

VARIACIÓN CRONOESPACIAL DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN LA CUENCA DEL RÍO VALLES, MÉXICO

TEMPORAL-SPATIAL VARIATION OF ECOLOGICAL FLOWS IN THE VALLES RIVER BASIN, MEXICO

Germán Santacruz De León¹

Resumen

Los caudales ecológicos se definen como el régimen fluvial en un cuerpo de agua que permite mantener el funcionamiento del ecosistema acuático en condiciones naturales. La legislación ambiental en México – Ley de Aguas Nacionales (LAN), Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental (LGEEPA) –, en concordancia con la legislación de países europeos, establece la necesidad de definir caudales en las corrientes superficiales perennes que permitan, ante los diversos usos que se le da al agua que circula por ellas, la existencia o permanencia de la fauna acuática. En el río Valles, localizado en el estado de San Luis Potosí, México, se ha presentado en diferentes años mortandad de peces en la época de estiaje, ello como consecuencia del incremento en las extracciones de agua para uso doméstico y agroindustrial, así como por las descargas de aguas residuales al río. Debido a lo anterior los usuarios, representados en el Comité de Cuenca del río Valles, han establecido, en dos zonas, un nivel de referencia que ha disminuido la mortandad de peces; sin embargo, aún se tienen efectos nocivos en la fauna acuática. En tal sentido, los objetivos de esta investigación fueron estimar los caudales ecológicos en el río Valles con el método Tennant y analizar la variación espacio-temporal de los mismos. Se fijaron dos puntos (Micos y Santa Rosa) y dos períodos (1960-1975 y 1976-2000) de análisis; los resultados muestran que los caudales medios anuales están disminuyendo, generando un decremento en los caudales ecológicos del 10 %. De acuerdo a los resultados se pueden inferir condiciones ecológicas adversas de marzo a mayo en el tramo Micos-Santa Rosa-El Pujal.

Palabras clave: Caudales ecológicos, método Tennant, Río Valles.

Abstract

The ecological flows are defined as the fluvial regime in a water body that it allows to maintain fluvial ecosystem function under natural conditions. Consequently the Mexican environmental law and the Europeans law, working together to fix the adequate environmental conditions for the rivers to permit the development of the aquatic life. The Valles river, located in San Luis Potosí, México has been presented since several year damages and lost of the aquatic life, because of their extensive use by domestic and agroindustrial activities; besides, the increase in the wastewater supplies. So that, the citizen had been established empirically a measure of the water level in the river that supporting the aquatic life in two points. Nevertheless, it was observed damages in the aquatic life. The aim of this work was to measure the temporal-spatial variation of the ecological flow in to the Valles river with the Tennat method. Two points (Micos and Santa Rosa) and two periods (1960-1975 and 1976-2000) were established for analysis, the results showed that the annual media flows have been producing a decrement in the ecological flows in 10%; From the results it can inferred ecological adverse conditions from march to may in the tract Micos-Santa Rosa-Pujal.

Key words: Ecological flow, method Tennant, Valles river.

INTRODUCCIÓN

Numerosas investigaciones han demostrado que los cuerpos de agua superficiales en el planeta y de México, en particular, se encuentran con graves niveles de contaminación, originando una reducción importante de la fauna acuática; la situación anterior podría revertirse si se regulan los aprovechamientos hidráulicos, las descargas de aguas residuales y se fijan caudales ecológicos considerando las condiciones existentes en cada río.

El caudal ecológico se define como el régimen fluvial que se da en un río, humedal o zona costera para mantener ecosistemas y sus beneficios donde se dan usos del agua que compiten entre sí y donde los caudales se regulan; o como el caudal que es capaz de mantener el funcionamiento del ecosistema fluvial en condiciones naturales (King *et al.* 2003 citado por Stewardson, 2005; Martínez, 2001; Dyson *et al.* 2006). Otra definición que los asocia con los aprovechamientos hidráulicos, indica que es el caudal que debe ser reservado para mantener los ecosistemas

¹ Profesor-Investigador del Programa "Agua y Sociedad". El Colegio de San Luis, A.C. Parque de Macul # 155, Col. Colinas del Parque. San Luis Potosí, S.L.P. C.P. 78299. México. Tel. (444) 8 11 01 01 ext. 6109. E-mail: gsantacruz@colsan.edu.mx

fluviales en condiciones admisibles, aguas abajo de las obras o aprovechamientos que alteran los regímenes originales o naturales de flujo de una corriente (García y Paz-Soldán, 1997; García *et al.* 1999).

Los métodos para la estimación de los caudales ecológicos se agrupan en los que hacen uso de los caudales medidos en estaciones hidrométricas y los que hacen uso de los modelos de simulación del hábitat, en los que se determinan parámetros hidráulicos que tienen incidencia en la distribución de los organismos acuáticos y con los que se obtiene respuesta de éstos a esos parámetros (García, *et al.* 2000).

Actualmente se tienen identificados 200 métodos para la estimación de los caudales ecológicos los cuales se usan en más de 50 países (Arthington *et al.* 2005; Stewardson, 2005); éstos se agrupan en cuatro tipos: i) métodos hidrológicos; ii) métodos de evaluación hidráulica; iii) métodos de evaluación del hábitat y iv) métodos holísticos (Arthington *et al.* 2005; Stewardson, 2005; Maunder y Hindley, 2005).

Los que pertenecen a los dos últimos grupos son los más complejos. En éstos se encuentran el llamado Building Block Methodology que es usado en Sudáfrica (Hughes *et al.* 2003; Hughes, 1999) y el Instream Flow Incremental Methodology (IFIM), que es de los más usados en los países desarrollados (Martínez, 2001; McKenny y Read, 1999); éstos requieren de tiempo, recursos económicos y de experiencia técnica, además de información biológica (Acreman y Dunbar, 2004; García y Paz-Soldán, 1997; Pyrce, 2004).

Los métodos hidrológicos, son los más empleados en los países en vías de desarrollo, como México (García *et al.* 1999) y Nepal (Smakhtin, 2001); su principal desventaja es que la significancia ecológica de las estadísticas hidrológicas no es clara; el mejor conocido de ellos es el método Tennant, que fue desarrollado en Estados Unidos de Norteamérica (Smakhtin, 2001; Stewardson, 2005), es ampliamente usado en la planeación a nivel de cuencas hidrográficas (Acreman y Dunbar, 2004), actualmente se emplea, en su forma original o modificado, en 25 países (Moore, 2004; Pyrce, 2004). Dentro de los métodos hidrológicos también se incluye al método matemático Suizo y al Criterio establecido en la Ley de Aguas de Francia (García y Paz-Soldán, 1997).

