

## IMPACTO DEL CRECIMIENTO DE PEREIRA SOBRE EL RECURSO HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO CESTILLAL.

### Impact of population growth of Pereira on water resource in the Cestillal River Basin.

#### RESUMEN

En este trabajo se presentan datos actualizados sobre la oferta y la demanda hídrica en la cuenca del Río Cestillal. La relación demanda/oferta es utilizada como indicador del nivel de presión sobre los recursos hídricos. Los resultados obtenidos reorientan la atención sobre la problemática regional del recurso hídrico hacia los conflictos por la planificación inadecuada de la ocupación del territorio. Al rigor de este enfoque, los problemas institucionales para la gestión de un recurso escaso, altamente presionado y de fuerte variabilidad temporal, emergen como un factor clave para evitar una crisis latente en la gestión local de los recursos hídricos.

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

#### ABSTRACT

*This paper shows updated results about water supply and requirement on Cestillal River basin. Water demand/water availability relationship is used as a pressure index on water resources. The results call our attention to problems caused by the inadequate planning of the land use. The institutional lag for management of a scarce, highly variable and over pressured resource, emerges as a key factor to avoid a looming crisis in the local process of water management.*

**KEYWORDS:** Water Balance, River Basin, Water Demand, Integrated Water Resources Management (IWRM), Water Scarcity Index, Water Supply, Land Use Planning, Water Regulation, Cestillal River, La Vieja River

#### 1. INTRODUCCIÓN

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 ha definido la reglamentación de los usos del agua en las subcuencas priorizadas, entre las cuales se encuentra el río Cestillal [1].

Reglamentar una corriente, es un aspecto estratégico para la solución y prevención de conflictos entre usuarios del recurso hídrico, ya que en esencia, esta debe permitir obtener la mejor distribución de las aguas, teniendo en cuenta el reparto actual, las necesidades actuales y futuras de los usuarios y el ecosistema acuático<sup>1</sup>[2-3].

Lo anterior, concibiendo la reglamentación como un instrumento de la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (GIRH) que permita gestionar eficazmente este recurso, al menos, en términos de cantidad de agua [4-5].

Es de especial importancia considerar, que en esta zona rural localizada al suroccidente del municipio de Pereira, se viene presentando una creciente dinámica poblacional, específicamente en los corregimientos de Altigracia y Arabia, sin ningún tipo de planificación respecto al impacto en el recurso hídrico.

Por tal razón, es importante adelantar estudios técnicos que actualicen el conocimiento de la oferta y demanda hídrica distribuida espacialmente en la cuenca del río Cestillal, en aras de estimar los efectos de la ocupación del suelo, siendo necesario desarrollar las siguientes actividades:

**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

<sup>1</sup> Decreto 1541 de 1978.

- Estimar la oferta hídrica y con base en ella establecer la disponibilidad de recurso hídrico en la cuenca, considerando el caudal ecológico y el estado de la calidad del agua en la corriente.
- Determinar la demanda existente que permita definir claramente las acciones de regulación y 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

El río Cestillal nace a una altura de 2041 msnm en la Vereda el Manzano, corregimiento de Tribunales Córcega de la ciudad de Pereira, a los 04°42'49.4" Norte y 75°36'55.0" Oeste y desemboca en el río La Vieja a una altura de 952 msnm, en la finca La Palmerita de la vereda El Gurrio, corregimiento Estrella - La Palmilla de la ciudad de Pereira, en límites con el departamento del Valle del Cauca, a los 04°45'50.35" Norte y 75.50.40.2" Oeste. La localización de la cuenca del río Cestillal se aprecia en la Figura 1.

