

Diagnóstico del grado de desarrollo del enfoque de caudales ambientales en países de Latinoamérica

M. Sc. Damián Indij

División de Agua y Saneamiento

NOTA TÉCNICA N°
IDB-TN-1417

Diagnóstico del grado de desarrollo del enfoque de caudales ambientales en países de Latinoamérica

M. Sc. Damián Indij

Junio 2018

Catalogación en la fuente proporcionada por la
Biblioteca Felipe Herrera del
Banco Interamericano de Desarrollo
Indij, Damián.

Diagnóstico del grado de desarrollo del enfoque de caudales ambientales en países de
Latinoamérica / Damián Indij; editores, Mario Schreider, Marta Paris, Erasmo
Rodríguez.

p. cm. — (Nota técnica del BID ; 1417)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Water resources development-Environmental aspects-Latin America. 2. Water-
supply-Latin America-Management. 3. Integrated water development-Latin America.
4. Ecosystem management-Latin America. I. Schreider, Mario, editor. II. Paris, Marta
del Carmen, editora. III. Rodríguez, Erasmo, editor. IV. Banco Interamericano de
Desarrollo. División de Agua y Saneamiento. V. Título. VI. Serie.

IDB-TN-1417

Editores:

M. Sc. Mario Schreider

Dra. Marta Paris

Dr. Erasmo Rodríguez

La elaboración del presente documento contó también con la colaboración de:
Dr. Mauro Nalesso- Especialista de la División de Agua y Saneamiento del BID
Códigos JEL: Q20, Q25.

Palabras claves: Agua, caudales ambientales, América Latina.

<http://www.iadb.org>

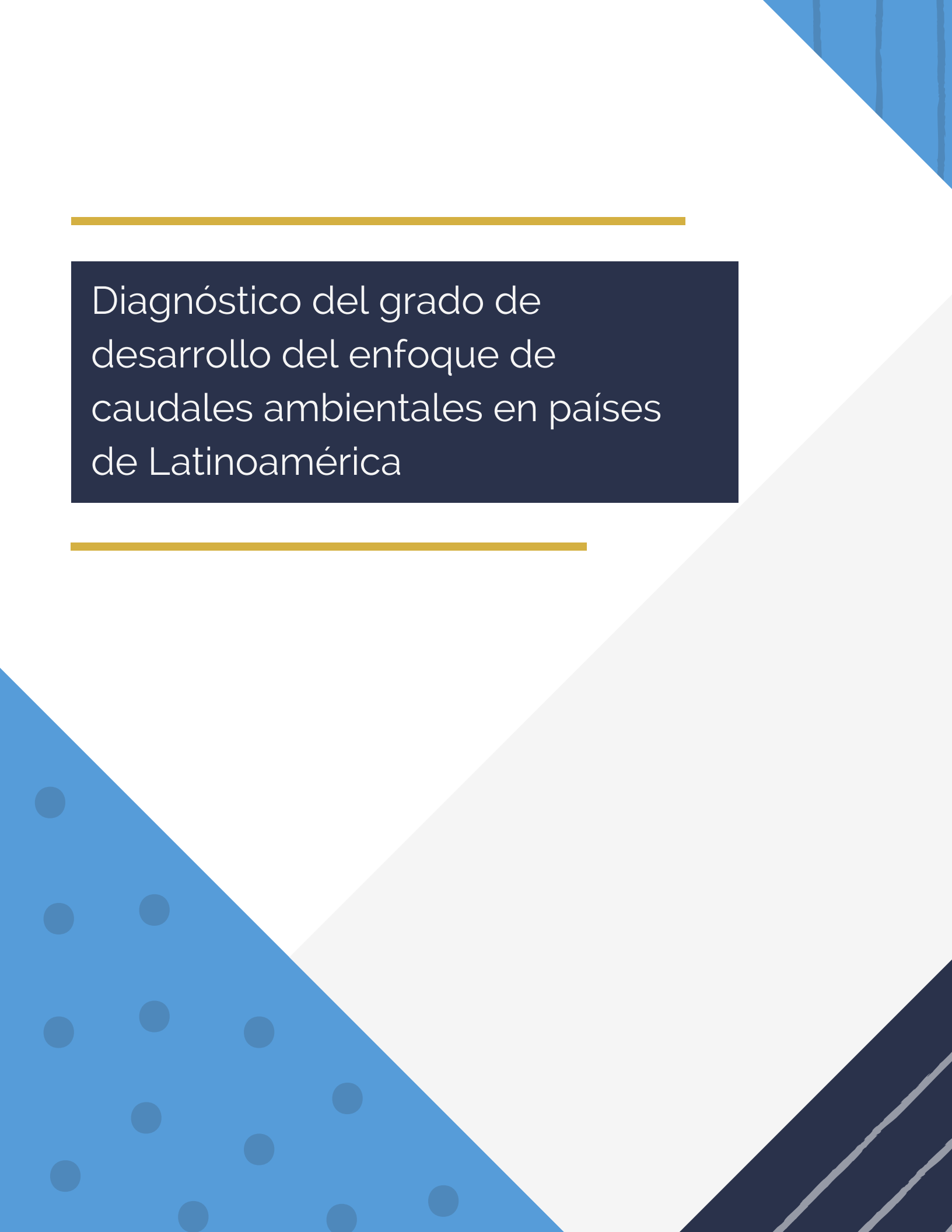
Copyright © 2018 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.





Diagnóstico del grado de desarrollo del enfoque de caudales ambientales en países de Latinoamérica

Contenido

Introducción	3
Objetivos	6
Objetivo general.....	6
Objetivos específicos.....	6
Breve marco teórico de referencia sobre el tema	7
Metodologías hidrológicas	9
Metodologías hidráulicas	9
Métodos de simulación de hábitat	10
Métodos holísticos	10
Metodología empleada para la elaboración del diagnóstico.....	16
Estructura de la encuesta	18
Entrevistas	19
Aportes recibidos en la 6.ª Reunión Regional de Ralcea.....	19
Ampliación de la encuesta a los actores en el territorio	20
Casos de estudio	21
Casos seleccionados a partir de la búsqueda en la bibliografía temática	21
Casos identificados a partir del desarrollo de la encuesta	22
Casos de estudios desarrollados <i>ad hoc</i>	24
Implementación del régimen de caudales ambientales: Análisis de situación.....	26
Metodologías para la determinación de caudales ecológicos y ambientales	27
Casos de estudio	34
El marco legal e institucional en los países de Latinoamérica	41
Análisis de antecedentes disponibles en la bibliografía	42
Resultados de las encuestas	49
Entrevistas	56
Consideraciones finales y propuestas de acción.....	58
Bibliografía	63
Anexos	67
Anexo 1.....	68
Anexo 2.....	78

Anexo 3.....	80
Anexo 4.....	105
Anexo 5.....	127

El desarrollo humano promueve demandas cada vez mayores de los recursos hídricos disponibles para atender su crecimiento: agua potable, saneamiento, riego, desarrollo industrial, navegación, vías de comunicación y energía son solo algunas de las muchas intervenciones que la sociedad realiza en aras de una mejor calidad de vida. Sin embargo, estas se traducen en un aumento de infraestructura y en alteraciones a los regímenes naturales de las corrientes, lo que modifica el paisaje e impacta sobre los ecosistemas (Poff et al., 1997).

Es así como en muchos países del mundo se ha comenzado a abordar el tema del aprovechamiento de los recursos hídricos de una manera integrada lo que se traduce en la realización de estudios interdisciplinarios en la cuenca hidrográfica, con el propósito de garantizar la sostenibilidad de los recursos naturales y de los bienes que ellos proveen para tener medios de sustentación y servicios para la población (Dyson, Bergkamp y Scanlon, 2003; Gallopin, 2003).

En este contexto, la incorporación de los conceptos de caudal ecológico (CE), caudal ambiental (CA) y los procesos de implementación de un régimen de caudales ambientales (RCA) (Unesco, 2014) resultan un elemento insoslayable a considerar para garantizar la sostenibilidad de los recursos de una cuenca.

Particularmente, el RCA forma parte de una óptica ecosistémica en la gestión integrada de los recursos hídricos, que incluye un conjunto de medidas para garantizar un río saludable, entre las cuales se incluyen la protección de los suelos, la prevención de la contaminación, el control en el aprovechamiento y la protección y restauración de hábitats, entre otras (Castro, Carvajal y Monsalve, 2006). El establecimiento del RCA permite determinar cuáles son los caudales y cómo debería ser su variación a lo largo del año, considerando el flujo mínimo que debe permanecer en la corriente para garantizar la integridad de los ecosistemas asociados y procurar la satisfacción de las múltiples demandas de agua que existen en la cuenca.

Si bien desde lo conceptual esta regulación parece clara y contundente, su implementación presenta importantes desafíos y exige un grado de adaptación a la realidad biológica, física y social de cada unidad de análisis en particular. Para conciliar las demandas ambientales y socioeconómicas por el agua, es necesario definir objetivos de manejo por tramos de río, subcuenca o cuenca, lo que depende de su estado ecológico y del grado de presión de uso. El establecimiento de estos objetivos debe considerar las necesidades ambientales y de los usuarios del agua para conciliar sus demandas o requerimientos, y así orientar la discusión colectiva sobre *¿qué río tenemos, que río queremos y cómo lo queremos conservar?*. La Figura 1 conceptualiza este modelo de vinculación entre el sistema natural y el sistema social y sus requerimientos.

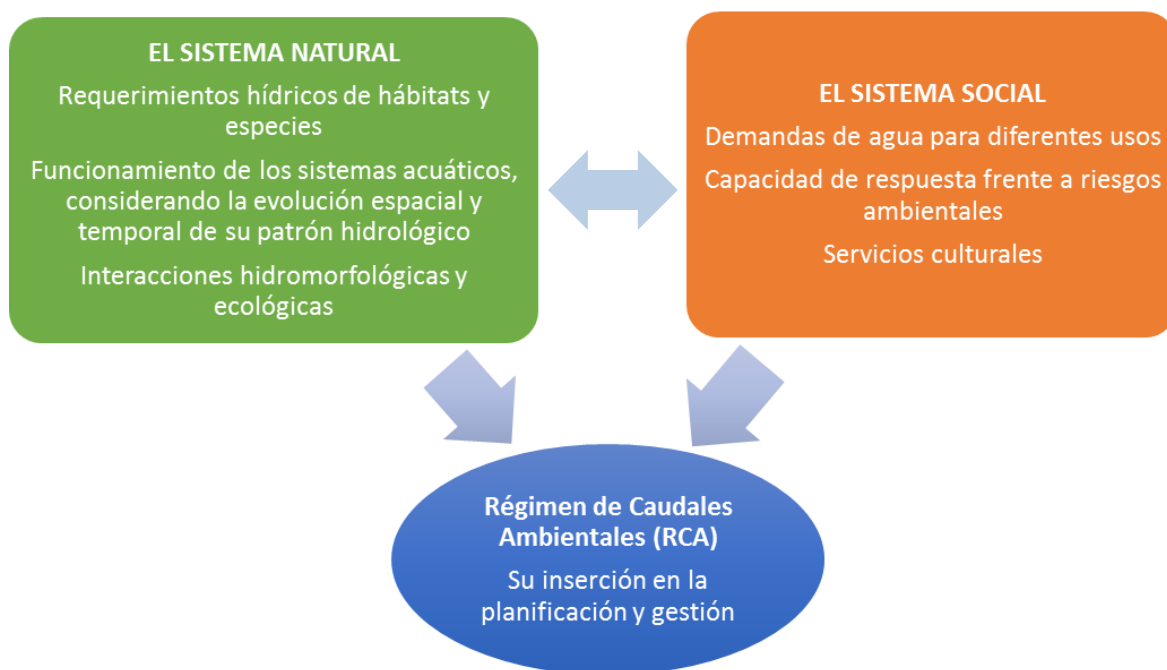


Figura 1. Relaciones biofísicas y sociales en la formulación e implementación del RCA

Varios encuentros internacionales han destacado la necesidad de asegurar la integridad de los ecosistemas a través de un manejo integral del agua para bien de las generaciones futuras. Se destacan, entre ellos: la Cumbre de la Tierra (1992), la Segunda Cumbre de la Tierra (2002), los diferentes foros mundiales del agua, el 10.º Simposio Internacional de Ríos y Conferencia Internacional de Caudales (Brisbane, Australia, 2007), el Tercer Taller Internacional sobre Caudales Ambientales (Portland, EUA, 2015), y el último Congreso Mundial de la Naturaleza (Hawái, EUA, 2016). En el mismo sentido vale la pena señalar la iniciativa que en el tema desarrolla Unesco – PHI a través del Programa de Ecohidrología (EHP), en cuyo ámbito se ha desarrollado una importante documentación conceptual, la inclusión y análisis de valiosos casos de estudio y una red de proyectos demostrativos (Unesco – PHI, 2011). A nivel regional también han sido muchos los eventos que han fomentado diversos tipos de iniciativas en el tema. Precisamente el Programa Hidrológico Internacional de Unesco para Latinoamérica y el Caribe ha desarrollado una serie de encuentros, entre los que se destacan los Talleres Regionales de Caudales de Ambientales (Costa Rica, 2005; Panamá, 2015). En la misma línea se puede señalar el taller regional desarrollado por la UICN, Renovación de la Visión de la Iniciativa en Mesoamérica (Costa Rica, 2008). A nivel nacional, muchos son los ejemplos que se pueden dar de iniciativas de los países de la región para instalar el tema a través de talleres, cursos, seminarios y congresos. Entre ellos se pueden mencionar el Taller de Caudales Ambientales organizado por el Consejo Hídrico Federal (Cohife) y el Consejo Federal de Medio Ambiente (Cofema) de la Argentina (Buenos Aires, Argentina, 2015), el Curso Taller Interactivo para la Determinación de Caudales Ambientales en el Contexto de la Planificación y Manejo de Cuencas, desarrollado por el IMTA (México, 2009), o el Taller de Caudales Ambientales organizado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible-TNC-Unesco-IHE-Universidad

Nacional de Colombia (Bogotá, 2014). En igual sentido, pueden mencionarse los distintos congresos sobre agua y ambiente que se desarrollan en la región, en donde el tema de caudales ambientales ha venido logrando cada vez un lugar más destacado.

A pesar de los ingentes esfuerzos llevados a cabo por las organizaciones internacionales y los países de la región, a través de sus organismos responsables de la gestión del agua, debe reconocerse que el proceso de implementación de estos conceptos es aún incipiente y su grado de desarrollo muy dispar entre los distintos países; aún dentro de ellos mismos. En este sentido, se consideran muy valiosos los esfuerzos realizados en esta dirección para compartir experiencias, rescatar fortalezas y evaluar debilidades que los países tienen con relación a este tema.

Estas consideraciones y la diversidad de situaciones que el tema presenta han motivado el desarrollo de este estudio diagnóstico a partir de la indagación a los actores relevantes. Para ello, el aporte de los miembros de la Red de Centros de Excelencia en Gestión del Agua en América Latina (Ralcea) resulta fundamental. En efecto, su diversidad geográfica, sus niveles de representatividad y acceso real a los “interesados”, brindan al estudio un grado de territorialidad destacable, permitiendo que la formulación del diagnóstico sea realizada desde sus propios protagonistas.

El diagnóstico permitirá visualizar los diferentes niveles de desarrollo que el tema tiene en los países que formen parte del estudio. Se apuntará a destacar aquellos aspectos que resulten fortalezas ya consolidadas, limitaciones o debilidades que hoy enfrentan las estructuras de gestión responsables del tema. Se pretende, al mismo tiempo, identificar problemáticas comunes, susceptibles de ser enfocadas desde una perspectiva regional, sin perder de vista las particularidades locales que el tema presenta. Se tendrá en consideración el grado de maduración e inserción que el tema ha logrado en diferentes países, a la vez que se valorarán situaciones en contextos diferentes y desalentarán generalizaciones o procedimientos estándares que luego fracasan al momento de su puesta en práctica.

En síntesis, el diagnóstico procurará brindar una “foto” de la situación actual, para constituirse como una referencia de partida que puede contribuir a la formulación de políticas en esta materia.

Objetivos

Objetivo general

Elaborar un diagnóstico sobre el grado de incorporación que el concepto de régimen de caudales ambientales (RCA) tiene en las políticas de la región y su implicación a la hora de la formulación e implementación de los planes de gestión integrada de recursos hídricos

Objetivos específicos

Identificar las problemáticas más comunes que conducen a la necesidad del establecimiento del RCA.

Identificar cuáles han sido las metodologías de cálculo más utilizadas (y, en la medida de lo posible, conocer las razones que han llevado a su selección) y evaluar cuál metodología es la más apropiada bajo diferentes circunstancias, escenarios y variables.

Analizar acerca del grado de incorporación del tema en los marcos normativos de los países consultados y las modificaciones que introducen en la gestión de recursos hídricos.

Señalar aspectos destacados que de alguna manera nucleen a los distintos países consultados en cuanto a las fortalezas alcanzadas en el desarrollo del tema, las principales barreras que se oponen a su concreción, los pasos a seguir para la concreción de un procesos de mejora.

Identificar casos de estudio que puedan dar lugar al desarrollo de casos piloto.

Breve marco teórico de referencia sobre el tema

El concepto de caudales ambientales no es reciente. En la literatura especializada, las primeras referencias al mismo provienen de la segunda mitad del siglo XX, fundamentalmente en Estados Unidos y Europa, y surgieron como la respuesta, desde la óptica ambiental, al rápido proceso de desarrollo de infraestructura hídrica, fundamentalmente de construcción de presas, y a los impactos ocasionados por este tipo de obras sobre los ecosistemas (WCD, 2000). En Latinoamérica, el empleo del concepto de caudales ambientales es más reciente, y solo ha empezado a incorporarse en la literatura científica regional y en la gestión de los recursos hídricos durante los últimos 25 años (Tharme, 2003).

Con relación a los caudales ambientales, varios conceptos, aparentemente similares, tienden a usarse de forma intercambiable, sin que ello sea del todo correcto. Para dar claridad, unificar la terminología utilizada y evitar inconsistencias, la Tabla 1 presenta de forma cronológica algunos de los términos más utilizados y las definiciones más aceptadas para cada uno de ellos.

Tal como se sintetiza en dicha tabla, el enfoque del caudal ambiental, así como su denominación, ha venido cambiando a través del tiempo. En un principio se partió de una propuesta de dejar en el sistema un caudal mínimo con un valor fijo (años 70). Posteriormente, se planteó la necesidad de que este caudal mínimo variara estacionalmente, de manera que simulara la variación natural del sistema (años 80). Más adelante, se propuso establecer el régimen de caudales relacionando los cambios en el hábitat y las funciones ecológicas del sistema (años 90 y 2000). Finalmente, los enfoques más recientes plantean la necesidad de mantener un buen estado ecológico del sistema, con lo que se recomienda la implementación de métodos adaptativos de caudales ambientales, que permitan incorporar la restauración en los planes de manejo (Kozac, Bennett, Piazza y Remo, 2016).

Son variados y numerosos los métodos propuestos en la literatura para la estimación de los caudales ambientales o del RCA, los cuales típicamente se implementan en corrientes reguladas, ya sea a nivel de cuenca, subcuenca o a escala local (tramo de río). Tharme (2003) reporta acerca de la existencia de más de 200 metodologías diferentes, utilizadas a nivel mundial para determinar los caudales ambientales. Asimismo, en la determinación de los caudales ambientales, la literatura especializada (Karim, Gubbels y Goulter, 1995; Tharme, 2003; Acreman y Dunbar, 2004; Pyerice, 2004; Agualimpia y Castro, 2006; Castro et al., 2006) reporta la clasificación de las metodologías existentes en cuatro grandes categorías: i) metodologías hidrológicas, b) metodologías hidráulicas, c) metodologías de simulación de hábitat, y d) metodologías holísticas o funcionales. Adicionalmente, otras propuestas metodológicas (Malan, Bath, Day y Joubert, 2003; Palmer, Rossouw, Muller y Scherman, 2005) permitirían posiblemente considerar una categoría adicional, en la cual el componente de calidad del agua se incluye de forma explícita en la estimación de los caudales ambientales.

