

# AJUSTE METODOLÓGICO AL ÍNDICE DE ESCASEZ DE AGUA PROPUESTO POR EL IDEAM EN EL PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA DEL RÍO PAMPLONITA, NORTE DE SANTANDER, COLOMBIA<sup>1</sup>

**Palabras clave:** agua, índice de escasez, oferta y demanda hídrica, cuencas hidrográficas, río Pamplonita, Norte de Santander, Colombia.

**Key Words:** water, shortage index, watershed, Pamplonita river, Norte de Santander, Colombia.

*Herbert Augusto Infante Romero<sup>2</sup>  
Luis Fernando Ortiz<sup>3</sup>*

## RESUMEN

Se realizó un ajuste metodológico al cálculo del índice de escasez nacional, tomando el caso del río Pamplonita, el cual se incorpora como instrumento de gestión en los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas mediante la guía publicada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –IDEAM. Este ajuste permitió mejorar el nivel de resolución de la información relacionada con la oferta hídrica superficial y la demanda de agua por diferentes usos para hacer más confiable el cálculo del índice de escasez y su utilización como instrumento técnico-científico decisivo en la gestión del agua dentro del marco de la ordenación de cuencas hidrográficas. Los ajustes metodológicos realizados permitieron precisar el cálculo del índice de escasez a nivel municipal y demostraron la urgente necesidad de planificar el abastecimiento de las diversas demandas en la cuenca, debido a que más del 80% de su población se encuentra en un rango de escasez alto durante un año típico.

## ABSTRACT

A methodological adjustment was made to shortage index calculation taking the Pamplonita river case, which is incorporated as a management

tool in watershed management plans using the guide published by the Institute of Hydrology, Meteorology and Environmental Studies –IDEAM. The objective was to improve the standard resolution of the information to make it more reliable in water supply and water demand for various uses, which in combination related to shortage index will become a technical-scientific decision-making element on water management within the framework of watershed management. The result gave the highest reliability on estimated municipal shortage index and demonstrated the urgent need to plan the supply of various demands, because more than 80% of the population of the basin is in a shortage of high rank in a typical year.

## INTRODUCCIÓN

La creciente preocupación por el manejo adecuado de los recursos hídricos se ha visto reflejada en la urgente necesidad de establecer parámetros que ayuden a evaluar el comportamiento de la oferta del agua en diferentes escalas territoriales y la manera como ésta puede ser una limitación para el desarrollo sostenible de la población. De continuar con la notable desproporción de oferta/demanda, a mediados del presente siglo 7.000 millones de personas en 60 países sufrirán escasez de agua, en el peor de los casos, y en el mejor se tratará de 2.000

1 Enmarcado dentro del trabajo de investigación “Determinación de algunas variables consideradas dentro de la etapa diagnóstico del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Río Pamplonita” Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2006.

2 Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental (CORPONOR), ainfante@umbraconsultores.com.

3 Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia, ferortiz3@yahoo.com

millones de personas en 48 países, según Naciones Unidas (2003). Esta organización y la OMM (1997) han identificado protocolos que pretenden estandarizar la evaluación de la relación oferta/demanda y que han brindado una idea de la magnitud de afectación a la que se someten grandes unidades territoriales. A nivel nacional el IDEAM (2004) ha propuesto una metodología que, apoyada por la UNESCO y la Comunidad Andina de Naciones (CAN), busca evaluar el índice de escasez a nivel municipal para estandarizar variadas metodologías aplicadas a nivel regional y que en su concepción metodológica suelen dejar a un lado variables como las variaciones derivadas de las temporadas de estiaje o las variaciones que presentan interanualmente las corrientes abastecedoras. Algunas experiencias han aplicado el índice de escasez como criterio técnico para actuar de manera afectiva sobre el recurso hídrico, entre otras son de mencionar el Plan de Ordenamiento Ambiental de la cuenca del río Magdalena en la zona norte del Huila, la cuenca de los ríos Cabrera y Pata y la cuenca del Sumapaz en el departamento de Cundinamarca.

