



Embalse Poechos. Piura

EL CAUDAL ECOLÓGICO EN LA GESTIÓN DEL AGUA

Ángel Celso Rojas Rosales

RESUMEN

El presente trabajo analiza el tema del caudal ecológico en la forma como se calcula y se aplica en proyectos de irrigación y aprovechamiento hidroeléctrico, donde surgen aparentes conflictos por la necesidad de tener mayor disponibilidad del recurso hídrico. El concepto caudal ecológico surge ante la necesidad de mantener un porcentaje de agua que permita mantener la flora, fauna y el ecosistema del entorno sin que exista el riesgo de agotar el caudal del río. Por ello el informe describe diversos enfoques que tratan de definir el caudal ecológico, así como algunos procedimientos para asignarle valores numéricos, observándose a simple vista que no hay consenso sobre esta cuestión. La gestión del agua como actividad que busca optimizar usos y superar efectos negativos sobre la población, también debe incluir al medio ambiente porque este genera renovación y depuración del recurso hídrico, lo que permite atender diversos requerimientos, entre ellos el uso como caudal ecológico. Los entes rectores como la Autoridad Nacional del Agua (Ministerio de Agricultura) u otros no han definido el caudal ecológico todavía, pese a existir la Ley N°29338 de Recursos Hídricos. Finalmente se recoge la opinión de que es necesario que los sectores involucrados convengan en que debe quedar suficiente agua en el río y que la extracción debe ser función directa de la real disponibilidad hídrica. De este modo el caudal ecológico se tornaría en un concepto viable de aplicación.

PALABRAS CLAVE: *Caudal ecológico, gestión del agua, caudal mínimo, recurso hídrico.*

DATOS DEL AUTOR

Geógrafo egresado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos de Lima, Perú. Con experiencia en el subsector electricidad e hidrometeorología habiendo ocupado el cargo de Jefe de la Oficina Zonal de Bagua, también se dedicó a la docencia en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y la Universidad Ricardo Palma. Se desempeña en actividades de supervisión ambiental y en la asesoría en el cumplimiento de la normativa ambiental para empresas mineras.

© Este artículo es de acceso abierto sujeto a la licencia Reconocimiento 4.0 Internacional de *Creative Commons*. No se permite un uso comercial de la obra original ni la generación de obras derivadas. Para más información, visite: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

INTRODUCCIÓN

La constante preocupación humana por el uso de los recursos hídricos (ríos, lagos principalmente) en el afán de salvaguardar su existencia ha determinado históricamente que su utilización genere también un aparente conflicto por poseer la mayor disponibilidad, no importando quien o quienes resulten afectados aguas abajo del punto de aprovechamiento principal.

Sin embargo, la implementación de obras de regulación para la solución del aparente conflicto y atender múltiples necesidades, ha generado afectaciones al régimen natural del agua, haciendo muy necesario su preservación en la perspectiva del tiempo conjuntamente con el ecosistema que lo rodea. Esta situación se enmarca dentro de lo que se denomina “Desarrollo Sostenible”.

Dentro del “Desarrollo Sostenible” estaría tácitamente inscrito el concepto “caudal ecológico”, porque se refiere al agua que se debe reservar en el tiempo para que la flora y fauna existentes mantengan su hábitat natural y se atiendan las necesidades humanas, tanto en el presente como para las generaciones futuras.

Asimismo, tratar de definir el concepto de caudal ecológico de manera pragmática y obtener resultados positivos es un reto y un quehacer si se busca al mismo tiempo demostrar la aplicabilidad del concepto. De lograrse dichos fines se evitaría en primer lugar su uso indiscriminado y en segundo lugar la pérdida de su validez como parámetro técnico. En esta tarea compete al geógrafo como analista de los recursos naturales concurrir para proponer formas y/o criterios que viabilicen aplicar el caudal ecológico dentro de la gestión del agua y no lo contrario.

CONCEPTOS PREVIOS

CAUDAL

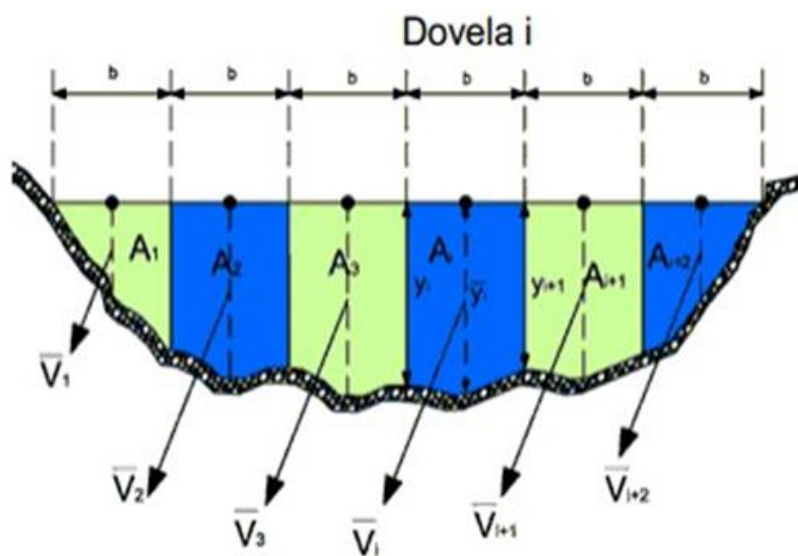
El estudio de la hidrología permite conocer el caudal natural que viene a ser la cantidad de agua que pasa a través de una sección transversal del río en un determinado periodo de tiempo. Convencionalmente se acepta la siguiente fórmula o ecuación simple para determinarlo:

$$Q = A \times V$$

Donde **Q** es el caudal o gasto expresado en metros cúbicos por segundo ($m^3/\text{seg.}$) o litros por segundo; **A** es el área de la sección transversal (ancho del río) expresado en metros cuadrados (m^2); **V** es la velocidad media del corriente expresado en metros por segundo ($m/\text{seg.}$) o litros por segundo. Para efectuar la medición o aforo se divide la sección transversal en columnas verticales como muestra la figura 1. Cada columna se denomina Dovela donde se mide un área o profundidad **A** y una velocidad **V**. El producto de las sumatorias de cada parámetro es el caudal **Q**.

Como se observa la ecuación para obtener el caudal es muy simple. Sin embargo, el caudal real de un curso de agua natural es generalmente afectado por márgenes de error en las mediciones debido a variaciones del cauce generadas por la dinámica fluvial. Se obliga con ello a recurrir a aproximaciones vía aplicación de coeficientes para tratar de aminorar los márgenes de error.

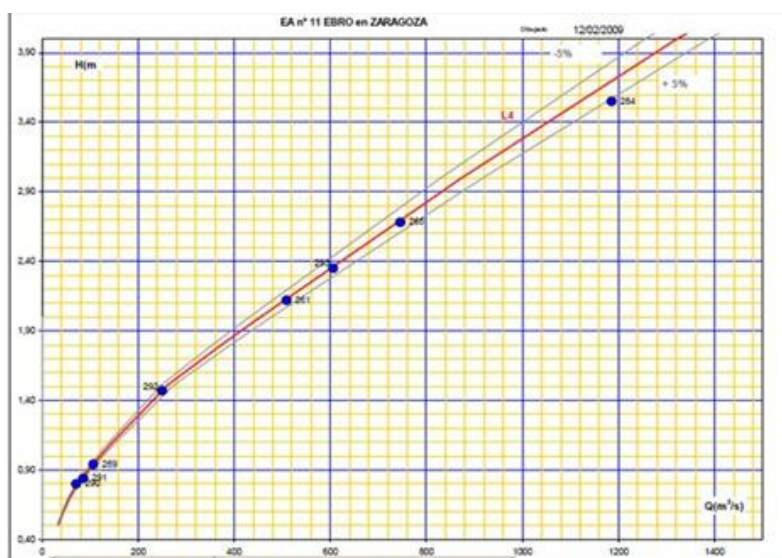
FIGURA 1.
Sección transversal de aforos.



