

## ESTUDIO DE OFERTA Y DEMANDA HÍDRICA EN LA CUENCA DEL RÍO BARBAS.

### Barbas river basin water supply and demand study.

#### RESUMEN

La normatividad ambiental Colombiana define la reglamentación, como la aplicación conjunta de acciones de orden técnico y jurídico, destinadas a obtener una mejor distribución del agua. En consecuencia, se adelantaron estudios técnicos para conocer el comportamiento de la oferta y demanda hídrica en la cuenca del río Barbas, teniendo en cuenta las características biofísicas e institucionales imperantes en el área de influencia. Este tipo de estudios, soporta la aplicación de la reglamentación como un instrumento de la gestión integrada del recurso hídrico (GIRH), que permita su administración eficiente, concentrando esfuerzos de control y vigilancia en las captaciones principales.

**PALABRAS CLAVES:** Balance Hídrico, Caudal Ecológico, Cuenca Hidrográfica, Demanda Hídrica, Gestión Integrada del Recurso Hídrico (GIRH), Índice de Escasez, Oferta Hídrica Superficial, Reglamentación de Corrientes, Río Barbas, Río La Vieja.

#### ABSTRACT

*Colombian environmental policies define the regulation, as the joint implementation of technical and legal activities by to obtain a better distribution of water. Accordingly, technical studies have been carried by to understand the behavior of supply and demand of water in the Barbas river, taking into account the biophysical characteristics and institutional conditions in the zone. This studies, supports the implementation of the regulation as an instrument for integrated water resources management (IWRM), that to achieve efficient management, concentrating efforts of controlling and monitoring on main catchments.*

**KEYWORDS:** *Water Balance, Environmental Flow, River Basin, Water Demand, Integrated Water Resources Management (IWRM), Water Scarcity Index, Water Supply, Water Regulation, Barbas River, La Vieja River*

#### 1. INTRODUCCIÓN

Para gestionar eficazmente los recursos hídricos, de tal manera que se garantice un desarrollo sostenible, se requiere implementar un marco de gestión integrada (GIRH) que genere un cambio en la vida política, social y económica de los usuarios del agua [1].

Tal como lo expresa la Asociación Mundial del Agua (Global Water Partnership)<sup>1</sup>: “La GIRH es un reto para las prácticas convencionales, actitudes y certezas profesionales, que confronta los arraigados intereses sectoriales y requiere que el recurso hídrico sea gestionado de manera holística para el beneficio de todos. Nadie pretende que alcanzar la GIRH sea un reto sencillo, pero es vital comenzar ahora y evitar una crisis que está emergiendo”.

La reglamentación del uso de las aguas en la GIRH, se considera clave para la solución y prevención de

conflictos entre usuarios del recurso hídrico y es definida como el procedimiento que se realiza para obtener una mejor distribución de las aguas de una corriente o derivación, teniendo en cuenta el reparto actual, las necesidades de los usuarios y el ecosistema acuático<sup>2</sup>[2]. Por tal razón, su estructura obedece al conocimiento de la oferta y demanda hídrica [2-3].

En este orden de ideas, dentro del Programa de Ordenación de la Cuenca del Río la Vieja, que se viene ejecutando por parte de la Corporación Autónoma Regional del Quindío (CRQ), la Corporación Autónoma Regional Valle del Cauca (CVC) y la Corporación Autónoma Regional de Risaralda (CARDER), se pretende acometer la reglamentación de los usos del agua en las subcuencas priorizadas, entre ellas el río Barbas, como un instrumento de la GIRH que permita una gestión eficiente de la cantidad de agua [4].

<sup>1</sup> Integrated Water Resources Management. [www.gwforum.org/](http://www.gwforum.org/)

<sup>2</sup> Decreto 1541 de 1978.

