal que se puede captar de un acuífero a largo plazo, sin causar alteraciones indeseables en el régimen de aguas subterráneas, teniendo en cuenta condiciones técnicas y económicas (Ibid). En general, los recursos explotables no deben exceder la recarga asegurada del acuífero, o sea los recursos disponibles (IDEAM, 2005).

El estudio de las aguas subterráneas esta orientado a la definición espacial y temporal de la recarga, lo cual es primordial para el manejo adecuado y sostenible del recurso e igualmente para el modelamiento. La recarga de agua subterránea se define como la entrada de agua dentro de la zona saturada, donde comienza a hacer parte de las reservas subterráneas de agua (Bradbury et al., 2000; Balek, 1988; Scanlon et al., 2002; De Vries y Simmers, 2002).

La recarga de un acuífero puede darse naturalmente debido a la precipitación, a las aguas superficiales, es decir, a través de ríos y lagos, o por medio de transferencias desde otras unidades hidrogeológicas o acuíferos; pero también puede darse de manera artificial producto de actividades como la irrigación, fugas de redes de abastecimiento o por infiltraciones de embalses y depósitos (Balek, 1988; Custodio, 1997; Simmers, 1990; Lerner, 1990; Samper, 1997). En general la recarga por lluvia es la más importante, mientras que la recarga producida por ríos y lagos es importante en climas poco lluviosos y la debida a fugas en redes de abastecimiento es de gran importancia en zonas urbanas.

Según la Resolución 0872 de 2006 para la estimación de la recarga por precipitación en la cuenca se puede usar el balance hídrico, el cual es uno de los más utilizados. El balance hídrico consiste en la aplicación del principio de conservación de masa en una zona de volumen conocido, con condiciones de frontera claras y un periodo de tiempo dado.

La ecuación hidrológica del balance es una representación cuantitativa de la evolución del ciclo hidrológico, la cual se expresa como:

$$(6-4) \quad \textit{Flujo}_{\textit{que}_{\textit{entra}}} = \textit{Flujo}_{\textit{que}_{\textit{sale}}} \pm \textit{Cambio}_{\textit{en}_{\textit{el}_{\textit{almacenamiento}}}}$$

Esta ecuación puede ser aplicada a sistemas de cualquier tamaño, y es dependiente del tiempo, es decir, los elementos del flujo que entran al sistema en estudio deben ser medidos sobre el mismo período de tiempo que los del flujo de salida.

Las entradas incluyen la precipitación, el flujo superficial que entra hacia el sistema, incluyendo el flujo de los arroyos y la escorrentía superficial, el flujo subterráneo que viene de los acuíferos ubicados fuera del área de estudio y la importación artificial de agua a través de tuberías y canales.

Las salidas o el flujo que sale del sistema incluye la evapotranspiración del agua presente en el suelo, la evapotranspiración de agua superficial, la escorrentía superficial, el flujo subterráneo que sale del sistema y la exportación artificial de agua a través de tuberías y canales.

El cambio en el almacenamiento constituye la diferencia entre la cantidad de agua almacenada al final del período y la cantidad de agua almacenada al inicio de él dentro del sistema. Los cambios en el almacenamiento, los cuales son necesarios para el balance, incluyen cambios de volumen en el agua superficial de arroyos, ríos, lagos y charcos, cambios en la humedad del suelo en la zona vadosa e incluye las variaciones en el almacenamiento en depresiones temporales así como los cambios en el agua interceptada por la vegetación y en la cantidad de agua ubicada por debajo del nivel freático.

Dada la ausencia de información en la zona de estudio y la no existencia de modelamiento del acuífero en la zona se aplicará un modelo de balance hídrico, para la

estimación de la recarga potencial, apoyado en la metodología presentado por Bradbury et al. (2000) e implementado por Salazar y Vélez (2006).

6.2.2.2.3.2 Caudal captado - Demanda

La definición del caudal captado se relaciona con la demanda de uso del agua subterránea.

Para la aplicación de esta metodología se tienen dos escenarios:

- El punto de captación cuenta con medidor volumétrico de la extracción: en este caso se diligenciarán formatos mensuales en los cuales se reporten los volúmenes captados en el periodo de tiempo.
- El punto de captación no cuenta con medidor volumétrico: Para este caso será necesario hacer cálculos aproximados de la extracción. Para este fin se tendrán datos de la bomba, del sistema de extracción, tiempo de funcionamiento día, caudal potencial de extracción. A partir de tal información anterior se obtendrá el volumen captado en cada punto.

6.3 RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados de la aplicación de la metodología presentada en este capítulo para la aplicación de la Tasa por Uso del Agua.

6.3.1 Tarifa Mínima

Para el cálculo de la Tarifa Mínima es necesario conocer los valores del IPC (Índice de Precios al Consumidor), los valores reportados son los dados por el DANE (Tabla 6.2).

Tabla 6.2. IPC y Tarifa Mínima

Año (t)	IPC_{t-1} (%)	TM (\$/m³)
2004	-----	0,50
2005	5,50	0,53
2006	4,85	0,55

6.3.2 Factor Regional

Este factor depende del coeficiente de inversión, coeficiente socioeconómico y coeficiente de escasez.

En la quebrada Doña María, dado que no tiene Plan de Ordenamiento y Manejo se llega a que el coeficiente de inversión es cero.