Fuente; Instituto Mexicano del Transporte, Metodología para la medición de la velocidad de flujo en un río... Publicación Técnica N°356, p. 11, Sanfandila, Qro., México, 2012

Conocer el régimen fluvial del río requiere no solamente mediciones puntuales, sino también mediciones periódicas (diarias o mensuales a la misma hora) en distintos puntos del río a fin de disponer de un historial de caudales. Cuando se dispone del mayor número posible de años, dicha información se grafica en una curva de caudales (curva de gastos) de la cual se obtienen por cálculos sencillos valores medios diarios, mensuales, anuales o multianuales. La figura 2 es ilustrativa al respecto.

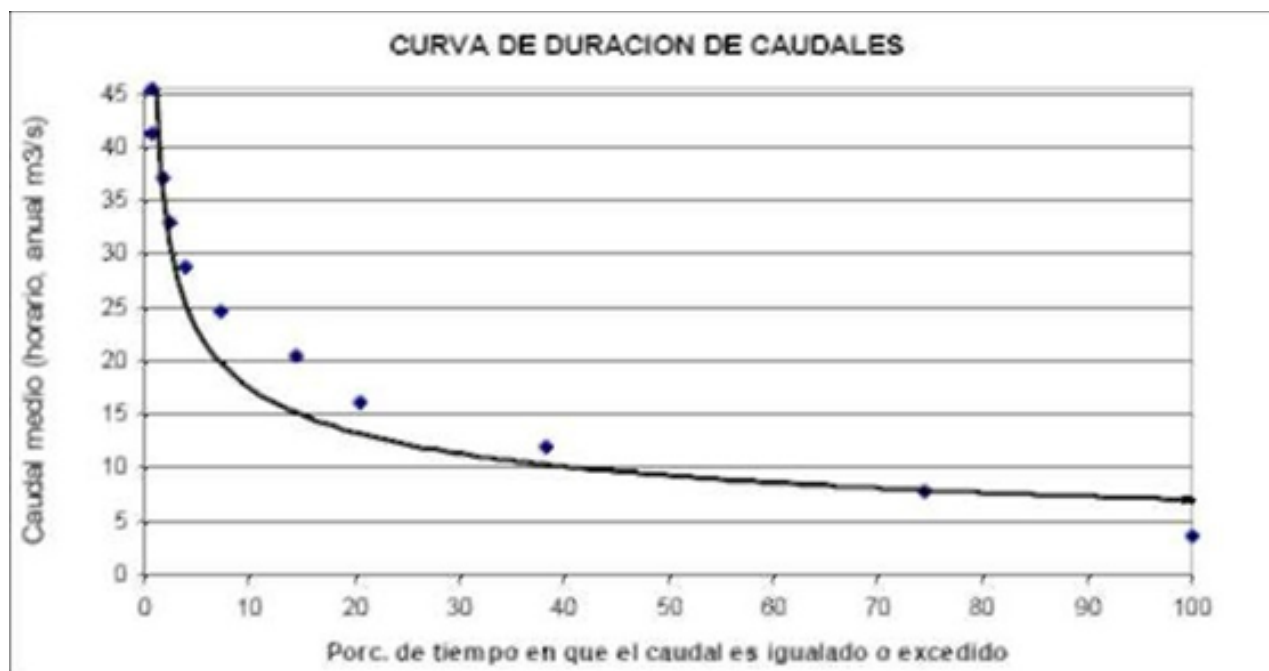
FIGURA 2.
Curva de gastos típica



Fuente; Ma Luisa Moreno Santaengracia, Curvas de Gasto - Determinación y Variación Temporal, p.1, Montevideo, Uruguay, Agosto 2010.

Complementariamente se utilizan las curvas de duración que permiten obtener la persistencia de los caudales máximos y mínimos en los porcentajes de tiempo durante los que son igualados o excedidos. Ver figura 3.

FIGURA 3.
Curva de duración de caudales



Fuente: Tutoriales de Ingeniería Civil, Pág. Web, 2014.

GESTIÓN DEL AGUA

La gestión del agua se refiere a toda actividad dirigida a optimizar los usos del recurso hídrico, buscando además superar los efectos negativos generados por una desigual distribución del agua para la población. De este modo se aspira a que el Estado, los usuarios y la sociedad en su conjunto maximicen los beneficios del uso o aprovechamiento del recurso hídrico sin generar conflictos críticos. De ocurrir conflictos, estos deberán ser superados aplicando criterios de tipo técnico y normativo.

En el caso del Perú, las condiciones del manejo y gestión del agua han sido en extremo difíciles y tradicionalmente se constituyó en un desafío particular del desarrollo agrícola, particularmente en la región de la costa. Aquí el estudio del agua y su uso para riego alude a dimensiones técnicas y sociales, o a aspectos culturales y políticos, pero principalmente a la disponibilidad del recurso; lo que incrementa la complejidad del problema.

En cambio, en las comunidades campesinas de la sierra el manejo del agua, constituye una de las bases de la organización social andina. El recurso hídrico es un bien común, de manejo colectivo, aunque en realidad esto en sí represente una apropiación particular del agua. Unas de las faenas comunales más importantes en el ciclo agrícola son precisamente la limpieza y el mantenimiento de los canales de riego. Al margen de todo ello el agua como bien común es también un recurso público, patrimonio del Estado.

En el caso de la región de la selva, cuyas aguas vierten al Atlántico, el recurso es abundante, con una disponibilidad estimada para el año 2000 de 450,840 m³ de agua superficial por habitante. La gestión del agua en esta región no presenta una complejidad derivada de una escasa disponibilidad, porque aquí el recurso hídrico es abundante.

De otra parte, es necesario señalar también que hasta hace pocos años la gestión del agua para usos múltiples tenía como principales usuarios a los sectores urbano, industrial y agrícola, y no existía una normativa con rigor de ley para ordenar la situación. Al haber emergido con fuerza el sector ambiental, este ha pasado a tener una alta prioridad, pues el ambiente juega un papel esencial en la renovación y depuración de los recursos hídricos. Por ese motivo debe ser considerado en su verdadera importancia.

ANÁLISIS DEL CONCEPTO "CAUDAL ECOLÓGICO"

El marco teórico referencial del tema que nos ocupa conduce a considerar primero que el término "caudal" pertenece propiamente al campo de la hidrología, siendo una magnitud medible o cuantificable. Luego el adjetivo "ecológico" se refiere al mundo viviente y de la gestión de la naturaleza, que implica la existencia de "vida" en el agua aún en niveles mínimos.