Tabla 1. Definiciones de algunos términos usualmente utilizados en el vocabulario de caudales ambientales (con base en Cantera, Carvajal y Castro, 2009)

Término	Definición	Referencia
Caudal mínimo	Hace referencia a la magnitud del flujo que es capaz de mantener algunas de las funciones básicas del ecosistema fluvial.	Stalnaker (1994) Magdaleno (2005)
Caudal de mantenimiento	Define la magnitud del caudal necesario para mantener todas las funciones ecosistémicas del río. Es un caudal estimado para garantizar la conservación de los valores bióticos del ecosistema fluvial.	King y Low (1998) Palau (1994)
Caudal de acondicionamiento	Es el caudal complementario al mínimo, que puede establecerse para una finalidad concreta, diferente de la conservación de valores bióticos del ecosistema y referida a aspectos abióticos (dilución, paisaje, usos recreativos, etc.).	Palau (2003) Magdaleno (2005)
Caudal ecológico	Se define como el caudal mínimo necesario en una fuente o curso fluvial para garantizar la conservación de los ecosistemas fluviales actuales y algunos de sus servicios ecosistémicos asociados.	Aprima (2000)
Caudal ambiental	Es la cantidad, calidad y régimen de flujo necesario para sostener los ecosistemas dulceacuícolas, además de los componentes, procesos y funciones ecológicas de las que depende la sociedad humana.	Poff et al. (1997) Dyson et al. (2003) Declaración de Brisbane (2007)
Régimen de caudal ambiental (RCA)	Es aquel que permite cumplir con un objetivo y condición específica establecida del ecosistema. Para la definición del régimen requerido se identifican caudales específicos en magnitud, periodicidad, frecuencia, duración y tasa de cambio, tanto de caudales base como de crecientes, en la escala de variabilidad interanual e intraanual.	King, Tharme y Brown (1999)

A continuación, se realiza una muy breve descripción de cada una de estas cuatro categorías¹.

¹ Una discusión más detallada puede ser consultada en Tharme (2003), Agualimpia y Castro (2006), UNAL (2008).

Metodologías hidrológicas

En todas las categorías de metodologías, el componente hidrológico se considera como el más importante en la definición de los caudales ambientales. Esto se debe a que, para este componente, no solo es usual contar con mediciones, sino principalmente al hecho de que en la pirámide funcional de los ríos (Harman, Starr, Carter, Tweedy y Clemmons, 2012) el componente hidrológico es el fundamental y constituye la base para el desarrollo de otras funciones en las corrientes naturales (hidráulica, geomorfológica, fisicoquímica y biológica).

Las metodologías hidrológicas, de aplicación local o regional, corresponden a las propuestas más antiguas para la estimación de caudales ambientales, desarrolladas en las décadas de los 70 y 80 del siglo XX en Europa y Estados Unidos, fundamentalmente. Para su implementación se requiere únicamente de series históricas de caudales, registradas en estaciones hidrométricas en el sitio o cuenca de interés. La suposición principal de estas metodologías radica en asumir que el funcionamiento de los ecosistemas se ha adaptado a las variaciones naturales del régimen hídrico de una corriente y a sus tendencias históricas, y que, por lo tanto, el estudio hidrológico de las series de caudales ayuda en la recomendación de un régimen de caudales ambientales, que al mantener el patrón natural de la corriente asegure el adecuado funcionamiento de los ecosistemas.

Dicho de otra forma, los métodos hidrológicos asumen que al reservar una porción (muchas veces constante) de los caudales históricos es posible preservar los ecosistemas. Entre las limitaciones de las metodologías hidrológicas podría mencionarse que no vinculan explícitamente el componente hidrológico con el ecológico, que fueron desarrolladas en otras latitudes, que definen en general y a lo sumo un par de caudales (uno para épocas de creciente, otro para épocas de estiaje) y no un régimen, además de que tampoco tienen en cuenta aspectos socioeconómicos y culturales de la población. Sin embargo, debido a su facilidad de aplicación aún hoy en día son muy populares y continúan siendo ampliamente utilizadas, sobre todo en países en vía de desarrollo (Tharme, 2003). Estas metodologías basan su cálculo usualmente en un índice (porcentaje) estimado del histograma de caudales mensuales multianuales o en el valor de caudal correspondiente a un percentil de la curva de duración de caudales. Algunos ejemplos de este tipo de métodos incluyen el método de Tennant, el porcentaje fijo del caudal medio interanual, el método del caudal medio base, el método de Hoppe, el método del 7Q10, el método de Arkansas, el método de Texas, el método del 10 % del caudal medio mensual multianual (QMM), el método del rango de variabilidad (RVA), el método del caudal básico de mantenimiento, entre muchos otros.

Metodologías hidráulicas

Los métodos hidráulicos, de aplicación puramente local, tienen en cuenta la variabilidad de los caudales y el consecuente cambio de las variables hidráulicas de importancia ecológica como factor limitante para las especies acuáticas. En este tipo de metodologías se intenta relacionar algún parámetro hidráulico de la corriente (bien sea la profundidad, la velocidad, el ancho superficial o el perímetro mojado) con el caudal transportado. Este tipo de métodos requiere, aparte de las series hidrológicas, la rigurosa implementación de un modelo hidráulico o el empleo de ecuaciones aproximadas que relacionen la forma de la sección transversal típica con los parámetros hidráulicos para caudales dados, así como la segmentación de la corriente analizada en tramos homogéneos, hidráulicamente hablando (por ejemplo, piscinas y rápidos para un río de montaña). Algunos ejemplos de este tipo de métodos incluyen el del Perímetro Mojado (Reiser, Wesche y Estes, 1989), quizás el más popular a nivel mundial. Este método relaciona el caudal con el perímetro mojado, y

plantea que el punto de inflexión de la relación perímetro mojado-caudal es el punto en donde se maximiza el hábitat utilizable por las especies. Otros métodos ecohidráulicos (sinónimo de metodologías hidráulicas) se basan en transectos múltiples. A diferencia de la técnica del perímetro mojado (utilizado para un único transecto), los métodos de múltiples transectos evalúan varias secciones transversales. En cada una de ellas se miden, bajo diferentes caudales, la velocidad, la profundidad, el sustrato y la cobertura. Estos datos se utilizan en la modelación para determinar los cambios en las variables hidráulicas, lo cual da una idea de la “habitabilidad” del río sometido a variaciones de caudal. Estos métodos tienen en cuenta la variabilidad de los caudales y el consecuente cambio de las variables hidráulicas de importancia ecológica. Hay varios métodos de transectos múltiples propuestos para Estados Unidos; algunos miden variables como cobertura vegetal, caudales medios anuales, longitud y área de la sección (método del Water Resources Research Institute “WRRI Cover”, 1973). Otros determinan velocidad de la corriente, profundidad de flujo y necesidades de hábitat para el ciclo biológico de algunas especies ícticas (método de Washington, 1974), o velocidad, profundidad de flujo, área de la subsección y tipos de sustrato (método de California o de Waters, 1976). En el método de Oregón (1980) se mide velocidad, profundidad de flujo y caudal (Aguilimpia y Castro 2006).

Métodos de simulación de hábitat

En este tipo de métodos, de aplicación local, se deducen los caudales ambientales a partir de la cuantificación del hábitat requerido para una especie particular (normalmente peces salmónidos), lo que se realiza a partir de la modelación hidráulica del hábitat disponible para un cierto caudal. El punto de arranque de este tipo de métodos es una línea base que permite entender las relaciones entre algunas especies y las características del medio en que se desarrollan sanas (curvas de preferencia).

Algunas de las metodologías de simulación de hábitat fluvial se basan en aspectos geomorfológicos y otras en las características del hábitat para la biota. En ambos casos, para su aplicación se requiere un entendimiento geomorfológico de la distribución de los procesos físicos en el río y el análisis y modelación del hábitat hidráulico. Para ello, es necesario conocer los procesos que estructuran los hábitats del río. Además, en la evaluación del hábitat debe tenerse en cuenta la escala a la cual se desea determinar el caudal ambiental (sector, tramo, sitio, parche, etc.).

Entre los métodos de común aplicación en esta categoría se encuentran el método basado en la geomorfología, propuesto en Australia por Thoms y Sheldom (2002) y, el método conocido como *the Instream Flow Incremental Methodology* (IFIM) propuesto por Bovee (1982) en los Estados Unidos para especies de peces salmónidos, pero que es uno de los más aceptados e implementados a nivel internacional. Uno de los componentes de IFIM implica el uso de procedimientos analíticos y métodos computacionales (PHABSIM II o RHABSIM). A partir de datos hidrológicos, hidráulicos y biológicos, se modela el efecto de los cambios en el caudal sobre la estructura del canal, la calidad del agua, la disponibilidad de hábitats y la temperatura del agua.

Métodos holísticos

Los métodos holísticos o funcionales, desarrollados principalmente en Sudáfrica y Australia, se caracterizan por buscar una solución consensuada (basada en opinión de expertos) al régimen de caudales ambientales, considerando aspectos abióticos (geomorfología, calidad de agua), bióticos

(comunidades naturales), perceptivos (paisaje) y socioculturales. En general, estos métodos tienen dos enfoques:

- Aproximación *bottom-up*, diseñados para “construir” un régimen de caudal modificado mediante la adición de componentes de caudal a una línea base de caudal cero.
- Aproximación *top-down*, que abordan la pregunta “¿cuánto se puede modificar el régimen de caudal de un río antes de que los ecosistemas acuáticos cambien notablemente o se degraden seriamente?”

Entre los métodos holísticos con mayor popularidad se encuentran el método de evaluación por panel de expertos (EPAM Swales et al., 1994) y su derivado, el método de evaluación por equipo científico (SPAM Thoms et al., 1996), el *Building Block Methodology* (BBM, King y Low, 1998) y el *Downstream Response to Imposed Flow Transformations* (DRIFT, King, Brown y Sabet, 2003).

A pesar de que metodológicamente los métodos holísticos son los mejor planteados, una crítica que usualmente se hace en la literatura a estos métodos en la fase de implementación es la heterogeneidad de respuestas que pueden obtenerse para los diferentes componentes, lo que limita su aplicación práctica.

No existe receta o método de estimación de caudales ambientales adecuado para todos los propósitos y circunstancias. La selección del método depende fundamentalmente de la escala de análisis (nacional, regional o local), de la disponibilidad de información y de los propósitos de la estimación realizada. La Tabla 2 presenta algunas recomendaciones acerca de los métodos a utilizar en diferentes escalas. Obviamente a nivel nacional los datos hidrológicos son los que mayor disponibilidad presentan y, por ende, los métodos de este tipo son los más aplicables. A nivel regional (cuenca hidrográfica) la caracterización por ejemplo por tipos de corrientes, basada en características hidrológicas e hidráulicas de las mismas, permite hacer estimaciones utilizando estos dos tipos de métodos. A nivel local usualmente se emplean los métodos de simulación de hábitat y holísticos; sin embargo, estos, al ser caso-específicos, no permiten analizar las alteraciones acumuladas de múltiples proyectos en una cuenca, las que deberían ser analizadas mediante métodos hidrológicos e hidráulicos.

Tabla 2. Recomendaciones acerca del uso de los diferentes métodos de estimación de caudales ambientales. Adaptada de Dyson et al. (2003)

Escala de análisis	Métodos hidrológicos	Métodos hidráulicos	Métodos de simulación de hábitat	Métodos holísticos
Nacional	X			
Regional	X			
Local		X	X	X

En cuanto a las fortalezas y debilidades en la aplicación de los diferentes métodos de estimación de caudales ambientales, la Tabla 3 presenta una breve síntesis de las mismas.

Tabla 3. Fortalezas, debilidades y limitaciones en la aplicación de los diferentes métodos de estimación de caudales ambientales. Adaptado de King et al. (1999), Tharme (1996) y Cantera et al. (2009)

Métodos	Fortalezas/Ventajas	Debilidades y limitaciones/Desventajas
Hidrológicos	✓ Son poco costosos, sencillos y rápidos de implementar, dado que únicamente requieren series históricas de caudales diarios o mensuales. ✓ Una vez efectuada la estimación, son relativamente fáciles de aplicar. ✓ Brindan las primeras indicaciones, a nivel de planeación, de caudales ambientales iniciales, con una baja resolución temporal. ✓ Son la base del cálculo en otro tipo de metodologías como las holísticas. ✓ En algunos casos (RVA) pueden servir para monitorear las alteraciones en el régimen hidrológico ocasionadas por intervenciones antrópicas.	— No existe una real conexión entre el componente hidrológico y el componente ecológico debido a la ausencia, en la mayoría de los métodos, de información ecológica. — Su aplicación depende de la similaridad entre las características del sitio en donde fueron propuestos y el sitio en donde se requieren hacer las estimaciones. — Una gran mayoría de los métodos utilizan un índice hidrológico sencillo y único a lo largo del año al desconocer la variabilidad estacional del régimen hidrológico de las corrientes. Esto puede ser perjudicial para los ecosistemas que se han adaptado a tener valores mínimos de caudales por instantes y no durante largos períodos de tiempo. — Las estimaciones se efectúan para un año típico, pues se desconoce la alta variabilidad interanual de los caudales en muchas regiones. — Brindan una primera aproximación de los caudales ambientales, pero usualmente bastante imprecisa.

Tabla 3. Fortalezas, debilidades y limitaciones en la aplicación de los diferentes métodos de estimación de caudales ambientales. Adaptado de King et al. (1999), Tharme (1996) y Cantera et al. (2009) (*continuación*)

Métodos	Fortalezas/Ventajas	Debilidades y limitaciones/Desventajas
Hidráulicos	✓ Son simples y medianamente rápidos de implementar. ✓ Incorporan de forma indirecta relaciones hidráulica-ecología. ✓ Son aplicables y específicos de un sitio e intentan determinar valores de caudal para el mantenimiento de diversos tipos de hábitats para diferentes especies acuáticas y sus funciones. ✓ Requieren de un limitado levantamiento de información adicional a la hidrológica (topográfica y biótica).	— Asumen que el conjunto de variables hidráulicas estudiadas puede representar adecuadamente los requerimientos del hábitat de una especie. — La correcta determinación de los diferentes tramos en un río, la selección de las secciones transversales en cada uno de ellos y la correcta determinación de los parámetros hidráulicos correspondientes son fundamentales en las estimaciones realizadas. — Están más enfocados hacia lo que ocurre dentro del canal y mucho menos hacia lo que se presenta fuera de este.

Tabla 3. Fortalezas, debilidades y limitaciones en la aplicación de los diferentes métodos de estimación de caudales ambientales. Adaptado de King et al. (1999), Tharme (1996) y Cantera et al. (2009) (continuación)

Métodos	Fortalezas/Ventajas	Debilidades y limitaciones/Desventajas
De simulación de hábitat	✓ Al ser metodologías bastante objetivas, resultan fácilmente replicables. ✓ Son capaces de evaluar las respuestas del hábitat de una especie ante alteraciones y cambios en el régimen de caudales. ✓ En este sentido, pudieran ser aprovechados para analizar multiplicidad de escenarios de caudales ambientales y sus impactos en el hábitat de la especie objeto de análisis. ✓ Al utilizar herramientas computacionales, pueden incorporar en sus análisis información hidrológica, hidráulica y biológica de diversas fuentes y con diferentes longitudes de registro. ✓ Sus resultados y análisis pueden ser fácilmente incorporables en metodologías de tipo holístico.	— Son costosos en términos de recolección de información en campo. — Asumen que la preferencia por un tipo de hábitat se equipara a la probabilidad de presencia de los organismos, planteando que existe una relación entre área disponible y biomasa o biodiversidad. Esto no necesariamente es cierto, ya que el uso del hábitat está influenciado por múltiples factores, y no necesariamente las variables hidráulicas son las determinantes en la distribución y estructura de las comunidades. — Han sido desarrollados para una especie indicadora, usualmente peces salmónidos, que no existen en todos los sitios. Además, la selección de esta especie indicadora es crítica en la evaluación del método, pues esta deberá englobar la mayoría de las características del ecosistema. — Su aplicación se basa en el uso de curvas de preferencia o de idoneidad de la especie indicadora, usualmente no disponibles en países de la región. — Su evaluación no incorpora aspectos geomorfológicos ni relacionados, por ejemplo, con vegetación ribereña. — Al estar su aplicación basada en herramientas computacionales, pueden llegar a obtenerse conclusiones erróneas sin la adecuada información, ni experticia de quien utiliza dichas herramientas.

Tabla 3. Fortalezas, debilidades y limitaciones en la aplicación de los diferentes métodos de estimación de caudales ambientales. Adaptado de King et al. (1999), Tharme (1996) y Cantera et al. (2009) (*continuación*)

Métodos	Fortalezas/Ventajas	Debilidades y limitaciones/Desventajas
Holísticos	✓ Están basados en el componente hidrológico, pero permiten la evaluación integral del ecosistema fluvial en los aspectos hidráulicos, bióticos, de calidad de agua y socioeconómicos. ✓ En su aplicación incorporan todas las características del régimen de caudal, no solo su magnitud, sino también la frecuencia, la duración, las tasas de cambio, el período de ocurrencia, etc., para caudales en todo el rango de variación natural, desde grandes avenidas hasta caudales en períodos de estiaje. ✓ Al estar metodológicamente muy bien estructurados por fases, sus resultados son relativamente fáciles de reproducir.	— Son costosos en términos de recolección de información, tanto en campo como en oficina. — Confían en la experiencia y juicio profesional de un amplio conjunto de expertos (hidrólogo, hidráulico, químico, economista, especialista ciencias sociales, etc.). — Al ser metodologías relativamente nuevas, las mayores aplicaciones se han dado en países en donde fueron propuestas (Australia y Sudáfrica). — No solo las metodologías holísticas, sino en general todos los métodos, desconocen la incertidumbre en la estimación de los caudales a partir de datos de nivel y curvas de calibración. — De otra parte, todos los métodos, no solo los holísticos, son estáticos y no responden al carácter dinámico de los ecosistemas y de sus motores.

Las experiencias en países desarrollados en la implementación de los caudales ambientales, que usan métodos individuales pertenecientes a algunas de categorías arriba descritas o combinaciones de varias metodologías, han sido en general exitosas (Tharme, 2003). Sin embargo, en países en vía de desarrollo, como el caso de países en Latinoamérica, la implementación de caudales ambientales ha sido limitada y en la mayoría de los casos no ha contribuido a aliviar la pobreza y a garantizar una mejor calidad de vida de los actores involucrados, para ello debe considerarse que hoy en día los principales beneficiarios de la implementación de los caudales ambientales deberían ser los seres humanos (Matthews, Forslund, McClain y Tharme, 2014).

Metodología empleada para la elaboración del diagnóstico

La metodología empleada para la elaboración de este diagnóstico ha incluido instancias de participación de diversos actores del sector político, académico, técnico y social. Esto ha permitido lograr una construcción de una línea base sustentada en la consulta, análisis, discusión y validación participativa.