**CARLOS ANDRÉS SABAS R.**  
Ingeniero Ambiental, C.M. Sc.  
Profesor Auxiliar  
Universidad Tecnológica de Pereira  
candes@utp.edu.co

**DIEGO PAREDES CUERVO**  
Ingeniero Sanitario, C.Ph.D., M.Sc  
Profesor Asociado  
Universidad Tecnológica de Pereira  
diparede@utp.edu.co

En consecuencia, el objetivo general de estos estudios consiste en adelantar un conocimiento de la oferta y demanda hídrica que soporten el proceso de reglamentación de las aguas de la subcuenca del río Barbas, localizada en el área del Río La Vieja.

Para lo anterior, se hace necesario desarrollar las siguientes actividades:

- Estimar la oferta hídrica y con base en ella establecer la disponibilidad de recurso hídrico, considerando el caudal ecológico y la calidad del agua en la corriente.
- Determinar la demanda existente que permita definir claramente las acciones de reglamentación.
- Calcular los índices de escasez mediante el análisis del balance hídrico en los puntos de control establecidos.

La ejecución de los aspectos descritos, permite establecer si la distribución actual de caudales en la cuenca presenta armonía entre la oferta, demanda y el ecosistema acuático; ó si por el contrario, se debe redefinir dicha distribución en aras de encontrar el equilibrio requerido

## 2. GENERALIDADES DEL ÁREA DE ESTUDIO

Las aguas del río Barbas discurren a través de la zona limítrofe de los departamentos de Risaralda, Quindío y Valle; razón por la cual es una cuenca compartida en términos de jurisdicción entre CVC, CRQ y CARDER, tal como se aprecia en la Figura 1.

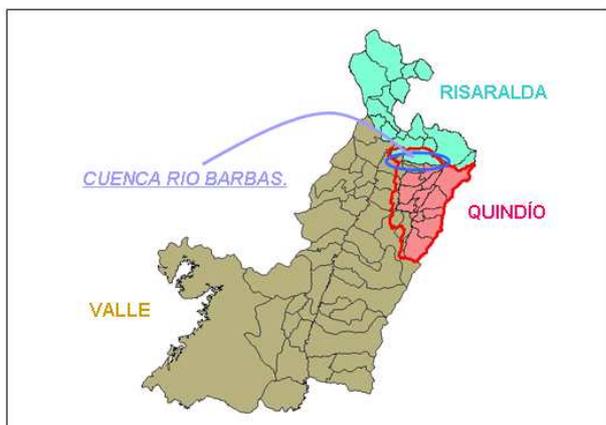


Figura 1. Localización general de la cuenca del río Barbas.

La cuenca posee un área de 107,31 Km<sup>2</sup>, representando cerca del 4% del área total de la cuenca del río La Vieja [4], se caracteriza por ser una cuenca muy alargada y dadas las condiciones de ancho máximo su relieve tiende a configurar un cañón, principalmente en la parte alta y baja de la cuenca. Otras características morfométricas que ya han sido documentadas [4-5] se pueden apreciar en la Tabla 1.

Parámetro	Magnitud (unidad)
Área	107.31 (Km <sup>2</sup> )
Perímetro	83.55 (Km)
Long. Del Cauce	52.49 (Km)
Ancho Máx. Cuenca	3.7 (Km)
Cota de Nacimiento	2250 (msnm)
Cota de Llegada	1015 (msnm)
Diferencia de Nivel	1235
Factor de Forma	0.04
Coef. De Compacidad	2.26
Índice de Alargamiento	14.19

Tabla 1. Principales características morfométricas de la cuenca del río Barbas.

La elevación media de la cuenca es de 1515.98 m.s.n.m, presentando una pendiente del 34.3%, lo cual denota un relieve escarpado con pendiente fuerte, aunque se puede apreciar que existen características fisiográficas y de uso del suelo diferentes entre las partes alta, media y baja de la cuenca. Las características anteriores, complementadas con algunos análisis básicos generales que se han llevado a cabo para su clasificación climática con la metodología Caldas-Lang [6-7], han permitido establecer diferencias climáticas para cada una de las partes de la cuenca que se hacen evidentes en la Tabla 2.