En ese orden de ideas surgió la necesidad de contar con un medio ambiente más limpio que garantice la vida normal de la flora y fauna, lo que a su vez generó planteamientos para que en los cursos de agua regulados circulen "caudales ecológicos", también llamados "caudales mínimo - ambientales". Pero, el uso indiscriminado de esas denominaciones, hizo aparecer otros vocablos que aumentaron la indefinición del tema, aunque en buena cuenta resultaban solamente términos sinónimos: "caudales de compensación", "caudales medioambientales", "caudales de mantenimiento", "caudales mínimos", "caudales de reserva", etc.

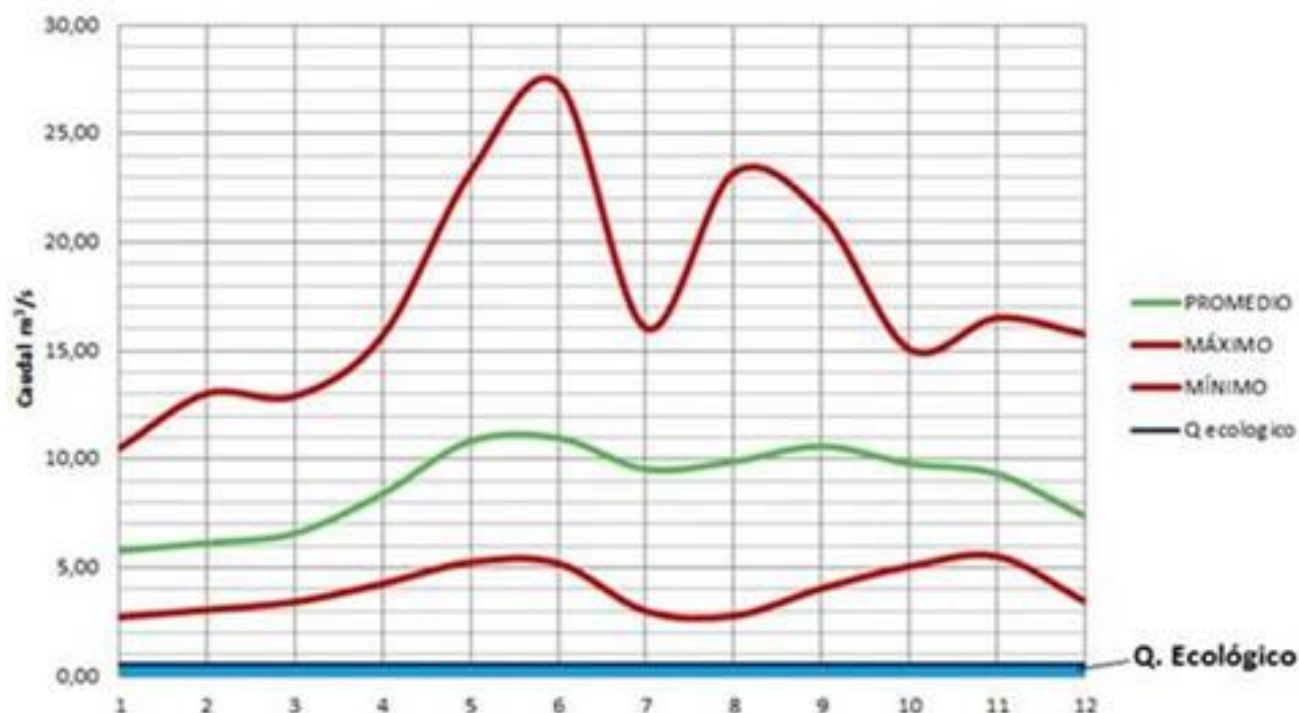
También surgieron definiciones de tipo sistémico, como la que señala que el caudal ecológico vendría a ser la cantidad y calidad de los recursos hídricos necesarios para mantener el hábitat del río y su entorno, además de atender los requerimientos físicos para asegurar su estabilidad y cumplir sus funciones de flujo de dilución, conducción de sólidos, recarga de acuíferos y el mantenimiento de las características estéticas y paisajísticas de la cuenca hidrográfica. Pero, hablar de "recursos hídricos necesarios" conllevaría a una imprecisión relacionada específicamente con la cantidad de agua, ya que esperar que un caudal ecológico cumpla todas las funciones señaladas a lo largo del río o en sectores del mismo, no sería del todo real. En ese caso ya no se trataría de un caudal mínimo o un caudal medio, sino de aquel que permita el soporte de todos los usos del agua y la garantía de que la cuenca se mantenga viva. Ya no se estaría hablando de un caudal ecológico sino de todo el volumen del recurso hídrico.

Dado que algunos autores suelen equiparar el nivel mínimo de caudal con el caudal ecológico, en la figura 4 se representa dicho planteamiento. Aquí se muestra como el caudal "mínimo" que al estar muy cerca al nivel cero no sería muy indicativo de niveles de vida suficientes para la fauna y flora de un río (o lago). Si este caudal mínimo debe mantenerse en un curso fluvial intervenido con una represa, captación o derivación, por ejemplo, es tácito que no deben alterarse las condiciones naturales del biotopo (en el cauce o la cubeta), debiendo garantizarse el desarrollo de una vida fluvial igual, o al menos parecida, a la que existía anteriormente en el cuerpo de agua.

Por lo expuesto, la figura 4 claramente muestra que el caudal ecológico no siempre se equipara (o se asemeja) al caudal mínimo, sino que puede representar algo diferente; esto es el cero absoluto.

En esa situación el caudal ecológico sería un concepto vacío y sin aplicabilidad, especialmente en casos de ríos temporales y torrenciales como los que, mayoritariamente, drenan nuestra costa y sierra.

FIGURA 4.
Caudal ecológico propuesto por la literatura



Fuente: Adolfo Grecco Gélvez, *Monografía*, 2011.

De otra parte, el afán de algunos autores de convertir el concepto en una magnitud medible ha determinado que el mínimo “caudal ecológico” sea considerado como el 10% del caudal medio anual. Es decir, por ejemplo, si el río transporta anualmente

1000 metros cúbicos se permite consumir o que se pierdan en el mar 900 m³ preservando sólo 100 m³ como valores ecológicos. El análisis de dicho planteamiento muestra que existen limitaciones en el uso del concepto “caudal mínimo” como también considerar que un porcentaje de 10% garantice todas las funciones requeridas. Se trataría de una situación cuasi óptima que no se cumpliría en forma rígida ya que los cursos de agua tienen regímenes de caudal diferentes, que varían estacionalmente en cantidad y calidad. Por lo tanto, el mencionado porcentaje sería algunas veces importante y en otras insignificantes.

En el caso de un río muy contaminado, que no deja vivir nada, ¿qué significa un caudal de un 10% del caudal medio anual? Significaría que el concepto no es aplicable a todos los recursos hídricos afectando la universalidad de su empleo. De utilizarse en ríos contaminados se obligaría a tomar en cuenta la calidad, de modo que sería necesario conocer y controlar procesos de erosión y sedimentación, los niveles de contaminación, etc. Por ese motivo, el problema de la definición del concepto caudal ecológico se torna más complejo.