Por otro lado, en México la legislación ambiental –Ley de Aguas Nacionales (LAN), Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental (LGEEPA)–, en concordancia con la legislación de países europeos, establece la necesidad de definir caudales en las corrientes superficiales perennes que permitan, ante los diversos usos que se les da al agua que circula por ellas, la existencia o permanencia de la fauna acuática. Sin embargo, en muy pocos cuerpos de agua del país se han fijado estos caudales; por ejemplo, se han estimado caudales ecológicos para los ríos Tonto, Santiago y Tepic (García, *et al.* 1999).

En el río Valles, localizado en el estado de San Luis Potosí, se ha presentado en diferentes años mortandad de la fauna acuática en la época de estiaje, como consecuencia del incremento en las extracciones de agua para uso doméstico y agroindustrial, así como por las respectivas descargas de aguas residuales al río. Debido a lo anterior los usuarios del agua del río, representados en el Comité de Cuenca del Río Valles, han establecido por observación, en dos zonas, un nivel de referencia que ha disminuido, en buena medida, la mortandad de peces; sin embargo, aún continúa presentándose efectos en la fauna acuática.

OBJETIVO

Estimar los caudales ecológicos en el río Valles y analizar la variación espacio-temporal de los mismos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La zona de estudio la constituye el río Valles, que en conjunto con sus tributarios forman una cuenca hidrográfica de 3.199 km²; esta cuenca presenta climas subhúmedos con lluvias en verano de humedad media y alta y climas semicálidos subhúmedos con lluvias en verano, la precipitación pluvial media anual es de 1300 mm. La corriente principal, localizada en el estado de San Luis Potosí, tiene un recorrido de 150 km desde su origen, a 800 msnm, hasta su desembocadura, a 100 msnm, con el Río Tampoán afluente del Río Pánuco.

Con un Sistema de Información Geográfica (SIG) de la cuenca del río Valles se georeferenciaron dos estaciones hidrométricas (Figura 1), las cuales cuentan con más de veinte años de registro de caudales; en la parte media de la cuenca se ubica la estación Micos (22.11° L.N. y 99.16° L.W) y en su parte baja la estación Santa Rosa (22.01° L.N. y 99.06° L.W.). La información hidrométrica de estas estaciones se obtuvo del Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (IMTA, 2002). El período de registro para cada estación se dividió en dos (1960-1975 y 1976-2000), para cada uno de ellos se calcularon los caudales medios anuales, medios mensuales y se determinó el período de estiaje y avenidas; con esta información se calcularon los caudales ecológicos empleando el método Tennant modificado para México (García *et al.* 1999).

El método Tennant establece los siguientes criterios: 1) el 10 % del caudal medio anual es el mínimo recomendable para mantener un hábitat que permite en un corto plazo la sobrevivencia de la mayoría de las formas de vida acuática; 2) El 30 % del caudal medio anual es recomendable para mantener un hábitat adecuado para la sobrevivencia de las diversas formas de vida acuática; 3) el 60 % del caudal medio anual es recomendable para generar un hábitat de características excelentes a excepcionales para la

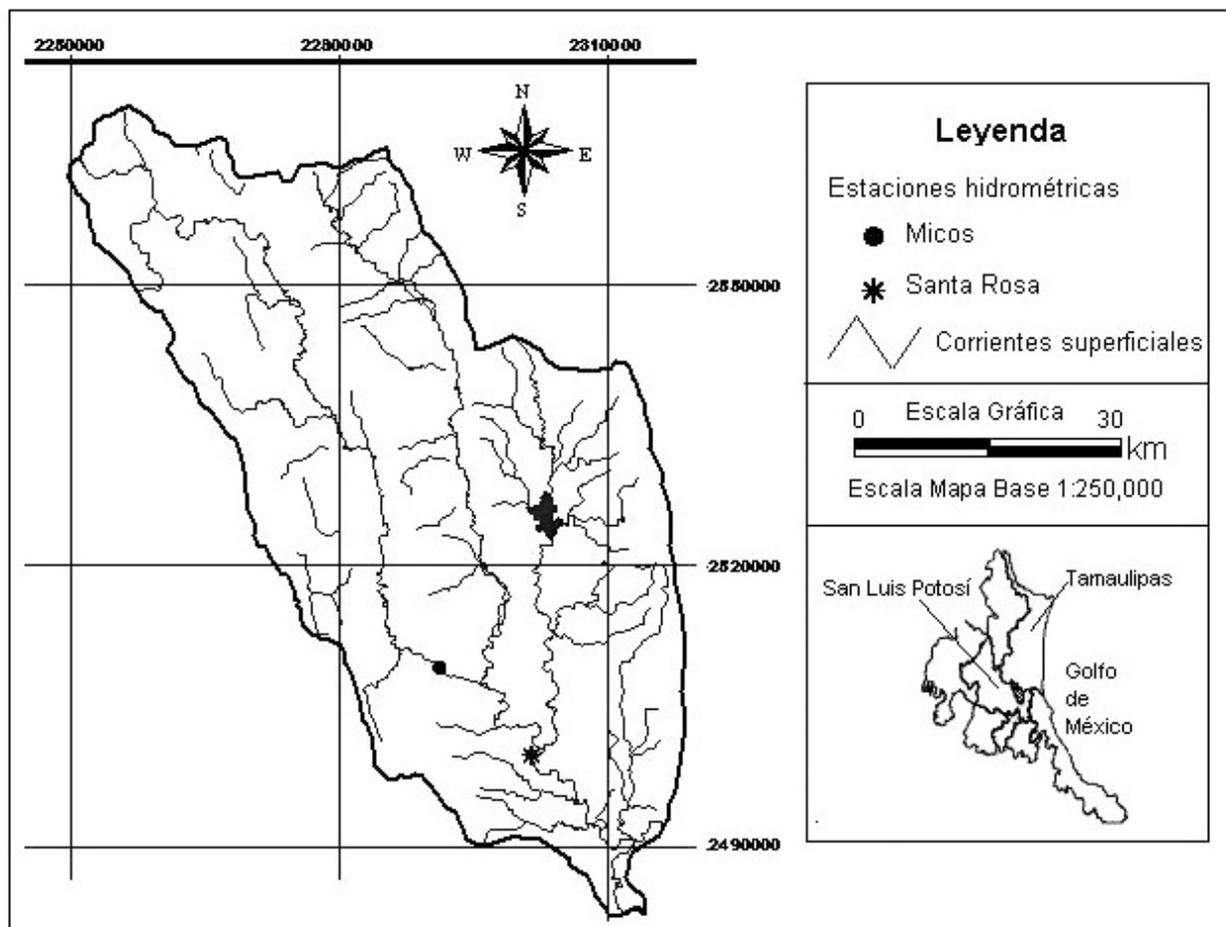


Figura 1. Localización de estaciones hidrométricas en la cuenca del río Valles

mayoría de las formas de vida acuática, durante los periodos de crecimiento iniciales (García et al. 1999; Maunder & Hindley, 2005; Pyrce, 2004). En tal sentido, el método Tennant identifica diferentes niveles de caudales recomendados como adecuados para la vida acuática con base en diversas proporciones de los caudales medios (Acreman & Dunbar, 2004; Moore, 2004; Smakhtin, 2001; Stewardson, 2005), proporciona de manera rápida y económica una aproximación de los caudales ecológicos (García & Soldán, 1997), considerando a éstos como un porcentaje del caudal medio anual (Pyrce, 2004).