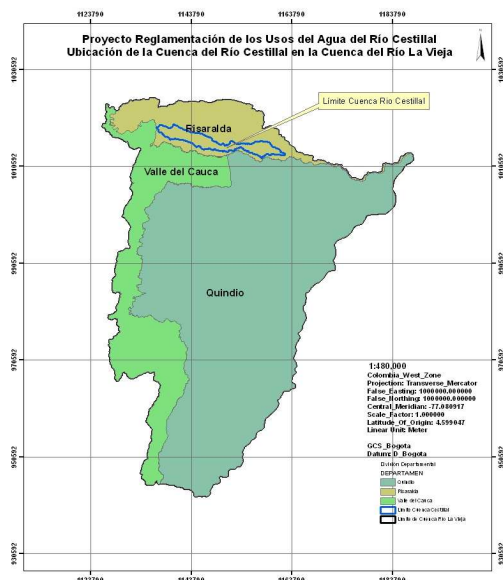


Figura 1. Localización general de la cuenca del río Cestillal.

La cuenca posee un área de 50,67 Km<sup>2</sup> y representa el 1.8 % del área total de la cuenca del río la Vieja (2880.14 Km<sup>2</sup>). Los afluentes secundarios del río Cestillal son las quebradas La Morenita, Laguneta, Negra, La Florida, La Linda, Micay y el Jardín entre otras [1].

De igual manera, los valores del factor de forma y coeficiente de compacidad, sugieren la descripción de una cuenca muy alargada donde no se deberían presentar inundaciones. Otra características morfométricas [6-7] se pueden apreciar en la Tabla 1.

Parámetro	Magnitud (unidad)
Área	50.67 (Km <sup>2</sup> )
Perímetro	60.12 (Km)
Long. Del Cauce	39.94 (Km)
Ancho Máx. Cuenca	3.22(Km)
Factor de Forma	0.03
Coef. De Compacidad	2.36
Índice de Alargamiento	12.40

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

La cuenca posee una buena red de drenajes distribuidos a lo largo y ancho alcanzando un orden 5 según la clasificación propuesta por Strahler. Posee una distribución bimodal con dos épocas de lluvia y dos secas bien definidas, y una temperatura media de 20,52 C y su zona de vida mas representativa es la del Bosque Muy Húmedo Premontano (bmh – PM).

En la cuenca alta, donde nace el río Castilla, el uso del suelo mas representativo es la actividad ganadera extensiva (pastos) y en segundo lugar bosque secundario, sin embargo, en convenio con la Corporación Autónoma Regional de Risaralda CARDER, algunos propietarios de predios han realizado cerramientos de humedales en esta área para protección de la fuente hídrica, como se observa en la Foto 1.



Foto 1. Cerramiento de humedales en el nacimiento de la cuenca del río Cestillal.

La parte media de la cuenca, se ve influenciada por asentamientos humanos rurales que se han ido expandiendo en los últimos años, por lo cual los usos del suelo tienen una alta vocación agrícola y ganadera. Los cultivos mas representativos son el café, el plátano,

frutales entre otras, también es posible encontrar relictos de bosque y guadua.

A la desembocadura del río Cestillal la rodean grandes haciendas cuya actividad predominante es la ganadería bovina y bosque secundario que rodea el cauce.

La cuenca en general, posee una gran dinámica con la ciudad de Pereira, de cuyo municipio alberga los corregimientos de Altigracia, Arabia, La Estrella – La Palmilla, La Florida, Morelia, y Tribunales Córcega. Por lo anterior, existe influencia de vías cercanas, y población flotante que se desplaza hacia esta área a fincas de recreo, con lo cual la vocación turística se ha ido desarrollando.

Existen 4 acueductos rurales que tienen concesiones otorgadas por la CARDER en el área de influencia, los cuales presentan diferentes aspectos institucionales y de cobertura, son ellos: Santa Cruz de Barbas, Cestillal – EL Diamante (ACUCESDI), Yarumal y Pérez Alto.

Las acercamientos previos a la comunidad han permitido inferir que en condiciones críticas de períodos sin lluvia, la reducción de caudal en las corrientes es drástica y no se preserva ningún caudal para la sostenibilidad del ecosistema acuático (caudal ecológico).

### 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, UTP y CARDER [2] y PROAGUAS y CVC (2005) [6] han utilizado para determinar la oferta hídrica en la región de influencia, la transposición desde un punto definido con información de caudales suficiente y confiable.