El afán de determinar caudales ecológicos ha requerido utilizar también otros términos hidrológicos como el llamado flujo base (que son los caudales mínimos); riadas o máximas avenidas (que inundan las riberas del río); coeficiente de irregularidad interanual, etc. De este modo se empieza a incursionar, sin proponérselo, en el análisis de otros parámetros como la fluctuación en volumen de escorrentía de años húmedos y secos, con lo cual se está hablando ya de hidrocondiciones e ingresando propiamente a un estudio hidrológico. Los métodos basados únicamente en aspectos hidrológicos no siempre coinciden con los requerimientos biológicos, de ahí que sea conveniente recurrir a metodologías holísticas que tengan en cuenta todos los compartimentos del sistema, siendo las biológicas las determinantes.

En la actualidad no existe uniformidad de criterios para definir el caudal ecológico y sus connotaciones. Algunas veces es un tanto exagerado “ampliar” sus alcances -como cuando se afirma que el caudal ecológico debe cumplir también la función de **“mantenimiento del paisaje”**. ¿Puede ser eso posible con un caudal mínimo? (como a veces se define también el caudal ecológico). Para otros autores, lo único cierto es que el concepto caudal “ecológico” no deja de ser un inocente eufemismo, que por su ambigüedad es susceptible de discusión en relación con si es realmente correcto denominar caudal “ecológico” a cualquier otro que no sea el caudal natural. Es evidente también que los caudales ecológicos no lo serían pues no reflejan para nada la variabilidad de caudales a lo largo de un periodo climático, además de estar generalmente por abajo del umbral mínimo del caudal natural en cualquier punto de la corriente.

Al no haber puntos de acuerdo sobre el caudal ecológico, no sería recomendable aplicarlo rigurosamente en proyectos de inversión como los de riego o aprovechamiento hidroenergético. Menos aun cuando los valores o parámetros se han obtenido realizando un simple cálculo en el gabinete, o basados en conjeturas de técnicos respaldados por su experiencia profesional y el dogmatismo de sus criterios, quienes actúan algunas veces a “gusto del cliente” que solicita el servicio. Los valores así obtenidos se basan en criterios subjetivos, en lugar de una evaluación cuantitativa de las relaciones entre el caudal y la ecología del río.

PROCEDIMIENTOS DEL CAUDAL ECOLÓGICO

No existe uniformidad de criterios para definir categóricamente el caudal ecológico. No obstante, la necesidad de encontrar la definición del concepto ha generado numerosos procedimientos y/o metodologías con enfoques diversos, que permiten aproximar una definición o un valor numérico que sea aplicable a todo curso de agua. La mayoría de procedimientos tienen el denominador común de utilizar variables biológicas representativas del funcionamiento ecológico en ríos y lagos, relacionadas principalmente con los parámetros hidráulicos.

El objetivo del presente informe no es encontrar un procedimiento adecuado y normalizarlo o establecer una metodología de cálculo, sino poner en discusión el uso simple y cotidiano del concepto “caudal ecológico”. Para alcanzar ese fin haremos referencia, a modo de ejemplo, la experiencia española para obtener valores medibles. El procedimiento utiliza los siguientes:

1. Análisis de registros de caudales históricos.
2. Análisis de la variación del hábitat de las especies fluviales con los caudales circulantes.

El primer método busca determinar cómo las especies fluviales han evolucionado de acuerdo a las épocas de estiaje natural de los ríos, es decir a partir de caudales mínimos y límites de resistencia a

estos. En relación con esa cuestión se han realizado trabajos en algunos ríos españoles, como el Ebro y el Tajo. El segundo método se refiere a determinar las necesidades de caudal que algunas especies fluviales requieren para poder mantener sus poblaciones en el tiempo. En España, se vienen aplicando metodologías como la denominada IFIM-PHABSIM y similares.

Una vez determinados los caudales ecológicos básicos, los regímenes de los caudales ecológicos se elaboran utilizando la curva de caudales medios mensuales, donde se ajusta el valor mensual mínimo encontrado al valor del caudal ecológico básico. Después se calculan los caudales de los restantes meses de forma proporcional. El régimen de caudales ecológicos debe fluctuar a lo largo del año siguiendo las tendencias de un régimen natural.

En el Perú las empresas consultoras generalmente estiman el caudal ecológico mediante el método de Tennant o método de Montana, por el cual el Q ecológico se calcula a partir de los registros históricos del tramo del río en estudio, además de una serie de criterios cualitativos. Los criterios cualitativos varían entre Máximo y Degradación severa y están relacionados mediante un porcentaje del caudal medio del tramo del río analizado que varía entre 200% y 10% respectivamente.

Este método ha sido utilizado en el Estudio de Impacto Ambiental “Aprovechamiento Hidroenergético de las Cuencas de los Ríos Lavasen – Quishuar”, de la Compañía Minera Poderosa S.A., en el año 2011. Los estudios de este tipo proporcionan, de una manera rápida y económica, una primera aproximación en la determinación de los caudales de reserva ecológicos ya que sólo requieren datos históricos de caudales y el conocimiento de la topografía del cauce, flora y fauna.

Según la clasificación propuesta en el método cuando el caudal medio desciende por debajo del 40%, las condiciones se consideran “excepcionales”, dejando escurrir un 30% las condiciones se clasifican como “excelentes” y dejando un 20% se consideran “buenas” condiciones. Si se deja escurrir un 10% del caudal medio se considera que existirán condiciones aceptables a mínimas. Se escogió la condición buena del método de Tennant debido a que en épocas de estiaje se dejará correr en el río el 20% del caudal promedio y este valor fue considerado suficiente para mantener la quebrada Quishuar y el río Lavasén en buenas condiciones medio ambientales.

Por consiguiente, con la metodología de Tennant para el cálculo del caudal ecológico considerando el criterio cualitativo **bueno** y los factores adoptados se obtuvieron los resultados que a continuación se presentan en el Cuadro N°1.

CUADRO 1.
Caudales ecológicos del proyecto CC.HH Lavasen – Quishuar

| Fuente de agua | Caudales |
|-------------------|----------|
| Quebrada Quishuar | 100 l/s |
| Río Lavasen | 100 l/s |
| Presa Quishuar | 62 l/s |

Fuente: CESEL Ingenieros, Estudio de Impacto Ambiental “Aprovechamiento Hidroenergético de las Cuencas de las Cuencas de los ríos Lavasen – Quishuar”, Informe LOB, Lima, Enero 2010.

EL CAUDAL ECOLÓGICO EN LA GESTIÓN DEL AGUA

Previo a abordar el análisis del caudal ecológico en la gestión del agua, consideramos conveniente revisar algunas características que presentan, específicamente los ríos, en el país:

1. El agua es un recurso natural escaso y variable en la costa y sierra debido a las condiciones geográficas extremadamente diversas y accidentadas del territorio peruano. Sin embargo, en la selva es abundante. Durante el estiaje o periodos de sequía, se producen los mayores impactos negativos porque los organismos y actores involucrados en el uso del recurso hídrico tratan de captar su totalidad dejando semi-secos grandes tramos de la cuenca baja, que incluso alcanzan el borde marino.
2. Sin embargo, esas mismas condiciones geográficas (territorio, clima, etc.) cuando son afectadas por alteraciones climáticas extraordinarias generan eventos como grandes inundaciones o sequías cada cierto número de años, haciendo necesario el control del flujo del agua, los riesgos y la protección del medio ambiente.
3. La mayoría de los ríos del país, principalmente en la costa central, están contaminados por el vertimiento incontrolado de elementos y sustancias nocivas de origen minero-metalúrgicos, poblacional, industrial, agrícola y de la explotación de hidrocarburos. Estudios que datan del año 1984 mostraron que la calidad del agua superficial de casi todos los ríos, principalmente en la costa, sobrepasa los niveles permisibles de cadmio, zinc y cobre¹ A la actualidad esta situación no debe haber variado significativamente.
4. En ríos altamente contaminados como el río Rímac, Chillón y otros como el Mantaro abordar la búsqueda de caudales ecológicos resulta de alguna manera irrelevante, ya que su alto grado de contaminación hace casi imposible la existencia de ecosistemas acuáticos.