RESULTADOS

De los aprovechamientos hidráulicos.

La cuenca del río Valles presenta condiciones biofísicas que favorecen o propician determinados usos del agua. En las subcuencas en las que se ha dividido la cuenca del Río Valles existen condiciones particulares que las hacen más o menos "aptas" para un determinado uso. Los aprovechamientos hidráulicos actuales en la cuenca del Río Valles se encuentran sistematizados en el **Registro Público de Derechos de Agua (REPDA)** de la Comisión Nacional del Agua (CNA). En este registro aparece el volumen de agua anual concesionada y el tipo de aprovechamiento. Como se mencionó en el apartado de métodos, los

aprovechamientos de agua fueron georeferenciados en el SIG de la cuenca del Río Valles (Figura 2) a partir de una base de datos generada con información proporcionada por la CNA.

De acuerdo con la base de datos y el SIG de la cuenca del río Valles, el volumen de agua superficial concesionado en la subcuenca "Río El Salto" es de 33.22 Mm³/año; aquí se asume que éste es el volumen de extracción. El 90% del volumen extraído se emplea en el sector agrícola; el 6% se emplea en el sector industrial, aquí es importante destacar que este uso es, en esencia, agroindustrial y está constituido por un solo usuario, que extrae 1.90 Mm³/año; el 4% restante del volumen extraído se destina al uso público-urbano.

La subcuenca "Río Los Gatos" abarca todo el municipio de Nuevo Morelos, Tamaulipas. Las concesiones otorgadas en este municipio por la CNA no se encuentran geoposicionadas; sin embargo, se sabe el tipo de uso y la cantidad de agua extraída. El volumen de agua superficial concesionado es de 7.79 Mm³/año, de éstos se extraen 2.8 Mm³/año (35.94%) en la porción de Nuevo Morelos, Tamaulipas. El uso agrícola es el que mayor volumen de agua superficial extrae de la subcuenca: 6.96 Mm³/año; le siguen los destinados a usos múltiples y pecuarios con 0.39 Mm³/año y 0.24 Mm³/año, respectivamente; finalmen-

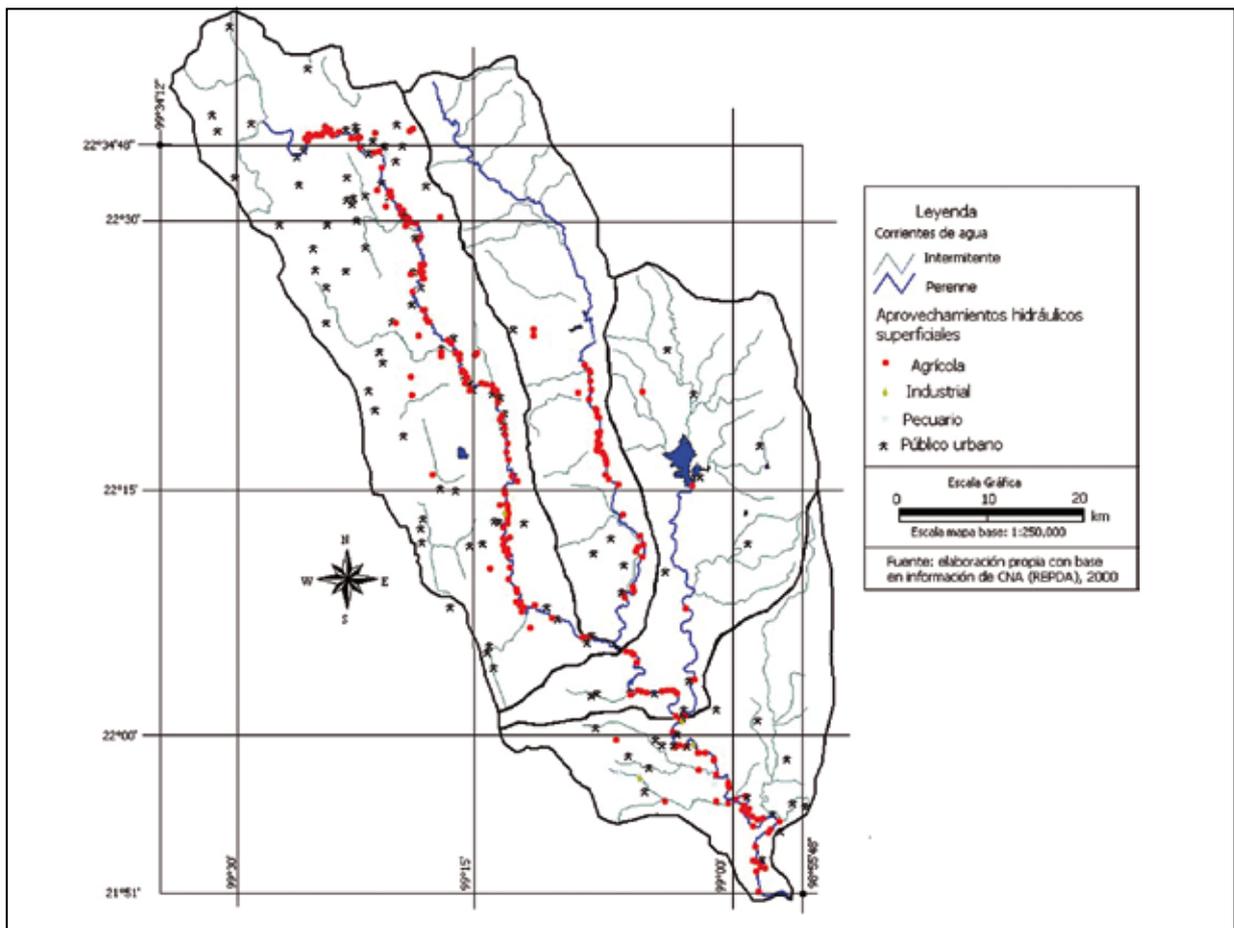


Figura 2. Aprovechamientos hidráulicos superficiales actuales en las subcuencas del río Valles

te, se encuentra el uso público-urbano, que engloba al uso doméstico, que extrae 0.061 Mm³/año. Por lo tanto, el 90.9 % del agua extraída en la subcuenca “Río Los Gatos” se destina a uso agrícola.