La propuesta metodológica incluyó las siguientes actividades:

- Realizar un *análisis del estado del conocimiento en el tema*, para identificar las principales metodologías disponibles enfocadas según su origen conceptual, aspectos que involucran en su desarrollo y factibilidad de su implementación, en función de la información de partida necesaria. Este análisis permitió elaborar el *Breve marco teórico de referencia*, previamente presentado.
- Elaborar e implementar una *encuesta* en línea para viabilizar una primera consulta general a diferentes actores. Para ello se trabajó en coordinación con los miembros de la red (Puntos Focales y Centros de Excelencia Ralcea) para que por ellos, o a través de los responsables específicos de las áreas de gestión pertinentes, brinden la información de partida respecto al estado de situación del tema en sus respectivos países (problemáticas, marco normativo, fortalezas, barreras, casos de estudio, etc.).
- Realizar *entrevistas a referentes calificados*. Esta segunda instancia de consulta apunta a sumar la valoración que sobre el estado del tema en los países de la región tienen personas que por sus antecedentes, reconocimiento profesional y responsabilidades de gestión a nivel nacional, regional o internacional, son consideradas personas destacadas que pueden brindar un mirada global e integradora de la problemática.
- Efectuar un *análisis preliminar de resultados y retroalimentación de los Puntos Focales y Centros de Excelencia RALCEA*. Se trata de una instancia presencial que se realizó en una sesión especial de la Sexta Reunión Regional de Ralcea. Las opiniones recibidas permitieron realizar ajustes fundamentalmente para identificar a los destinatarios de las encuestas y a los entrevistados, además fueron muy importantes para definir el diseño de las actividades desarrolladas en 2017 por Ralcea.
- Desarrollar *casos de estudio*. Se incluye elaboración de una cantidad limitada de casos de estudios que resulten representativos de distintas realidades regionales con relación al tema de caudales ambientales. Se ha enfocado tanto en casos exitosos como en aquellos que han presentado dificultades para su implementación y que abarquen los aspectos de cantidad, calidad y biodiversidad.

La Figura 2 muestra esquemáticamente esta hoja de ruta, cuya meta fue elaborar el *Informe final* que compile el diagnóstico del grado de desarrollo del enfoque de caudales ambientales en países de Latinoamérica.

Se describen a continuación los aspectos más relevantes de cada una de estas actividades.

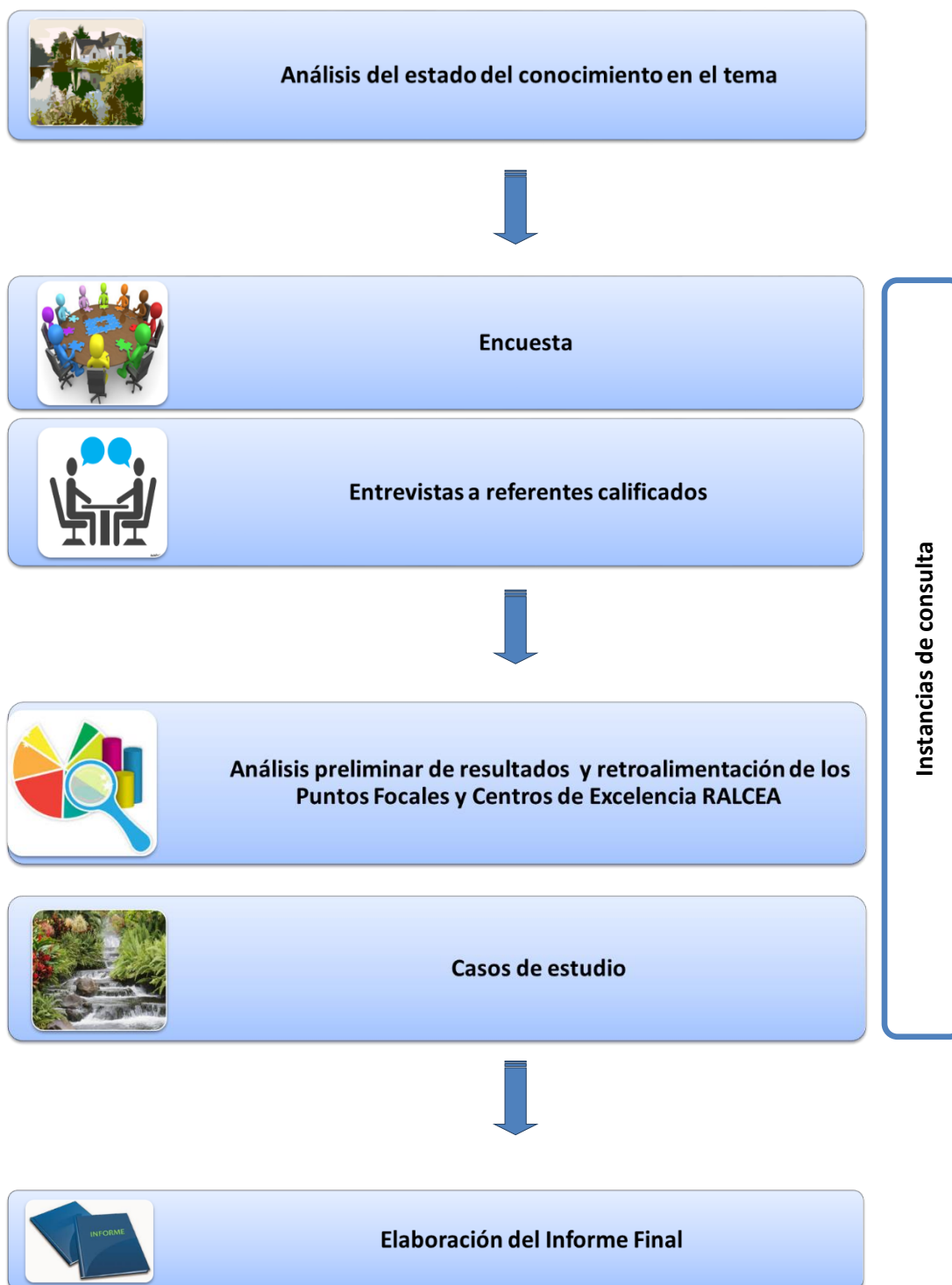


Figura 2. Propuesta metodológica y actividades

Estructura de la encuesta

El diseño de la encuesta tuvo en cuenta la necesidad de homogeneizar la consulta a fin de hacer sistematizables y comparables las respuestas. Para el diseño, se utilizaron los formularios de Google, considerando los siguientes aspectos (Figura 3):

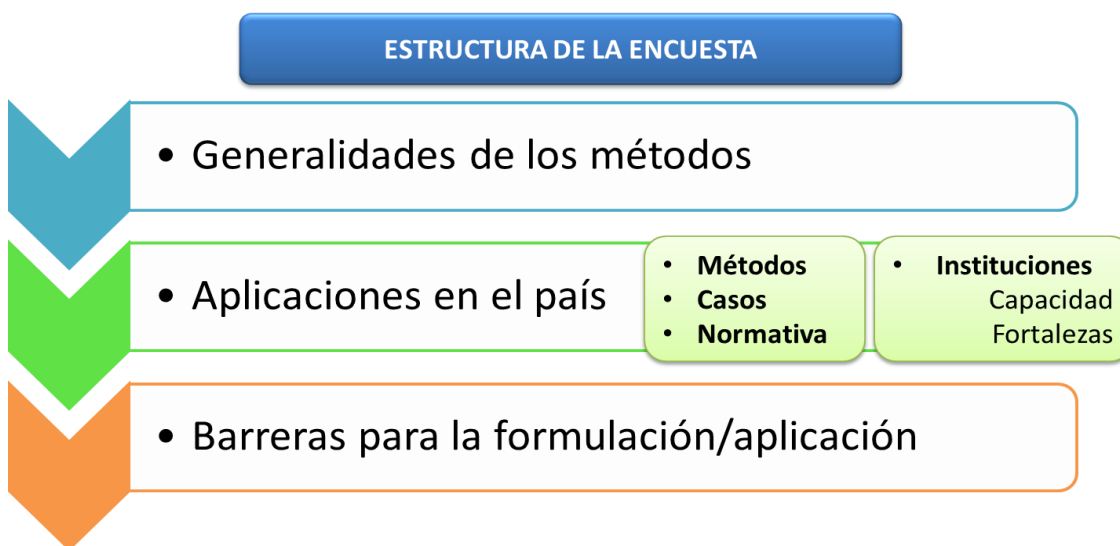


Figura 3. Principales aspectos contemplados en la encuesta

La encuesta fue presentada a partir del día 24 de agosto de 2016 y se mantuvo abierta hasta el 21 de septiembre del mismo año. En el Anexo 1 se presenta el mensaje utilizado para la convocatoria y el formato de la encuesta.

Los destinatarios fueron los Puntos Focales y Centros de Excelencia Ralcea, los directores de Iberoamericanos de Agua (a través de la CODIA), la familia Unesco-PHI de Latinoamérica (a través del pedido formulado a la oficina de Unesco en Montevideo) y una amplia lista de especialistas referentes en el tema, e integrantes de la comunidad hídrica de Latinoamérica.

La estrategia de consulta tuvo en cuenta la inclusión de colaboradores técnicos que asisten a los responsables de la conducción política institucional de las diferentes entidades que se ocupan de la administración y manejo de los recursos hídricos.

Durante el mes que estuvo abierta la convocatoria, se recibieron 45 respuestas. La encuesta se dirigió a la totalidad de los Puntos Focales y Centros de Excelencia de Ralcea como a referentes de la gestión del agua en diferentes países, lo que totalizó en unos 65 envíos. A ellos se debería sumar la diseminación que los propios receptores de la encuesta pudieron hacer. El análisis de las mismas se incorpora en la discusión de los resultados alcanzados.

Entrevistas

Se hizo contacto con profesionales de Argentina, Colombia, El Salvador y México para recabar su impresión sobre el tema. Se siguió un formato de entrevista semiestructurada, de modo tal de obtener información básica y común de todos los entrevistados, aunque se complementaba en algunos casos con otras preguntas. Los temas abordados refieren al grado de inserción de la implementación del régimen de caudales ambientales en Latinoamérica (grado de éxito, barreras encontradas, retos y desafíos), inserción en la política y normativa de los países, capacidades institucionales, articulación con la sociedad y con actores claves, articulación entre el sector científico y el político, entre otras. En el Anexo 2 se presenta el formato seguido para la entrevista.

Aportes recibidos en la 6.ª Reunión Regional de Ralcea

Los resultados de la encuesta fueron puestos en consideración ante los Puntos Focales de Ralcea y los representantes de los Centros de Excelencia que conforman la red en oportunidad de una Sesión Especial sobre Caudales Ambientales desarrollada en el marco de la 6.ª Reunión Regional de Ralcea (Campeche, México, 6 y 7 de octubre de 2016).

A fines de consolidar los resultados hasta aquí obtenidos a partir de los aportes de los presentes, se plantearon dos preguntas (Figura 4):

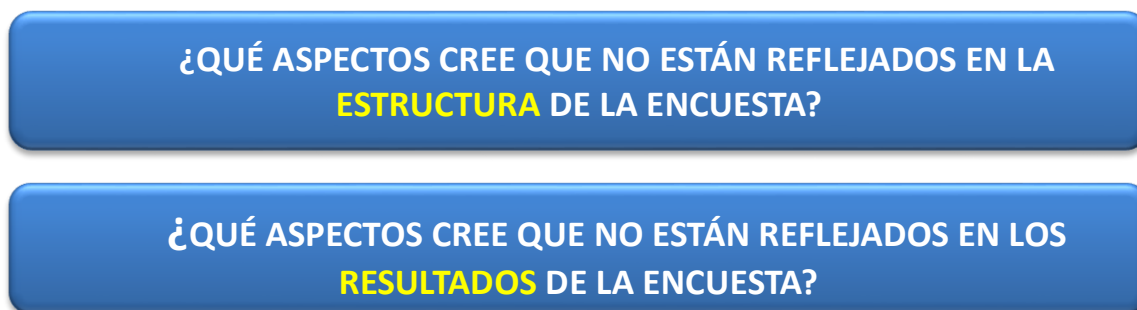


Figura 4. Preguntas planteadas en la Sesión Especial de Caudales Ambientales

Los principales aportes hechos por los miembros de la red en relación con estas dos preguntas fueron:

Respecto a los aspectos no reflejados en la estructura de la encuesta

- Se señaló como una ausencia los aspectos educativos. Esto es, cómo se trata el tema de los caudales ambientales en los currículos de las carreras universitarias.
- Otro aspecto destacado fue la falta de preguntas que lleven a visualizar a los actores. Se acordó que no era necesario reformular la encuesta, pero sí orientar entrevistas hacia esos “interesados”. Uno de los participantes señaló: “Sería importante entrevistar a los usuarios para sensibilizar y para conocer sus impresiones. Hay que instalar el tema en la sociedad”.
- Al hacer referencias a las entrevistas, objeto de la continuidad del estudio, se propuso un adecuado balance entre sector académico y sector político. Se coincidió que con entrevistas

adecuadamente orientadas se pueden salvar aquellos aspectos no debidamente considerados en las encuestas.

Respecto a las cuestiones no debidamente reflejadas en los resultados de las encuestas

En este punto hubo una nutrida participación de los asistentes. Las opiniones no solo se orientaron a completar aspectos no resaltados en los resultados de las encuestas, sino a ejemplificar e incluso ratificar cuestiones que sí estuvieron evidenciadas del conjunto de los datos. Algunas de las apreciaciones señaladas son las siguientes:

- Los caudales ambientales suelen estar considerados en la normativa, pero hay fuertes deficiencias en las instancias de aplicación. Falta capacidad de control.
- En Chile, las mayores quejas refieren a la inexistencia o insuficiencia de acciones vinculadas al monitoreo. Se recomendó la elaboración de una guía práctica que detalle todos los aspectos a considerar para el relevamiento de todas las variables de interés. En general no se cuenta con la información completa, solo se limita a la información hidrológica.
- En Ecuador hay voluntad de abordar el tema, pero hasta el momento la definición del caudal ecológico se limita a una condición de tipo hidrológica.
- Se deben reconocer las presencias de factores que hacen difícil la implementación del tema. Esto es, pasar de una simple colección de datos aislados a planes instrumentales que respondan al concepto de caudal ambiental. Para ello, hay que tener una clara identificación de los actores involucrados, las relaciones de poder y cómo ellas influyen para que el concepto de caudal ambiental y régimen de caudales ambientales pueda o no ser implementado.
- Los resultados de la encuesta no reflejan la diversidad de las afectaciones que trae el incumplimiento del RCA, como por ejemplo los aspectos vinculados a la vegetación ribereña.
- Respecto a las amenazas, se señaló que, si bien el tema ha tenido eje en los aprovechamientos hidroeléctricos, hay aspectos como los vinculados a la minería que amenazan el recurso no desde la cantidad sino desde la calidad, lo que produce afectaciones no solo en las corrientes superficiales, sino también en los acuíferos y las interrelaciones que existen entre ellos.
- Se señaló el interés de profundizar en los aspectos normativos, más allá de los aportes que han resultado de la encuesta.
- Un tema que se manifestó refiere a la vigencia de las normativas. En el caso de Perú, se da el caso de hidroeléctricas que no erogan los caudales ambientales dado que, por una cuestión temporal de su puesta en funcionamiento, la normativa vigente (Octubre 2016) no las obliga.

Ampliación de la encuesta a los actores en el territorio

A partir de los aportes recibidos en la 6.ª Reunión de Ralcea, se amplió la consulta a los actores en el territorio. Para tal fin, se seleccionó un grupo destinatario constituido por los participantes del Taller de Intercambio de Experiencias entre Consejos de Cuenca de América Latina, que tuvo lugar en Cartagena, Colombia, del 28 al 30 de noviembre de 2016. El perfil de los asistentes, miembros de consejos de cuenca provenientes de la sociedad civil, usuarios del agua, representantes de comunidades originarias de 10 países de Latinoamérica, se encuadraba de buen modo dentro del

requerimiento señalado. De hecho, uno de los miembros de la red que sugirió este nivel de consulta fue coordinador del Taller de Cartagena, con lo que sus aportes fueron sustanciales para el logro del objetivo en cuanto al grupo meta buscado.

La encuesta se distribuyó a los 36 participantes del taller, y se recibió un total de 16 respuestas, cuyo análisis se incorpora en la discusión de los resultados alcanzados. El formato fue el mismo que el de la encuesta anterior.

Casos de estudio

Los casos de estudio constituyen herramientas sustantivas para la indagación del problema de la implementación de los caudales ambientales. El análisis de las diferentes situaciones, así como del contexto social, legal e institucional han resultado aportes sumamente enriquecedores a la hora de establecer elementos referenciales.

A fines de enriquecer el análisis, en el contexto de las restricciones que el trabajo tiene, los casos de estudio aquí considerados fueron obtenidos a partir de:

- ✓ la búsqueda bibliográfica en la temática
- ✓ la identificación preliminar relevada en la encuesta
- ✓ la elaboración *ad hoc* por parte de Puntos Focales y Centros de Excelencia de Ralcea.

Casos seleccionados a partir de la búsqueda en la bibliografía temática

La búsqueda de antecedentes en el tema permitió constatar el importante volumen bibliográfico que existe en muchos países de Latinoamérica con estimaciones de caudales ecológicos/ambientales en tramos de cursos de ríos.

Ante este panorama, el primer paso a dar para la selección de los casos fue establecer los criterios de suficiencia que los antecedentes en análisis deberían tener para poder ser considerados.

Estos se pueden resumir en los siguientes:

- Motivaciones que dieron origen al estudio de caso. En este punto se han considerado aspectos como:
 - ¿El caso responde a un proyecto de investigación?
 - ¿Resulta una demanda de las autoridades de gestión?
 - ¿Es parte de un programa o es un caso aislado?
 - ¿Se ha empleado como argumentación de alguna de las partes en el caso de una situación de conflicto?
 - ¿Se ha empleado como caso demostrativo o líder para el establecimiento de programas de actuación?
- Área de estudio. Se consideró aquí si el caso abarca:
 - La cuenca en su totalidad
 - Tramos específicos de la cuenca
 - Tramos especificados de ríos en varias cuencas
- Metodologías aplicadas. Se ha valorado especialmente:
 - Si el caso se orienta a comparar metodologías

- Si el análisis se hace desde una metodología específica y las razones que se brindan para ello
- Aspectos destacados del trabajo. En este punto se ha enfocado en los aspectos del tema sobre los que hace énfasis el trabajo:
 - Metodologías de mejor aplicación
 - Restricciones para el desarrollo de las estimaciones
 - Incidencias de las normativas y las autoridades de aplicación sobre el desarrollo de los casos de estudio
 - Fortalezas y debilidades institucionales que inciden sobre el tema
- Se consideró, además, un adecuado equilibrio geográfico en la selección de los casos.

Tomando como referencia los criterios antes señalados, se seleccionaron ocho casos de estudios obtenidos de la bibliografía. Para cada uno de los casos considerados se elaboró una ficha de manera tal de lograr información homogénea que permitiera un análisis consistente de los resultados obtenidos. La Tabla 4 resume el área de estudio considerada en cada caso de estudio, el país al que pertenece y la ficha elaborada. Las fichas se presentan en el Anexo 3.

Tabla 4: Casos de estudio seleccionados a partir de la búsqueda bibliográfica

Área de estudio	País	Ficha
Arroyo Maldonado	Uruguay	1
Río Panuco	México	2
Río Pastaza	Ecuador	3
Río Atuel	Argentina	4
Río Das Pedras	Brasil	5
Río Tempisque	Costa Rica	6
Río Huasco	Chile	7
Río Chancay Huaral	Perú	8

Casos identificados a partir del desarrollo de la encuesta

El desarrollo de la encuesta contemplaba entre las diferentes preguntas una que se orientó específicamente a consultar a los encuestados respecto a su conocimiento sobre casos de estudios:

¿Puede mencionar un caso concreto en su país en donde se haya definido el CE, CA y/o el RCA?