Cuando se genera la necesidad de construir obras hidráulicas con fines de almacenamiento y regulación, generalmente no se toma en cuenta o no se reconoce que dicha infraestructura, principalmente represas, alteran el ecosistema de los cuerpos de agua, aunque algunas dispongan de estructuras que permiten la movilidad de la fauna fluvial de aguas arriba hacia aguas abajo y viceversa, o que facilitan inundaciones controladas, etc. Sin embargo, al final no logran sustituir eficazmente procesos muy naturales como el transporte y la deposición de sedimentos cuyos nutrientes no se desarrollan porque la dinámica fluvial ha sido disturbada. Se crea de este modo un **pasivo ambiental** con muchos responsables sin identificar. La Fotografía 1 es elocuente, la represa ha interrumpido la escorrentía normal del río y el desarrollo del ecosistema del entorno.

¹ Carlos Emanuel y Jorge Escurra (2000): Informe Nacional sobre la Gestión del Agua en el Perú. Resumen Ejecutivo. p. 6

FOTOGRAFÍA 1.

La escorrentía del río ha sido alterada por la construcción de la represa interrumpiendo la formación de nutrientes y de vida acuática



Fuente: INGENDESA, Seminario "Caudal Ecológico, Metodologías y Casos Aplicados" – El caso del proyecto Ralco, p.73, Santiago, Chile, 28.04.2004.

En el mismo sentido, cuando se aborda el análisis de los usos consuntivo, es decir de consumo, y no consuntivo del agua y se pretende además separar un porcentaje de agua con fines supuestamente ecológicos, este tendría que realizarse solamente para el uso consuntivo. En el caso del uso no consuntivo nuevamente surge la situación de que el río ya ha sido afectado al haberle incrustado una barrera de concreto que corta el cauce o una bocatoma que "succiona" el agua y los nutrientes que contiene. En este caso, el caudal ecológico no sería relevante porque aguas abajo del punto de interrupción casi no sería posible aplicarlo, mientras que aguas arriba posiblemente no necesario debido al volumen disponible del recurso hídrico.

El caudal ecológico en la gestión del agua implica investigar si en los lugares donde se consideró como un caudal mínimo, fue posible, y en qué medida suficiente para conservar comunidades potenciales de flora y fauna.

Lo real es que los elementos bióticos han tenido que desarrollar a partir de ese momento medios o formas de supervivencia en un curso de agua intervenido y de volumen muy reducido.

El triple trabajo (erosión, transporte y sedimentación) de un río modifica constantemente la profundidad y ancho del cauce; los elementos bióticos viven y se desarrollan normalmente bajo esa dinámica fluvial. Es lógico que una disminución del volumen de agua, especialmente en el estiaje, limitará las condiciones de oxigenación y desplazamiento de la fauna acuática poniendo en riesgo su existencia. (Ver fotografía N°2)

Consideramos por eso que los cuerpos de agua intervenidos deben ser identificados e inventariados geográficamente, luego ser debidamente monitoreados para determinar si mantendrán cualidades físicas que les permitan recuperarse una vez desaparecidos o mitigados los impactos que generaron tal situación; es decir cuando se tenga que aplicar, por ejemplo, el plan de cierre de la estructura hidráulica.

FOTOGRAFÍA 2.

La aplicación del caudal ecológico como un caudal mínimo no garantizaría a plenitud la vida de la fauna acuática. No hay condiciones normales de vida en el recurso hídrico intervenido.



Fuente: Diego Flores. Net_Files, Campaña de Firmas para Salvar el Limay 9/10/2012, Pág. Web, Argentina, 28.01.2014.

Otro enfoque es el que sostiene que probablemente la creciente y ferviente devoción social por lo clorofílico es la causa de que al caudal que hay que dejar correr aguas abajo del aprovechamiento hidráulico, se le llame caudal “ecológico” y que tal denominación se haya institucionalizado tanto en el ámbito de la investigación como en el de la gestión fluvial. Los informes no indican qué valores de caudal ecológico deberán ser mantenidos en los períodos de estiaje, época en que las condiciones de disponibilidad de agua son más críticas tornando necesario definir la aplicabilidad o no del caudal ecológico. En nuestro medio, el estiaje corresponde al periodo julio – setiembre; en los siguientes meses, la disponibilidad de agua es mayor y los valores de caudal ecológico identificados son cubiertos ampliamente.

Considerar el caudal ecológico dentro de la gestión del agua es una posibilidad que debe llevar a que los organismos competentes del país convengan en reconocer la necesidad de respetar el valor de los ecosistemas acuáticos disponiéndose dejar **suficiente agua** en las corrientes hídricas y que la extracción necesaria para satisfacer las necesidades humanas básicas debe estar condicionada por la disponibilidad del recurso lo cual representa, en nuestra consideración, un criterio razonable que va más allá de los fríos métodos matemáticos para calcular el “caudal ecológico ideal” en el gabinete. (Ver fotografía N°3).

En el Perú el recurso hídrico es reconocido como un bien público y las instituciones involucradas en su uso tales como la Autoridad Nacional del Agua – ANA, Administraciones Técnicas de Riego, Comisiones de Regantes, Juntas de Usuarios (todas en el ámbito del Ministerio de Agricultura), así como empresas industriales, poblaciones, etc., deben accionar para que tal condición se cumpla estrictamente. El uso del agua está normada principalmente por la Ley de Recursos Hídricos N°29338 y su Reglamento el Decreto Supremo N°001-2010-AG.

FOTOGRAFÍA 3.

La aplicación del caudal ecológico requeriría un consenso entre organismos competentes para dejar suficiente agua en el río y evitar situaciones extremas como lo muestra la foto



Fuente: Burica Press, Panamá por dentro, caudal ecológico del río Chiriqui aguas abajo de una presa hidroeléctrica, Página Web, p.1, 16.06.2008.

El tema del caudal ecológico dentro de la gestión del agua consistiría en que sea establecido el significado del concepto y la necesidad de uso; luego aproximar un porcentaje de utilización del recurso (caudal suficiente) de acuerdo a las normas que viabilicen dicho propósito y se tomen en cuenta los registros históricos y las características físicas de los ríos nacionales (caudal disponible, flora, fauna). A continuación se deberá buscar que dicho valor guarde compatibilidad con los diversos usos factibles de llevarse a cabo y corregir definitivamente las prácticas altamente ineficientes en el uso del agua (sector agricultura principalmente).

Por ello, ensayando una aproximación a la definición del concepto se tendría que el caudal ecológico viene a ser el caudal circulante que permite preservar la estructura del ecosistema fluvial, atender otros requerimientos y mantener las funciones ambientales con las cuales guarda mutua dependencia, sin que el agua desaparezca.