La subcuenca “Río Mesillas” contiene una pequeña porción del municipio de Antigua Morelos, Tamaulipas; esta porción se encuentra ubicada en la parte alta de la subcuenca, por esto y por lo pequeño de esa porción no se consideran las concesiones de aprovechamiento de agua otorgadas por la CNA en este municipio. Por otro lado, la distribución espacial de las concesiones de agua superficial correspondientes al municipio de Ciudad Valles se conoce a partir del SIG de la cuenca del Río Valles (Figura 2). Los aprovechamientos superficiales en la subcuenca son 36 y se ubican mayoritariamente en la parte baja de la subcuenca. El volumen de agua superficial concesionado es de 23.92 Mm³/año; los aprovechamientos superficiales destinados al uso agrícola son 22, mediante los cuales se extrae el 93.18% del volumen total; para uso pecuario se destina el 5.85 % del volumen de agua extraído y el 0.97% se destina a uso público urbano.

En la subcuenca “Río Valles” se tienen 71 aprovechamientos superficiales en los que se extrae un volumen de 16.4 Mm³/año de agua. Para uso agrícola se destina el 73% del volumen de agua superficial;

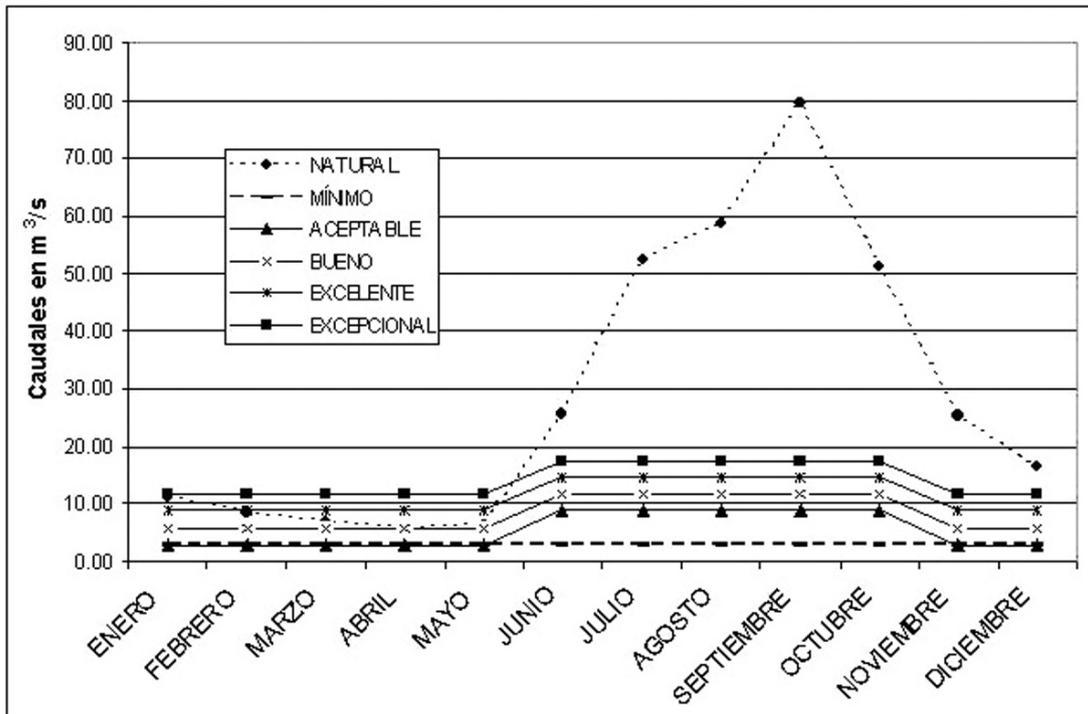
para uso público urbano el 1.67% y para uso agroindustrial el 25% del volumen extraído. Dos industrias son las que aprovechan el 98.8% del volumen de agua destinado a uso agroindustrial.

En resumen, el volumen de agua concesionado en la cuenca del Río Valles es de 89.85 Mm³/año. El 89.2% se destina a uso agrícola. Ello como se verá adelante tiene efectos considerables en la vida acuática que constituyen la cuenca del río Valles.

Variación temporal de los caudales ecológicos en la estación Micos

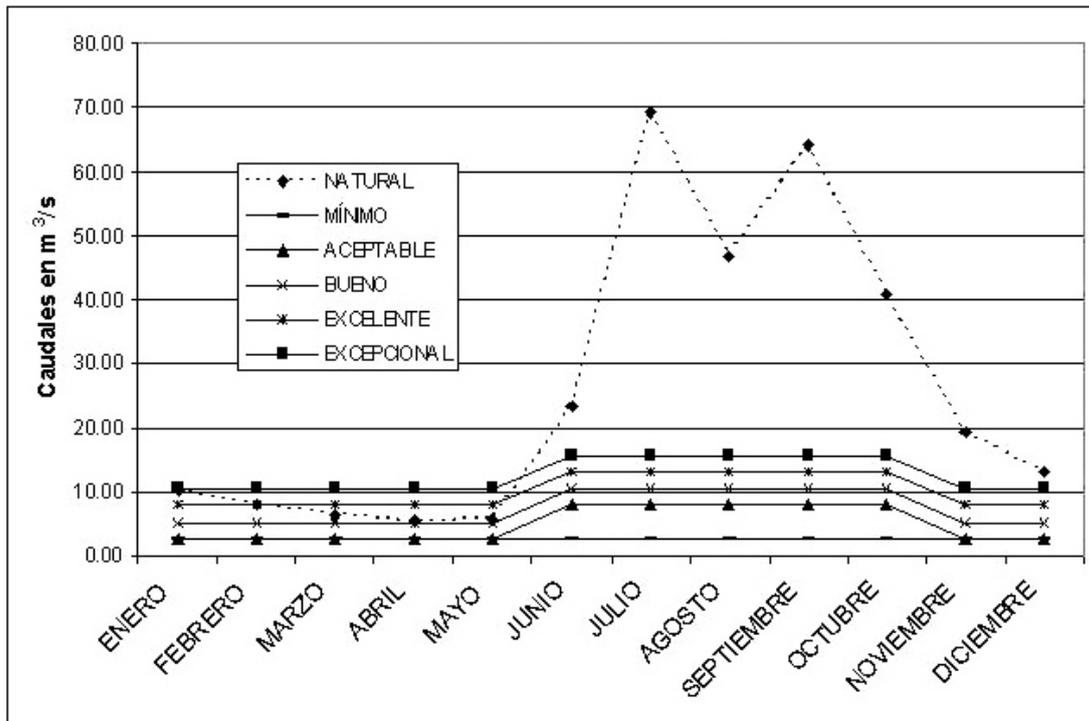
En el período 1960-1975 el caudal medio anual en la estación Micos fue de 28.98 m³/s y éste disminuyó a 26.01 m³/s en el período 1976-2000. Este descenso provocó un decremento en los caudales ecológicos; así, el caudal catalogado como mínimo pasó de 2.89 m³/s a 2.60 m³/s y el considerado como excelente, para la época de estiaje, pasó de 8.69 m³/s a 7.80 m³/s (Figuras 3 y 4); en términos porcentuales éstos disminuyeron entre 10.0% y 10.2%. De acuerdo con lo anterior, cualquier incremento o descenso en los caudales medios anuales, provoca respectivamente un aumento o decremento en los caudales ecológicos estimados a partir del método Tennant.