Parámetro	Parte de la Cuenca		
	ALTA	MEDIA	BAJA
Temperatura (°C)	14,86	17,2	22,57
Precipitación anual (mm)	2407	2407	2407
Índice Lang (P/T)	161,98	139,94	106,65
Piso Térmico	FRÍO	FRÍO	TEMPLADO
Unidad Climática	S- HUMEDO	HUMEDO	HUMEDO
CLAVE	TSH	FH	TH

Tabla 2. Variabilidad climática en la cuenca del río Barbas.

El río nace en el cañón del Barbas, sobre la cordillera Central. Algunos de sus afluentes menores son las quebradas La Sonora, Bolillos, San Luís, El Pencíl, El Palmichal, La Batea, La Plata, La Gloria, San José, Agua Bonita, El Cidral y Limones, todas distribuidas a lo largo de los municipios de Pereira, Filandia y Ulloa [3-4].

No obstante a la buena red de drenaje y las condiciones de humedad evidentes con niveles de precipitación superiores a los 2000 mm anuales, en el Departamento de Risaralda, específicamente en la parte alta de la cuenca donde se encuentra localizada la captación de la Empresa de Servicios Públicos Tribunales Córcega, se han presentado situaciones de escasez del recurso en época de

verano, por lo cual se han efectuado racionamientos prolongados, incluso mayores a 100 días [6-7].

De igual manera, la E.S.P en mención tiene dos concesiones vigentes, una de 46.2 L/s en la parte más alta de la cuenca (sobre los 2000 msnm), donde se tienen registros de aforos realizados por la Autoridad Ambiental en su programa de control y seguimiento de 46 L/s antes de la captación<sup>3</sup>; lo cual permite inferir que en condiciones críticas de períodos sin lluvia, no se preserva ningún caudal para la sostenibilidad del ecosistema acuático (caudal ecológico), y afectándose el continuo del río.

Lo anterior, se convierte en un aspecto de especial consideración al momento de abordar la reglamentación en la cuenca del río Barbas, toda vez que de este acueducto se abastecen cerca de 12000 habitantes de la ciudad de Pereira [6-7].

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1 Oferta Hídrica

En Risaralda, recientemente se han implementado con diferentes intereses y visiones del recurso hídrico, una serie de metodologías, modelos y herramientas para determinar la oferta hídrica en las corrientes superficiales [8,9]; de las cuales, PROAGUAS y CVC (2005) [3] proponen la determinación de la oferta hídrica, basándose en la transposición de caudales desde un punto definido con información de caudales suficiente y confiable.

La metodología adoptada para el desarrollo de estos estudios, es la de transposición de caudales, que requiere la generación de los polígonos de Thiessen (factor precipitación) e información cartográfica (límites municipales, subcuencas, red hídrica, curvas a nivel, etc.) para establecer las áreas de escurrimiento ó captación mediante el uso del software ArcView 8.3 (factor área). En consecuencia, para trasladar los caudales confiables del punto definido a los diferentes puntos de la subcuenca en donde se requiera, se utilizan los factores de área y precipitación en el contexto de la siguiente expresión:

$$Q_i = \frac{A_i}{A_T} * \frac{P_i}{P_T} * Q_T \quad (1)$$

- Donde  $Q_i$  y  $Q_T$ , son respectivamente, los caudales a ser determinados y el caudal patrón (Punto definido).
- $A_i$  y  $A_T$  son las áreas de las cuencas con definición de caudales y el área de la cuenca patrón (Punto definido).

- $P_i$  y  $P_T$  son las precipitaciones medias correspondientes a las cuencas con definición de caudales y el área de la cuenca patrón respectivamente (Punto Definido).

En el diagrama de la Figura 2, se esquematiza la metodología para la estimación de la disponibilidad hídrica mediante la transposición de caudales.



Figura 2. Esquema metodológico para la generación de caudales en puntos de control.

La estimación de la disponibilidad hídrica se efectúa para aquellas corrientes sobre las cuales se localizan las captaciones para los acueductos y que se encuentran georreferenciadas. Adicionalmente, debido a que en la región el principal uso es el de abastecimiento para consumo humano a través de acueductos rurales y municipales, se considera para la transposición el valor de caudal correspondiente al 95% de permanencia.