En el marco del Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la cuenca del río Pamplonita, dirigido por la Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental (CORPONOR), un equipo técnico de la Universidad Distrital y el IDEAM, determinó el índice de escasez hídrico municipal en los 10 municipios que integran la cuenca para identificar el grado de vulnerabilidad frente a las condiciones de insuficiencia de agua y para establecer un instrumento técnico en la toma de decisiones frente a la administración del recurso hídrico para casi 750.000 personas. El área objeto de la investigación comprendió 10 municipios, 6 de los cuales se encuentran incluidos en su totalidad (Villa del Rosario, Los Patios, Chinácota, Pamplonita, Herrán y Ragonvalia) y el resto parcialmente incluidos en la cuenca (Cúcuta, Puerto Santander, Bochalema y Pamplona), compartidos con las cuencas de los ríos Zulia, Pamplona y Chitagá. En la cuenca se localizan 148 veredas con un área total de 134.536.2 ha, donde habitan 736.658 personas. La precipitación media anual es de 1310 mm/año, la temperatura es de 20°C y la altitud comprende desde los 50 a los 3.550 msnm. Se encuentran las zonas de vida

correspondientes a: bh-T, bs-T, bms-T, bh-PM, bs-MB, bh-MB, bmh-M, bmh-M, bh-M.

Como base para la realización del presente trabajo se utilizó la metodología definida por el IDEAM y se mejoró el nivel de detalle con los ajustes metodológicos identificados durante el diagnóstico de la cuenca del río Pamplonita. En el componente de demanda hídrica se redujo ostensiblemente la incertidumbre, calculando la demanda por actividades agrícolas mes a mes y la de actividades pecuarias que se complementó con la de la piscicultura. Por otra parte, la oferta hídrica se calculó para la superficie municipal que se encuentra dentro de la cuenca, con el fin de ser asociada a la demanda bajo el mismo límite.

El protocolo establecido por el IDEAM, aunque acertado a nivel estructural, carece de una especialización y delimitación de la oferta hídrica que responda al comportamiento hidrológico en su más evidente nivel: la cuenca hidrográfica. Igualmente la demanda, en su componente agrícola, uno de los más importantes en el presente trabajo, se propone en la metodología como el resultado de algunas variables que al totalizarse arrojan resultados que no concuerdan con lo avaluado en campo. El objetivo principal del presente trabajo fue la adaptación técnico-científica del protocolo realizado por el IDEAM. Esta adaptación tuvo influencia directa en el nivel de precisión de la información sobre el recurso hídrico y por tanto contribuirá a una gestión más eficiente de este recurso en la cuenca del río Pamplonita.

## METODOLOGÍA

A continuación se exponen los cambios realizados a la metodología para el cálculo del índice de escasez propuesta por el IDEAM (2004) y ajustada a la cuenca del río Pamplonita. El documento mencionado se halla disponible en línea en página web del IDEAM. Este ajuste fue validado por el IDEAM y constituyó la base para la realización del diagnóstico de la cuenca de este río como prueba piloto.

La metodología del índice de escasez se basa en la sencilla relación entre la demanda de agua y la

oferta hídrica superficial (ecuación 1). Cuando alguno de estos elementos se ve modificado por motivos conceptuales o de tipo técnico en la toma o procesamiento de la información se reduce la confiabilidad del índice, lo que se traduce directamente en la pérdida de credibilidad de un elemento guía en la política de gestión ambiental a nivel regional.

$$Ie = (D/On) \times 100$$

**Ecuación 1.**

Donde:

Ie: Índice de escasez (%).

D: Demanda de agua total (m<sup>3</sup>).

On: Oferta hídrica superficial neta (m<sup>3</sup>).

A su vez la oferta neta resulta de la siguiente expresión:

$$On = Ot \times Re \times Rf$$

**Ecuación 2.**

Donde:

Ot: Oferta hídrica superficial total.

Re: Factor de reducción para mantener el régimen de estiaje.

Rf: Factor de reducción para protección de fuentes frágiles.