El decremento en los valores de los caudales ecológicos no implica que las condiciones ecológicas



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. Caudal medio natural versus caudales ecológicos, estación Micos, período 1960-1975. Subcuenca “Río El Salto”



Fuente: Elaboración propia

Figura 4. Caudal medio natural versus caudales ecológicos, estación Micos, período 1976-2000. Subcuenca “Río El Salto”

actuales en el punto estudiado del río sean las más favorables para la vida acuática; este descenso es provocado por el incremento en las extracciones de agua del río para usos agroindustriales y domésticos aguas arriba de la estación Micos.

El caudal medio mensual para los meses de febrero a mayo del período 1961-1975 analizado fue inferior a los caudales ecológicos catalogados como excelentes y excepcionales. Para el período 1976-2000, el caudal medio mensual del mes de febrero está ligeramente por arriba del caudal considerado como excelente pero es inferior al considerado como excepcional; los caudales medios mensuales de marzo, abril y mayo son inferiores a los caudales considerados como excelentes y excepcionales (Figuras 3 y 4).

Por otro lado, en los meses de diciembre a agosto, del período 1961-1975, el caudal mensual mínimo resultó inferior a los caudales ecológicos considerado como excelentes y excepcionales y en el período 1976-2000 sólo el mes de octubre presentó un caudal mínimo mensual mayor que los considerados como excelentes y excepcionales.

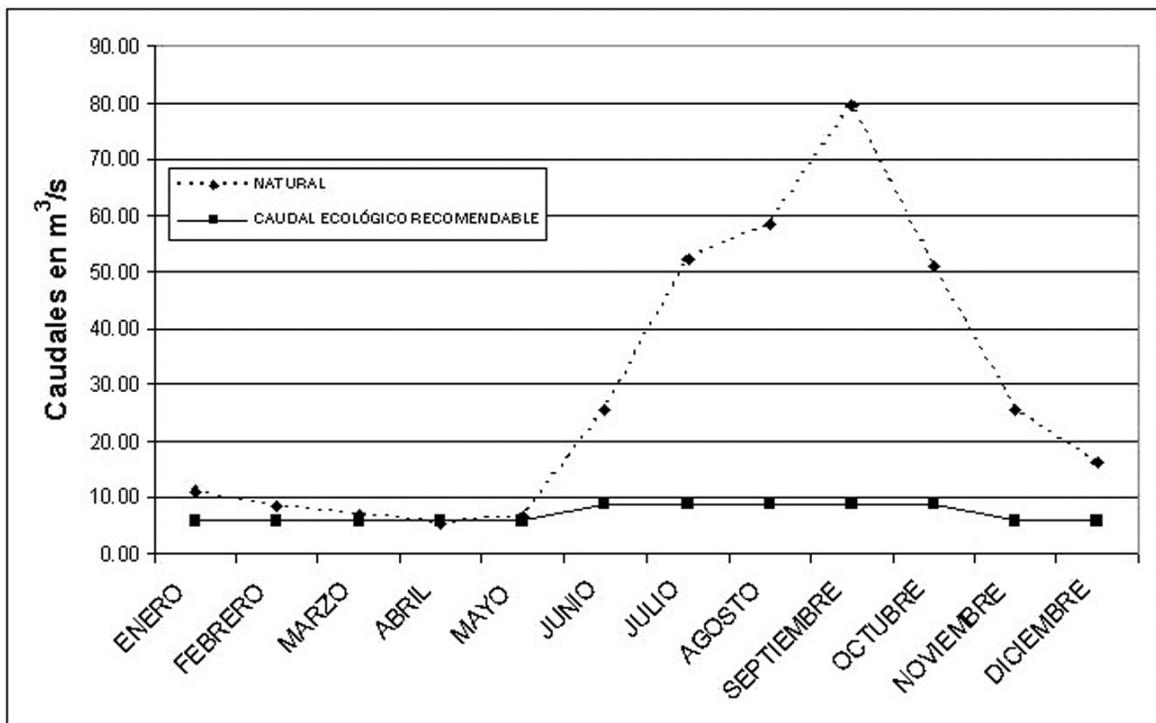
De acuerdo con lo anterior, en la estación Micos el mes de abril es el más crítico para la vida acuática. En este mes se presentó en el primer período analizado un caudal medio mensual inferior al caudal

ecológico recomendable, el cual se define como el caudal que resulta de considerar el 20% del caudal medio anual en la época de estiaje; en el segundo período el caudal medio mensual de abril resultó ligeramente superior al caudal ecológico recomendable (Figuras 5 y 6).

Variación temporal de los caudales ecológicos en la estación Santa Rosa

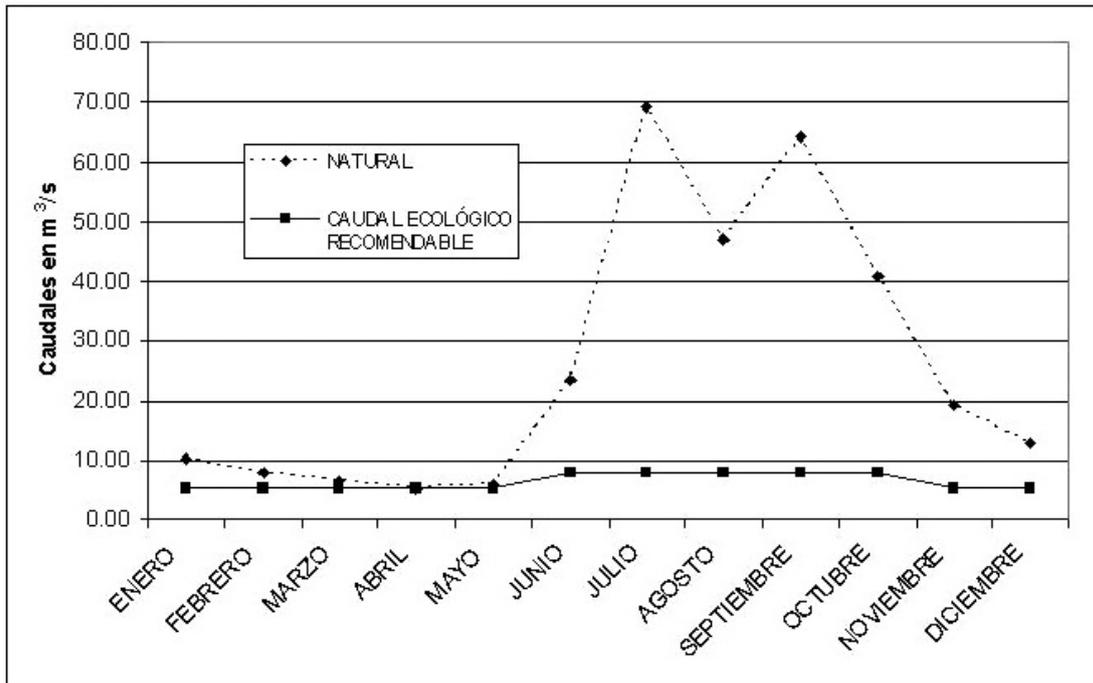
En la estación Santa Rosa, localizada en la subcuenca "Río Valles", el comportamiento de los caudales es similar a los de la estación Micos. El caudal medio anual en el período 1959-1975 fue de 38.92 m³/s y se redujo a 34.51 m³/s en el período 1976-2000.