En el caso que el encuestado respondía positivamente, debía completar las siguientes preguntas:

- *Nombre del río o curso de agua en donde se ha hecho la determinación*
- *¿Forma parte de un programa de planificación?*
- *¿Qué problemas originaron la necesidad de determinar el caudal ecológico/ambiental?*

Se recibieron un total de 34 respuestas afirmativas provenientes de ocho países. A partir de ello, se diseñó un pequeño cuestionario cuyo propósito fue ampliar la respuesta y darle homogeneidad con los aspectos identificados en los casos extraídos de la bibliografía. Las preguntas formuladas fueron las siguientes:

1. Nombre de la aplicación – caso
2. Ubicación geográfica (provincia /departamento, país), cuenca a la que pertenece. Características físico-geográficas y socioeconómicas del área de estudio. Principales actores (máx. 200 palabras, se puede incluir un mapa de ubicación)
3. Motivaciones que dieron origen a la aplicación. Situaciones de conflicto. Objetivos perseguidos. Resultados esperados (máx. 200 palabras)
4. Metodologías de cálculo utilizadas, el porqué de su elección. Ventajas y limitaciones. Su vinculación con la normativa vigente (máx. 200 palabras)
5. Resultados obtenidos, aportes a la reducción de las situaciones de conflicto. Mejora de las capacidades institucionales. Importancia que tuvo su aplicación como aporte a la gestión integrada del área de análisis. Obstáculos que se presentaron en la implementación. Lecciones aprendidas. Recomendaciones para acciones futuras (máx. 400 palabras)

Respondieron a las preguntas ampliatorias cinco de los encuestados. Se incluye un caso recibido de Portugal. La Tabla 5 resume los casos identificados a partir de la encuesta y en el Anexo 4 se presentan las respuestas completas recibidas de las personas encuestadas.

Tabla 5: Casos identificados a partir del desarrollo de la encuesta

Área de estudio	País	Ficha
Río Pance	Colombia	1
Río Teusacá	Colombia	2
Río Bermejo	Argentina	3
Río Lima	Portugal	4
Río Verde	México	5
Río Urrá	Colombia	6

Casos de estudios desarrollados *ad hoc*

Durante el desarrollo de la 6.ª Reunión Regional de Ralcea, y habida cuenta del interés que el tema generó durante la realización de la sesión especial, se efectuaron consultas a miembros de la red, para que presenten desarrollos de casos de estudio en los que hubieran participado. En un primer momento, miembros de la red de México, Colombia, Chile y Cuba expresaron su interés por contribuir con sus experiencias. Para tal fin y con el propósito de homogeneizar las presentaciones, se elaboró un modelo, el cual se presenta en el cuadro de la página siguiente.

Autor(es):

Afiliación institucional y contacto:

Nombre del caso de estudio:

Ubicación geográfica (provincia/departamento, país), cuenca a la que pertenece:

Resumen: Síntesis del caso de estudio (150 palabras)

Introducción: Incluir aquí las generalidades del caso de estudio reportado, a la vez que resalte las causas que lo motivaron, los objetivos que persigue y la importancia de la determinación e implementación de caudales ambientales como aporte a la gestión integrada de los recursos hídricos en la cuenca analizada.

Área de estudio e información disponible: Descripción de la ubicación del caso de estudio, incluyendo mapas de micro y macro localización y fotografías. Características físico-geográficas y socioeconómicas del área de estudio, incluyendo información disponible y campañas de campo para caracterización y análisis, entre otros de hidrología, ecología, usos del agua, obras hidráulicas existentes. Principales actores y aspectos de equidad relacionados con el uso del agua en la zona analizada. Problemas asociados con los usos del agua. Usos competitivos, situaciones de conflicto.

Métodos aplicados en la determinación del caudal ambiental y su relación con la normatividad vigente: Metodología(s) específica(s) para cada caso de estudio. Muy importante describir y valorar la normatividad y reglamentación aplicable vigente y la forma en que la metodología implementada se inserta dentro de esta normatividad. Adicionalmente, resulta muy importante sintetizar normativas complementarias existentes que impactan positiva y negativamente la estimación de caudales ambientales en el caso de estudio.

Resultados y discusión: Resultados por componentes (hidrológico, hidráulico, calidad de agua, biológico, ecológico, usos prospectivos del agua, etc.)

Implementación de los caudales ambientales en el caso de estudio: A nivel local/regional, como parte o no de un ejercicio de planificación a nivel de cuenca. Actores involucrados y su rol en la estimación e implementación de los caudales ambientales. Breve análisis de las capacidades institucionales y del marco normativo para la implementación de los caudales ambientales. Estado actual del caso y recomendaciones para actuación futura: Beneficios y obstáculos en la implementación de los caudales ambientales en el caso de estudio y sus resultados como objetivos de gestión. Lecciones aprendidas.

Agradecimientos

Bibliografía

Se espera que el reporte para cada caso de estudio tenga una longitud máxima de 10 páginas, para lo que se considera un tamaño de letra de cuerpo 11. Las fotos y figuras deben ir insertas en el texto y enviadas a su vez en archivos de alta resolución por separado.

Al considerar el perfil de los autores que proponían contribuciones, un primer análisis que luego será retomado al evaluar los resultados mostraba el interés científico que el tema tenía y el abordaje desde un enfoque académico. Ello dio origen a la idea de orientar la elaboración de los casos con la finalidad de su publicación. Es en este nuevo contexto que resultaron tres artículos publicados en el número especial de la Revista Aqua LAC de UNESCO-PHI elaborado por las Cátedras UNESCO de Agua en Latinoamérica (<http://www.unesco.org/new/es/office-in-montevideo/ciencias-naturales/water-international-hydrological-programme/revista-aqualac/>).

La Tabla 6 presenta un resumen de los casos.

Tabla 6: Casos de estudios desarrollados *ad hoc*

Área de estudio	País	Resumen
Río Frío	Colombia	1
Río Sonora	México	2
Río Verde	México	3

La cuenca hidrográfica es la unidad territorial señalada idealmente como propicia para llevar adelante la gestión integral de los recursos hídricos. Sin embargo, esta conceptualización tropieza con algunas fronteras que se superponen a los límites topográficos que naturalmente definen este ámbito de acción y que, sin dudas, se transforman en barreras para la gestión sostenible del recurso hídrico.

La no coincidencia de esta cuenca hidrográfica con los límites de los acuíferos, la relación hidráulica río-acuífero, las intervenciones en el régimen natural de escurrimiento del río (represamientos, derivaciones, transvases, etc.), los cambios en el uso del suelo, el desarrollo de obras de ingeniería que modifican el escurrimiento superficial, las obras de drenaje y las urbanizaciones, entre otras, condicionan la validez de la frontera física de la cuenca hidrográfica.

A ello deben sumarse las fronteras políticas que definen los límites nacionales, estatales, provinciales y comunales, etc., que actúan conjuntamente con las fronteras administrativas que surgen a partir de las distintas instituciones relacionadas a la gestión del agua en estas jurisdicciones. Intereses sectoriales, superposición y/o vacíos de responsabilidades y funciones, poca o nula coordinación interinstitucional, mala administración de los recursos económicos y técnicos, suelen ser características usuales en la gestión (o mejor dicho no gestión) del agua de la cuenca.

Tampoco deben olvidarse las fronteras sociales que surgen a partir de la diversidad de patrones culturales y sociales de los habitantes de la cuenca, pues de estas deriva la concepción de desarrollo y la construcción de visión en la gestión del agua.

Esta unidad territorial compleja es la cuenca. Es el lugar donde se materializa el ciclo del agua y donde el caudal es la expresión de la respuesta que sintetiza el funcionamiento de un sistema socioecohidrológico dinámico (Maass, 2015).

El desafío de la gestión sostenible del agua será recomponer o mantener el delicado estado de equilibrio dinámico del ciclo hidrológico, a la vez que se garantiza la seguridad hídrica. Es decir, lograr un balance armonioso entre la oferta y la demanda de agua, reconociendo que:

- La disponibilidad de agua es limitada, variable (en tiempo y espacio) y vulnerable (a las intervenciones sociales) en cantidad y calidad,
- Los usos del agua son interdependientes y los usuarios del recurso son múltiples, algunos son “fuertes” (abastecimiento de agua, energía, riego, industria, etc.) y otros son “silenciosos” (ecosistemas, contaminación, etc.).

Este desafío requiere de una visión integral tanto para la comprensión de las problemáticas como para el planteo de las soluciones. Es así como el mantenimiento de un caudal o régimen de caudales que permita que “el río siga siendo río” debe resolverse a partir de planes de gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH). Esto significa que el tema “caudal ambiental” o “régimen de caudales ambientales” no deben derivar en acciones sintomáticas y aisladas, sino que deberían ser parte de un proceso sistemático, flexible y adaptativo a la dinámica y realidad de cada lugar.

De este modo, el análisis del problema de la definición del caudal ambiental (o del régimen de caudal ambiental) y su posterior implementación debería realizarse en el triángulo que conceptualiza la GIRH (Figura 5).

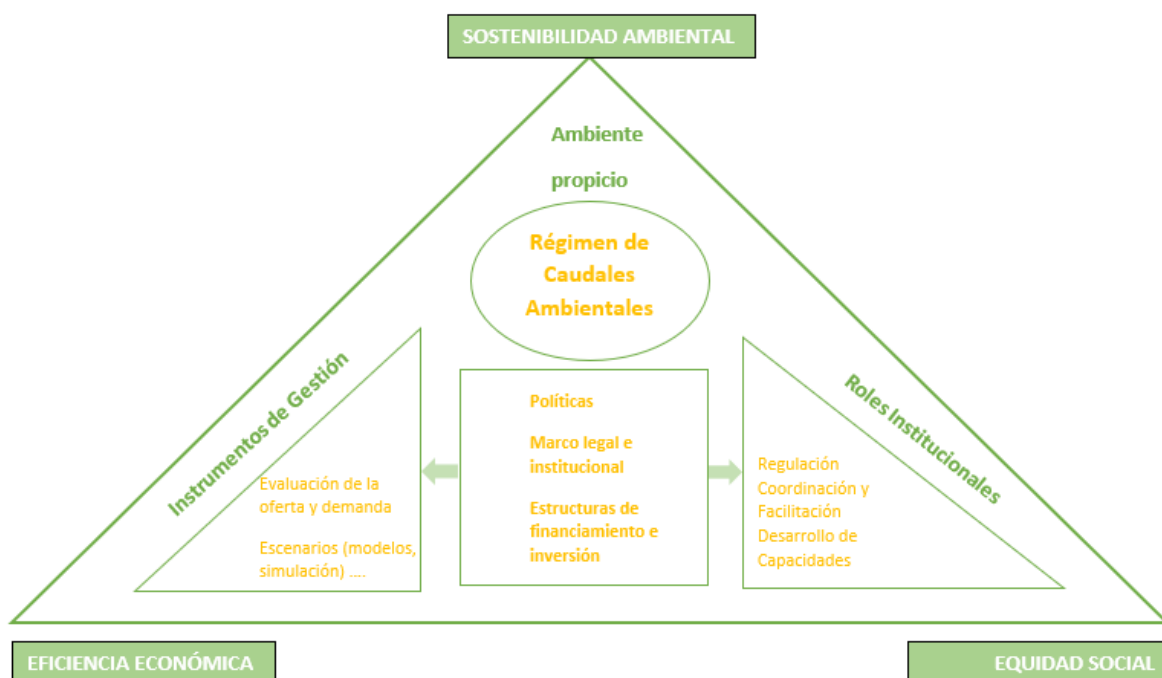


Figura 5. La implementación del régimen de caudales ambientales en el marco conceptual de la GIRH. Fuente: GWP 2000, TAC 4 Manejo Integrado de Recursos Hídricos.

La metodología empleada para la elaboración de este diagnóstico ha abarcado aspectos que refieren a los tres componentes de la GIRH: *ambiente propicio*, *roles institucionales* e *instrumentos de gestión*. Se ha particularizado en los métodos que permiten la definición del caudal ecológico/ambiental (instrumento de gestión para la evaluación), casos de estudio (que se presentan en el Anexo 3 y Anexo 4) y en el marco legal e institucional (ambiente propicio).

Como se presenta posteriormente, a partir de este análisis de situación se formulan algunos lineamientos para mejorar la gobernabilidad a partir de la definición de lineamientos de política, mejora de capacidades para el fortalecimiento institucional, construcción de estructuras de gobernanza, etc. basados en el desarrollo de planes de gestión en casos de estudio piloto (apartado Consideraciones finales y propuestas de acción).

Metodologías para la determinación de caudales ecológicos y ambientales

Conocer la disponibilidad de agua en una cuenca no es tarea sencilla. Requiere buenos datos e información, así como conocimiento y desarrollo de metodologías específicas para plantear y cuantificar las diferentes componentes del balance hídrico. El conocimiento del recurso es un elemento sustantivo de la gestión del agua.

Pero esta evaluación no es completa, por lo que no podrá ser considerada un instrumento de gestión si no se realiza también la caracterización y cuantificación de la demanda, que ya se ha mencionado involucra a múltiples usuarios interrelacionados, entre los que se encuentran los ecosistemas.

En este planteo del balance hídrico, el caudal ambiental sirve para describir el flujo de agua requerido en calidad, cantidad y tiempo para mantener los ecosistemas a partir del acuerdo social logrado entre todos los otros usuarios de la cuenca.

Se ha presentado en el apartado breve marco teórico de referencia sobre el tema que hay distintos métodos para definir al caudal ambiental. Por otra parte, el relevamiento realizado a través de la encuesta (Anexo 1) ha mostrado que:

- Todos los encuestados están familiarizados con los términos caudal ecológico, caudal ambiental y régimen de caudales ambientales. El 71 % advierte que son conceptos diferentes.
- Si bien la metodología más conocida es la hidrológica, también se cuenta con conocimiento de otros tipos de métodos, incluso con incorporación de la calidad del agua.

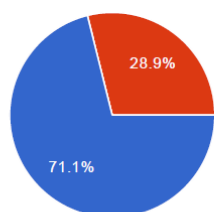
Generalidades de los métodos

1. Está familiarizado con los términos (puede seleccionar más de una opción):



Caudal Ecológico (CE)
Caudal Ambiental (CA)
Régimen de Caudales Ambientales (RCA)

2. ¿Para Ud. son conceptos diferentes?



SI 32 71.1%
NO 13 28.9%

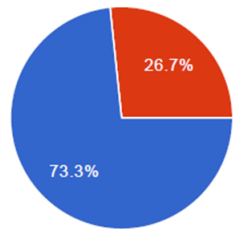
3. Tiene conocimiento de alguna de las siguientes metodologías para la estimación de caudales ambientales (puede seleccionar más de una opción):



- Se reconoce un alto porcentaje de conocimiento de aplicación de las metodologías en los diferentes países, fundamentalmente de tipo hidrológica o a partir de adaptaciones de metodologías desarrolladas internacionalmente, en casos de proyectos específicos.
- Incluso han señalado los métodos hidrológicos como los que mejores se adaptan a la situación del país. Aunque se advierte que en muchas circunstancias deberían aplicarse métodos holísticos con la incorporación del componente calidad. Es decir, se presenta la dualidad entre lo deseado (método holístico o del hábitat) y lo posible (método hidrológico). **El método hidrológico se vuelve una herramienta muy valiosa como punto de partida. No resulta excluyente ni contradictorio con la posterior utilización de otras metodologías más complejas, las que requieren información más detallada y completa de la que en general hoy no se dispone.**
- Surgen dos elementos claves a la hora de proyectar políticas en el tema: a) complementariedad y b) progresividad. Esto es: **diseñar estrategias que promuevan una progresiva complejidad en los métodos a utilizar, lo que debe ir acorde al fortalecimiento institucional de los organismos responsables de su ejecución.**

Aplicaciones en el país

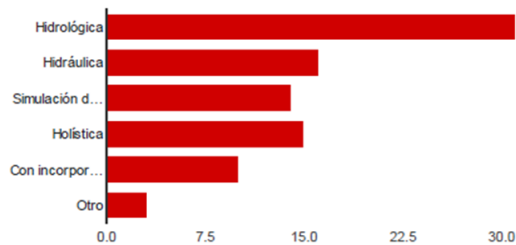
4. Tiene conocimiento de que alguna de las metodologías antes mencionadas se haya aplicado en su país.



SI	33	73.3%
NO	12	26.7%

Aplicaciones en el país-métodos generalidades

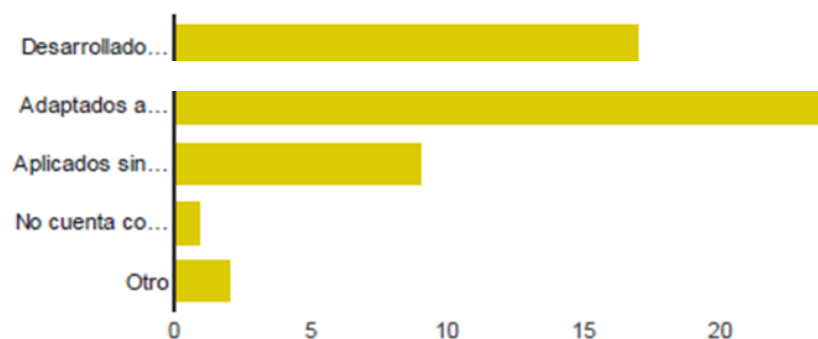
5. Si la respuesta anterior fue positiva, por favor indique el tipo de metodología empleada (puede seleccionar más de una opción)



Hidrológica	31
Hidráulica	16
Simulación de hábitat	14
Holística	15
Con incorporación de calidad de agua	10
Otro	3

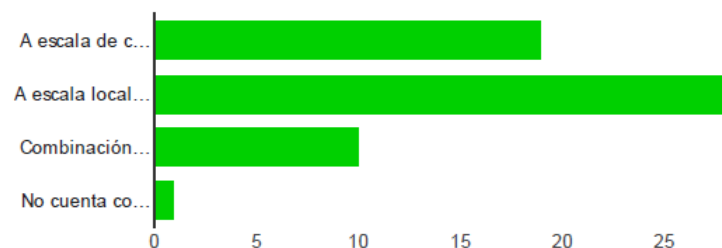
Aplicaciones en el país-detalles

6. Indique por favor si los métodos aplicados han sido (puede seleccionar más de una opción):



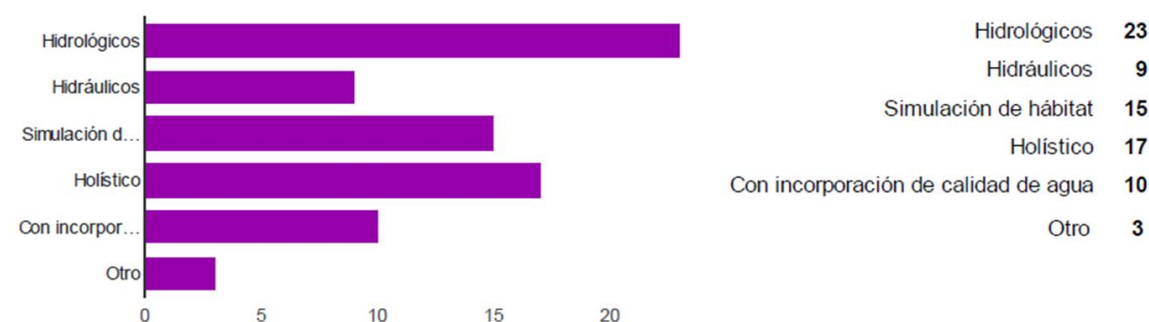
Desarrollados especialmente para la ocasión o para su país	17
Adaptados a partir de metodologías internacionales	24
Aplicados sin ninguna adaptación	9
No cuenta con esa información	1
Otro	2

7. A qué escala se han aplicado los métodos (puede seleccionar más de una opción):



A escala de cuenca	19
A escala local para proyectos específicos	28
Combinación entre ambos	10
No cuenta con esta información	1

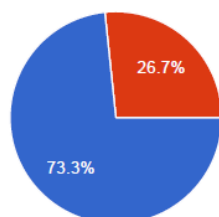
8. Cuál método considera que mejor se adapta a la situación de su país (puede seleccionar más de una opción):



- Como ya se mencionó, los encuestados han manifestado conocer más de 35 casos de estudio en donde se han hecho diferentes determinaciones de caudales ambientales.
- En los mismos, se incluyen variados grados de complejidad y el uso de diferentes metodologías en un todo, de acuerdo con lo señalado en las respuestas vinculadas al tipo de metodología a utilizar.
- Las causas comunes que dieron lugar al análisis de los caudales ecológicos/ambientales son conflictos entre usuarios y la necesidad de mantenimiento de los ecosistemas.