La transposición de caudales, 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) [6].

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, retomando experiencias recientes al respecto [2].

#### 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].

No obstante, en acercamientos previos con la Autoridad Ambiental, se ha definido que el caudal ecológico se 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”* [11-12].

#### 3.1.2 Reducción por Calidad de Agua

En Colombia, no existe consenso sobre la reducción de la oferta por este concepto, y ello incide en el hecho de que no se tengan establecidas metodologías claras para tal fin, en consecuencia, se retoma la propuesta de UTP y CARDER (2008) [2], en la cual se asocia la calidad de agua en la corriente hídrica calculando el Índice de Calidad de Agua (ICA), usando una versión modificada del “WQI” (Water Quality Index) y se correlaciona con un porcentaje de afectación.

#### 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 Cestillal. Adicionalmente, se aprovechará la labor de campo para la identificación de usuarios no legalizados (sin concesión).

#### 3.3 Índices de Escasez

Realizadas las mediciones, cálculos y análisis con respecto a la oferta hídrica neta y a la demanda, se obtiene y clasifica el índice de escasez de conformidad las categorías establecidas por el MAVDT (2004) [11] y ya utilizada en estudios anteriores como una herramienta de evaluación del recurso hídrico [2-6-12-13].

### 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 2.

Q (diarios)	PRECIPITACIÓN (mensual)
<p>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).</p>	<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 2. 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-escorrenría en el comportamiento de caudal, donde se hace evidente el mismo régimen [14]. De igual manera, se realizó un balance hídrico climático para establecer la potencial demanda de agua por actividades agrícolas, encontrando que no se requiere, ver Figura 2.

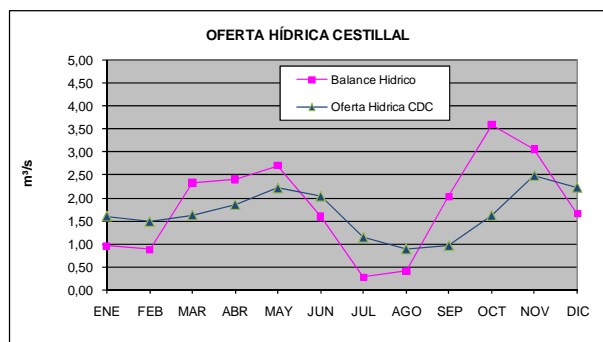


Figura 2. Comportamiento mensual multianual del caudal en la cuenca del río Barbas (Comparación con Balance Hídrico Climático).

Para efectos de la determinación de la disponibilidad de agua en la cuenca del río Cestillal, se establecieron once (10) puntos de interés ó de control, los cuales obedecen a la localización de las captaciones de los diferentes usuarios del recurso, ver Figura 3.

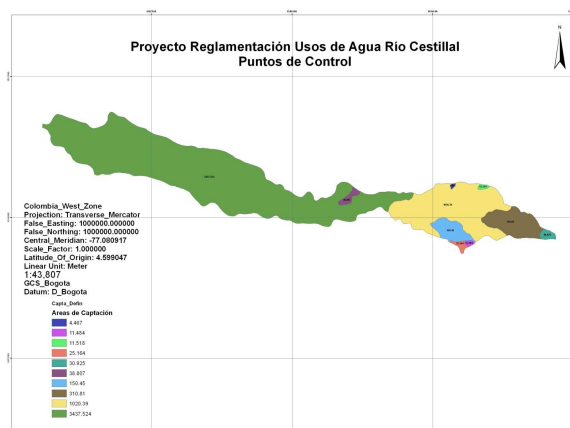


Figura 3. Puntos de control en la cuenca del río Barbas para determinar disponibilidad hídrica.

Aplicando la metodología 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 3.