El descenso en los caudales medios mensuales generó que los caudales ecológicos disminuyeran. La reducción en términos porcentuales fue de 11%, el cual es significativo y similar al que se presentó en la estación Micos. De acuerdo con lo anterior, el caudal medio mensual en la época de estiaje, para ambos períodos, únicamente estuvo por arriba de los caudales ecológicos mínimos y aceptables (Figuras 7 y 8); sin embargo, en los meses de febrero a mayo presentó valores inferiores al del caudal ecológico excelente. El caudal mensual mínimo que se presentó durante los meses de enero a agosto, del primer



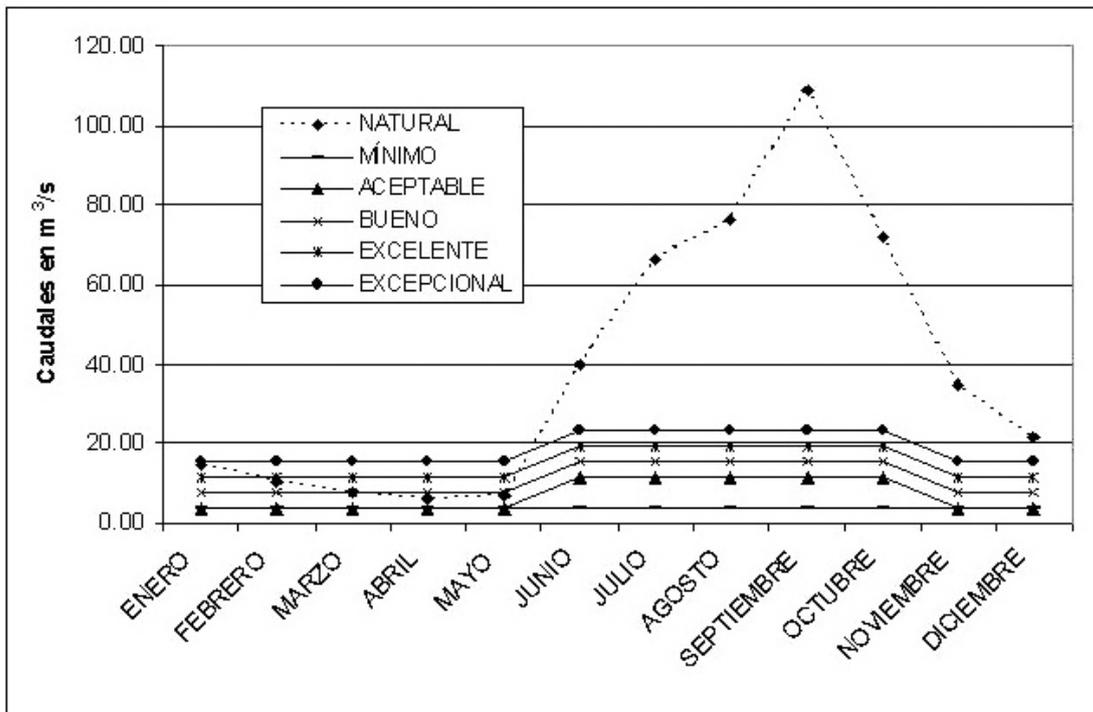
Fuente: Elaboración propia

Figura 5. Caudal medio natural versus caudales ecológicos recomendables en la estación Micos, período 1960-1975. Subcuenca "Río El Salto"



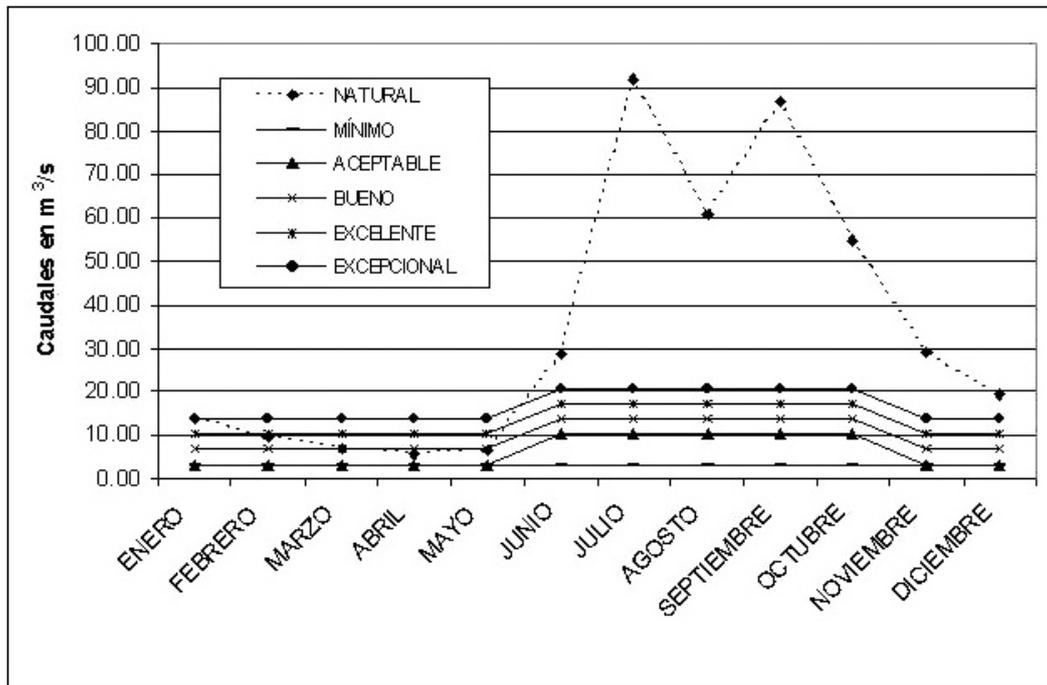
Fuente: Elaboración propia

Figura 6. Caudal medio natural versus caudales ecológicos recomendables en la estación Micos, período 1976-2000. Subcuenca "Río El Salto"



Fuente: Elaboración propia

Figura 7. Caudal medio natural versus caudales ecológicos recomendables en la estación Santa Rosa, período 1960-1975. Subcuenca "Río Valles"



Fuente: Elaboración propia

Figura 8. Caudal medio natural versus caudales ecológicos recomendables en la estación Santa Rosa, período 1976-2000. Subcuenca “Río Valles”

período analizado, fue inferior a los caudales ecológicos catalogados como buenos, excelentes y excepcionales y en el segundo período de análisis sólo octubre presentó un caudal superior al considerado como bueno y ese mismo caudal resultó inferior a los catalogados como excelentes y excepcionales.