El coeficiente socioeconómico se debe diferenciar de acuerdo al uso del agua (doméstico y otro uso o no doméstico) y al municipio en el que esta ubicado el usuario (Medellín, Itagüi o La Estrella), para esta aplicación se trabajó con el NBI que reporta el DANE según el censo de 1993 y el NBI calculado según la información del censo predial realizado (Tabla 6.3 y Tabla 6.4).

Tabla 6.3. Coeficiente socioeconómico con datos DANE 1993

Municipio	NBI (%)	C _s	
		Uso Domestico	Uso No Domestico
Medellín	16,08	0,84	1,00
Itagüi	12,30	0,88	1,00
La Estrella	18,58	0,81	1,00

Tabla 6.4. Coeficiente socioeconómico con NBI calculado

Municipio	NBI (%)	C _s	
		Uso Domestico	Uso No Domestico
Medellín	59,62	0,40	1,00
Itagüi	62,50	0,38	1,00
La Estrella	54,11	0,46	1,00

Según la estructura de la TUA el coeficiente que mide las condiciones de necesidad social del recurso es el coeficiente de escasez, el cual se basa en el índice de necesidades básicas insatisfechas que como se muestra en la Tabla 6.3 y Tabla 6.4, tiene problemas significativos en la escala de trabajo, dado que estos son reportados para el DANE a nivel municipal lo que enmascara las condiciones de ciertos poblados, en especial los más necesitados económicamente. El NBI calculado con datos de la cuenca genera un valor del C_s correspondiente aproximadamente al 50% del calculado con el NBI del DANE, lo cual representa un cambio probable en el rango de valores del FR y el valor de la TUA según lo presentado en la Tabla 6.5.

Tabla 6.5. Cambio potencial de rango de FR y TUA según NBI usado

RECURSO	CONCEPTO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
Agua Superficial	FR (NBI calculado)	1	4
	TUA (\$/m ³)	0,5	2,0
	FR (NBI DANE)	1	7
	TUA (\$/m ³)	0,5	3,5
Agua Subterránea	FR (NBI calculado)	1	6,5
	TUA (\$/m ³)	0,5	3,25
	FR (NBI DANE)	1	12
	TUA (\$/m ³)	0,5	6,0

Puede observarse entonces que la Tasa por Uso del Agua es muy sensible a la variación del C_s , dado que este escala el resto de condiciones particulares de la cuenca (C_k y C_E). En la TUA los cambios presentados en el C_s representan incrementos entre 43 y 46 %, para el uso doméstico.

Para el coeficiente de escasez de aguas superficiales se tienen los siguientes datos para el cálculo del índice de escasez (Tabla 6.6).

Tabla 6.6. Índice de Escasez Aguas Superficiales

Parámetro	Aguas Superficiales
Oferta natural (l/s)	776,93
Demanda Total (l/s)	1401,11
Caudal Ecológico (l/s)	496,17
Factor Reducción Caudal Ecológico	0,64
Factor Reducción Calidad	0,25
I_e (%)	1242
C_e	5,00

En el caso de las aguas superficiales se tiene una escasez Alta, teniendo en cuenta la clasificación realizada en la resolución 0865 de 2004.

Para el coeficiente de escasez de aguas subterráneas se tienen los siguientes datos para el cálculo del índice de escasez (Tabla 6.7).

Tabla 6.7. Índice de Escasez Aguas Subterráneas

Parámetro	Aguas Subterráneas
Recarga (l/s)	194,60
% de Recarga	25
Oferta natural (l/s)	48,70
Demanda Total (l/s)	14,93
I_e (%)	30,7
C_e	3,23

En el caso del agua subterránea la escasez es media alta.

Dadas las anteriores condiciones se obtienen los siguientes factores regionales (Tabla 6.8 y Tabla 6.9)

Tabla 6.8. Factores Regionales quebrada Doña María (NBI DANE, 1993)

Municipio	FR	
	Aguas Superficiales	Aguas Subterráneas
Medellín	5,20	3,71
Itagüi	5,39	3,83
La Estrella	5,07	3,63
Uso No Doméstico	6,00	4,23

Tabla 6.9. Factores Regionales quebrada Doña María (NBI calculado)

Municipio	FR	
	Aguas Superficiales	Aguas Subterráneas
Medellín	3,02	2,30
Itagüi	2,88	2,21
La Estrella	3,29	2,48
Uso No Doméstico	6,00	4,23

Los cambios en el FR usando los diferentes índices representan incrementos del 35, 42 y 47 % para las aguas superficiales y del 32, 38 y 42 % de las aguas subterráneas, para el municipio de La Estrella, Medellín e Itagüi respectivamente.

En la (Tabla 6.10 y Tabla 6.11) se presentan los valores de la TUA para el 2005 y 2006.

Tabla 6.10. Valores de la TUA (NBI DANE, 1993)

Municipio	TUA (\$/m ³)			
	Aguas Superficiales		Aguas Subterráneas	
	2005	2006	2005	2006
Medellín	2,75	2,86	1,97	2,04
Itagüi	2,85	2,96	2,03	2,11
La Estrella	2,69	2,79	1,92	2,00
Uso No Doméstico	3,18	3,30	2,24	2,33

Tabla 6.11. Valores de la TUA (NBI calculado)

Municipio	TUA (\$/m ³)			
	Aguas Superficiales		Aguas Subterráneas	
	2005	2006	2005	2006
Medellín	1,60	1,66	1,22	1,27
Itagüi	1,53	1,58	1,17	1,22
La Estrella	1,74	1,81	1,31	1,36
Uso No Doméstico	3,18	3,30	2,24	2,33

En cuanto a los cambios en la TUA se tienen incrementos entre el 32 y 46 % para el año 2005 y 2006, en el caso del uso doméstico del agua, con respecto a los valores obtenidos con el NBI del DANE.