Dentro de la visión integradora de la Geografía consideramos que se deben llevar a cabo los debidos estudios técnicos sobre los usos actuales del recurso hídrico, realizar el inventario hidrográfico nacional (o su revisión si existe) y racionalización donde fuese necesario hacerlo de manera que la

gestión del agua conduzca a crear condiciones sociales, políticas, institucionales y ambientales de uso ordenado del agua por todos los actores socioeconómicos del país.

Por lo que, existiendo la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y organismos de enlace o vinculantes, se debe buscar el consenso necesario para optimizar determinados usos si la situación de priorización así lo determina. Las decisiones que el precitado organismo (u otro por crear) deben tener fuerza de ley para todos.

CASOS DE UTILIZACIÓN INDEBIDA DEL CAUDAL ECOLÓGICO

SUBCUENCA DEL RIO PARIAC – ÁNCASH

A continuación, comentamos, a modo de ejemplos, dos casos de utilización indebida del concepto caudal ecológico que percibimos hace algunos años en la subcuenca del río Pariac –Ancash y zona de la represa de Poechos, Piura.

La subcuenca del río Pariac, afluente del río Santa, es alimentada por glaciares y lagunas de la Cordillera Blanca, lo que determina que tenga agua permanentemente aunque no de manera suficiente durante el estiaje, donde disminuye su caudal sin llegar a desaparecer totalmente. Los resultados de trabajos de control de lagunas efectuados en la Cordillera Blanca establecieron que la laguna Rajucolta (origen del río Pariac), contiene una masa de 15 millones de metros cúbicos de agua en una cubeta glaciar de 80 metros como profundidad máxima.

La pendiente del cauce ha sido debidamente aprovechado en la construcción de 5 centrales hidroeléctricas: CH4, CH3A, CH3N, CH1 y CH2, todas operativas actualmente.

El análisis de la información hidrométrica y de caudales estableció que el río Pariac presenta un caudal medio anual del orden de los 2.56 m³/seg y el rendimiento medio consigna un valor de 38.0l/s/km² de acuerdo a los resultados del informe de la firma consultora INDUTESA en 1997. Mediciones posteriores de caudal (aforos) efectuadas por la Unidad de Producción Pariac en una estación hidrométrica aguas arriba de la Bocatoma CH4 permitió obtener los resultados que muestra el Cuadro N°2.

CUADRO 2.

Resumen de Aforos Río Pariac

| Fecha | Altura (m) | Velocidad media (m/seg) | Caudal (m ³ /seg) | Observaciones |
|----------|------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------|
| 14/07/02 | 0.15 | 0.67 | 1.28 | Coloración transparente |
| 17/08/02 | 0.11 | 0.57 | 0.92 | Coloración transparente |
| 06/11/02 | 0.30 | 1.05 | 2.38 | Coloración transparente |
| 26/12/02 | 0.39 | 1.63 | 3.68 | Coloración transparente |

Fuente: Informe de medición de caudales del río Pariac, CAHUA S.A., Lima, agosto 2002.

Desde que la empresa CAHUA S.A. inició sus operaciones en Pariac ha realizado acuerdos con las Juntas de Regantes para el uso compartido del agua como el efectuado con el comité de riego de los poblados de Tambillo y Quishuar. Ello generó reclamos de algunas autoridades políticas de Macashca y no propiamente de la Junta de Regantes (los verdaderos interesados). Dichas autoridades solicitaron el uso del 20% del llamado caudal ecológico, es decir del agua que se debe dejar debajo de la bocatoma de la CH4. Como es obvio, se reclamaba el caudal ecológico con fines de riego sin tomar en cuenta su verdadera connotación ambiental.

La entonces vigente Ley General de Aguas (Decreto Ley N°17752 del 24.05.1969) no mencionaba ni definía el concepto de caudal ecológico, pero si establecía que se debería conservar y preservar el recurso. No era extraño entonces que se privilegiaba diferentes usos originando prácticas erradas como la de solicitar agua para riego del propio caudal ecológico obtenido.

En el mes de enero de 2003 el Distrito de Riego de Huaraz reportó un caudal utilizado en riego de 0.94 m³/seg, es decir menos de 1 m³ que, para los fines de mantener un caudal ecológico, obligaría modificar los acuerdos porque se registraron también caudales del orden de los 0.92 m³/seg (17.08.02). De repetirse estos valores todo el caudal sería destinado a riego, no habría generación eléctrica y el río se secaría totalmente.

CUADRO 3.

Regantes río Pariac entre CH4 y CH1 - Ancash (Enero 2003)

| Comité de regantes | Nombre del canal | Nº de Usuarios | Nº de has. Bajo riego | Caudal lt/seg | Sección del canal |
|--------------------|------------------|----------------|-----------------------|---------------|---------------------|
| MACASHCA | Toma Pampa | 100 | 200 | 400 | 1.00 mts X 0.5 mts. |
| | Carmán | 50 | 40 | 100 | 0.5 mts X 0.3 mts. |
| SAN NICOLAS | Tambillo | 100 | 350 | 200 | 0.80 mts x 0.50mts. |
| TOCLLA | Quishuar | 160 | 180 | 240 | 0.50 mts X 0.40mts. |
| Total | | 410 | 770 | 940 | |

Fuente: Dirección Regional Agraria - Ancash

Dentro de la gestión del agua se ensayó una aproximación al caudal ecológico considerando el 20% (solicitado por las autoridades de Macashca) del caudal mínimo de 0.92 m³/seg, lo que equivale a un valor de 0.184 m³/seg, para destinarse a riego y el saldo para generación de energía y preservación del ecosistema fluvial. Dicho saldo era posiblemente insuficiente para tales fines; todo ello por aceptarse sin criterio técnico ni priorización lo que las referidas autoridades reclamaban como caudal ecológico. Se incurría pues en un reparto doméstico del recurso hídrico. La ecología y el medio ambiente de la cuenca quedaban simplemente de lado y con el riesgo de ser afectados severamente.

Finalmente, la solución al aparente conflicto fue la debida coordinación entre los entes encargadas del manejo del agua para las épocas de escasez principalmente, hubo que reforzar los mecanismos

que la ley establece para estos casos y buscar otras alternativas de incrementar el caudal natural disponible.

REPRESA DE POECHOS – PIURA

En el mes de diciembre del año 2010 se produjo una situación de emergencia en la represa de Poechos – Piura a causa de la escasez de agua, lo que obligó a restringir el suministro mediante cortes semanales (entre 4 y 6 cortes por semana). Tal situación afectaba el consumo humano y el riego de cultivos en primera instancia. La situación de emergencia no fue oficialmente declarada. El Ministerio de Agricultura a través de sus funcionarios informó que las salidas de agua eran mayores a los ingresos, existiendo el riesgo de que la represa se quede sin agua; tal es así que el día 01.12.2010 se registró una entrada de agua de 7.46 m³/seg., contra una salida de 58.39 m³/seg. En esa misma fecha la represa Poechos registró una reserva de 122.8 MMC, en tanto que diariamente se perdía 5 MMC.

Con estas razones el Ministerio justificaba la decisión para postergar un poco más los riesgos y que la población no sufra y tenga asegurada su agua; se esperaba la presencia de lluvias para que la situación mejore.