## OFERTA HÍDRICA

Se calculó a través del método de áreas hidrológicas homogéneas, sugerido por el IDEAM con base en los datos de las estaciones limnimétricas ubicadas en la región hidrológica del río Catatumbo. Inicialmente se deduce para cada una el caudal modal (caudal de mayor probabilidad de ocurrencia durante el año) y el caudal de estiaje (caudal cuya probabilidad de ocurrencia se encuentra durante 97.5% del año y también se expresa como el de un año con condiciones secas) con probabilidad de excedencia del 97.5%, el primero resultado de los caudales medios mensuales multianuales y el segundo consecuencia de los caudales diarios de la serie histórica. El procedimiento para el cálculo de este parámetro fue:

1. Se determinó el método de interpolación más confiable para lámina modal y de estiaje, mediante el cálculo de error absoluto de los métodos: a) Kriging, b) Spline y c) Inverse Distance Weighted (IDW), este último usado como método más confiable para el caso del río Pamplo-nita a partir de las conclusiones (ecuación 3).

$$E = \sum_{i=1}^n |R_i - M_i|$$

**Ecuación 3.**

Donde:

E: Error absoluto para cada método de interpolación.

R<sub>i</sub>: Valor real capturado por la estación analizada.

M<sub>i</sub>: Valor obtenido por interpolación mediante cada uno de los métodos.

2. Se ponderó el valor de lámina modal, lámina de estiaje, coeficiente de variación y reducción por estiaje para el área municipal dentro de la cuenca, usando la propuesta del IDEAM (2004).

$$Mpv = \sum_{i=1}^n (Var_i \times Ap_i)$$

**Ecuación 4.**

Donde:

Mpv: Media ponderada de la variable.

Var: Variable.

Ap: Porcentaje de área.

## DEMANDA HÍDRICA

Usando la misma metodología, la demanda total se resume en la sumatoria de cada demanda sectorial. Es decir:

$$DUS = [DUD + DUA + DUP + DUI + DUS]$$

**Ecuación 5.**

Donde:

DUD: Uso doméstico.

DUA: Uso agrícola.

DUP: Uso pecuario.

DUI: Uso industrial.

DUS: Uso sector servicios.

1. La fórmula planteada por la *Metodología para el cálculo del índice de escasez de agua superficial* del IDEAM (2004) es:

$$DUA = \{ [P - (Etp \times Kc)] \times ha \}$$

**Ecuación 6.**

La aplicación de la fórmula es:

$$DUA = \{ [P - (Etp \times Kc)] \times ha \} > 0 \text{ no hay demanda}$$

$$DUA = \{ [P - (Etp \times Kc)] \times ha \} < 0 \text{ sí hay demanda}$$

Donde:

DUA: Demanda por uso agrícola.  
 P: Precipitación media (mm).  
 Etp: Evapotranspiración media (mm).  
 ha: Área en hectáreas.

Según esta metodología se generaron 3 datos de demanda agrícola, los cuales no corresponden a la realidad de la cuenca. Basados en el “Taller de reglamentación de corrientes hídricas” de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca –CVC– (2002) y “los módulos de consumo de agua para los diferentes usos del recurso hídrico”, en la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca –CAR– (2005), se adaptó una nueva ecuación, la cual estima los litros de agua que necesita determinado cultivo por segundo en una hectárea (l/s/ha), mediante la diferencia entre la oferta que en este caso será la precipitación efectiva y la demanda del cultivo y la evapotranspiración.

Nueva demanda por uso agrícola

$$DUA = [(MR \times A \times Sm) / 1000]$$

**Ecuación 7.**

Donde:

DUA: Demanda uso agrícola (m<sup>3</sup>/mes).  
 A: Área del cultivo.  
 Sm: Segundos del mes.

Luego se realizó la sumatoria de los meses del año y se determinó la demanda en (m<sup>3</sup>/año).

$$DUA_{\text{año}} = DUA_{\text{enero}} + DUA_{\text{febrero}} \dots + DUA_{\text{diciembre}}$$

**Ecuación 8.**

Donde:

DUA<sub>año</sub>: Demanda uso agrícola anual (m<sup>3</sup>/año).  
 DUA<sub>mes</sub>: Demanda uso agrícola mensual (m<sup>3</sup>/mes).

Estos fueron los cambios más significativos y que modelaron la información de manera que el diagnóstico derivado fuese más confiable para establecer decisiones sobre la gestión integral del recurso hídrico. Para establecer finalmente el cálculo del índice de escasez se relacionaron los datos de oferta hídrica superficial neta y demanda hídrica.

### CÁLCULO DEL ÍNDICE DE ESCASEZ

A partir de la fórmula 1 se estableció el índice de escasez a nivel municipal para categorizar la relación entre la oferta hídrica disponible y la demanda por parte de las actividades humanas dependientes del recurso. A partir de la definición del índice se puede categorizar el rango en el que se encuentran los municipios. Las categorías adoptadas se hallan en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Categoría de índice de escasez.