Realizando un análisis del valor del m³ de agua cobrado por la TUA (1,81 \$/m³ la más alta para uso domésticos y 3,30 \$/m³ para uso no doméstico) y el que comercialmente se paga con una entidad prestadora de servicios públicos (958,8 \$/m³) se concluye de inmediato que el instrumento económico no cumple la función de uso eficiente especialmente en la actividad industrial, ya que la tasa no representa ni el 1% de la tarifa comercial del agua.

6.4 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD ESPACIAL DEL DECRETO

Según el Decreto 155 de 2004 y la Resolución 0865 de 2004, el cálculo del Índice de Escasez debe hacerse para la Unidad Hidrológica de Análisis, que en este caso corresponde a la cuenca de la quebrada Doña María, lo cual indica que los datos de oferta, demanda y caudal ecológico son los encontrados en el punto de salida de la cuenca, es decir en su desembocadura al río Medellín.

En las condiciones de aplicación del decreto se tiene un I_{ES} de 1242% (aplicando la ecuación 6-2), lo que refleja una alta demanda sobre el recurso hídrico superficial de la cuenca y la hace considerar como una zona de escasez ALTA. Haciendo un análisis sobre este resultado se encuentra que en la cuenca hay dos concesiones que suman el 84 % de la demanda total en la cuenca. La magnitud del índice de escasez hace que el coeficiente de escasez sea máximo, C_E = 5.00, lo cual haría crecer el factor regional, lo cual aumentaría el monto a pagar por el agua de los usuarios.

Si se considera un análisis equitativo del cobro de la TUA a usuarios con consumos menores para fines domésticos, se llegaría a la conclusión de que la tasa esta siendo amplificada por los grandes consumidores de la cuenca, que en este caso corresponden a usuarios industriales. Para verificar tal condición se realizó el ejercicio de cálculo del índice de escasez para cada captación sobre la cuenca, considerando la oferta y demanda en cada punto, lo cual se logró generando mapas de oferta y demanda (Figura 6.2).

Analizando los resultados obtenidos se puede concluir que el 74% de las captaciones presentan escasez de mínima a insignificante, el 8% escasez media y solo el 18% escasez entre medio alta a alta, lo que es un estado completamente distinto a trabajar todas las captaciones con escasez alta. El total de captaciones es de 333.

Tabla 6.12. Condiciones de escasez de los puntos de captación.

Condición de Escasez	Numero de captaciones
Escasez Alta	31
Escasez Medio Alta	30
Escasez Media	27
Escasez mínima	79
Escasez insignificante	166

Las condiciones críticas de escasez se presentan aguas debajo de grandes usuarios, como por ejemplo los que tienen concesiones para uso industrial y acueductos.

Esta es una de las señales que lleva a cuestionar la escala de trabajo de los parámetros requeridos para el cálculo de la TUA, ya que si hay que trabajar bajo principios de equidad e igualdad en el trato y cobro, el instrumento económico que se está aplicando no lo considera.

Este análisis se considera como una base fundamental para la implementación de campañas de Asociaciones de Usuarios, ya que así puede controlarse la escasez en las diferentes zonas de la cuenca.

Además el análisis de la escala espacial del índice de escasez y del NBI muestra que la TUA es ineficiente espacialmente, lo cual corrobora lo planteado inicialmente en las dificultades de definición de la Unidad Hidrológica de Análisis.

6.5 ANÁLISIS DEL DECRETO 155 DE 2004 CON CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE POLÍTICAS AMBIENTALES EN LA CUENCA DE LA QUEBRADA DOÑA MARÍA

En la legislación estudiada en el capítulo 3 se define que el uso de los recaudos de la TUA es para la protección y recuperación del recurso hídrico según el Plan de Ordenamiento y Manejo de la cuenca (decreto 2811 de 1974 – artículo 43 de la Ley 99 de 1993).