#### 3.1.1 Reducción por Caudal Ecológico

Existen diversas aproximaciones y visiones sobre las cuales se plantea una gran discusión acerca de qué es y cómo debe determinarse el caudal ecológico y/o ambiental dentro del otorgamiento de concesiones y la gestión del recurso hídrico [10]. Sin embargo, es importante resaltar que existen criterios que, aunque están en proceso de maduración, cuentan con una base hidrológica consistente que permite su implementación en los procesos de reglamentación de corrientes dentro de un marco objetivo.

De acuerdo a lo anterior, y concertándose este criterio con las Autoridades Ambientales, se ha definido que el caudal ecológico regirá por el siguiente criterio: “El caudal ecológico y/o ambiental estará definido como el caudal entre el 20%-30% del caudal medio mensual multianual (QMM) más bajo” [11].

#### 3.1.2 Reducción por Calidad de Agua

<sup>3</sup> Reporte de Resultado Internos –CARDER, Octubre 10 de 2006

Un estudio de disponibilidad del recurso hídrico debe considerar la calidad del agua en la fuente, en consecuencia, un amplio rango de sus posibles usos se puede ver restringido y limitado por dicho factor. La mayoría de los ríos colombianos reciben y acarrear cargas de agua utilizada para los diferentes procesos de la actividad socioeconómica y son vertidos en gran porcentaje sin tratamiento previo, además son los receptores de altos volúmenes de sedimentos, originados por procesos de erosión sea esta de origen natural o derivada de la acción antrópica [11].

En la Tabla 3, se ha consolidado la forma como se realiza la afectación de la oferta por objeto de variables asociadas a la calidad de agua en la corriente hídrica, para ello se calcula el Índice de Calidad de Agua (ICA) usando el método propuesto por Brown (1970), que es una versión modificada del "WQI" (Water Quality Index).

Condición	ICA	% Afectación de Q(mín) por Calidad
Bueno	> 80	0%
Medio	<= 80	10%
Malo	<= 50	15%
Muy Malo	<= 25	20%

Tabla 2. Porcentaje de afectación del caudal disponible en función de la calidad de agua en el río.

### 3.2 Demanda Hídrica

En la cuantificación de la demanda se integran las actividades que requieren del recurso hídrico, mostrándose su comportamiento y distribución en el tiempo para planificar su uso sostenible. Tanto en Colombia como en el mundo, el mayor volumen de agua se utiliza en las actividades agropecuarias; no obstante, el uso crítico tiene que ver con el abastecimiento de agua potable para la población.

El cálculo de la demanda hídrica se establece a partir de las concesiones de agua otorgadas por cada autoridad ambiental en la cuenca del río Barbas.

### 3.3 Índices de Escasez

Realizadas las mediciones, cálculos y análisis con respecto a la oferta hídrica neta y a la demanda, se calcula el índice de escasez a partir de la expresión matemática que se relaciona a continuación, estableciéndose de esta manera una relación porcentual:

$$Ie = \frac{Dh}{Oh} * 100 \quad (2)$$

Donde:

Ie : Índice de escasez en porcentaje

Dh : Demanda hídrica en metros cúbicos (m³)

Oh : Oferta hídrica superficial neta en metros cúbicos (m³)

100 : Para expresarlo en porcentaje

De conformidad con el MAVDT (2004) [11], el índice de escasez (Ie) se agrupa en las cinco categorías que se relacionan en la Tabla 3:

Categoría	Rango	Color	Explicación
Alto	> 50 %	Rojo	Demanda alta
Medio alto	21-50%	Naranja	Demanda apreciable
Medio	11-20%	Amarillo	Demanda baja
Mínimo	1-10%	Verde	Demanda muy baja
No significativo	<1%	Azul	Demanda no significativa

Tabla 3. Categorización del Índice de Escasez.