Aplicaciones en el país-casos

10. ¿Puede mencionar un caso concreto en su país en donde se haya definido el CE, CA y/o el RCA o dónde deberían definirse?



SI	33	73.3%
NO	12	26.7%

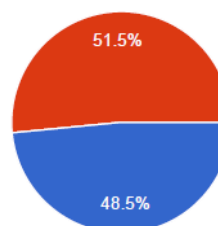
Aplicaciones en el país-caso concreto

a. Nombre del río o curso de agua en donde se ha hecho la determinación:

Se presentan más de **35 casos** de estudio en donde se han hecho diferentes determinaciones de caudales ambientales.

En los mismos, se incluyen variados grados de complejidad y el uso de diferentes metodologías

b. Forman parte de un programa de planificación



SI	16	48.5%
NO	17	51.5%

En relación a la aplicación de casos concretos en sus países.

Aplicaciones en el país-caso concreto

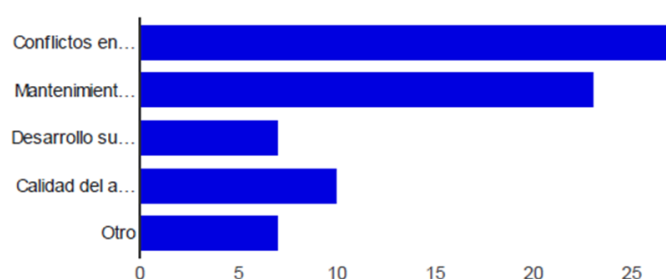
a. Nombre del río o curso de agua en donde se ha hecho la determinación:

Algunos ejemplos entre los mencionados en la encuesta

- Plan de Ordenación y Manejo Ambiental (POMCA) del río Chinchiná (Colombia)
- Río Grande de Sonsonate o Sensunapán, departamento de Sonsonate (El Salvador)
- Río Conchos en Chihuahua; Río Copalita en Oaxaca (México)
- Río Quindío (Colombia)
- Río Tulua, Pance (Colombia)
- Río Salado (Argentina)
- Río Bermejo, tramo Argentino de la Cuenca
- Río Tempisque (Costa Rica)
- Río Otún (Colombia)
- Río Atuel (Argentina)
- Río Paute (Ecuador)
- Todos los proyectos hidroeléctricos presentan un estudio de caudal ecológico.
- Río Limay y Neuquén (Argentina)

Aplicaciones en el país-caso concreto

c. Problemas que originaron la necesidad de definir el CE, CA y/o RCA (puede seleccionar más de una opción):



Conflicto entre usuarios (riego, consumo humano, cría de animales, industria, generación de energía eléctrica, etc.)	27
Mantenimiento de ecosistemas (peces, humedales, etc.)	23
Desarrollo sustentable del turismo	7
Calidad del agua y/o contaminación	10
Otro	7

Se plantean algunos retos y desafíos en cuanto a la definición de los caudales ambientales en la región, entre los cuales podrían mencionarse:

- I. La urgente necesidad de desarrollar un entendimiento estructurado de cada uno de los componentes fundamentales (hidrológico, hidráulico, biótico, socioecológico) para los diferentes tipos de corrientes y ecosistemas asociados.
- II. Se deben considerar las limitaciones de información disponible para estos diferentes componentes del análisis y los vacíos de conocimiento de los ecosistemas, características comunes en mayor o menor grado a los diferentes países, las cuales redundan en altos niveles de incertidumbre con relación a las posibles alteraciones de estos ante diferentes tipos de intervenciones.
- III. Está claro que el trabajo interdisciplinario y la coordinación interinstitucional es aún hoy una materia pendiente. Por ejemplo, existen vacíos de coordinación al momento de definir en una cuenca los lugares y momentos de muestreo de variables hidrológicas, biológicas, físico-químicas, etc. Avanzar en ello también ha de ser un aliciente para la mejor implementación de los métodos como parte de un plan estratégico destinado a incorporar estas ideas en el marco de planes de GIRH.
- IV. La definición de los caudales ambientales para una corriente o para una cuenca continúa usualmente realizándose de forma estática. Esta es una limitación, considerando que los sistemas analizados son complejos, sujetos a evolución y dinámica continua, y no solo a la influencia antrópica, sino también a la de impactos de variables naturales externas como la variabilidad y el cambio climático. En este sentido, el reto es de una parte lograr conectar verdaderamente los sistemas sociales con los sistemas ecológicos, y de otra parte lograr efectuar de forma clara una evaluación *ex post* de los caudales ambientales asignados a un tramo de río o a una cuenca, intentando desligar en la evaluación los efectos asociados a variables naturales y antrópicas.

Casos de estudio

Tomando en consideración las tres fuentes disponibles para el análisis, se contó con 16 casos de estudio correspondientes a nueve países de Latinoamérica. La sistematización de la información realizada a través de las fichas de los casos recopilados de la bibliografía, así como las respuestas recibidas al cuestionario ampliatorio de la encuesta más los aportes de los casos elaborados *ad hoc* para este estudio permitieron disponer de una mirada amplia de situaciones en las cuales se hicieron esfuerzos por determinar caudales ecológicos/ambientales en tramos de ríos de países de Latinoamérica. A los fines de su tratamiento en este punto, se ha considerado agrupar los diferentes elementos que caracterizan los casos según los siguientes ejes de análisis: perfil de los autores, motivación y finalidad de los casos de estudio y aspectos destacados que desarrolla.

Previo al desarrollo del presente análisis, se desea señalar que los conceptos aquí vertidos, no se deben considerar como exhaustivos ni excluyentes, ya que los mismos son el resultado de una muestra acotada. Sin embargo, los criterios seguidos para su desarrollo permiten sugerir que los conceptos extraídos guardan un cierto principio de generalidad que por supuesto deberán ser ratificados, complementados o corregidos con nuevos datos de la realidad que den continuidad a la instantánea que representa el presente trabajo.

Respecto al perfil de los autores del caso de estudio

Un repaso de la información señalada en los anexos, con relación a los autores de los trabajos sistematizados como estudios de casos, permite comprobar la impronta que sobre el tema tiene el sector científico-tecnológico. Ello se traduce en una fuerte presencia de investigadores provenientes de universidades. En el mismo sentido han sido significativos los aportes al tema desde organismos especializados del sector gubernamental, como es el caso del Instituto Nacional del Agua (INA) en Argentina, o el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) en México.

A los aportes realizados por universidades e institutos de investigación, se debe sumar el interés por desarrollar conocimientos en el tema de parte de las ONG preocupadas por el sostenimiento de los ecosistemas. A modo de ejemplo se pueden citar los casos de la Fundación Vida Silvestre, en Uruguay, o la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), que ha trabajado en ríos de México y Chile, incluidos como casos de estudio en este trabajo (Anexo 3). Organismos como Unesco a través del Programa Hidrológico Internacional para Latinoamérica y el Caribe (PHI-LAC) también se han interesado por el tema, de modo que han elaborado diferentes publicaciones o propiciado la realización de talleres a través de su Programa Regional de Ecohidrología.

La presencia de instituciones gubernamentales responsables de la gestión del agua en la autoría de los trabajos ha sido minoritaria. Se puede mencionar, en este sentido, a la Secretaría Nacional del Agua en Ecuador, que figura como coautor del trabajo sobre estimación de caudales ambientales en la cuenca del Río Pastaza. Ello no implica la ausencia de estas instituciones en el tema, más bien su rol de gestión conlleva otras modalidades de intervención, como es el caso de las resoluciones de la ANA Brasil en cuanto al establecimiento o modificación de caudales remanentes en los ríos, o la guía de incorporación de la variable ambiental elaborada por Senarmat – Conagua en México.

Motivación y finalidad de los casos de estudios

El marco teórico brindado a los fines de este informe ha puesto de manifiesto la gran cantidad de metodologías junto a los diferentes enfoques y alcances que estas tienen. Esa diversidad trae aparejada la necesidad de validar metodologías a partir de casos debidamente documentados, que puedan propiciar estudios comparados y análisis de fortalezas y debilidades de cada una de ellas. Ello constituye una finalidad en sí desde una perspectiva científico-técnica de los casos de estudio.

Desde una mirada más aplicada, muchos de los casos analizados se enfocan en vincular las metodologías con las posibilidades de implementación que las mismas tienen en el contexto de realidad de los países y sus capacidades de gestión. Surgen así estudios donde en general se contrasta un método hidrológico de fácil aplicación con alguno de mayor complejidad, como los que considera simulación de hábitat o un enfoque de tipo holístico. La búsqueda del equilibrio entre lo deseable y lo posible es, de algún modo, la finalidad de este tipo de trabajos, que proponen enfoques de gradualismo en los procesos de implementación que lleven a situaciones de mejora respecto de la situación actual. El caso presentado para el río Atuel (Argentina) y las sugerencias de acciones a futuro responden típicamente a este enfoque.

Es reconocido que la necesidad de establecer caudales ecológicos/ambientales ha surgido en muchas oportunidades como un instrumento para la solución de un conflicto o como argumentaciones de las partes, en especial de aquellas que promueven el cuidado del ambiente, respecto de qué caudal debe ser aprovechado para fines socioeconómicos y cuál debe ser preservado para el sostenimiento de los ecosistemas. Ello ha traído como consecuencia el desarrollo de estudios que buscan fortalecer posiciones frente a proyectos o determinaciones de los

tomadores de decisión. Este es el caso presentado del río Pánuco, en México, donde los estudios desarrollados tienen como finalidad poner en evidencia las falencias de la postura oficial para, a través de ello, constituirse en una corriente de influencia en la búsqueda del objetivo perseguido por los autores del trabajo.

Un perfil semejante propone el caso de estudio sobre el río Tempisque, en Costa Rica. En este caso el análisis pretende ser representativo de situaciones similares que se presentan en otras cuencas de Mesoamérica, donde los potenciales excesos provocados por las extracciones no pueden ser debidamente demostrados por la falta de información.

Este ámbito de competencia puede transformarse en un espacio de colaboración, en la medida en que el objetivo del estudio sea compartido por los actores involucrados, y se puedan aunar posiciones que atiendan a los intereses de las partes. Este es el caso del río Pastaza, en Ecuador, donde la cooperación entre una ONG con el órgano de gestión (Senagua) permitió el trabajo de un panel de expertos con representación de los distintos “interesados” en el tema. Se logró de este modo arribar a conclusiones que movilizaran acciones de superación a partir de una adecuada valoración de la situación actual.

El estudio de caso como ejemplo demostrativo de las potencialidades que un país o región tiene para desarrollar la estrategia de incorporación del concepto de caudales ambientales encuentra en el caso del arroyo Maldonado, Uruguay, un ejemplo muy claro. En efecto, el trabajo coordinado de una ONG con el apoyo de Unesco-PHI permitió el desarrollo de un trabajo cuyo principal objetivo fue desarrollar un ejercicio motivador y de generación de consciencia respecto a la necesidad del fortalecimiento de las capacidades institucionales y el involucramiento del colectivo de actores interesados por el tema.

Si bien aquí se han analizado en forma separadas distintas motivaciones y finalidades, dando ejemplos característicos en cada caso, está claro que los estudios en general abarcan más de una de ellas, con mayor o menor relevancia. Asimismo, se debe destacar el estrecho vínculo que existe entre las finalidades del estudio y la filiación o pertenencia de los autores del mismo. Ello se ha visto reflejado en el caso del río Pánuco, en México. Lo mismo puede decirse del caso de estudio del río Chancay Huaral, en Perú, donde una mirada con un perfil más intervencionista analiza las afectaciones que tendría la implementación de caudales ecológicos sobre los usos hidroenergéticos y agrícolas.

Aspectos destacados del análisis de los casos

Los aspectos destacados de cada caso claramente se correlacionan con las motivaciones y finalidades del estudio, por lo que se establece una síntesis que respeta estas particularidades.

En este sentido, hay un elemento que atraviesa todos los casos y se constituye un hilo conductor del tema. Esto es el interés por visibilizar los caudales ecológicos/ambientales y situarlos en el contexto de realidad que cada caso considera. En este punto, conviene ratificar aquí la diferencia que existe entre los conceptos de caudal ecológico y caudal ambiental:

En general, la definición del caudal ecológico tiene que ver con la provisión de agua con la calidad, cantidad, duración y estacionalidad necesarias para mantener el funcionamiento ecológico de los sistemas acuáticos. Por su parte, el concepto de caudal ambiental, considerado en este trabajo, incluye el agua en los ríos con suficiente cantidad y calidad para asegurar, además del funcionamiento ecológico, los beneficios ambientales, sociales y económicos (aguas abajo del sitio de intervención), en proyectos como la implementación de

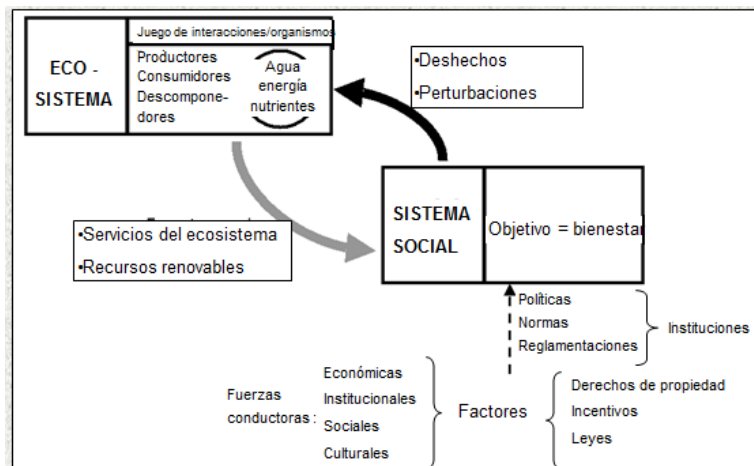
embalses, el trasvase a otras cuencas o la construcción de acueductos o distritos de riego (Carvajal et al., 2007)

Sobre esta base, el caudal ecológico es un hecho objetivo, que depende de estudios científicos verificables, en tanto el caudal ambiental resulta de un proceso de consenso. Por tal motivo, podría decirse que no existe un caudal ambiental si no existe un objetivo ambiental, y ese objetivo tiene que ser el resultado de una concertación con las aspiraciones sociales. En la base de todo está el acuerdo entre sociedad y naturaleza. Llegar a ese acuerdo involucra dos largos caminos que, aunque independientes desde lo conceptual, se interconectan y vinculan.

El caudal ecológico como requerimiento de la naturaleza, necesita de información y conocimiento para su determinación. Esta información se muestra en los casos de estudio como que, salvo en situaciones pilotos muy acotadas, está lejos de disponerse. A ello se suma la propia dinámica de los procesos naturales que hace que los caudales ecológicos no solo sean variables a lo largo de un ciclo hidrológico, sino también evolucionen acordes a parámetros que no necesariamente dependen de las intervenciones humanas. Ello hace la esencia de la investigación en el tema y requiere de un proceso continuo basado en la observación y el desarrollo de nuevos conocimientos.

Por su parte las aspiraciones sociales, cuya incorporación al análisis se traducirían en la determinación de los caudales ambientales exigen procesos de participación empoderada y generación de conciencia que, en general, resultan incompatibles con las urgencias de los países por atender demandas inmediatas, particularmente en temas de suministro de agua, alimentación y energía.

Falkenmark (2003) expresa de una manera muy gráfica la vinculación entre sociedad y naturaleza y, de algún modo, detona la necesidad del acuerdo en términos de los riesgos que traería no alcanzarlo.



Los diferentes casos de estudio considerados para este informe reconocen esta dualidad y avanzan en propuestas y reflexiones que tiendan a superarlos. Los aspectos más destacados pueden ser sintetizados en los siguientes:

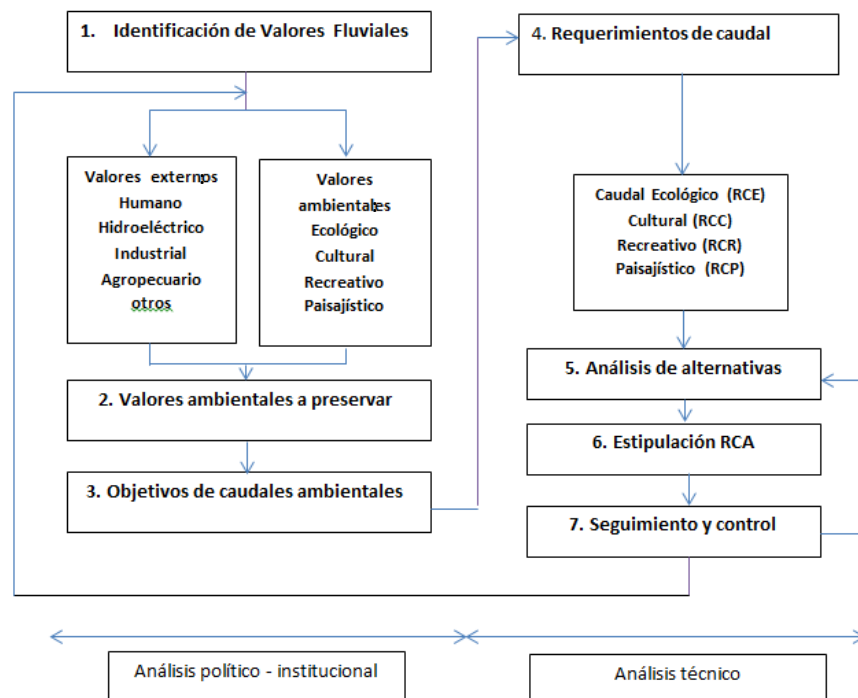
- Los caudales ecológicos/ambientales pueden modificarse sucesivamente en función de un conocimiento creciente, el cambio de prioridades y las modificaciones de la infraestructura a lo largo del tiempo.
- Los distintos casos de estudio señalan, con mayor o menor énfasis, a la falta de información como una limitante importante en la inserción del tema. Por tal motivo, el desarrollo de programas de monitoreo que respalden las tomas de decisiones resulta un aspecto fundamental sobre el cual hacer énfasis.
- La variabilidad espacial y temporal de los caudales es de suma importancia a la hora de considerar su implementación, tanto en lo que hace al contexto geográfico, en el que se analiza, como a las variaciones que a lo largo de un ciclo hidrológico se deben verificar para cumplir con los requerimientos del sistema natural.
- El caso de estudio del río Huasco, en Chile, que analiza las condiciones de hábitat de determinadas especies, ha demostrado la importancia de que, aún con caudales reducidos, el régimen anual del río muestre variaciones que se asemejen a las condiciones naturales. Ello habida cuenta de la trascendencia que para los ciclos biológicos de las especies consideradas tienen tales variaciones, incluyendo crecidas estacionales y períodos de estrés hídrico. En el mismo caso se logró demostrar que los caudales ecológicos a garantizar varían según el sector del río en consideración y con ello las extracciones posibles de realizar.
- La manifiesta incidencia de la variabilidad de los caudales hace necesario diseñar programas y técnicas de monitoreo que evalúen con la mayor precisión las alteraciones temporales y espaciales de los procesos hidrológicos involucrados.
- Países, como Brasil, con un fuerte desarrollo de la observación hidrológica tienen como desafío la incorporación a los programas de monitoreo de las variables asociadas a los ecosistemas. Este conocimiento resulta indispensable para una mejor gestión integrada del agua y el logro de un equilibrio entre los factores ecológicos y socioeconómicos.
- Si bien cuando se habla de caudales ecológicos/ambientales en general se hace referencia a cantidad, ello no debe obviar los requerimientos de calidad que esos caudales deben disponer. En este sentido, el caso de estudio desarrollado para el río Sonora en México es un antecedente valioso recopilado para este trabajo.
- Las normativas son elementos necesarios, pero no suficientes. En muchos casos, la propia práctica puede inducir a la definición de marcos legales o al perfeccionamiento de los existentes. A su vez el marco legal también es indicador de la importancia que se le asigna al tema. En este sentido, el orden de prelación que los caudales ecológicos tienen entre los usos del agua es reflejo de lo dicho.
- En general el énfasis está puesto en los aspectos faltantes, pero poco se explicitan las fortalezas con que se cuenta. El caso del arroyo Maldonado, en Uruguay, es un ejemplo de esto último, y claramente actúa como un factor positivo que, sin desconocer la realidad, promueve factores de sinergia entre los actores involucrados y los responsables institucionales en el tema.
- Las diferentes metodologías empleadas en los casos de estudio encuentran en el contexto de su aplicación razones que las justifican. Queda en evidencia que a mayor simplicidad de la metodología (métodos hidrológicos) mayores limitaciones de representatividad de los

valores hallados, pero mayor factibilidad de aplicación. Esto hace que la metodología a aplicar requiera de un adecuado equilibrio con la información disponible para ello.