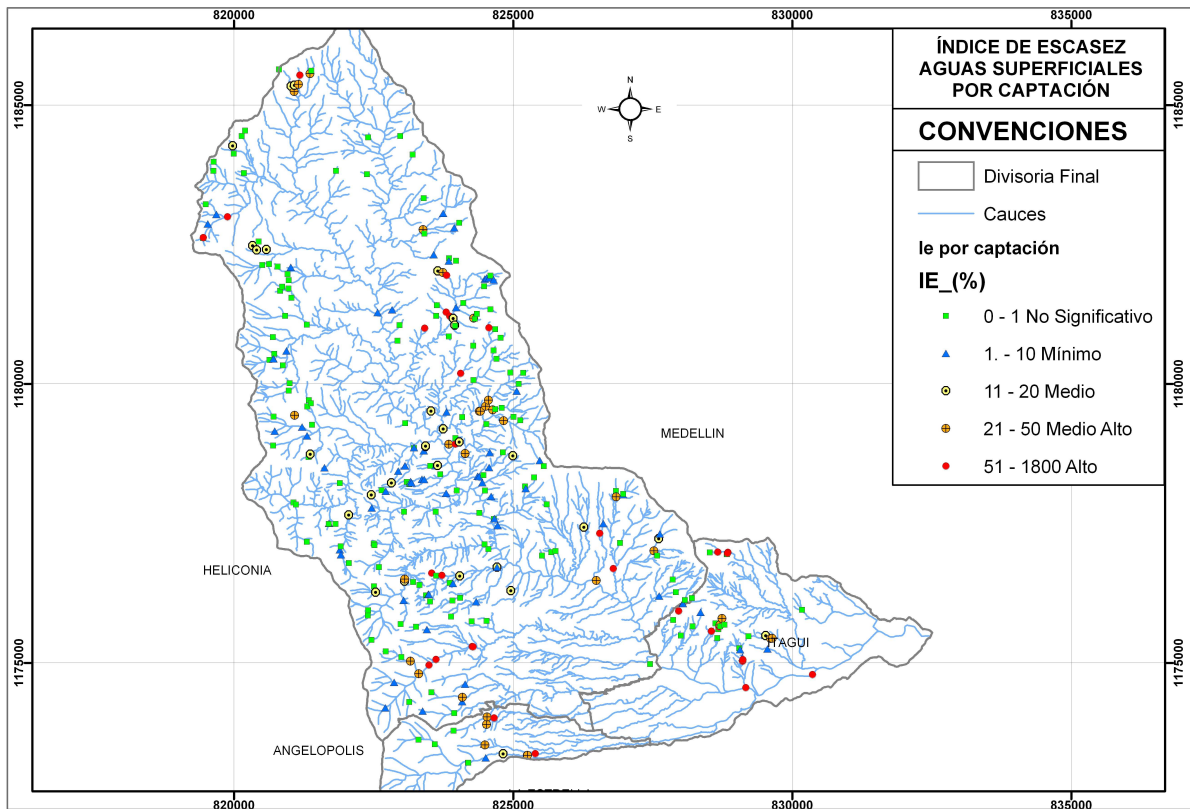


Figura 6.2. Índice de escasez de aguas superficiales por captación.

Tomando en cuenta lo anterior, se podría pensar que la tasa por utilización de aguas, estaría diseñada con el objetivo de generar recursos económicos para la gestión ambiental, específicamente del agua (García, 2006). A partir de esta premisa se puede hacer un análisis económico de los recursos que genera la tasa y como aportan a la gestión del recurso dentro del AMVA y CORANTIOQUIA para el caso de la cuenca de la quebrada Doña María. Es importante resaltar que para cada entidad se hará un análisis separado teniendo en cuenta las concesiones a las que se les hará el cobro en su jurisdicción.

Para este análisis se considera que la TUA es un instrumento económico en Colombia y hace parte de su política ambiental. Los criterios económicos que se usarán para la evaluación son: Eficiencia y Costo- Efectividad (García, 2006).

6.5.1 Eficiencia

En este caso la eficiencia de la TUA se evaluará teniendo en cuenta el indicador costo – beneficio (relación entre beneficios y costos) de la misma; se considera que la TUA es efectiva si los beneficios totales de su aplicación superan los costos totales de implementación, de tal forma que se obtienen beneficios netos.

Para tal fin se tomaran como beneficios totales los dineros recaudados en el cobro de la TUA por ambas entidades, siendo para cada una el análisis independiente, y los costos totales como los que la entidad tiene que asumir para la aplicación de la tasa (no se tiene en cuenta los costos de implementación de esta). Se analizará para un trimestre del año 2006, lo cual se considera como la cuarta parte de la facturación total anual. Es importante resaltar que para el ejercicio de los beneficios totales se trabajó con la tarifa más alta para uso doméstico y otro uso de los tres municipios.

6.5.1.1 Beneficios Totales

Para el cálculo de los beneficios totales se trabajó con la facturación para todo un año de las captaciones con concesiones legalizadas en cada una de las corporaciones. Para el caso de CORANTIOQUIA se tienen 58 concesiones y para el AMVA 2. Solo se consideraron concesiones de agua superficial.

El facturado para un trimestre del año 2006 es de \$1'229.190.00 para CORANTIOQUIA y de \$17'241.492.00 para el AMVA.

Se resalta que en el caso de CORANTIOQUIA se sabe que para la cuenca de la quebrada La Sopetrana la entidad no envía facturas menores de \$26.000.00, lo cual no se consideró en este caso. Si se consideraran las 273 captaciones identificadas en campo en la jurisdicción de CORANTIOQUIA que no están legalizadas los beneficios totales en este caso serían \$ 18'426.577.00.

6.5.1.2 Costos Totales

La puesta en marcha del cobro de la TUA genera para las entidades ambientales unos costos tales como el personal requerido para la ejecución del proyecto, envío de reportes (envío de formularios para que el usuario reporte caudales captados y vertidos según la libertad que les da la ley; este gasto es opcional), la fabricación de la factura y el envío de las facturas. Usando un servicio de envío urbano, se tiene que cada uno esta en aproximadamente \$3.000.00, lo cual genera 2 envíos por usuario en el trimestre.