PUNTO DE CONTROL	ÁREA (KM2)	Q (95% Disponible)	Demanda (l/s)	Índice de Escasez	Categoría de Demanda
1	50,42	324,63	154,60	48	Apreciable
2	0,31	3,04	2,50	82	Alta
3	3,42	32,91	32,90	100	Alta
4	0,12	1,10	1,10	100	Alta
5	0,04	0,23	0,23	100	Alta
6	0,11	1,17	1,50	128	Alta
7	0,25	3,01	4,00	133	Alta
8	1,50	12,94	12,90	100	Alta
9	15,65	118,60	152,13	128	Alta
10	0,39	2,47	2,47	100	Alta

Tabla 3. Resumen de Índices de Escasez para los puntos de control (PC) definidos en la cuenca del río Cestillal.

Al analizar los resultados de los índices de escasez, se observan condiciones críticas en las captaciones, incluso todos los acueductos rurales a excepción del PC 2 (Acueducto Santa Cruz de Barbas), superan la disponibilidad hídrica neta en su máxima capacidad (95% CDC y Qecológico20% QMM).

Es importante resaltar, que la Corporación Autónoma Regional de Risaralda CARDER tiene legalmente otorgadas cuatro (4) concesiones, las cuales se presentan en la Tabla 4, y algunos aspectos relacionados con sus coberturas se consolidan en la Tabla 5. La situación más preocupante se encuentra sobre la quebrada El Paraíso, que tiene 3 concesiones de 3 diferentes acueductos, obteniéndose un índice de escasez superior a 100% para los acueductos Yarumal y Pérez Alto, creando un conflicto por uso de agua especialmente en los meses mas secos del año.

ACUEDUCTOS	Nº RES. / AÑO	CAUDAL	FUENTES
Asociación comunitaria de suscriptores del acueducto Cestillal el	Res 1287/ 2000	105 l/s	Cestillal, La Aurorita, La Montañaña y



El presente estudio es el principal soporte técnico para el proceso de reglamentación de las aguas en la cuenca del río Cestillal, ubicada en la jurisdicción de la CARDER.

Los aforos realizados en campo permitieron determinar que el caudal captado por cada una de los acueductos es superior a los caudales concesionados. ACUCESDI posee una diferencia de 170 l/s, Yarumal de 15,5 y Pérez Alto de 16,5 l/s por encima del valor concesionado, lo cual es preocupante ya que no se está ejerciendo control y seguimiento sobre estas captaciones.

La situación más preocupante es el crecimiento poblacional y la expansión urbana que ejerce presión sobre los recursos naturales especialmente el hídrico y la necesidad del mismo para consumo humano. La situación encontrada en este estudio con respecto a la oferta y demanda hídrica, así como los índices de escasez obtenidos, requiere la intervención de la autoridad ambiental competente, para que acometa una redistribución del recurso, por tanto se requiere una propuesta de reglamentación mediante acto administrativo que incluya la modificación de las concesiones existentes y el control posterior de las mismas.

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 los prestadores del servicios de acueducto, lo cual debe ir coherentemente respaldado por las políticas de planificación del uso del suelo que está definiendo el ente territorial.

El presente estudio se desarrolló en el marco del proyecto “Reglamentación del usos de las aguas del Río Cestillal – Cuenca del Río La Vieja”, ejecutado dentro de la Alianza CARDER-UTP, Convenio Interadministrativo No. 040 de 2007.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] 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.
- [2] Universidad Tecnológica de Pereira – UTP and Corporación Autónoma Regional de Risaralda – CARDER. Reglamentación de los usos del agua del Río Barbas. 2008.
- [3] Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca – CVC. Reglamentación general del uso de las aguas del Río Meléndez. 2004.
- [4] 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.
- [5] X. Clarisó. Conflictos en el Manejo Integrado de los Recursos Hídricos: La crisis de la Gobernabilidad y los Usuarios del Agua. 2003.
- [6] 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.
- [7] A.P. Valbuena. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Ciencias Ambientales – Administración del Medio Ambiente. Formulación del Plan de Manejo de Residuos Sólidos. Cuenca Media Quebrada Cestillal. Municipio de Pereira. 2000.
- [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.
- [14] J.I. Vélez, G. Poveda, O. mesa. Balances hidrológicos de Colombia, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. 2000.