Categoría	Rango
No significativa	0% - 1%
Mínima	1.1% - 10%
Media	10.1% - 20%
Media alta	20.1% - 50%
Alta	Superior a 50%

Fuente: Arango *et al.* 2006. *Identificación de algunas variables involucradas en la fase diagnóstico del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Pamplonita.* CORPONOR.

A partir del cálculo de la oferta hídrica neta y la demanda total de las superficies municipales parciales de los diez municipios se determinó su correspondiente índice de escasez teniendo como referencia un año modal y un año seco. El primero se presenta en condiciones típicas y el segundo se encarga de trazar el comportamiento de la demanda en relación con la oferta de un año, donde ésta se reduce

ostensiblemente, agravando la distribución del recurso para soportar las actividades económicas y domésticas que necesariamente hacen uso del agua.

## RESULTADOS

Los resultados, medidos como el índice de escasez, se derivaron de la modificación de la fórmula de demanda hídrica y la definición de un nuevo límite para el cálculo de la oferta hídrica superficial neta.

### DEMANDA DE AGUA

La Figura 1 muestra los valores de demanda, calculados para las áreas de los 10 municipios que hacen parte de la cuenca del río Pamplonita. Los municipios que presentaron la mayor demanda fueron Cúcuta y Villa del Rosario, cuyos consumos anuales variaron entre 20 y 60 millones de metros cúbicos al año, que corresponden al 60.4 % de la demanda total en la cuenca. Este consumo se debe a que en estos municipios se encuentra la mayor concentración poblacional y la mayor actividad industrial y de servicios que son altamente consumidoras del recurso del agua. El segundo grupo lo constituyen los municipios de Los Patios, Bochalema y Pamplonita, cuyos consumos anuales varían entre 10 y 20 millones de

metros cúbicos anuales. Éstos consumen el 24.6% del agua que ofrece la cuenca, principalmente en usos agropecuarios, domésticos y de servicios. Los municipios de Chinácota y Pamplona se encontraron por debajo de los 10 millones de metros cúbicos de consumo, correspondiendo el surtido doméstico al uso más relevante, seguido por el agropecuario. Los municipios de Herrán y Ragonvalia fueron los que menor demanda abarcaron, debido a la poca población que tienen y a la presencia de pocas áreas destinadas a actividades agrícolas y pecuarias.

### OFERTA HÍDRICA

La oferta hídrica superficial neta corregida presentó un gradiente desde el suroriente de la cuenca en dirección noroeste, con un rango de 100 mm hasta 500 mm de lámina durante un año seco, y aumentó de 300 mm a 900 mm durante un año modal. Esto ocurrió debido al aumento del caudal en dirección sur-norte, elemento que define el incremento de la oferta conforme desciende altitudinalmente y aumenta el nivel de precipitación anual hasta llegar a la zona de vida correspondiente al bosque húmedo tropical (bh-T).

La Tabla 2 muestra el resultado del índice de escasez medido en porcentaje obtenido mediante la

**Tabla 2.** Índice de escasez de agua superficial en la cuenca del río Pamplonita.

Municipio	Área (Ha)	Habs	Demanda m <sup>3</sup>	Demanda total %	Año modal		Año seco	
					Oferta modal m <sup>3</sup>	Índice Escasez %	Oferta m <sup>3</sup>	Índice Escasez %
BOCHALEMA	14.560,7	6.052	11.772.613,5	8,9	43.937.154,4	26,79	22.376.780,7	52,61
CHINÁCOTA	16.108,8	15.882	6.177.085,5	4,7	57.308.391,7	10,78	31.653.177,3	19,51
CÚCUTA	31.909,6	513.973	59.672.870	45	69.397.375,4	85,99	33.936.912,8	175,83
HERRÁN	10.409,8	6.118	625.442	0,5	27.955.596	2,24	14.813.056,2	4,22
LOS PATIOS	12.714,5	59.570	10.277.731,8	7,8	20.391.760,9	50,4	9.459.412,03	108,65
PAMPLONA	12.349,9	56.841	9.543.976,4	7,2	53.672.869,6	17,78	28.811.206,3	33,13
PAMPLONITA	16.628,6	4.343	10.463.814	7,9	45.725.401	22,88	25.619.471,9	40,84
PUERTO SANTANDER	599,2	124	2.644.663,5	2	2.750.016,2	96,16	1.432.672,5	184,59
RAGONVALIA	10.003,4	8.378	924.633,6	0,7	24.810.013,4	3,73	13.871.322,8	6,66
VILLA DEL ROSARIO	9.249,7	65.377	20.439.908,8	15,4	18.733.327,9	109,1	10.352.976,8	197,43
Total	134.534,2	736.656	132.542.739,2	100	364.681.909,4		192.326.989,4	