En cuanto al personal que se requiere para el cobro de la TUA se tiene que trimestralmente como mínimo se requieren 2 funcionarios 1 mes tiempo completo para alimentar el sistema de cálculo de la TUA, bajar los reportes, tomar decisiones técnicas requeridas, hacer justificaciones de las facturas. Además se requiere 1 funcionario en la parte de facturación de la unidad de Tasas por Uso del Agua, para facturación, recaudo y cartera, con tiempo completo 15 días del trimestre.

Se consideran acá los costos de impresión de las facturas, se supone un costo de \$500.00 factura.

A continuación se presentan los cálculos de los costos totales por entidad ().

Tabla 6.13. Costos totales de cobro de la TUA de CORANTIOQUIA en la cuenca de la quebrada Doña María

CONCEPTO	UNIDAD	Nº	Valor Unitario	Valor total
Envío reporte	1 envío reporte	58	\$3.000	\$174.000
Personal	Horas/mes	420	\$15.000	\$6'300.000
Impresión Facturas	1 factura	58	\$500	\$29.000
Envío Factura	1 envío factura	58	\$3.000	\$174.000
TOTAL				\$6'677.000

Tabla 6.14. Costos totales de cobro de la TUA de AMVA en la cuenca de la quebrada Doña María

CONCEPTO	UNIDAD	Nº	Valor Unitario	Valor total
Envío reporte	1 envío reporte	3	\$3.000	\$6.000
Personal	Horas/mes	420	\$15.000	\$6'300.000
Impresión Facturas	1 factura	2	\$500	\$1.000
Envío Factura	1 envío factura	2	\$3.000	\$6.000
TOTAL				\$6'313.000

6.5.1.3 Cálculo de la eficiencia

De acuerdo a lo anteriormente calculado se presenta la eficiencia en la

Tabla 6.15. Eficiencia

ENTIDAD	BENEFICIOS TOTALES (\$)	COSTOS TOTALES (\$)	EFICIENCIA
CORANTIOQUIA	\$1'229.190	\$6'677.000	-\$5'447.810
AMVA	\$17'241.492	\$6'313.000	\$10'928.492

Considerando la eficiencia como los beneficios mayores que los costos, tendríamos que para el caso del AMVA el instrumento económico, TUA, es eficiente, pero en el caso del CORANTIOQUIA es absolutamente ineficiente y le genera pérdidas trimestrales.

Calculando el indicador beneficio – costo se tiene que en el caso de CORANTIOQUIA es 0,2 y para el AMVA es 2,7; este indicador debe ser mayor de 1, para tener una inversión que genera ganancias.

6.5.2 Costo Efectividad

La unión de los criterios de eficacia y eficiencia genera el concepto de costo – efectividad; Se considera que hay efectividad si se logra el máximo mejoramiento ambiental del recurso o si este mejoramiento se logra al menor costo (García, 2006). En este punto se hace un análisis inicial de la eficacia de la TUA y luego el cálculo de la costo – efectividad.

6.5.2.1 Eficacia

Para hacer la evaluación de la eficacia se hace evaluación de si con el cobro de la TUA se logran los propósitos que este tiene. Según lo presentado en el decreto 155 de 2004 en su artículo 18, el dinero recaudado por el cobro de la TUA será destinado a la protección del recurso, al igual que su recuperación según el Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca (POMCA). En el decreto 1729 de 2002, se define también que estos recursos pueden ser fuente de financiación de los POMCAS.

En el caso de la cuenca de la quebrada Doña María no se cuenta con POMCA, por lo cual se analizará la eficacia del instrumento económico TUA, considerando que los recaudos financien el Plan de Manejo de la cuenca.

El costo del Plan de Ordenamiento y manejo de la cuenca, que está por ejecutarse es de aproximadamente \$550'000.000.00 y teniendo en cuenta que parte del diagnóstico se generó con el proyecto de la propuesta de reglamentación de la quebrada.

Lo total facturado trimestralmente en la cuenca es \$18'470.682.00 (valor facturado por las dos corporaciones), lo cual representa un 3.36 % de los recursos requeridos. Se requeriría facturar durante aproximadamente 7.5 años para conseguir los recursos requeridos hoy para el Plan.

7. CONCLUSIONES

La TUA se propone como un instrumento económico para la protección ambiental, ya que los servicios del recurso agua son subvalorados por la sociedad. Sin embargo, su implementación requiere una importante cantidad de información confiable, para poder establecer una correcta valoración del agua desde el punto de vista económico y técnico.

Los instrumentos económicos intentan influir en el comportamiento del usuario con el fin de dar cumplimiento a metas como lo son la disminución de la contaminación o el aumento de la eficiencia en el uso del agua. Esto último es lo que se pretende alcanzar con la implementación de la TUA. No obstante, como instrumento económico, este fin no es claro, ya que no se presentan metodologías o datos patrones para evaluar su eficiencia.

La implementación de una tasa ambiental requiere que la entidad ambiental ponga las reglas, vigile su funcionamiento y recaude los tributos, de lo contrario esta no cumplirá su fin. Dadas las condiciones de costos de las tres funciones para implementar la TUA, esta se convierte desde el principio en una carga para la entidad ambiental y no en una herramienta de gestión.