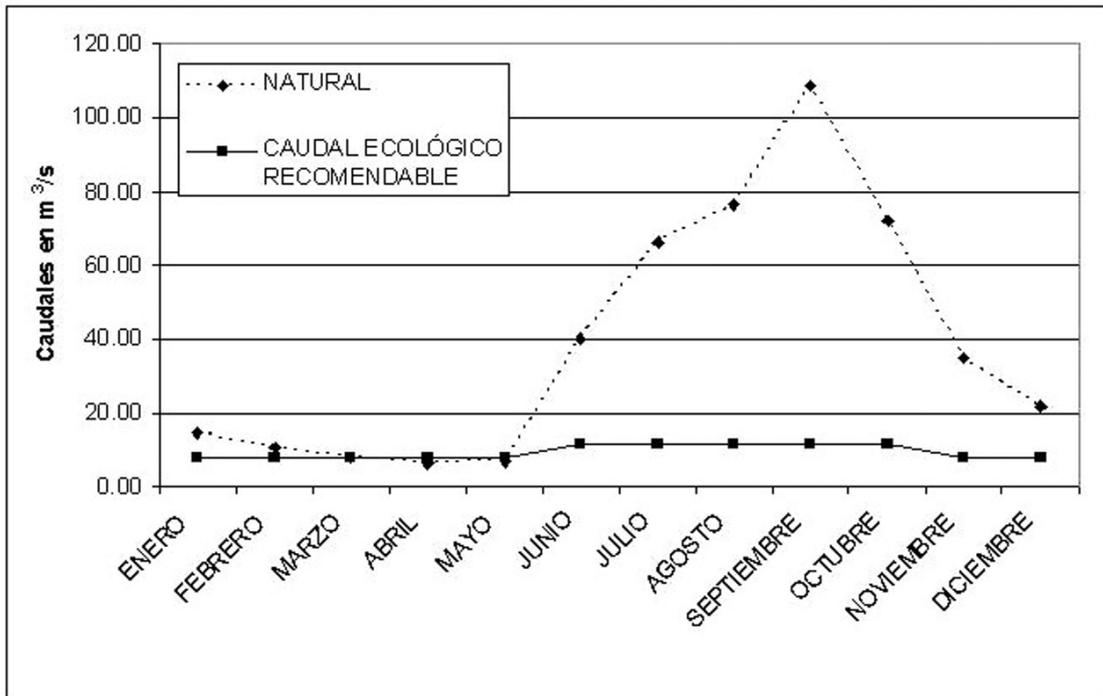
De acuerdo con lo expuesto, los meses de abril y mayo presentaron los menores valores de caudal medio mensual y, en términos hidrométricos, las condiciones más adversas para la vida acuática (Figuras 9 y 10). Por ejemplo, el caudal medio mensual de abril en el primer periodo resultó inferior en 18.8%, 47.17% y 60.37% a los caudales ecológicos bueno, excelente y excepcional, respectivamente; en el segundo período este mismo mes presentó un valor que fue inferior a esos caudales en porcentajes similares a los anteriores.

Los resultados anteriores muestran que la variación temporal de los caudales naturales y ecológicos calculados en ambos puntos es de consideración, reflejan en cierta medida que aguas arriba de cada uno de ellos están presentándose acciones humanas que son la causa de la disminución de los caudales.

Es importante recordar que la estación Micos se encuentra aguas arriba de la estación Santa Rosa, de modo que el caudal aforado en esta última corres-

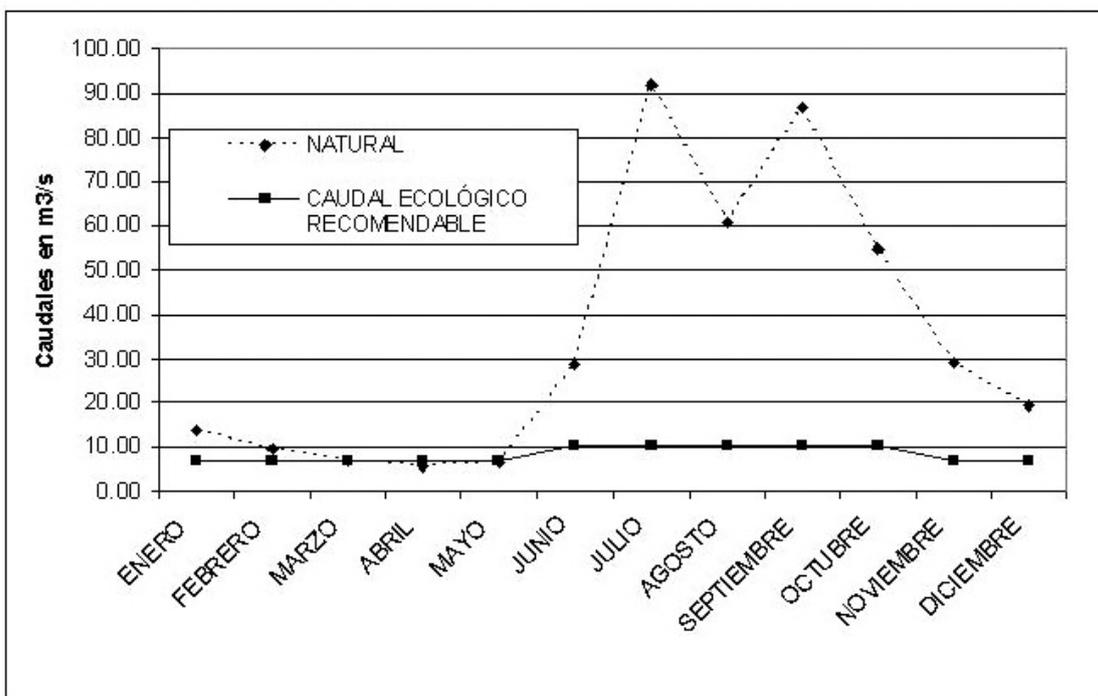
ponde a una mayor superficie hidrográfica e incluye a una parte del aforado en Micos. En tal sentido, el caudal medio anual para la estación Micos en el período 1960-1975 fue de 28.98 m³/s y en la estación Santa Rosa fue de 38.92 m³/s. En el segundo período este caudal se reduce y su valor fue de 26.01 m³/s para Micos y de 34.51 m³/s para Santa Rosa. De acuerdo con lo anterior el incremento en el caudal medio anual entre Micos y Santa Rosa fluctuó entre 24.5% y 25.5%, esto a pesar de las extracciones de agua del río para usos domésticos y agroindustriales. De acuerdo con lo anterior, debe ser posible establecer en los tramos Micos-Santa Rosa un caudal ecológico de 16.9 m³/s cuyo valor resulta de sumar al valor del caudal ecológico excepcional el 25% del valor del caudal medio anual en la estación Micos, ello, sobre todo, con fines de gestión integrada de recursos hídricos e incluso con la finalidad de limitar las extracciones de agua del río.