Este índice, ya es reconocido en el ámbito nacional como una herramienta de evaluación del recurso hídrico [12-13].

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la determinación de los rendimientos hídricos en la cuenca, se obtuvo información de 59 estaciones respecto a registros de lluvias diarias, ver Tabla 4. La información fue suministrada por entidades como la CRQ, CENICAFÉ, IDEAM y la CVC, obteniéndose una clara diferenciación de la precipitación desde la zona plana a la montañosa y la variación Norte – Sur de la cuenca.

Q (diarios)	PRECIPITACIÓN (mensual)
Estación Cartago en el Valle del Cauca. (Fuerte traslapes de las series, 34 años de registros, 10% datos faltantes, registros con baja presencia de datos extraños o inconsistencias).	<ul style="list-style-type: none"> <li>•13 Estaciones en Quindío. (Buenos traslapes entre las series, 15 años de registros, 18% de datos faltantes).</li> <li>•10 Estaciones del valle del Cauca. (21 años de registros, menos del 10% de faltantes y periodos homogéneos entre estaciones).</li> <li>•7 Estaciones IDEAM ubicadas en los departamentos de Quindío, Risaralda y Tolima (aporte al sur del Quindío) de buena consistencia de registros.</li> <li>•29 Estaciones CENICAFÉ ubicadas en los departamentos de Valle, Quindío, y Risaralda.</li> </ul>

Tabla 4. Consolidado de información correspondiente a series históricas de caudal y precipitación.

La longitud del periodo hidrológico considerado para todas las estaciones fue de 20 años, abarcando los registros desde el año 1982 - 83 al 2002 - 03. De igual manera, la ubicación de las estaciones en el área de la cuenca, permitió distribuir el peso del fenómeno de precipitación de acuerdo al trazado de polígonos de Thiessen.

El análisis a nivel mensual multianual en un periodo hidrológico de 20 años para observar el comportamiento en cuanto a la disponibilidad de agua, permitió obtener el régimen bimodal de lluvias imperante en la región andina. La situación anterior, incide directamente mediante la relación lluvia-escorrentía en el comportamiento de caudal, donde se hace evidente el mismo régimen, ver Figura 3.

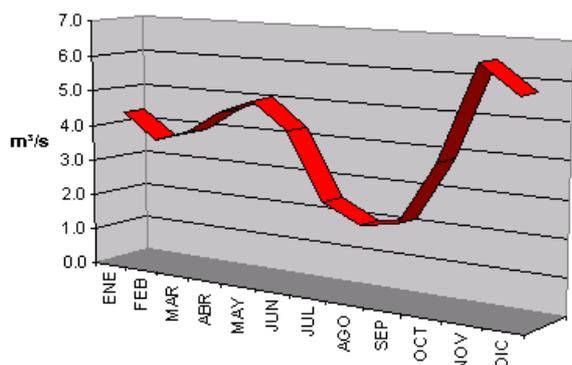


Figura 3. Comportamiento mensual multianual del caudal en la cuenca del río Barbas.

Para efectos de la determinación de la disponibilidad de agua en la cuenca del río Barbas, se establecieron once (11) puntos de interés ó de control, los cuales obedecen a la localización de las captaciones de los diferentes usuarios del recurso, ver Figura 4.

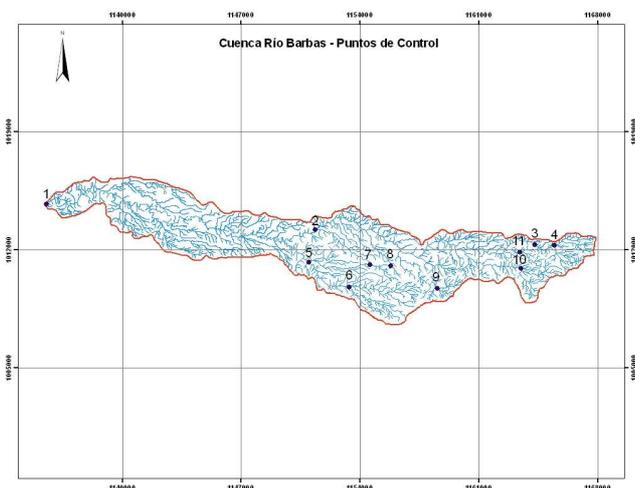


Figura 4. Puntos de control en la cuenca del río Barbas para determinar disponibilidad hídrica.