- Los casos de estudio se presentan, en determinadas situaciones, como “ejemplos pilotos”, que permiten aplicar un método más complejo e integrador (del tipo de simulación de hábitat u holístico) porque se cuenta con la información que lo valida. Ello, si bien puede ser motivador de nuevas iniciativas en las esferas de gestión, generalmente no es factible de aplicar a la mayoría de las situaciones que requieren de la determinación de caudales ecológicos y ambientales con cierta inmediatez.
- En el caso del río Pánuco, México, se avanza sobre esta problemática de la falta de información sugiriéndose que, hasta tanto se puedan emparejar los datos hidrológicos con la respuesta ecológica del sistema ante las alteraciones de caudal, se recurra a nociones del entendimiento general de los ciclos de vida de las especies y sus requerimientos de agua. Ello si bien parece correcto desde la mirada de los autores del trabajo no resulta habitual a la hora de tomar decisiones por parte de los organismos de gestión responsables del tema.
- El caso del río Tempisque, en Costa Rica, rescata al análisis de las condiciones de hábitat en tramos de ríos con condiciones de caudal no alterado, como un indicador de umbrales mínimos a respetar a la hora de determinar caudales ecológicos. Sin embargo, incorpora el concepto de acuerdo social en términos de la necesidad de destinar un caudal mínimo para el desarrollo económico durante la estación seca y las modificaciones que ello traería sobre las extracciones que ya se están realizando.
- El caso del río Teusaca, en Colombia, suma a las dificultades de disponer de la información (debido a la falta de programas de medición de las respuestas ecológicas del sistema) el problema de la desconfianza del sector productivo. De manera similar, el caso de estudio sobre 13 ríos en Colombia con proyectos desarrollados para uso de agua y que debían obtener sus licencias ambientales, destaca la dificultad para obtener la información necesaria, dado que las empresas, dueñas de los proyectos, no comparten los datos. A ello se suma la resistencia de los operadores privados a tener que mantener en el río caudales variables que intenten reproducir los cambios hidrológicos de la situación no alterada.
- El caso desarrollado por la Universidad del Valle, de Colombia, en el río Pance a partir del conflicto por la extracción de agua con fines de dotación a la ciudad de Cali pone en escena otro elemento clave. Esto es, las prioridades que se establecen respecto a los usos competitivos del agua. El criterio aquí no es elegir entre agua para consumo humano de un desarrollo urbano o agua para el mantenimiento de los ecosistemas, sino buscar alternativas que permitan responder a las demandas sociales a partir de usos alternativos sin afectar los ecosistemas.
- El enfoque adaptativo propuesto para el caso del río Atuel, en Argentina, resulta un elemento destacable a la hora de consolidar procesos de gestión concertados, ya que permite redefinir y ajustar caudales, además de establecer un circuito de retroalimentación entre las decisiones tomadas y las consecuencias que ellas tienen sobre complejo “sistema natural – sistema social”.
- El caso de estudio del arroyo Maldonado rescata el concepto de “caja de herramienta” a través de la cual los gestores puedan elegir las metodologías más adecuadas para el grado de conflictividad, disponibilidad de información, tiempos y costos económicos.

- El establecimiento de un régimen de caudales ambientales requiere de una gestión concertada en la cuenca y no puede desagregarse de ella. Técnicamente puede hacerse una adecuada estimación de las necesidades de un caudal, pero esta no se aplicará en forma sostenible a menos que la comunidad sepa por qué debe prescindir de la utilización de una parte del caudal del río y crea en la importancia de hacerlo y valore los beneficios a futuro.

Los diferentes aspectos aquí señalados, referenciados a los casos de estudio considerados, permite arriba a una reflexión general acerca de las esferas de acción en donde la problemática radica. Claramente el problema se desarrolla en dos planos: a) el político institucional, y b) el técnico. Esta dualidad y los lazos que la vinculan se describen en el diagrama de flujo siguiente, adaptado de Diez-Hernández (2008):



Tal como lo evidencia la figura precedente, el análisis técnico está sujeto al marco político institucional y se constituye en una herramienta para la toma de decisiones. A su vez, ambos planos resultan dinámicos y se retroalimentan. En efecto, también los resultados del análisis técnico deben ser un insumo para las instancias decisorias y para ajustar los valores externos y los valores ambientales a considerar. Ello implica que no hay “una” determinación de caudales ecológicos/ambientales, sino un proceso de “decisión – determinación – implementación”, que está en permanente evolución, tanto en lo que hace al sistema natural como a las necesidades y aspiraciones de la sociedad.

El marco legal e institucional en los países de Latinoamérica

El marco legal e institucional determina el ambiente propicio para el desarrollo de la gestión del agua en la cuenca y por ende, condiciona no solo la implementación del régimen de caudales ambientales, sino incluso su determinación.

El establecimiento del marco legal e institucional que regule los procesos de determinación e implementación de caudales ambientales en Latinoamérica presenta un panorama tan complejo y variado como el desarrollo en sí de toda la temática.

Si bien el enfoque de caudales ecológico y ambientales se puede considerar como una demanda surgida de los cambios de paradigmas de finales de siglo XX, se puede encontrar como un antecedente más lejano la prohibición que tuvo lugar en 1915 en el estado de Oregón (Estados Unidos) de extraer agua de ciertos cauces, ya que estos alimentaban las espectaculares cataratas en el río Columbia (Lamb y Doerksen, 1987).

Si bien han sido muchas y muy variadas las formas en que se ha tratado de plasmar en una norma los lineamientos que se debieran seguir en relación a la preservación de los caudales ecológicos o ambientales, el documento que mayor difusión y aceptación ha tenido en relación a este concepto es sin duda la declaración de la Conferencia Internacional de Caudales Ecológicos, celebrada en Brisbane, Australia, en 2007². El llamado hecho por los delegados del 10.º Simposio Internacional de Ríos y de la Conferencia Internacional de Caudales Ambientales a los Gobiernos, bancos de desarrollo, donadores, organizaciones de cuenca, asociaciones de agua y energía, instituciones multi y bilaterales, así como a organizaciones de las comunidades locales, instituciones de investigación y sector privado a nivel mundial, para comprometerse en un conjunto de acciones para la restauración y mantenimiento de los caudales ambientales, ha constituido, sin duda, un punto de inflexión en el tema.

Los países de Latinoamérica no fueron la excepción a ello, y si bien en muchos de ellos ya existían antecedentes bajo su consideración en el marco de las políticas a implementar en el tema, la Declaración de Brisbane ha sido un renovado impulso para su consideración y puesta en práctica. Impulso que, si bien se constituye en principios rectores a ser considerado, reconoce la diversidad de situaciones tanto en lo que hace al nivel de detalle o generalidad con que cada marco legal considera el tema como a los diferentes ámbitos de jurisdicción que se da en los distintos países.

Para el análisis del marco legal e institucional se ha recurrido a tres fuentes de información desarrolladas específicamente para los fines de este trabajo y cuyos resultados resultan convergentes y complementarios.

- Análisis de antecedentes sobre marcos legales e institucionales en países de Latinoamérica
- Los resultados arrojados por las encuestas en este punto
- Análisis de las entrevistas realizadas a referentes del tema.

² Para mayor información, puede revisarse la declaración en el siguiente enlace: http://www.nature.org/initiatives/freshwater/files/brisbane_declaration_with_organizations_final.pdf

Análisis de antecedentes disponibles en la bibliografía

En lo que sigue, se presenta una breve reseña acerca del grado de incorporación que el tema de caudales ecológicos, ambientales y régimen de caudales ambientales tiene en la legislación de un conjunto de países de la región. Para la selección de los países se tuvieron en cuenta los siguientes factores:

- La existencia en esos países de casos de estudio que pueden ser considerados pilotos, y cuyo análisis es parte de este estudio
- El conocimiento previo acerca de la existencia de marcos normativos específicos: leyes, decretos, reglamentaciones
- Una distribución geográfica equilibrada de los países en consideración
- La accesibilidad a la documentación de base a partir de la existencia de sistemas de información jurídica.

Argentina (Del Campo, 2015)

No existe una legislación específica que regule la estimación e implementación de caudales ambientales. Sin embargo, hay un nutrido marco jurídico a nivel nacional y subnacional que constituye un ambiente facilitador para avanzar en políticas que tiendan a su inserción en la gestión de los recursos hídricos. Entre las más destacadas se puede citar:

Nivel nacional

- Ley 25675/02, de presupuestos mínimos ambientales, en cuyo artículo 8 establece: La política ambiental nacional deberá cumplir los siguientes objetivos:
 - a) Asegurar la preservación, conservación, recuperación y mejoramiento de la calidad de los recursos ambientales, tanto naturales como culturales, en la realización de las diferentes actividades antrópicas;
 - b) Fomentar la participación social en los procesos de toma de decisión;
 - c) Promover el uso racional y sustentable de los recursos naturales;
 - d) Mantener el equilibrio y dinámica de los sistemas ecológicos;
 - e) Asegurar la conservación de la diversidad biológica.
- Ley N° 25688/02, Régimen de Gestión Ambiental de Aguas

Nivel provincial

- Córdoba: Código de Aguas: principios de política hídrica; regulación provincial: limitaciones, vedas restricciones

Artículo 5.- Uso múltiple. El Estado Provincial procurará el uso múltiple de las aguas coordinándolo y armonizándolo con el de los demás recursos naturales. A tal efecto inventariará y evaluará los recursos hídricos, planificará y regulará su utilización en procura de su conservación e incrementación y del máximo bienestar público, teniendo en cuenta la proyección de demanda futura.

Artículo 10.- Política de regulación. Mediante el sistema de reservas, vedas, declaración de agotamiento, limitaciones, estímulos, concesiones, permisos, prioridades y turnos, el Poder

Ejecutivo y la Autoridad de Aplicación regularán el uso de las aguas y la prevención de los efectos dañosos previstos en este Código, condicionándolo a las disponibilidades, necesidades reales y a su uso racional

- Salta: La Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable de la provincia de Salta, en su tratado para el «Desarrollo integrado y sustentable de la cuenca del Río Bermejo: uno de los mega proyectos del país», menciona la creación, en 1982, de la COREBE (Comisión Regional del Río Bermejo), según ley provincial n.º 22697, y define el caudal ecológico para las Juntas de San Antonio (confluencia de los ríos Bermejo y Tarija) de 12 m³/s.
- Jujuy: En el año 1998, se sanciona la Ley provincial n.º 5063 «Ley General de Medio Ambiente», en cuyo artículo 88, inciso «I» se dictamina que: «Para la prevención y control de la contaminación del agua corresponde al Poder Ejecutivo Provincial, fijar los caudales mínimos ecológicos que deberán conservarse en cada curso de agua natural».

Brasil (Redin, Dias, Da Cunha y Lopes, 2012)

En general, el ajuste de los caudales ecológicos en Brasil ha sido realizado por la legislación a nivel estadual y federal, principalmente para su uso en los procedimientos administrativos de concesión de licencias ambientales, la concesión de agua y la construcción de presas.

Nivel federal:

La ley 9433/97 instituye la Política Nacional de Recursos Hídricos de Brasil y crea el Sistema Nacional de Gerenciamiento de Recursos Hídricos. En el marco de esta ley se creó el Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). Mediante resolución del CNRH N.º 129/2011 se fijan las directrices para el establecimiento de los caudales mínimos remanentes en un curso de agua. Los procedimientos para el establecimiento de los caudales mínimos remanentes deben ser realizados en articulación como los órganos competentes del Sistema Nacional de Medio Ambiente (Sisnama).

Si bien en Brasil los organismos gubernamentales no han definido explícitamente el concepto de caudal ecológico, el CNRH, responsable de determinar la forma de otorgar los derechos de agua, establece que se debe mantener un caudal mínimo para la conservación de los ecosistemas acuáticos. Ello promueve una estrecha vinculación entre los caudales de referencia, los criterios para otorgar el agua, e indirectamente los caudales ecológicos fijados desde un enfoque hidrológico.

Nivel estadual:

El siguiente cuadro se presentan los valores que se definen en cada caso para distintos estados de Brasil, donde $Q_{7,10}$: media mínima de 7 días para período de retorno de 10 años; Q_{90} : porcentaje de la curva de permanencia de caudales diarios.

Tabla 5. Caudales ambientales para algunos estados de Brasil

Estado	Q de referencia	Criterio para otorgar	Q ecológico
Paraná	Q _{7,10}	50 % del caudal de referencia	50 % del Q _{7,10}
Minas Gerais	Q _{7,10}	30 % del caudal de referencia en cursos de agua usuales, caudal residual 70 % del caudal de ref.	Q _{7,10}
Pernambuco	Q ₉₀	80 % del caudal de referencia cursos perennes 95 % del caudal de referencia cursos intermitentes	20 % Q ₉₀ o 5 % Q ₉₀
Paraíba	Q regular		
Rio Grande (N)	90 %	90 % del caudal de referencia	10 % Q ₉₀

Chile (Riestra, 2015)

El derecho a vivir en un ambiente libre de contaminación está asegurado por la Constitución Política de la República de Chile (Art. 19, n.º 8), dado que es el Estado el que debe velar por que este derecho no sea afectado, y debe además tutelar la preservación de la naturaleza.

La Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente en 1994 (Ley n.º 19.300/94), introduce el concepto de que el uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables deberá ser efectuado de tal forma que asegure su capacidad de regeneración y la diversidad biológica asociada a estos (Art. 41, Ley 19.300), lo que da especial énfasis a las especies en peligro de extinción, raras, insuficientemente desconocidas o vulnerables, y donde se establece, además, la presentación y cumplimiento de planes de manejo de dichos recursos naturales, los cuales deben incluir entre otros la mantención de caudales (Art. 42 Ley n.º 19.300).

En 1999, la Dirección General de la Calidad Ambiental (DGA) publica el Manual de Norma y Procedimientos para la Administración de Recursos Hídricos. En este documento, el primero que entrega instrucciones respecto a los caudales ecológicos, se señala la primera definición de caudal ecológico mínimo como “aquel caudal necesario para asegurar la supervivencia de un ecosistema acuático preestablecido”.

En el año 2005, el Código de Aguas de 1981 sufre una modificación mediante la Ley n.º 20.017. En su Artículo 129, bis, se señala que la DGA será la institución con atribuciones para preservar la naturaleza y el medio ambiente mediante el establecimiento de un caudal ecológico mínimo. A partir de ello, en el año 2008 se establece un nuevo Manual de Normas y Procedimientos para la Administración del Recursos Hídricos, el cual incorpora las modificaciones del Código de Aguas referentes al establecimiento de un caudal ecológico en los otorgamientos de nuevos derechos de agua, así como sus valores mínimos y máximos. Además, reconoce el uso histórico de la utilización de las metodologías hidrológicas.

En 2010 se promulgó la Ley n.º 20.417 que entrega una nueva institucionalidad ambiental en el país, la cual crea el Ministerio del Medio Ambiente (MMA), una Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) y el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). Este último tendría como misión el

simplificar los permisos ambientales y proporcionar información adecuada para los proponentes y la comunidad. La Ley n.º 20.417 otorga facultades al MMA para regular el uso o aprovechamiento de los recursos naturales, entre los que incluye la mantención de caudales de agua (Art 42, Ley n.º 19.300).

A las competencias de la DGA y del MMA se suman otras instituciones como el Servicio Nacional de Pesca (Sernapesca), que tienen atribuciones sobre el caudal ecológico, en el sentido de emitir recomendaciones sobre el valor del caudal ecológico según el servicio ecosistémico de competencia.

Costa Rica (Guevara y Rodríguez, 2013)

Si bien la Constitución Política de Costa Rica establece en su artículo 50 que: “Toda persona tiene derecho a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado”, el país no cuenta a nivel jurídico con una legislación que regule el régimen de caudales ambientales. No existe una ley ni normativa que establezca la obligatoriedad de respetar el caudal ambiental; solo existen directrices y recomendaciones, que se toman en cuenta en los estudios de impacto ambiental para reducir o mitigar impactos en los ecosistemas acuáticos.

Un primer intento por normar esta figura fue mediante el Proyecto para una nueva Ley de Aguas, que ya se encuentra archivado, el cual define en sus artículos 31 y 35 que “los usos del agua deben realizarse evitando la alteración de su calidad o una disminución significativa de su caudal que pueda afectar los ecosistemas naturales adyacentes”. Por ello, “con esa finalidad se establecen los llamados ‘caudales ambientales’, que tienen un carácter de no uso (Expediente 14.585, Art. 36). La medida es novedosa y para implantarla se requerirán estudios técnicos sobre la hidrología de cada fuente que se considere importante”.

Entre las normativas que se relacionan indirectamente con el tema se pueden mencionar:

- La Ley Orgánica del Ambiente, Ley N.º 7554 de 1995, que en su artículo 50 establece: El agua es de dominio público, su conservación y uso sostenible son de interés social. El artículo 51 de este mismo cuerpo normativo, como complemento de lo indicado en el numeral 50, define algunos de los criterios a aplicarse para la conservación y uso sostenible del recurso hídrico
- Ley de Aguas, Ley N.º 276 de 1942. Si bien a lo largo de su existencia ha recibido diferentes modificaciones, su antigüedad conlleva una serie de debilidades en el contexto actual que hace imprescindible y urgente la sanción de una nueva ley (Zeledón, 2015). El Art. 178 (modificado parcialmente por el Transitorio V de la Ley N.º 7593 de 9 de agosto de 1996) establece el orden prioridades para las concesiones de agua. La ley otorga al MINAE las potestades y competencias para resolver sobre los temas relacionados con el recurso hídrico. Sin embargo, la ley presenta debilidades en el tema de protección del recurso hídrico
- Reglamento para la Evaluación y Clasificación de Cuerpos de Agua Superficiales, Decreto N.º 33903 del año 2007. Tiene como objetivo fundamental, según indica en su artículo 1, reglamentar los criterios y metodologías que serán utilizados para la evaluación de la calidad de los cuerpos de agua superficiales, y los clasifica para los diferentes usos que puedan dársele. En el artículo 3, inciso c), define el caudal ecológico

- Voto N.º 2019-2009 de la Sala Constitucional, el cual constituye un importante antecedente jurisprudencial en el que se declaró inconstitucional el artículo 14 del Decreto N.º 32734-MINAE-S-MOPT- MAG-MEIC, ya que va en contra al derecho establecido en el artículo 50 de la Carta Magna. Se define de esta manera que todas las concesiones de aprovechamiento, y no solamente aquellas que sean parte de un proyecto, necesitarán someterse a una evaluación de impacto ambiental (EIA), para adquirir la viabilidad ambiental (visto bueno) para aprovechar el recurso. A raíz de esto, la EIA se convierte en una importante herramienta a considerar en el tema de los caudales ambientales. Estas evaluaciones, para conseguir viabilidades ambientales, tienen su fundamento en el artículo 17 la Ley Orgánica del Ambiente, Ley N.º 7554. Como consecuencia de ello, Costa Rica cuenta con un Manual de Instrumentos Técnicos para el Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental

En síntesis, la normativa en Costa Rica hace foco en los usos y el otorgar concesiones, por lo que define en virtud de ello y de la viabilidad ambiental los caudales mínimos, máximos y remanentes para el otorgamiento de tales concesiones. Esto se realiza de conformidad con la Dirección de Aguas del Ministerio de Ambiente y Energía (Minae) y la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (Setena).