Sin embargo, los caudales medios mensuales, en condiciones reales, de enero a mayo resultan inferiores al caudal ecológico anterior, lo cual muestra que es necesario establecer acciones en el río, pero sobre todo en la cuenca hidrográfica, las cuales deben ir encaminadas a mantener y permitir las condiciones ecológicas favorables a la vida acuática, más cuando estas condiciones se ven impactadas por la contami-



Fuente: Elaboración propia

Figura 9. Caudal medio natural versus caudales ecológicos recomendables en la estación Santa Rosa, período 1960-1975. Subcuenca “Río Valles”



Fuente: Elaboración propia.

Figura 8. Caudal medio natural versus caudales ecológicos recomendables en la estación Santa Rosa, período 1975-2000. Subcuenca “Río Valles”

nación producida por las descargas de agua residual doméstica y agroindustrial en el río.

Los resultados muestran, por un lado, la importancia que tiene el conocimiento de la variación temporal de los caudales medios anuales que escurren por un punto, máxime cuando éstos se emplean para calcular y, con ello, fijar caudales ecológicos; esto es, muestran que un lapso considerable de tiempo, por ejemplo de más de 30 años, los caudales naturales y los caudales ecológicos presentan variaciones; de aquí que estos últimos no deben considerarse como fijos en el tiempo. Así, es recomendable que en un río sometido a nuevas y grandes extracciones de agua para usos humanos se calculen y revisen, en términos hidrológicos, cuando menos en un período de diez años tales caudales.

Por otro lado, los resultados muestran la importancia de conocer la variación espacial de los caudales medios anuales y, con ellos, de los caudales ecológicos, ya que en una misma corriente superficial, como aquí se demostró, éstos varían de un tramo a otro; este conocimiento permite establecerlos en función de la hidrometría en diferentes tramos del río.

CONCLUSIONES

Desafortunadamente, en México, a pesar de que la legislación en la materia lo establece, a pocos ríos se les han fijado, por uno u otro método, caudales ecológicos. Esto se debe, en buena medida, a que por un lado, son pocas las corrientes superficiales que cuentan con estaciones hidrométricas y, por otro lado, que las que existen no funcionan adecuadamente.

De acuerdo con lo anterior, es necesario considerar la protección de la fauna acuática y asegurar que, sobre todo, en la época de estiaje se mantenga el caudal ecológico recomendable.

Los resultados permiten concluir que el caudal ecológico ha disminuido entre 10 % y 11 % en los últimos treinta años en el tramo estudiado del río Valles; que los meses más críticos, en relación con la cantidad de agua que fluye por los puntos estudiados, para la vida acuática son marzo y abril, meses en los que se presenta el período de sequía y, con ella, las mayores extracciones de agua para uso agrícola y doméstico.

Por otro lado, se concluye que es importante conocer la variación temporal de los caudales medios anuales que escurren por un sitio; sobre todo, cuando éstos se emplean para calcular y, con ello, fijar caudales ecológicos.

Finalmente es necesario realizar acciones, como regular las extracciones de agua del río para uso agrícola, regular las descargas de agua residual doméstica y agroindustrial, entre otras que mejoren las condiciones ecológicas favorables para la vida acuática. Aunque es necesario tener presente que el caudal ecológico no especifica calidad del agua, sólo

cantidad o volumen, por lo que a partir de él no se pueden deducir efectos de contaminación.

REFERENCIAS

- Acreman, A & M. Dunbar. 2004. Defining environmental river flow requirements-a review. *Hydrology and Earth System Sciences* 8 (5): 861-876.
- Arthington, A., R.Tharme, S. Brizga, B. Pusey & M. Kennard. 2005. Environmental flow assessment with emphasis on holistic methodologies. Technical Report. Centre for Riverine Landscapes, Faculty of Environmental Sciences, Griffith University, Nathan, Queensland, Australia. 31 p.
- Dyson, M., G. Bergkamp, & J.Scanlon (Eds.) 2003. Caudal. Elementos esenciales de los caudales ambientales. Traducción de José María Blanch. UICN-ORMA. San José, Costa Rica. 125 p.
- García, E.; R. González, P. Martínez, J. Athala & G. Paz-Soldan. 1999. Guía de aplicación de los métodos de cálculo de caudales de reserva ecológicos en México. Libro en CD. Colección Manuales. CNA-IMTA-SEMARNAP. México.
- García, E. & Paz-Soldan, G. 1997. Estimación de las necesidades hídricas para la conservación de la ecología fluvial de los ríos regulados. En *Descentralización en la gestión ambiental*. Federación Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales. México. p, 1-8.
- Hughes, D.A., P. Hannart & D. Watkins. 2003. Continuous baseflow separation from time series of daily and monthly streamflow data. *Water SA* 29 (1): 43-48.
- Hughes, D.A. 1999. Towards the incorporation of magnitude-frequency concepts into the building block methodology used for quantifying ecological flow requirements of South African rivers. *Water SA* 25 (3): 279-284.
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 2002. Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS). IMTA-SEMARNAT. Discos Compactos. México.
- Martínez-Capel, F. 2001. Preferencias de microhábitat de *Barbus bocagei*, *Chondrostoma polylepis* y *Leuciscus pyrenaicus* en la cuenca del río Tajo. Tesis de Doctorado. Universidad Politécnica de Madrid. España. 255 p.
- McKenny, C. & Read, M. 1999. Ecological flow requirements for the Great Forester River. Report Series WRA 99/15. Tasmania. 42 p.
- Moore, M. 2004. Perceptions and interpretations of Environmental Flows and implications for future water resource management. Tesis de Maestría. Department of Water and Environmental Studies. Linköping University. Suecia. 56 p.

Pyrce, R. 2004. Hydrological Low Flow Indices and their Uses. Watershed Science Centre. WSC Report No. 04-2004. Ontario. Canada. 33 p.

Sanz, F. & Martínez, A. 1998: Propuesta de un régimen de caudales ecológicos para el coto de pesca de Melgar de Arriba (Valladolid). Libro de actas (en CD) del "1er. Congreso de Planificación y Gestión de

Aguas". Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Zaragoza, España.

Smakhtin, V. U. 2001. Low Flow hydrology: a review. *Journal of Hydrology* (240): 147-186.

Stewardson, M. 2005. Environmental flow analysis. Technical Report 05/13. Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology. Australia. 47 p.