Acogiendo la metodología resumida en la Figura 2 y aplicándola en los puntos de control definidos, se contrasta la oferta neta (descontando el caudal ecológico y por calidad) con la demanda y se obtiene el consolidado que se presenta en la Tabla 5.

PUNTO DE CONTROL	AREA (KM2)	Q (95% Disponible)	Demanda (m3/s)	Índice de Escasez	Categoría Demanda
1	105.34	0.787	0.088	11	Baja
2	45.05	0.407	0.077	19	Baja
3	5.10	0.050	0.058	115	Alta
4	4.19	0.041	0.046	112	Alta
5	12.42	0.095	0.010	11	Baja
6	9.22	0.074	0.006	8	Muy Baja
7	0.92	0.006	0.002	32	Apreciable
8	0.40	0.003	0.001	37	Apreciable
9	1.52	0.016	0.002	13	Baja
10	3.92	0.040	0.015	37	Apreciable
11	1.15	0.012	0.001	9	Muy Baja

Tabla 5. Resumen de Índices de Escasez para los puntos de control (PC) definidos en la cuenca del río Barbas.

Analizando los resultados de los índices de escasez, se observa que las condiciones críticas tiene que ver con la concesiones otorgadas (demanda) en la parte alta de la cuenca (puntos de control 3 y 4), las cuales corresponden al acueducto de tribunas Córcega y superan la disponibilidad hídrica neta en su máxima capacidad (95% CDC y Q ecológico 20% QMM).

Al consultar información sobre el consumo de los usuarios del acueducto en mención, se encontró que del 100% de suscriptores (1620), el 33% registra consumos sustantivos (superiores a 40 m3/mes) [6-7].

Se ha diseñado entonces, una nueva propuesta de distribución de caudales llevando las condiciones de otorgamiento de la oferta hídrica disponible al máximo posible, respetando las condiciones de análisis para el 95% de la CDC y el 20% QMM para caudal ecológico, lo cual permite establecer que se deben reducir los caudales otorgados en las concesiones de "Barbas-Sonora"(PC 4) y "Charco Negro"(PC 3), de 46.2 L/s a 41 L/s y de 12 L/s a 9 l/s respectivamente.

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se adelantaron estudios del balance hídrico entre oferta-demanda para los puntos de control en la cuenca del río Barbas, encontrando los sitios específicos donde se presentan conflictos respecto al acceso del recurso hídrico. El apoyo y cooperación interinstitucional, permitió tener una línea base de los tres departamentos que conforman esta subcuenca compartida; sin embargo, deberán adelantarse tareas de campo más detalladas para identificar usuarios que captan ilegalmente el recurso.

En cuanto al tema del caudal ecológico, se adelantaron estudios con valores del 20% y 30% del caudal medio mensual multianual (QMM) y se optó por el valor más bajo con objeto de garantizar un mayor valor de oferta hídrica disponible. No obstante, deberán desarrollarse estudios sobre esta temática en el corto plazo que sustenten los valores estimados.

Respecto a la afectación por calidad del agua, los valores del ICA encontrados para condiciones críticas, fueron superiores a 80, lo cual establece que a la fecha la calidad es buena y no es necesario afectar por este criterio la oferta hídrica, pero la dinámica de ocupación del suelo en la zona, hace pensar que en el mediano plazo se puedan presentar problemas de calidad, por ello un monitoreo periódico debe ser considerado por parte de las Autoridades Ambientales.