Ecuador (Arias y Terneus, 2012; Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamientos del Agua, 2014)

En Ecuador, la Constitución de la República en el Título II, Capítulo 2, los derechos de buen vivir, propone una nueva estrategia de desarrollo que construye una relación entre el desarrollo humano y la sustentabilidad ambiental. En el Capítulo 5, Art. 318, se señala que “el agua es patrimonio nacional, el Estado es la autoridad única del agua y será responsable del consumo humano garantizando la soberanía alimentaria, riego y caudales ecológicos y actividades productivas”. No hay regulación expresa, directa ni relevante para la determinación y evaluación de los caudales ecológicos. A partir de la Constitución se estipula que es la autoridad del agua quien regulará los caudales ecológicos, la gestión del agua, su planificación, regulación y control, cooperando y coordinando con la autoridad ambiental para garantizar el manejo del agua con un enfoque eco sistémico, según lo determina el artículo 412 de la propia Constitución.

Mediante Decreto Ejecutivo 1088 del año 2008 se crea la Secretaría Nacional del Agua (en adelante Senagua), a la que se otorgan las competencias que eran del ex Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) y las correspondientes a la Ley de Aguas de 1973 y su reglamento de aplicación (codificación 2004-016). Atendiendo el mandato constitucional, será necesario que la Senagua en coordinación con el Ministerio de Ambiente (en adelante MAE) regule mediante norma expresa el tema de caudales ecológicos.

A la Senagua se le encargó diseñar la propuesta de una nueva Ley de Aguas (Proyecto de Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua). La ley fue aprobada mediante oficio n.º SAN-2014-1178 en agosto de 2014. El tema de los caudales ecológicos es tratado en varios artículos:

- Artículo 64, conservación del agua: b) El mantenimiento del caudal ecológico como garantía de preservación de los ecosistemas y la biodiversidad
- Artículo 76: Caudal ecológico
- Artículo 77: Limitaciones y responsabilidades
- Artículo 86, el agua y su prelación: a) consumo humano, b) riego c) caudal ecológico

- Artículo 110.: Autorización de aprovechamiento

Norma para la prevención y control de la contaminación ambiental del recurso agua en centrales hidroeléctricas (2007). En su numeral 4.4.1.1 establece que las centrales hidroeléctricas deberán garantizar un caudal ecológico. El Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC) será el responsable de aprobar los valores de caudales y regímenes ecológicos.

México (Bustamante, Vargas, Palma y Jaramillo, 2014)

Las referencias más importantes en materia de agua y medioambiente en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos se encuentran en el Título Primero, Capítulo I, artículo 4. En este artículo se especifica que “toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley”. En relación al agua, en este mismo artículo se dice que “toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible”.

El caudal ecológico está contemplado en la Ley de Aguas Nacionales (artículo 3, LIV) como “Uso ambiental” o “Uso para conservación ecológica”, que queda definido como “el caudal o volumen mínimo necesario en cuerpos receptores, incluyendo corrientes de diversa índole o embalses, o el caudal mínimo de descarga natural de un acuífero, que debe conservarse para proteger las condiciones ambientales y el equilibrio ecológico del sistema”. Este concepto fue introducido en la modificación realizada en el año 2004 (DOF 29-04-2004).

El artículo Décimo Quinto Transitorio de la LAN fija al caudal ecológico en el quinto lugar en “el orden de prelación para el otorgamiento de concesiones o asignaciones de agua”, por detrás de los usos doméstico, público urbano, pecuario y agrícola.

El caudal ecológico se incluye también dentro de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. En el Título Tercero, Capítulo I, del Aprovechamiento Sustentable del Agua y los Ecosistemas Acuáticos, en el artículo 8 se indica que “para mantener la integridad y el equilibrio de los elementos naturales que intervienen en el ciclo hidrológico, se deberá considerar la protección de suelos y áreas boscosas y selváticas y el mantenimiento de caudales básicos de las corrientes de agua, y la capacidad de recarga de los acuíferos”.

Además de la normativa citada, los trabajos experimentales realizados en relación al caudal ecológico han permitido la redacción de un procedimiento para la determinación del caudal ecológico. Este procedimiento, conocido como “Norma Mexicana PROY-NMX-AA-159-SCFI-2012, que establece el procedimiento para la determinación del caudal ecológico en cuencas hidrológicas” (Norma Mexicana, 2012), tiene como objetivo establecer el procedimiento y especificaciones técnicas para determinar el régimen de caudal ecológico en corrientes o cuerpos de agua nacionales en una cuenca hidrológica tomando como base el objetivo ambiental identificado mediante la importancia ecológica y la presión de uso.

Perú (Del Castillo y Llerena, 2012; Resoluciones Jefaturales, 2016)

El tema de los caudales ecológicos tiene un tratamiento relativamente nuevo en el Perú. A manera de antecedentes, en la legislación de este país pueden señalarse los siguientes cuerpos normativos en los cuales el tema fue considerado hasta ser aludido de manera indirecta:

- Ley General de Aguas (1969)
- Código del Medio Ambiente (1991)
- Constitución Política de 1993
- Ley de Aprovechamiento Sostenible de los Recursos (1997)
- Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (2001)
- Ley General del Ambiente (2005)
- Ley de Recursos Hídricos (2009)
- Reglamento de la Ley de RRHH (2010)
- Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos (2009).

En realidad, el concepto de caudales ecológicos no está desarrollado en la mayoría de esas normas. Más aún, el referido concepto recién empieza a tratarse en los últimos años. Un punto de inflexión lo constituye la aprobación, en 2009, de la Ley de Recursos Hídricos. Adicionalmente, hay un cuerpo de normas legales vinculado a la gestión ambiental que hace referencia también al cuidado del agua y en particular a los caudales ambientales que conviene revisar; incluso algunas normas ambientales anteriores a la aprobación de la Ley de Recursos Hídricos se ocupan del tema.

El artículo 53 de la Ley de Recursos Hídricos es donde puede encontrar la referencia más directa al tema de caudales ecológicos. En efecto, el inciso 2 de dicho artículo, al referirse a las condiciones para el otorgamiento y modificación de la licencia de uso de agua, dispone que se requiere para ello “que la fuente de agua a la que se contrae la solicitud tenga un volumen de agua disponible que asegure los caudales ecológicos, los niveles mínimos de reservas o seguridad de almacenamiento y las condiciones de navegabilidad, cuando corresponda y según el régimen hidrológico”.

El Reglamento de Ley de Recursos Hídricos (aprobado por Decreto Supremo N.º 001-2010-AG) establece que será la Autoridad Nacional del Agua, en coordinación con el Ministerio del Ambiente, quien establecerá los caudales de agua necesarios que deban circular por los diferentes cursos de agua, así como los volúmenes necesarios que deban encontrarse en los cuerpos de agua, para asegurar la conservación, preservación y mantenimiento de los ecosistemas acuáticos estacionales y permanentes.

La metodología para la determinación de los caudales ecológico fue establecida mediante la Resolución Jefatural N.º 154/2016 y su modificatoria N.º 2016/2016. Allí se fija un caudal ecológico referencial, bajo un criterio eminentemente hidrológico. Si bien se señala que con carácter optativo los titulares de proyectos de inversión que requieran la aprobación de caudales ecológicos podrán presentar un estudio con base en método holísticos o de simulación de hábitats, en los casos de proyectos con estudio de impacto ambiental detallado o semidetallado.

El artículo 8 de la mencionada resolución establece los casos en los cuales, de existir una amenaza para la sustentabilidad de alguna especie en el contexto del sistema hidrobiológico, no resultará de aplicación el caudal ecológico de referencia. En dichos casos, se deberán desarrollar estudios específicos que permitan acreditar la conservación de los procesos que se pretende mantener.

Uruguay (Unesco, 2014; Vida Silvestre, 2012)

La Constitución de Uruguay en el artículo 47 dispone: “La protección del medio ambiente es de interés general” y “las personas deberán abstenerse de cualquier acto que cause depredación, destrucción o contaminación grave al medio ambiente”.

En cuanto a la Ley N.º 18610 (Ley sobre Políticas Nacional del Agua – PNA), en síntesis y en consonancia con las normas constitucionales, la PNA se estructura en función de tres conceptos que se encuentran estrechamente relacionados: a) La cuenca hidrográfica como unidad de actuación para la planificación, control y gestión de los recursos hídricos, b) la gestión integrada de los recursos hídricos, y c) la participación de la sociedad civil.

Sobre lo que indica el Código de Aguas, este en su artículo 4 introduce la dimensión ambiental en la legislación hídrica marcando su preocupación por preservar la calidad del agua y evitar que su uso produzca efectos nocivos que pueden alterar el equilibrio ecológico de la fauna y la flora, dañar el ambiente natural o modificar el régimen fluvial.

Otras normativas que se relacionan al tema de caudales ecológicos:

- Decreto 253/79: Contaminación ambiental
- Ley 17284/00: Ley General de Protección del Medio Ambiente
- Ley 16466/94 y DR 348/05: Evaluación de impacto ambiental
- Ley 17234/00: Sistema Nacional de Áreas Protegidas
- Ley 18308/08: Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible

Estructuras de aplicación: La Ley PNA (18610) crea el Consejo Nacional de Agua, Ambiente y Territorio bajo la presidencia del Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (Mvotma) y con la participación de diferentes organismos gubernamentales; este consejo tendrá a su cargo elaborar las directrices nacionales en agua, ambiente y territorio de las que formarán parte los planes nacionales. Por otra parte, se crean los Consejos Regionales de Recursos Hídricos (CRRH) bajo la órbita de Mvotma. La competencia de los organismos departamentales está considerada por la Ley Orgánica Municipal (LOM) N.º 9515 de 1935. La Ley 18567/09 de Descentralización Territorial y Participación Ciudadana establece que es materia departamental la protección del ambiente y el desarrollo sostenible de los recursos naturales dentro de su jurisdicción.

En síntesis, el concepto de caudal ambiental, si bien no tiene una normativa específica que lo contenga, cuenta con un marco jurídico de referencia que permite su incorporación, ya que los preceptos señalados en la normativa vigente señalan que la protección de los recursos naturales, en este caso el recurso agua, es declarado de interés general; es decir, que tiene un interés superior a los intereses particulares, como el de propiedad, comercio o industria. Todo ello en un contexto de prioridades señaladas por la Constitución, donde el primer lugar lo ocupa el agua potable a las poblaciones y la primacía de razones de orden social por sobre las económicas.

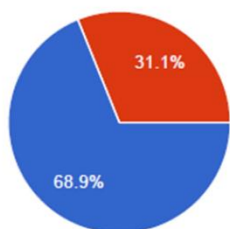
Resultados de las encuestas

Las distintas opiniones reflejan una diversidad de normativas que con variados enfoques y con mayor o menor grado de detalle abordan el tema de caudales ambientales. Esto de algún modo pareciera contradictorio con la opinión del 56.5 % de los encuestados, que señala a la falta de normativa como una de las causas que afecta la capacidad de la institución para determinar y

controlar los CE, CA o RCA. Sin embargo, ambas respuestas se complementan y demuestran los diferentes enfoques y la atomización que las normativas tienen. Esa diferenciación abarca tanto lo conceptual como lo jurisdiccional. De este modo, se confunden reglamentaciones de orden nacional con otras de orden subnacional, como es el caso de Argentina. Ante esto, la existencia de instancias interjurisdiccionales agrega un grado de complejidad más al tema.

Normativa

11. ¿Alguna normativa de su país hace referencia al CE, CA y/o RCA?



SI 31 68.9%

NO 14 31.1%

Normativa-detalle

Indique cuál es esa normativa (máx 400 caracteres)

Resolución 0865 de 2004, Estudio Nacional del Agua (2014), Guía para la estimación de caudales ambientales UNAL (2007), ANLA (2013)

Norma Mexicana NMX-AA-159-SCFI

Metodología para Determinar Caudales Ecológicos - R.J. N° 154-2016-ANA

Diferentes resoluciones de corporaciones regionales ambientales; Lineamientos Autoridad Nacional de Licencias Ambientales de Colombia;

PROYECTO DE LEY DEL AGUA POR EJEMPLO; CONVENIO RAMSAR, RONDAS HIDRICAS, RESOLUCION

Las diferentes opiniones reflejan una diversidad de normativas en cada país; lo que se refleja desde los enfoques, la profundidad y el grado de detalle. Estas disparidades son un reflejo de la aún incipiente inserción del tema.

Ejemplos:

- En Argentina algunas jurisdicciones provinciales como Corrientes y Río Negro han establecido sus propias normativas, acordes a las necesidades específicas de cada una de ellas.
- En el caso de Colombia, la referencia aparece en el Estudio Nacional del Agua del 2014. Al igual que Colombia, muchos otros países no han incorporado expresamente aún el concepto de CE, CA y RCA en sus normativas.

Al igual que lo señalado para la normativa, la institucionalidad del tema también presenta un amplio abanico de situaciones. La primera diferenciación está dada entre las respuestas que señalan los organismos que con mayor o menor grado de eficiencia son responsables del tema a nivel nacional o subnacional, y aquellas que señalan cuáles organismos debieran encargarse del tema, pero que por algunas de las razones expuestas en la pregunta 13 de la encuesta no lo hacen.

Entre las primeras debe señalarse Colombia, quien refiere a la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales y a las Corporaciones Autónomas Regionales, como las encargadas del tema. Se hace la salvedad que se aplica para proyectos a desarrollar en los cauces, específicamente los proyectos hidroeléctricos, pero no se realiza de manera extendida para la planificación en cuenca. En Costa Rica se señala al Ministerio de Ambiente y Energía (Minae) como el Ministerio que tiene a su cargo la definición, implementación y control del tema. La Secretaría Nacional de Agua en Ecuador y la ANA en Perú aparecen como los organismos de gestión que a nivel nacional están a cargo del tema. En Argentina, estas atribuciones están asignadas a las provincias si el recurso no es compartido o a los organismos interjurisdiccionales de cuenca. Sin embargo, en muchos casos está definido quién determina y controla los caudales ambientales, pero en los hechos no se han fijado los valores de los mismos para diferentes cuencas o tramos de río.

Instituciones

12. Indique qué institución (o instituciones) de su país define, implementa y controla los CE, CA y/o RCA (o cuál a su juicio debería hacerlo) (máx 400 caracteres):

Las Corporaciones Ambientales y el Ministerio de Ambiente

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Corporaciones Autónomas Regionales

El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) es la entidad que debe de definir metodologías y ordenar las medidas necesarias, aunque no tiene una competencia específica para hacerlo. Hay una propuesta de Ley General de Aguas en discusión parlamentaria, en la cual se establece que el MARN será la autoridad del agua y por tanto establecerá lo requerido para el respeto del caudal ambiental.

La Comisión Nacional del Agua

AUTORIDAD NACIONAL DE AGUA

Corporaciones Autónomas Regionales

IDEAM, MINISTERIO MEDIO AMBIENTE

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Corporaciones Regionales

A nivel nacional la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, a nivel regional Las Corporaciones Autónomas Regionales definen e implementan caudales ambientales. Esto se realiza principalmente para proyectos a desarrollar en los cauces, pero no se realiza de manera extendida para planificación de cuencas.

Al igual que lo señalado para la normativa, la institucionalidad del tema también presenta un amplio abanico de situaciones.

Las respuestas se dividen entre:

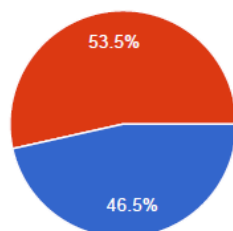
- Las que señalan los organismos que con mayor o menor grado de eficiencia son responsables del tema, y
- Aquellas que señalan cuáles organismos debieran encargarse del tema, pero que por alguna razón no lo hacen.

Respecto de las respuestas que expresan que institución debiera hacerse cargo del tema, existe disparidad de criterio. Ello obedece tanto a cuestiones de transversalidad disciplinaria en el marco de las estructuras de gestión sectoriales como a cuestiones de jurisdicción territorial

Se reconoce la necesidad de un fortalecimiento conjunto entre normativa y autoridad de aplicación, respetando las particularidades de cada país en cuanto a las jurisdicciones y competencias

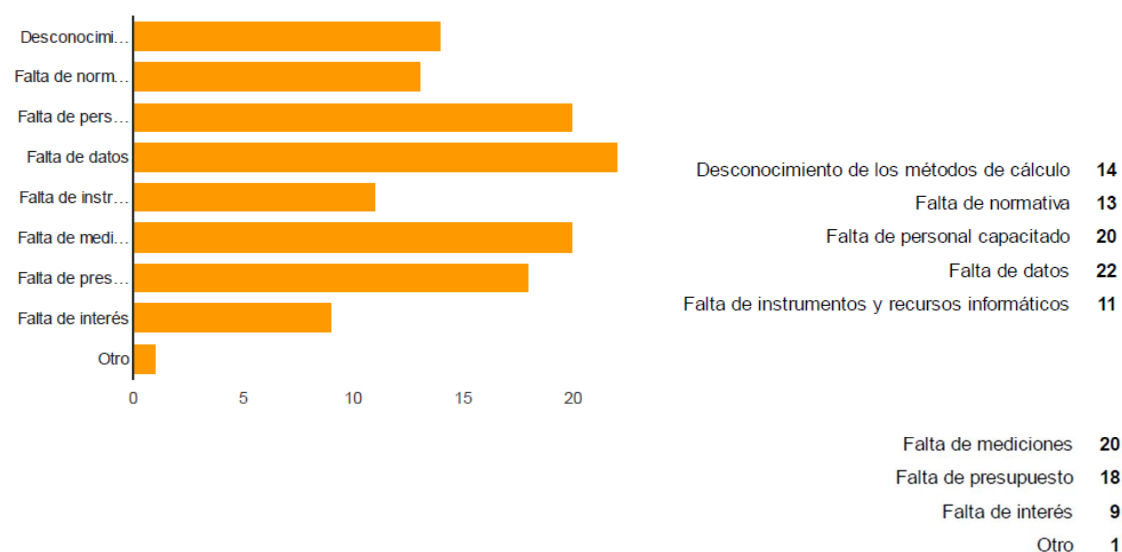
Instituciones

13. ¿Esta institución cuenta con capacidad técnica para determinar y controlar los CE, CA y/o RCA?



SI	20	46.5%
NO	23	53.5%

Si la respuesta es NO señale cuáles son las posibles causas (puede seleccionar más de una opción):



Para observar el enunciado completo, ver el formulario de encuesta de la página 70.