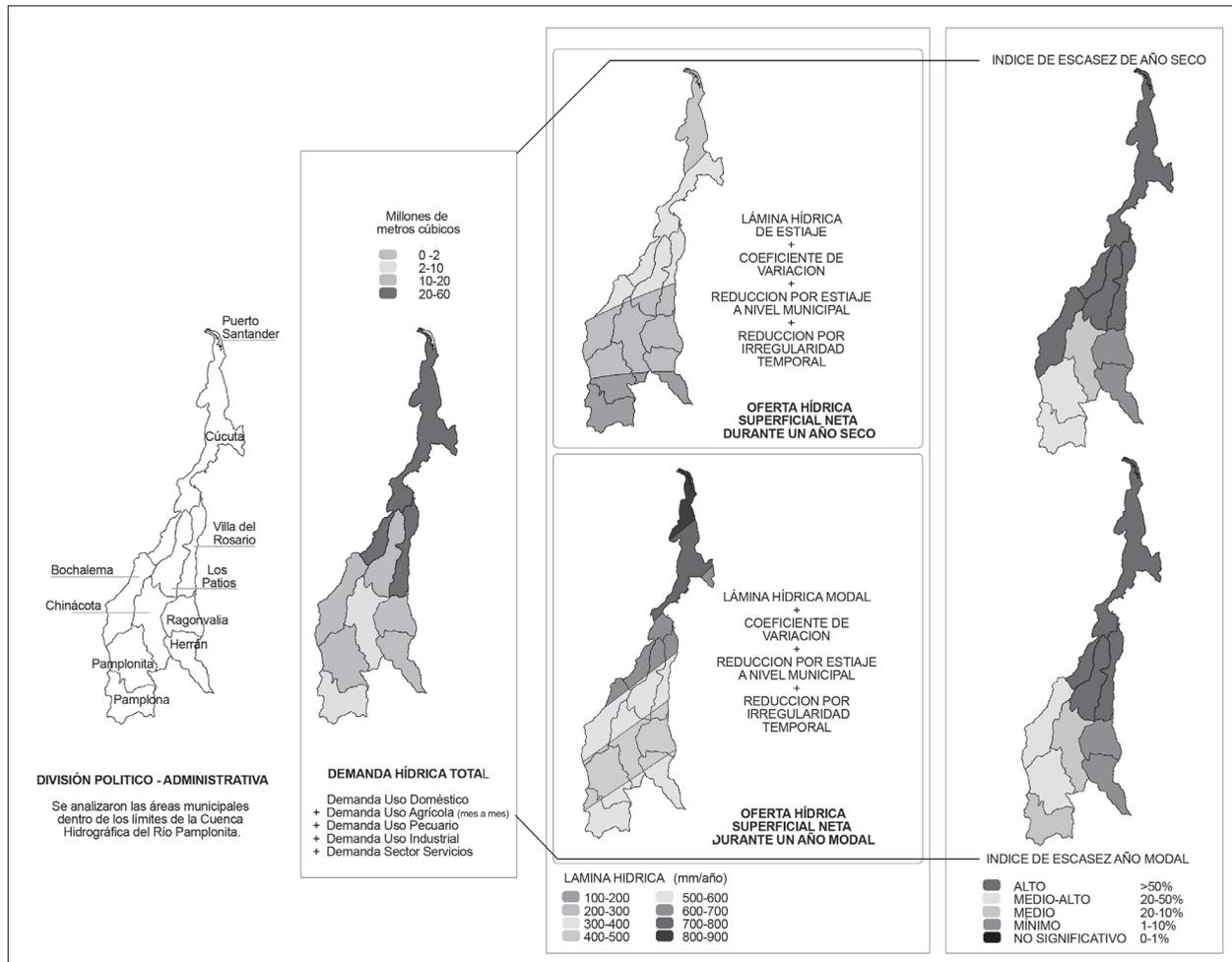
Fuente: Arango *et al.* 2006. *Identificación de algunas variables involucradas en la fase diagnóstico del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Pamplonita.* CORPONOR.