Los índices de escasez, permitieron conocer que los puntos de control 3 y 4, sitios donde se encuentran localizadas las captaciones del acueducto de Tribunas Córcega, presentan graves condiciones de déficit, toda vez que el indicador fue mayor al 100%, indicando que la demanda supera la oferta disponible y deberán redefinirse las concesiones otorgadas a este usuario. La situación anterior, requiere la intervención de la Autoridad Ambiental competente, en este caso la CARDER, para que acometa una redistribución del recurso con una nueva propuesta que incluya la modificación de las concesiones existentes.

Las nuevas concesiones, deben ser condicionadas a una reducción de consumos a través de instrumentos como los Planes de Ahorro y Uso Eficiente del Agua enmarcados en la Ley 373 de 1997; ó a la suspensión de expedición de nuevas matrículas por parte de la ESP, lo cual debe ir coherentemente respaldado por las políticas de planificación del uso del suelo que está definiendo el ente territorial.

## 6. AGRADECIMIENTOS

El presente estudio se desarrolló en el marco del proyecto "Reglamentación de los usos del agua del Río Barbas", ejecutado dentro de la Alianza CARDER-UTP, Convenio Interadministrativo No. 040 de 2007, como aporte y complemento al Proyecto Colciencias – Univalle – UTP – CIAT "Desarrollo de un modelo para la gestión integrada de recursos hídricos, que promueva la equidad, la reducción de la pobreza y el desarrollo del país, bajo concepto de desarrollo sostenible".

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] International Water Management Institute (IWMI). Water accounting for integrated water management in river basins. Tools and Concepts for Improved Water Management. International Water Management Institute (IWMI), Battaramulla, Sri Lanka. 2002.
- [2] Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca – CVC. Reglamentación general del uso de las aguas del Río Meléndez. 2004.
- [3] Fundación Profesional para el Manejo Integral del Agua - PROAGUA, Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca – CVC. Proyecto de reglamentación de las aguas del Río La Vieja. 2005.
- [4] Corporación Autónoma Regional de Risaralda – CARDER, Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca – CVC, Corporación Autónoma Regional del Quindío – CRQ. Diagnóstico del plan de ordenamiento y manejo de la cuenca del Río La Vieja. 2006.
- [5] Universidad Tecnológica de Pereira – UTP y Corporación Autónoma Regional de Risaralda – CARDER. Proyecto de instrumentación de la cuenca del Río Barbas. 2008.
- [6] D.M. Colorado and M.L. Triana. Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ciencias Ambientales - Administración del Medio Ambiente. Implementación del plan de gestión integral del recurso hídrico del Acueducto Comunitario Tribunas Córcega (PGIRH-ATC). 2007.
- [7] O.F. Gómez, I.C. Velásquez and L. Villegas. Programa de uso eficiente y ahorro del agua en el Acueducto Comunitario Tribunas Córcega – ATC. 2005.
- [8] Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín – UNAL, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Pereira – AGUAS Y AGUAS. Oferta y demanda hídrica en la Subregión 1 del Departamento de Risaralda con los municipios de Cartago y La Virginia. 2004.
- [9] Universidad Tecnológica de Pereira - UTP, Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología - COLCIENCIAS, Corporación Universidad Libre Seccional Pereira. Evaluación, monitoreo y manejo sostenible de pérdidas de agua en empresas de acueducto de pequeñas localidades. 2006.
- [10] M. Acreman and M.J. Dunbar. Defining environmental river flow requirements – a review. *Hidrology & Earth System Sciences*. Vol 8(5), pp. 861-876, 2004.
- [11] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVD. Resolución No 0865, por la cual se adopta la metodología para el cálculo del índice de escasez. 2004.
- [12] E.A. Domínguez, H.G. Rivera, R. Vanegas, P. Moreno. Relaciones demanda-oferta de agua y el índice de escasez de agua como herramientas de evaluación del recurso hídrico colombiano. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* Vol 32(123), pp. 195-212. Jun, 2008.
- [13] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), "Oferta y demanda del recurso hídrico en Colombia," in *Proc. 1999 CONAPHI-Chile Los Recursos Hídricos de América Latina en el Umbral del Siglo XXI Temas Claves para su Desarrollo Conf.*, pp. A13, 1-29.