Sin embargo, la Autoridad Nacional del Agua –ANA- dispuso que en la medida no se incluya a la empresa energética SINERSA y se le permitiese hacer funcionar sus centrales hidroeléctricas con el agua disponible, a la cual erróneamente se denominó “caudal ecológico”. Más lamentable aún resultaba justificar la medida para evitar que la precitada empresa acudiese a los tribunales si se le incluía en los cortes semanales del suministro hídrico. (Ver fotografía N°4).

FOTOGRAFÍA 4.

Represa de Poechos mostrando un bajo nivel de agua que permite apreciar presencia de isla y terrazas en las riberas del embalse. El uso del agua como caudal ecológico pierde prioridad



Fuente: Jorge Reyes, UDEP hoy, “Nos hemos convertido en dependientes del reservorio de Poechos”, Pág. Web, Piura, 28.01.2014.

Como se observa, una vez más ocurrió un caso de uso indebido del concepto caudal ecológico. Esta vez se destinaba a atender requerimientos energéticos y no propiamente a garantizar la supervivencia de la flora y fauna que es su principal objetivo. La situación creada tenía el agravante de que el propio organismo competente –ANA, incumplía la Ley de Recursos Hídricos N°29338 que, para casos de emergencia de recursos hídricos por escasez, ordena priorizar el uso poblacional sobre los caudales ecológicos. De ocurrir tal situación la flora y fauna y todo el ecosistema del lugar quedan a partir de ese momento sin protección y el caudal ecológico se convierte en un concepto solamente ideal.

Por consiguiente, el caudal ecológico entendido como un instrumento de gestión que permite acordar un manejo integrado y sostenible de los recursos hídricos, que debería establecer la calidad, cantidad y régimen del flujo de agua requerido para mantener los componentes, funciones, procesos de los ecosistemas acuáticos; y que finalmente proporcionen bienes y servicios a la sociedad resultaba inaplicable en el caso de la represa de Poechos. A la actualidad se ha priorizado el uso poblacional y energético por lo que el uso del agua como caudal ecológico ha perdido prioridad.

LEY DE RECURSOS HÍDRICOS N°29338

La Ley de Recursos Hídricos N°29338 es la norma principal que rige el manejo y gestión del agua en el Perú. En su Artículo II dice: “La presente Ley tiene por finalidad regular el uso y gestión integrada del agua, la actuación del Estado y los particulares en dicha gestión, así como los bienes asociados a esta”.

Asimismo, en el Artículo III, dentro de los principios que rigen el uso y gestión integrada de los recursos hídricos, establece en el principio 2 que el acceso al agua para la satisfacción de las necesidades primarias de la persona humana es prioritario por ser un derecho fundamental sobre cualquier uso, inclusive en épocas de escasez.

Es decir, la Ley de Recursos Hídricos tipifica la gestión del agua, los usos y sobre todo quienes intervienen en el manejo sin mencionar el caudal ecológico como tal. Es claro entonces que la norma principal del recurso hídrico nacional no lo identifica.

El Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, D.S. N°001-2010-AG, si indica en el Art. N°153, Numeral 153.1 que se **entenderá** como caudal ecológico al volumen de agua que se debe mantener en las fuentes naturales de agua para la protección o conservación de los ecosistemas involucrados, la estética del paisaje u otros aspectos de interés científico o cultural. Otros numerales indican lo siguiente:

Numeral 153.3 Los caudales ecológicos se mantienen permanentemente en su fuente natural, constituyendo una restricción que se impone con carácter general a todos los usuarios de la cuenca, quienes no podrán aprovecharlos bajo ninguna modalidad para un uso consuntivo.

Numeral 153.4 En caso de emergencia de recursos hídricos por escasez, se priorizará el uso poblacional sobre los caudales ecológicos.

Entonces una metodología para determinar el caudal ecológico en el Perú solamente es enunciada en el Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos; no se determina ni configura metodología alguna para obtenerlo. Por el contrario, en el Art. N°155 establece claramente que las metodologías para determinar el caudal ecológico, serán establecidas por la Autoridad Nacional del Agua en

coordinación con el Ministerio del Ambiente, con la participación de las autoridades sectoriales competentes en función a las particularidades de cada curso o cuerpo de agua y los objetivos específicos a ser alcanzados.

Es decir, se delega en otros organismos la definición y sus alcances “a futuro” con lo cual la propia autoridad rectora del agua tampoco resuelve el complejo problema del caudal ecológico.

En cambio, llama la atención que el Reglamento de la Ley 29338 en vez de resolver el problema del caudal ecológico dispone ejecutar el llamado Programa Nacional de Adaptación al Cambio Climático en los casos de alteraciones en la disponibilidad hídrica en el territorio nacional. Es decir, se propicia vacíos en la ley al disponer acciones sobre un cambio climático que a la fecha continúa siendo un asunto discutible por el carácter cuasi especulativo de la información respectiva y porque no existe consenso universal de que efectivamente esté ocurriendo dicho cambio. Por lo tanto, la Autoridad Nacional del Agua – ANA, debe resolver la cuestión del caudal ecológico por ser más prioritario y urgente.

¿ES APLICABLE EL CONCEPTO CAUDAL ECOLÓGICO?

Más allá de las exigencias que la normatividad ambiental establece, existe una creciente demanda social por reintegrar a los ríos los caudales necesarios y devolverles la buena salud ambiental que nunca debieron perder. Esta demanda social exige que nuestros ríos dejen de ser considerados como meros canales distribuidores del agua natural, liberarlos de contaminación y pasen a ser gestionados como ecosistemas cuyo buen estado ecológico constituye un imperativo social y legal. Lamentablemente, esto es sólo una buena intención por que los cursos de agua siempre sufren el impacto de la acción humana que se instala en sus riberas.

En relación a lo expuesto, en el país no hay todavía el correcto establecimiento de un régimen de caudales ambientales (entre ellos el caudal ecológico), que resulten de utilizar mejores metodologías y que genere suficiente confianza por sus resultados. Los organismos rectores como la Autoridad Nacional del Agua – ANA, Ministerio del Ambiente, etc. no han prestado atención adecuada a lo que se viene considerando como caudal ecológico. Por esta razón, no se podría aplicar todavía algo que no está definido ni consensuado.

Las metodologías utilizadas en forma aislada por empresas consultoras corresponden generalmente a experiencias sobre cursos de agua de países extranjeros, que tienen características distintas de cuenca hidrográfica, régimen climático, escorrentía, etc. Además, el hecho de que en nuestro medio se confunde generalmente caudal ecológico con derecho de uso particular del agua, ha omitido su fin principal que es la protección ecológica.

Además, los supuestos valores de caudal ecológico obtenidos en el gabinete no son debidamente monitoreados en sus resultados prácticos, desconociéndose si realmente se obtuvo el beneficio de preservar la flora y fauna o al crearse una situación de desperdicio del agua solamente se está causando su gradual extinción.

El concepto caudal ecológico tendría limitaciones para ser considerado rigurosamente dentro de la gestión del agua para los casos de ríos de la costa y sierra porque presentan régimen de escorrentía irregular acompañado muchas veces de altos niveles de contaminación. El reconocimiento de que todo curso de agua intervenido con obras hidráulicas es afectado en su contenido de nutrientes lleva

a concluir que la aplicación del concepto de caudal ecológico sería sólo para determinados ríos, lo que limita su universalidad. En la selva no es necesaria su utilización.