El error desde el punto de vista económico en el diseño de la TUA, es que la teoría económica considera el agua como un bien, entonces se espera que la cantidad demandada del recurso disminuya cuando el precio del bien aumenta y lo que no se evaluó fue que los precios del agua bajo concesión (que son los gravables con la TUA) son aproximadamente un 1% del precio del mismo bien obtenido a partir de una empresa prestadora de servicios públicos, sin importar su uso

La propuesta de este trabajo para el cálculo de la tarifa mínima considera el agua como un factor productivo, el cual esta asociado a un valor de la productividad de esta, esto hace que sea inversamente proporcional a su precio. Dado lo anterior se diferencia el precio según el uso y se halla un nivel que es la analogía de un impuesto de emisión. La

tarifa dependerá entonces de la función de productividad marginal de cada actividad económica, buscando un caudal máximo de explotación que considera la oferta hídrica y el caudal ecológico.

La Tasa por Uso del Agua no cumple con el fin consagrado en el artículo 43 de la Ley 99 de 1997 dado que generan pérdidas económicas a las entidades ambientales con su implementación.

Según todos los documentos analizados en las entidades ambientales sobre la TUA y su aplicación se concluye que este instrumento económico no tiene el efecto deseado en el manejo del recurso hídrico en una cuenca hidrográfica porque las señales de escasez dadas al usuario son tan bajas en precio que no hacen cambiar el comportamiento del usuario. El usuario llega a estar dispuesto a pagar, generalmente, más de lo que se le factura por TUA. Además no existen metodologías para medir su eficiencia ni hacer supervisión.

La implementación de la TUA exige a las entidades ambientales eficiencia con respecto a los procesos de legalización de las captaciones superficiales y subterráneas, que serán las únicas que podrán ser gravadas con la tasa.

Según todos los análisis hechos, a la escala espacial de la aplicación de la TUA (1:25000), se puede concluir que el Factor Regional no representa verdaderamente la integración de los factores de disponibilidad, necesidades de inversión en la cuenca y condiciones socioeconómicas de los usuarios, y mucho menos define particularidades de las regiones de aplicación de la tasa. Además, En la revisión bibliográfica realizada no se encontró ninguna justificación de tipo técnico para la estructura del factor regional y sus coeficientes.

El problema de tipo técnico más grande que tiene la TUA es el cálculo de los Índices de escasez de aguas superficiales y subterráneas, ya que las metodologías tienen problemas de claridad conceptual y de aplicabilidad en condiciones normales de información. Para su cálculo se requieren altas inversiones para obtener información de calidad adecuada que represente las condiciones de disponibilidad del recurso en una cuenca.

La metodología para el cálculo del índice de escasez de aguas superficiales no tiene en cuenta la realidad de la información de nuestro país, además de tener problemas conceptuales para la evaluación de la oferta natural de la cuenca. Otro punto relevante es que la oferta y la demanda son variables espacialmente dentro de la cuenca por lo cual un índice de escasez único para la cuenca es un valor medio no representativo de la situación de cada usuario.

La metodología del cálculo del índice de escasez de aguas subterráneas adolece de lineamientos claros para su cálculo. Uno de los problemas que presenta es la definición de la unidad hidrológica de análisis.

EL decreto 155 de 2004 es impreciso en cuanto a la calidad del recurso, lo que finalmente también afecta la disponibilidad del mismo; uno de los factores con el que la considera es el factor de oportunidad, pero este tiene dificultades de implementación según el decreto. Para tener este factor en cuenta se requiere tener implementada en la unidad hidrológica de análisis el Decreto 3100 de 2003 (tasas retributivas), de lo contrario es un factor inútil.

El Factor de oportunidad no aplica para aguas subterráneas.

El coeficiente socioeconómico tiene problemas de escala ya que para cuencas pequeñas no representa las condiciones socioeconómicas de los usuarios que pagarán por el agua. Se resalta de este coeficiente socioeconómico que es el único parámetro que tiene en cuenta el uso del agua.

La resolución 0865 de 2004 tiene errores en la formulación matemática del índice de escasez, además de incoherencias entre los conceptos de oferta hídrica superficial neta y oferta hídrica natural.

Se considera que la oferta natural de la cuenca debe ser representada por los caudales mínimos de la misma y no por condiciones medias de disponibilidad, mas aún sabiendo la incertidumbre que resulta de los cálculos hidrológicos y que el fin de estos resultados es el manejo y la administración de recurso.

Las metodologías de cálculo de la oferta natural de la cuenca presentadas en la resolución 0865 de 2004 se consideran inaplicables a los casos del 95% aproximadamente de las cuencas colombianas dado que en nuestro país muy pocas están instrumentadas. Para cuencas sin instrumentación la metodología esta diseñada para el cálculo de caudales máximos lo cual es un claro error conceptual.

Uno de los problemas de la hidrogeología que la resolución 0872 de 2006 no clarifica ni tiene en cuenta es la posible discontinuidad de los acuíferos, lo cual en un área de aplicación de la TUA puede generar inconsistencias entre la demanda y la oferta calculada. Se considera también que la recarga es variable en el espacio.

Los índices de escasez de aguas superficiales y aguas subterráneas deben ser consistentes entre ellos dado que el recurso es uno solo.

Dentro de los análisis de escala realizados se concluye que los datos de NBI municipales recomendados para usar no son representativos de las condiciones reales de la cuenca, lo cual afecta los coeficientes socioeconómicos a tal punto de duplicarlos con respecto a los calculados con información de las condiciones sociales propias de la cuenca.