metodología propuesta para los dos escenarios posibles a nivel municipal. El componente de oferta fue validado estadísticamente mediante la prueba de bondad de ajuste para dos distribuciones de probabilidad de Kolmogorov-Smirnov, mientras que la demanda se validó a nivel de campo mediante mediciones que suscitaron las correcciones.

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La definición de un marco metodológico adaptado (Figura 1) se aplicó de manera eficaz para calcular el índice de escasez bajo dos escenarios diferentes y posibles. A partir de la validación de los datos de manera estadística y de la toma de información

*in situ* para oferta y demanda respectivamente, se pudo establecer una mejoría en la resolución de aspectos metodológicos que permitieron el cálculo de un índice más coherente con el comportamiento del hidrosistema estudiado. A partir de esta nueva metodología se pudo identificar el comportamiento a nivel municipal para la cuenca de la siguiente manera: durante un año modal el índice de escasez alto (superior al 50%) afecta al 87% de la población total de la cuenca y abarca los municipios de Cúcuta, Villa del Rosario, Los Patios y Puerto Santander, que correspondieron a los de mayor densidad poblacional, con excepción del último. El incremento de la demanda en estos municipios es imposible de suplir con la oferta hídrica actual; la categoría media-alta afecta a sólo el 1% de la población y abarca



**Figura 1.** Metodología general y cartografía utilizada para determinar el índice de escasez hídrico a nivel municipal en la cuenca del río Pamplonita.

Escala de trabajo 1:100000. Escala gráfica: 2.100.000

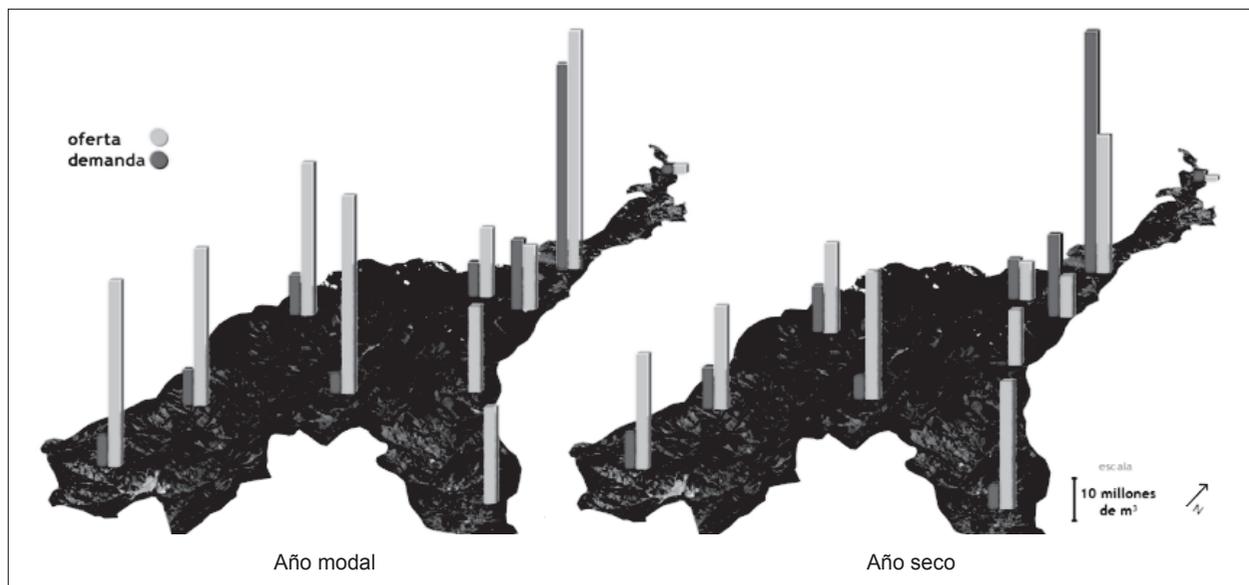
los municipios de Bochalema y Pamplonita, donde la demanda agrícola se suple sin inconvenientes de una oferta moderada; la categoría media (11-20%) para Pamplona y Chinácota se deriva de la demanda doméstica, agrícola y de servicios por la población local y flotante. Herrán y Ragonvalia presentan un índice bajo (1-10%), donde el riesgo de desabastecimiento es mínimo respecto al resto de la cuenca, debido a su escasa demanda y a las condiciones de oferta natural. En la cuenca no hay municipio que se encuentre dentro del rango de no significativo, lo que demuestra que las condiciones en ninguna parte de la cuenca pueden ser caracterizadas de óptimas ya sea por su demanda o por su oferta.