Para considerar el caudal ecológico dentro de la gestión del agua tendría que establecerse primero su significado y necesidad de uso; luego aproximar un porcentaje de utilización del recurso de acuerdo a las normas que viabilicen dicho propósito, debiéndose tomar en cuenta principalmente las características físicas de los ríos (caudal disponible, flora, fauna, etc.) que sean seleccionados con tal finalidad.

En todo caso, una alternativa que posibilite incluir el caudal ecológico dentro de la gestión del agua sería realizar un inventario de cuerpos de agua en los cuales sea factible evaluar dicha posibilidad y a continuación utilizar los caudales en actividades que más convengan al interés de los grupos interesados preservando la flora y fauna en niveles que eviten su degradación. Dicha tarea requerirá una convención y equipos multidisciplinarios regidos por un organismo oficial que a la fecha no existe en el Perú.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El surgimiento del concepto "Caudal Ecológico" en la década de los años setenta como la porción de recurso hídrico que debe preservar la flora, fauna y por ende el ecosistema de la cuenca de origen, generó el afán de definirlo mediante diversas denominaciones que solo han contribuido a la indefinición del concepto porque representan realmente términos sinónimos.
2. Configurar, por ejemplo, el caudal ecológico como el 10% del caudal medio anual como mínimo no garantiza que dicho porcentaje permita realizar todas las funciones previstas. Los ríos tienen escorrentías diferentes no siendo posible que un caudal mínimo soporte todos los usos del agua entre ellas el mantenimiento del paisaje como plantean algunos autores. Tal situación óptima no ha sido demostrada a la actualidad.
3. La implementación de obras hidráulicas de regulación implica reconocer que el curso de agua ha sido afectado en su régimen y capacidad de formar nutrientes para la fauna acuática. Siendo así, establecer la aplicabilidad del caudal ecológico dentro de la gestión del agua conlleva a demostrar que es posible conservar el ecosistema, la flora y fauna, etc. dentro de un río intervenido, con volumen de agua muy reducido y menos oxigenación, entre otras resultantes.
4. Los trabajos e informes sobre caudal ecológico en el país no indican de manera precisa los parámetros o valores que este deberá mantener en el estiaje, época en que realmente se requiere por ocurrir las condiciones más críticas en el flujo de agua (julio – setiembre). En el resto del año el caudal normal de agua torna a veces no prioritario buscar el caudal ecológico.
5. Al no haber consenso sobre lo que es el caudal ecológico no sería recomendable aplicarlo rigurosamente en proyectos de inversión de riego o de aprovechamiento hidroenergético. Generalmente los valores o parámetros se obtienen en el gabinete por técnicos que buscan atender requerimientos del cliente, quien busca usar un porcentaje del agua a la cual burdamente denomina caudal ecológico. Los valores así obtenidos no se basan en una evaluación cuantitativa de las relaciones entre el caudal y la ecología del recurso hídrico por intervenir.

6. En el Perú no hay un régimen de caudales ambientales (entre ellos el caudal ecológico), que sea el resultado de usar mejores metodologías que generen confianza en sus resultados. Los organismos rectores como la Autoridad Nacional del Agua –ANA, Ministerio del Ambiente, etc. no han prestado atención adecuada al concepto caudal ecológico; lo cual limita aplicar algo que no está definido ni reglamentado.
7. Considerar el caudal ecológico dentro de la gestión del agua está en función de que los sectores involucrados reconozcan la necesidad de respetar el valor de los ecosistemas acuáticos, dejando suficiente agua en el río. La extracción para atender necesidades humanas debe ser función directa de la disponibilidad hídrica de la fuente; criterio razonable y más viable que calcular mecánicamente el “caudal ecológico ideal” en el gabinete.
8. Se recomienda identificar e inventariar geográficamente los cuerpos de agua intervenidos para ser debidamente monitoreados y determinar si mantendrán las cualidades físicas de diversidad, abundancia, especies indicadoras, migraciones, etc. de sus elementos bióticos que les permitan recuperarse una vez superados los impactos que generó la intervención humana.
9. Se recomienda realizar un inventario de cuerpos de agua no intervenidos para configurar un catálogo que permita proyectar la utilización de los caudales en actividades que más convengan al interés de los grupos y actores interesados. Dicha tarea requerirá el trabajo de equipos multidisciplinarios integrantes de un organismo especializado y autónomo aún por institucionalizar en el Perú.

REFERENCIAS

- Caminosca CAMINOS y CANALES C. LTDA (1996): *Proyecto Hidroeléctrico Salto del Bimbe*, Estudio de Factibilidad y Diseño Definitivo Previo, Apéndice L1, Santiago, Chile, pp. 1-4
- Francisco Riestra y Gonzalo Benavides (1998): *“Caudales Ecológicos: Perspectivas desde la Dirección General de Aguas”*, España, pp.15.
- INGENDESA (2004): Seminario *“Caudal Ecológico, Metodologías y Casos Aplicados”*. El caso del proyecto Ralco, Santiago, Chile, pp. 74.
- Instituto Mexicano del Transporte (2012): *Metodología para la medición de la velocidad de flujo en un río en el diagnóstico de la socavación en pilas de un puente, utilizando un dispositivo electrónico*, Publicación Técnica N°356, Sanfandila, Qro. México. pp. 11.
- Rafael Heras (1983): *Recursos Hidráulicos – Síntesis, Metodología y Normas*, Madrid, España, pp. 361.
- Carlos Emanuel y Jorge Escurra (2000): *Informe Nacional sobre la Gestión del Agua en el Perú*. Informe Nacional del Perú sobre gestión de recursos hídricos. Resumen Ejecutivo, Lima, pp. 56.
- Ecologistas en Acción – Región Murciana (2008): *10. Conclusiones Finales*, España, pp. 3.
- Michiel Verweij (2000): *A propósito del caudal ecológico*, Madrid, España, pp. 3.
- Antoni Palau Ibars (1994): *Los mal llamados caudales “ecológicos”*. Bases para una propuesta de cálculo. OP Revista del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y puertos, N°28, Ríos II, España, pp. 16.

- María Luisa Moreno Santaengracia (2010): *Curvas de Gasto – Determinación y Variación Temporal*, Montevideo, Uruguay, pp.1.
- Tutoriales de Ingeniería Civil (2014): *Creando Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia*, Pág. Web, Bariloche, Argentina, pp. 6.
- Adolfo Grecco Gélvez (2011): *Metodología para la determinación de los caudales de garantía ambiental*, Monografía, Colombia, pp. 22.
- Teresa Oré (2004): *La Gestión del Agua. Instituto del Bien Común*, Pág. Web, Lima, Perú, pp.2.
- Diario El Tiempo – Piura (2010): *Poechos se seca y el caudal ecológico es intocable* 01.12.2010, Pág. Web, pp.1.
- Jorge Reyes (2014): *“Nos hemos convertido en dependientes del reservorio de Poechos”*. UDEP hoy – Piura 28.01.2014, Pág. Web, pp.1.
- Diego Flores (2012): *Campaña de Firmas para Salvar el Limay* 9/10/2012, Net_ Files, Argentina, Pág. Web, pp. 5
- Guillermo Vílchez Ochoa (2010): *Servicio de Consultoría para la Sistematización y Seguimiento de Aplicación de Metodologías de Determinación del Caudal Ecológico en Cuencas Hidrográficas en el Marco de las Acciones de Seguimiento e Intervención*. Ministerio del Ambiente, Lima, pp.30.