Comparando la condición de escasez de la cuenca teniendo en cuenta un índice de escasez general y los índices de escasez de cada captación se concluye que lo definido en el decreto 155 de 2004, no representa las condiciones reales de la cuenca con respecto a la disponibilidad del recurso.

En el caso particular de aplicación de la TUA a la cuenca de la quebrada Doña María se encontró que para las entidades ambientales involucradas, CORANTIOQUIA y Área Metropolitana del Valle de Aburrá, esta no representa un verdadero instrumento económico.

8. REFERENCIAS

ACREMAN M.C. 2003. Environmental flow: Floods Flow. Note C3. The World Bank. Washington D.C.

ACUATELLA, J. CEPAL: División Medio Ambiente y Asentamientos Humanos. Aplicación de Instrumentos económicos en la Gestión Ambiental en América Latina y el Caribe: desafíos y factores condicionantes. Chile. 2001.

ARANGO, J. D. y ZULUAGA, C. CORANTIOQUIA, Área Jurídica. Avances Tasa Por Utilización de Aguas. 2005.

ARJONA Fabio, MOLINA Giovanni, CASTRO Luis Fernando, CASTILLO Marta, BLACK-ARBELAEZ Thomas. Desafíos Y Propuestas Para La Implementación Más Efectiva De Instrumentos Económicos En La Gestión Ambiental De América Latina Y El Caribe: El Caso De Colombia. Seminarios Y Conferencias Santiago De Chile. 2000

BRICEÑO, Sandra Carolina y ROLDAN Johny Alexander. Impacto del cobro de la tasa por uso de agua en Colanta. Universidad Nacional de Colombia. 2003.

BROWN, C.A y KING J. 2003. Environmental flow: Concepts and methods. Note C1. The World Bank. Washington D.C.

BROWN, C.A y KING J. 2003. Environmental flow: Cases Studies. Note C2. The World Bank. Washington D.C.

Centro Andino Para La Economía En El Medioambiente. CAEMA. Vol. N° 1 a 5. Enero 2001 a diciembre 2005.

CEPAL: División Medio Ambiente y Asentamientos Humanos. Desafíos y Propuestas de implementación más efectiva de instrumentos económicos en la Gestión Ambiental de América Latina y el Caribe: El Caso Colombia. Chile. 2000.

CEPAL. Instrumentos Económicos para el control de la contaminación del Agua: condiciones y casos de aplicación. 28 de diciembre de 2000, Santiago de Chile.

COBO F. (2001) Ecología fluvial y caudales ecológicos, Dpto. Biología Animal, Fac. Biología, Universidad de Santiago de Compostela

COLOMBIA. CONGRESO. Decreto Ley 2811 de 1974 por el cual se reglamenta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Santafé de Bogotá. 1993.

COLOMBIA. CONGRESO NACIONAL. Ley 373 del 6 de Junio de 1997. Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua

COLOMBIA. CONGRESO. Ley 99 de 22 de diciembre de 1993 por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente. Santa fe de Bogotá. 1993.

CORANTIOQUIA, OFICINA TERRITORIAL HEVÉXICOS. Implementación Tasa por Utilización de Agua cuenca piloto quebrada La Sopetrana. Santa fe de Antioquia. 2005.

CORTES, L. Tasas por uso del agua – Revisión de casos – Análisis de la Tarifa Mínima. Universidad Nacional de Colombia. Monografía de Especialista en gestión Ambiental. 2006.

COUPRY. B 1993 Principes de la détermination du débit de garantie biologique. La Houille Blanche. Paris, Francia. No 6 p: 414

CRUZ, M. Consultoría para analizar el impacto de la Tasa por Utilización del Agua en los diferentes sectores de la economía. Informe Final. Presentado al Ministerio del Medio Ambiente. 2002.

DOCAMPO, L. 1999. Modelización Hidráulica de Caudales Ecológicos. Ingeniería Civil, España, 113: 43-55

DOUROJEANNI Axel, JOURAVLEV Andrei. Evolución de Políticas Hídricas en América latina y El Caribe. Serie Recursos Naturales e Infraestructura. CEPAL, 2002

DYSON, M., BERGKAMP, G., SCANLON, J., (eds) 2003. International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources. C.R.: UICN-ORMA. xiv + 125 pp.

Economic Instruments for Water Demand Management in an Integrated Water Resources Management Framework, 2004.

ESPINOZA C. 2000 Metodología Incremental para la asignación de Caudales Mínimos Aconsejables, ifim .VI Jornadas del CONAPHI-CHILE Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile.

ESTES, CC Y OSBORN, JF. 1986. Review and analysis for quantifying instream flow requirements. Water resource Bulletin, Vol.22, No 3 (Jun 1986) pp 389-398

Foro electrónico sobre sistemas de pago por servicios ambientales en cuencas hidrográficas. 12 Abril – 21 Mayo 2004. Informe Final.

García de Jalón, D. y González del Tánago, M. El concepto de caudal ecológico y criterios para su aplicación en los ríos españoles. Departamento de Ingeniería Forestal - Escuela de Ingenieros de Montes

Gaviria G. Carlos Felipe. “Análisis Del Instrumento Económico De Tasas Por Uso De Agua Como Alternativa Para La Gestión Ambiental”. Tesis de Grado, Escuela de Economía, Universidad Nacional. 2005

GENOVÉS José, AVELLA, Lorenzo. Precio, costos y Uso del Agua. Universidad politécnica de Valencia.