El escenario modelado para un año seco es, obviamente, más preocupante debido a la reducción de la oferta hídrica, lo que inclina la balanza inevitablemente hacia condiciones de abastecimiento muy limitadas (Figura 2). El frente de expansión de categorías altas toma ahora más municipios, más población y dificulta aún más la gestión integrada del recurso a nivel de cuenca. En la Figura 1 se observa la diferencia de magnitud entre una demanda que duplica p.e. la oferta para el municipio de Cúcuta, lo cual demuestra que la densidad poblacional y por tanto su incremento proporcional en los usos asociados y complementarios crea

condiciones que hacen prioritario identificar estrategias de reducción de la demanda y optimización de la oferta. El índice de escasez a nivel municipal presentó durante un año de déficit hídrico un comportamiento diferente en la parte media y alta de la cuenca. En el municipio de Bochalema se extienden los límites del índice alto a una zona que anteriormente era considerada de tipo medio; en el caso de los municipios de Pamplona y Pamplonita pasaron del rango medio a medio alto, haciendo que esta categoría se concentre en la parte suroriental de la cuenca; Chinácota es el único municipio en la cuenca que tendría categoría media, mientras que los municipios de Herrán y Ragonvalia, aunque ven disminuida su oferta casi en un 50%, presentan poca demanda, lo que los mantiene en la categoría de índice de escasez mínimo, reafirmando la tendencia que tiene esta zona de la cuenca.

## CONCLUSIONES

El perfeccionamiento metodológico realizado se nutre de la información primaria y secundaria y por tanto mejora el número, la calidad, la continuidad y la cobertura de la misma que se verá reflejada en la construcción de nuevos aportes al protocolo del índice de escasez. Éste permite trazar un diagnóstico a nivel general sobre la proporción o desproporción



**Figura 2.** Comparación de la magnitud entre oferta y demanda hídrica para los dos escenarios evaluados. Un año típico o modal y un año seco o de condiciones de estiaje para la cuenca del río Pamplonita.

de la relación demanda/oferta, lo que implica ser concluyente en función de las acciones a tomar para proteger, recuperar y/o mantener las fuentes abastecedoras de agua para los diferentes fines dentro de la cuenca.

Los ajustes metodológicos en la oferta hídrica se traducen en: a) mayor confiabilidad bajo un marco espacial definido como el área municipal dentro de los límites de la cuenca, b) validación estadística estableciendo correlación de los dos parámetros que intervienen en su definición y c) la posibilidad de interrelacionar con los valores de demanda obtenidos dentro del mismo límite para que tengan significancia a nivel técnico-científico.

La complementación de los componentes de la demanda total permiten por su parte: a) reducir la incertidumbre de tipos de demanda notablemente importantes para la cuenca, como es el caso de la demanda agrícola, y b) debatir el modelo conceptual propuesto en 2004 por el IDEAM que al ser aplicado no reflejó el verdadero comportamiento de este componente, lo que fue el punto de partida para su reformulación efectiva.

El índice de escasez bajo el modelo propuesto, que fue validado por el IDEAM (2004), se adapta mejor a las condiciones de la cuenca, permitiendo a la autoridad ambiental su utilización como instrumento guía para administrar el recurso hídrico bajo parámetros que se adaptan a la creciente demanda y a la reducción de la oferta.

La continua reducción de la oferta, debida a la fuerte presión antrópica sobre los recursos naturales asociados a la regulación hídrica, y el aumento de la demanda por crecimiento poblacional, hacen que en la cuenca se presente un escenario de escasez hídrica que intensifica la competencia entre demandas potenciales de los sectores agrícola, industrial, de servicios y el consumo per cápita para uso doméstico.