<http://www.minambiente.gov.co/>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. El Índice de escasez de las aguas subterráneas como elemento de calculo de la Tasa por uso del Agua. Documento de Discusión. Publicado on line: Junio 15 de 2005.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Metodología de cálculo del Índice de Escasez.

Jaime P., A. Régimen Ecológico Para El Río Colorado. Comisión Nacional Del Agua. Subdirector General Técnico. Presentación Power Point.

“La ruptura entre teoría Económica y Política Ambiental” en Coyuntura Agropecuaria, Vol.9, Nro. 3.

LEE Terence, JURAVLEV Andrei. Los Precios, la Propiedad y los Mercados en la Asignación del Agua. Serie Recursos Naturales e Infraestructura. CEPAL.

Lineamientos de la Política Departamental en Antioquia para el Agua. Gobernación de Antioquia, Mayo de 2005

MANCERA-RODRIGUEZ Y AVILA Mónica. Las Tasas Ambientales: Instrumento Poderoso y Aplicación Débil. Gestión Pública. Revista Colombiana N 301. Contraloría General de la Nación. 2004.

Martinez - Alier, J. Los Conflictos Ecológico -Distributivos Y Los Indicadores de Sustentabilidad. Universitat Autònoma de Barcelona. Revista Iberoamericana de Economía Ecológica Vol. 1: 21-30. 2004.

MILHOUS, RT. 1992. Is an instream flow need a beneficial use?. Water Resources Planning and Management. Proceeding of the Water Resources Session at Water forum' 92. ASCE. Ed. Mahamad Karamouz. P 368-373

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTE DE ESPAÑA 1989. Guías Metodológicas para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental 2: Grandes Presas. Madrid pp: 199

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, ASOCIACION DE CORPORACIONES AUTONOMAS REGIONALES Y DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y AUTORIDADES AMBIENTALES DE GRANDES CENTROS URBANOS. Memorias de los talleres en conjunto para la reglamentación de la tasa por utilización de agua. 2001 a 2003.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales. Primer Borrador. Tasas por Uso del Agua. Primer Borrador. Febrero 14 de 2002. Bogotá.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 155 del 22 de Enero de 2004.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Grupo de Análisis Económico y Financiero. Estudio de Impacto de la Tasa por Utilización de Agua. Santa fe de Bogotá, 2001

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Grupo de análisis Económico e Investigación. Republica de Colombia. Estimación Fórmula de Cálculo del factor Regional.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Propuesta decreto reglamentario del art.43 Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas. Agosto de 2002

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Diseño de una metodología para el cálculo de las Tasas por Uso del Agua. Informe Final. Santafe de Bogota. Octubre de 1997.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución número 0865 (Julio de 2004). Por la cual se adopta la metodología para el cálculo del índice de escasez para aguas superficiales a que se refiere el Decreto 155 de 2004 y se adoptan otras disposiciones.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. SABADO 13 DE MARZO DE 2004. RESOLUCION NUMERO 0240 DE 2004 (marzo 8). Por la cual se definen las bases para el cálculo de la depreciación y se establece la tarifa mínima de la tasa por utilización de aguas.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Viceministro de Ambiente. Republica de Colombia. Proyecto de Ley del Agua (Borrador versión Enero 17/2005).

MONTOYA, Camilo y Escobar Luis Alfonso. Propuesta para el establecimiento e implementación de las tasas de uso del recurso hídrico en el río Ranchería. Santa Fe de Bogotá. 1998

Propuesta de reglamentación de las tasas por uso de agua. ASOCARS. 2002

SAMUELSON, Paul. Economía. Mc Graw Hill, decimoquinta edición.

STALNAKER, CLAIR. 1979. The use of habitat structure preferred for establishing flow regimes necessary for maintenance of fish habitat. The ecology of regulated streams. Ed. J. Ward y JA. Stanford. Nueva Cork p321-337

SULLIVAN, C. A. Center for Ecology & Hydrology - CEH. Natural Environment Research Council. Derivation and Testing of the Water Poverty Index Phase 1. Fibal Report May 2002. Volume 1 – Overview.

SULLIVAN, C. Centre for Ecology and Hydrology. Wallingford, UK. Calculating a Water Poverty Index. World Development. Vol. 30, N°7, pp . 1195 – 1210, 2002.

Taller de transferencia de tecnología en administración del recurso hídrico. Santiago de Cali, septiembre 24, 25 y 26 de 2003.

Términos de Referencia para la Formulación de Planes Integrales de Ordenamiento y Manejo de Microcuencas (PIOM)

UNIÓN TEMPORAL • BSC • CONSULTORES ASOCIADOS. Implementación de la tasa por utilización de aguas en CORANTIOQUIA. Tercer informe: etapa de facturación. Mayo de 2005.

Universidad Politécnica de Madrid - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. Estudio Nacional del Agua. 2000. En línea: <www.ideam.gov.co/publica/ena/ena.pdf> Consultado Mayo 3 de 2004.

URIBE Eduardo. “La Descentralización en el Manejo de los Recursos Hídricos: Asunto De Equidad, Transparencia y Eficiencia”. Foro Nacional Ambiental. Nro. 7

ZILBERMAN, David. El Mercado de Agua en California y el Oeste de los Estados Unidos