Es notable la magnitud en que la carencia o la limitación en el acceso al recurso hídrico aqueja a un gran número de personas, lo que hace prioritario la implementación de estrategias que busquen

contrarrestar la influencia negativa de la escasez en el recurso a corto plazo, y establecer medidas de tipo ambiental, jurídico y administrativo tendientes a garantizar en el mediano plazo el suministro equitativo del agua. Una de estas estrategias puede ser las tasas retributivas.

Derivado de la propuesta metodológica y de su influencia para la gestión de los recursos hídricos se plantea: a) La metodología propuesta por el IDEAM en el campo de la demanda presenta elementos a nivel general, los cuales no pueden ser aplicados en áreas específicas sin el desarrollo de los subcomponentes, los cuales requieren de un análisis específico y están sujetos a las características propias de cada región o territorio; b) hacia su extremo oriental, la red limnimétrica del Catatumbo finaliza con las dos estaciones medidoras de caudal sobre la corriente del río Pamplonita, lo cual arroja una baja resolución en la información que se encuentra en el costado oriental del río. Por lo tanto es necesario aumentar la red, en puntos de importancia hidrológica, para reducir la incertidumbre sobre la oferta hídrica superficial a lo largo y ancho de la cuenca.

Se sugiere la aplicación de un modelo acorde a las particularidades zonales para predecir los caudales. En caso de haber algún modelo establecido se debe proceder a validarlo, como paso necesario para dar confiabilidad a los caudales modelados. De la misma manera, para el cálculo del índice de escasez se debe contar con información real, actualizada, contextualizada y dinámica, que supla la necesidad de los procesos de planificación para plantear una organización eficiente del territorio y la calidad ambiental.

Se debe priorizar la gestión del recurso de manera integral en toda la cuenca, encaminando las acciones primarias hacia los municipios más aquejados, que a su vez son los que presentan mayor número de pobladores. La oferta en estos municipios, aunque es superior a los de la parte alta de la cuenca, es insuficiente debido a las reducciones a las que se ve sometida por la inestabilidad durante el año debido a la alta incidencia de las épocas secas en el caudal y por ser poco predecible entre temporadas

interanuales. En los casos en que la demanda de agua representa más del 20% de la oferta de agua, es necesario poner en marcha las acciones necesarias para gestionar el recurso hídrico en la búsqueda del desarrollo sostenible de la cuenca. De acuerdo con Costa *et al.* (2005), las mejores estrategias para contrarrestar las consecuencias negativas deben estar encaminadas hacia el manejo integrado de las fuentes superficiales, disminuir la demanda mediante el ahorro y uso eficiente del agua, establecer pequeños embalses para reducir la irregularidad temporal y hacer más eficientes los sistemas de captación y distribución del agua.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arango, D., L. Hernández, C. González, H. Infante, S. Murillo, D. Olaya & A. Páez.** 2006. Determinación de algunas variables consideradas dentro de la etapa diagnóstico del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Pamplonita. Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental (CORPONOR). Cúcuta. Pg. 150.
- Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental (CORPONOR).** 1999. Plan de Gestión Ambiental Regional. Capítulo Hidroclimatología. Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental (CORPONOR). Cúcuta. Pg. 80.
- Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (cvc).** 2002. Taller de reglamentación de corrientes hídricas. Cali. Pg. 75.
- Costa, C., E. Domínguez, H. Rivera & R. Vanegas.** 2005. El índice de escasez de agua ¿un indicador de crisis o una alerta para orientar la gestión del recurso hídrico? Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Grupo de Investigación en Hidrología. Bogotá. Revista de Ingeniería Universidad de Los Andes 22: 104-111.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM.** 2004. Metodología para el cálculo del índice de Escasez de Agua Superficial. Documento técnico. Bogotá, Colombia. Pg. 30.
- Organización Meteorológica Mundial (OMM).** 1997. Evaluación general de los recursos de agua dulce del mundo. OMM. Nueva York. Pg. 59.
- United Nations, World Water Assessment Programme.** 2003. UN World Water Development Report: Water for People, Water for Life. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (unesco) & Berghanh Books. París. Pg. 529.