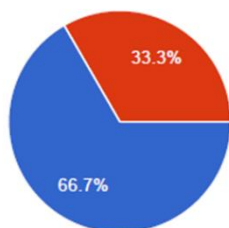
Las opiniones respecto de quién o quiénes deberían ser las instituciones responsables del tema resultan diversas a la hora de analizar las respuestas a este tema. Ello indica lo incipiente del tema y la necesidad de un fortalecimiento conjunto entre normativa y autoridad de aplicación, para respetar incluso las particularidades de cada país en cuanto a jurisdicciones y competencias.

Dada la transversalidad del tema, países como Argentina (en donde los recursos hídricos y el ambiente pertenecen a ministerios diferentes a nivel nacional), reconocen la necesaria integración de esos organismos y el trabajo conjunto del Consejo Hídrico Federal (Cohife) y del Consejo Federal de Medio Ambiente (Cofema) como forma de representación de las provincias, dueñas originarias del recurso.

Países como Honduras y El Salvador proponen cuáles organismos podrían tener el tema a su cargo, pero reconocen que no hay en la actualidad autoridad alguna que lo gestione. Asimismo, desde México una opinión rescata la necesidad de integrar la Conagua con los consejos de cuenca y actores académicos y de la sociedad a fin de conformar un cuerpo colegiado que pueda participar en las decisiones sobre definición, implementación y control de los caudales ambientales.

Instituciones

14. ¿Conoce algún programa o proyecto institucional en su país que pueda estar relacionado con estos temas o pueda beneficiarse con su consideración?



SI 30 66.7%

NO 15 33.3%

Si la respuesta es SI indicar el nombre del programa o proyecto y la institución que lo ejecuta (máx 400 caracteres):

Programas Hídricos ejecutados por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
 WWF, Comité de Cuenca del Río Copalita
 AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA
 MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE EN COLOMBIA; COSTA RICA, CHILE,
 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Corporaciones Regionales
 Planes de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico
 Talleres del COHIFE-COFEMA en el tema
 Comisión Regional del Río Bermejo, lo ejecuta mediante estructura propia, que es reducida, y mantiene cerrada visión sectorial. Muy dependiente del estado nacional y sus lineamientos.

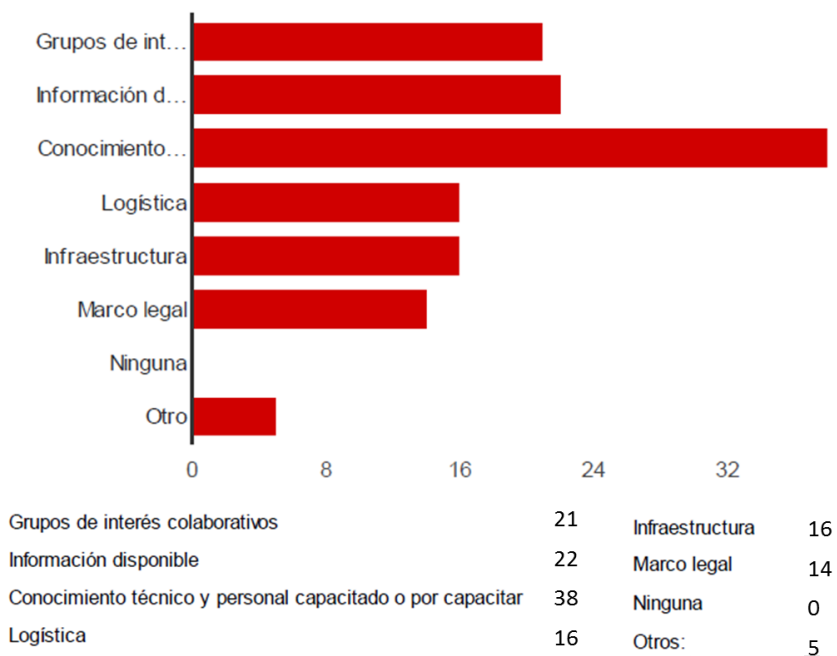
Mayoritariamente la implementación de proyectos o programas deriva de situaciones de conflicto locales, aunque en forma incipiente las normativas de algunos países proponen un programa de determinación por cuencas (regional). Ecuador señala como ejemplo el Plan de Gestión Integral de la Unidad de Planificación Hídrica de Guayllabamba, realizado por el Fonag – Senagua. Por su parte, en Colombia son la Corporaciones Autónomas Regionales las que llevan a cabo diferentes aplicaciones del Programa Nacional de Regulación Hídrica. Argentina, por otro lado, se ha dado a la tarea de consensuar políticas entre las provincias. Ello se ha realizado en el marco del COHIFE, a través de Talleres de Caudales Ambientales.

La mayoría de los programas se orientan a la definición de lineamientos para la estimación de caudales ambientales a nivel de cuenca o en sectores de río, lugares puntuales afectados por una intervención.

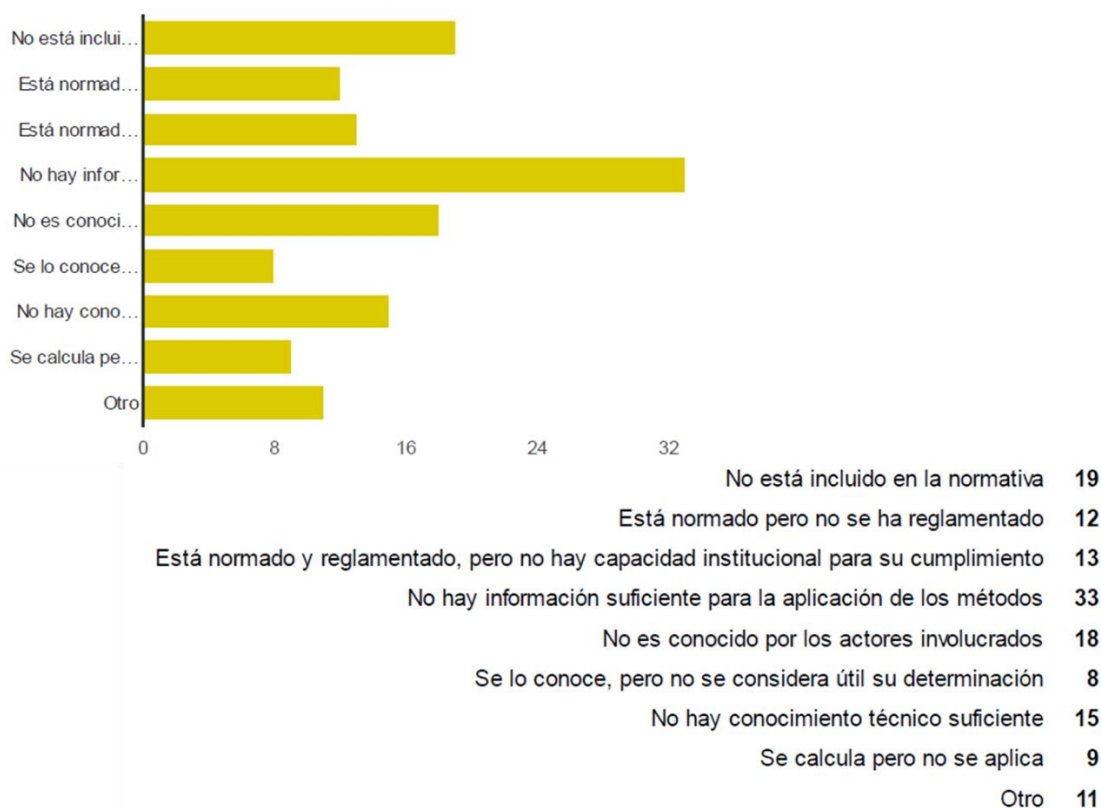
Son los menos aquellos programas que han podido definir implementar un RCA y monitorear su cumplimiento. Quizás el mejor ejemplo para ellos son los proyectos hidroeléctricos donde el tema, por el impacto que representa, tiene un mayor desarrollo. El Programa Nacional de Reservas de Agua en México constituye una iniciativa público-privada que busca darle integridad al proceso. Esto es: a) avanzar en la normativa a partir de estudios técnicos que la fundamenten, b) visibilizar ante la sociedad los beneficios de la continuidad (no alteración) del ciclo hidrológico y sus servicios ambientales, y c) fortalecer y crear las capacidades para la aplicación de los conceptos de CE, CA y RCA en todo el país.

Fortalezas

15. ¿De qué fortalezas dispone la organización a la que pertenece para llevar adelante la formulación/aplicación de los CE, CA y/o RCA? (puede seleccionar más de una opción)



16. ¿Reconoce alguna de estas barreras para la aplicación de los CE, CA y/o RCA? (puede seleccionar más de una opción)



Los resultados ofrecidos por la encuesta complementaria a actores ratifican los lineamientos generales señalados en la encuesta principal para los temas de normativa e instituciones. Se destaca un menor conocimiento por parte de los encuestados tanto de la existencia de las normativas vigentes como de los programas que llevan adelante los países para la determinación de caudales ecológicos/ambientales. Ello, si se quiere, resulta congruente con el perfil de los destinatarios de la encuesta complementaria y con la necesidad de dar mayor visibilidad a los caudales ecológicos/ambientales como medio para un mayor involucramiento de la sociedad.

Entrevistas

Los aspectos específicos vinculados a marcos legales e institucionales son abordados en las entrevistas en las preguntas 3 y 4 (¿Cómo considera Ud. que la determinación de los caudales ambientales e implementación de un régimen de caudales ambientales se inserta en las políticas/leyes de agua de los países latinoamericanos en general y en su país en particular?; A su entender, ¿cuáles cree que son las principales limitaciones en términos de capacidades institucionales que impiden o restringen la estimación de los caudales ambientales a nivel de Latinoamérica en general y en su país en particular?)

Los principales comentarios se pueden sintetizar de la siguiente manera:

- En el ámbito latinoamericano, los caudales ambientales solo aparecen mencionados en las leyes de algunos países, y no existe en general un desarrollo metodológico de obligada aplicación para todos los ríos del país. De manera que su puesta en marcha

se realiza más bien por cuencas, o río a río, en función de la existencia de proyectos potencialmente impactantes. Los caudales ambientales deben integrarse centralmente en la planificación hidrológica, para evitar que su aplicación sea meramente voluntaria, o que no se entronquen realmente con los escenarios de gestión presentes y futuros. Existen inercias en lo relativo a los mecanismos de planificación y gestión del agua, que dificultan la adopción de políticas más coherentes con el conocimiento actual en materia de funciones y servicios de los ríos.

- El establecimiento de capacidades en los organismos responsables de gestionar caudales ambientales requiere de un mayor acercamiento entre la academia y el sector político para transferir, a estos últimos, conceptos claros y metodologías para la estimación de caudales ecológicos/ambientales que puedan ser implementadas con cierta facilidad por los técnicos de las instituciones de gestión, y que asimismo puedan alimentar o retroalimentar a las normas existentes o a crearse en los diferentes países.
- Se señala, como principal limitación institucional para un desarrollo exitoso de este tema, el escaso, nulo o insuficiente monitoreo y sistematización de datos hidrológicos.

Consideraciones finales y propuestas de acción

Se destacan los siguientes aspectos:

- ✓ En Latinoamérica, las políticas públicas en materia ambiental se remontan a la segunda mitad del siglo XX. A partir de ello, los países reconocen la necesidad de preservar la calidad del medio ambiente, proteger la salud humana y garantizar un uso racional de los recursos naturales en la búsqueda de un equilibrio con la expansión económica con miras a promover el desarrollo sostenible.
- ✓ Su importancia en la consideración de los marcos jurídicos de los países de la región hizo que la cuestión fuera mencionada expresamente en aquellas Constituciones que tuvieron reformas en las últimas décadas, como son los casos de Ecuador, Chile, Argentina, entre otros.
- ✓ El rango constitucional que el ambiente ha merecido trajo consigo la consiguiente institucionalidad del tema y su reflejo en estructuras de gestión encargadas de llevar a la práctica las definiciones de políticas guiada por los textos constitucionales. De este modo, en prácticamente todos los países de la región se han sancionado leyes y creado organismos cuyos objetivos, misiones y funciones están en línea con el mandato constitucional del reconocimiento del ambiente como un actor relevante para el logro de un desarrollo sostenible.
- ✓ Por su parte, el agua ha sido (desde el comienzo de los tiempos) sinónimo de vida y de desarrollo. Por lo tanto, su consideración a la hora de implementar políticas públicas se remonta a mucho más tiempo del que la cuestión ambiental está presente.
- ✓ El agua considerada como un recurso ha sido motor de crecimiento y de mejora de la calidad de vida de las poblaciones. Por ello, no es de extrañar que su participación en las estructuras institucionales de los países ha estado mucho más ligado al desarrollo de la infraestructura o el riego que a su consideración como elemento clave del sostenimiento del sistema natural. Surge aquí el dilema señalado por Falkenmark entre “agua para la vida y agua para la naturaleza” (2003).
- ✓ Este dilema y esta dualidad que conlleva la gestión del agua queda reflejado en el análisis del marco legal e institucional aquí desarrollado. En efecto, la búsqueda de leyes que atiendan directa o indirectamente la temática de caudales ecológicos/ambientales remite inequívocamente a normativas de carácter ambiental que conviven y se interrelacionan con leyes que norman la gestión del agua, para lo que se crean incluso estructuras gubernamentales que se vinculan al tema desde ambas ramas de la normativa. Ello lejos está de ser un obstáculo insalvable para la aplicación de las normativas o el correcto funcionamiento de las estructuras de gestión encargadas de su aplicación. Sí requiere de un fuerte esfuerzo de **coordinación interinstitucional**, lo cual aparece en general como una debilidad de los procesos de gestión enmarcados en la GIRH.
- ✓ El tema de las instituciones intervinientes resulta aún más complejo, cuando existen diferentes niveles jurisdiccionales: nacional, subnacional, local con competencias sobre el tema, como en el caso de Argentina o Brasil. A ello se suma la multiplicidad

de actores que a su vez intervienen en la gestión desde su calidad de usuarios, como en el caso de Chile del organismo encargado de gestionar los recursos pesqueros, o la fuerte impronta de uso agrícola en Perú. Todas estas complejidades propias de la GIRH involucran de lleno a los procesos de determinación e implementación de caudales ecológicos/ambientales, y constituyen una importante dificultad a superar para su plena incorporación a las políticas públicas de los países de Latinoamérica.

- ✓ A las complejidades y demandas de la coordinación interinstitucional, se suman los **déficits de capacidades que esas instituciones** tienen a la hora de abordar el tema. No cabe duda de que el tema posee un carácter interdisciplinario que obliga a la conformación de equipos técnicos con los saberes disciplinarios requeridos y una coordinación apropiada para el logro de un equilibrio en la definición de los objetivos a alcanzar. El análisis de fortalezas y debilidades hecho en el marco de las encuestas muestran con claridad que en la mayoría de los países se está lejos de contar con estructuras de gestión que puedan abordar en forma integrada la determinación, seguimiento y monitoreo de caudales ecológicos/ambientales. Para ello, resulta necesario el establecimiento de políticas sostenibles con una adecuada afectación de recursos, que se proyecten en programas de larga duración y cuya evolución resulte dinámica, resultado de un proceso de “hacer – aprender” y con un criterio de enfoque adaptativo al ámbito donde se desarrollen.
- ✓ El grado de especificidad con que las **normativas vigentes** enfocan el problema es sumamente variado. Desde consideraciones más bien de tipo facilitadoras y abiertas como las señaladas para Uruguay; hasta definiciones más precisas y esquemáticas como las que se reflejan de las normativas federales y estatales en Brasil o las normas recientemente implementadas en Perú: es inevitable reflexionar aquí entre el perfil de la normativa y el organismo de gestión que la lleva a cabo. De este modo, estructuras de gestión encuadradas en organismos de ambiente presentan normativas más abiertas que permiten adecuar procedimientos y metodologías a los objetivos ambientales que se persiguen, lo que evita el establecimiento de protocolos rígidos que se pretendan imponer de forma generalizada. Los antecedentes de Uruguay y Colombia se orientan en esta dirección. Por su parte, normativas más rígidas y con parámetros más estandarizados, responden en general a organismos de gestión vinculados al aprovechamiento de recurso. En la consideración y relevancia que los caudales ecológicos/ambientales tienen a la hora de avanzar en su implementación, juega un papel importante el orden de prelación que la legislación brinda a los diferentes usos del agua. A modo de ejemplo se puede señalar México, que fija al caudal ecológico en el quinto lugar en “el orden de prelación para el otorgamiento de concesiones o asignaciones de agua”, por detrás de los usos doméstico, público urbano, pecuario y agrícola. O el caso de Brasil, donde la ANA tiene autoridad para la modificación de los caudales remanentes en el cauce en pos de asegurar los volúmenes de aguas en los embalses y preservar los usos múltiples del recurso.
- ✓ En síntesis, la problemática de los caudales ecológicos/ambientales, si bien de manera incipiente y con muy diferente grado de profundidad, se ha ido incorporando en la normativa en muchos de los países de Latinoamérica. Los enfoques dados al tema resultan diferentes según el ámbito de pertenencia de los organismos de gestión encargados del tema.

- ✓ El análisis del marco legal e institucional aquí realizado resume la situación de ocho países de Latinoamérica a partir del análisis de antecedentes, a lo que suma los aportes obtenidos sobre el particular a partir de las encuestas y las entrevistas. Aun así, hay países de Latinoamérica sobre los que no se ha hecho referencia: ello no implica que estos países (no mencionados expresamente aquí) no cuenten con un marco legal e instituciones que se ocupe del tema.
- ✓ La normativa, si bien resulta un elemento de facilitación importante para apoyar la inserción del concepto de caudales ecológico/ambientales en las políticas de los países de la región, es el reflejo de los objetivos ambientales que se proponen. Objetivos que son variables en tiempo y espacio y deben ajustarse a la dinámica de los procesos. Es por ello que la legislación que se desarrolle en cada caso debe (al tiempo de normar sobre los principios fundamentales que la política impulse) disponer de criterios de flexibilidad y adaptación que haga la regla aplicable, y reúna las aspiraciones sociales con las demandas de la naturaleza. A su vez, esa normativa solo será de utilidad si cuenta con estructuras de gestión “capaces” y “capacitadas” para llevarlas a cabo, contando para ello con los recursos humanos y materiales necesarios y una sostenibilidad en el tiempo que le permita desarrollar un proceso virtuoso de aprendizaje a partir de la propia práctica.
- ✓ Es destacable además, el mayor rezago que sobre el particular tienen varios de los países de Centroamérica, donde se dan situaciones como la de Honduras, que al momento de las consultas que alimentaron este trabajo, respondía que *“si bien las solicitudes de Licencia Ambiental es un requisito técnico para los proyectos hidroeléctricos y los proyectos de riego, el país no cuenta con un protocolo y su metodología que sea factible de exigir para la realización del cálculo de caudales ecológico/ambientales. Se señala, además, que no se ha avanzado sobre ese protocolo por **falta de información** que permita alimentar alguna metodología de cálculo”*. La falta de información se presenta como la principal barrera para el desarrollo del tema. En este sentido, es importante diversificar las variables a registrar, a la vez que lograr que se integren los procesos hidrológicos, hidráulicos, fisicoquímicos, biológico y sociales.
- ✓ No existe una metodología universal. Las determinaciones del caudal ambiental sobre la base del régimen hidrológico son un buen comienzo, pero es necesario avanzar en la determinación de valores acorde con la realidad y uso del río. En cada situación particular se deberá evaluar cuál es la metodología que mejor se adapta al caso de estudio, y cuáles deben ser los avances para obtener datos y el fortalecimiento institucional (desarrollo de capacidades, mejora de instrumental, recursos económicos, entre otros).
- ✓ Si bien existe un alto conocimiento del tema a nivel académico, falta una mayor vinculación con los organismos encargados de su implementación. Se debe lograr la transferencia de conocimiento para mejorar las capacidades técnicas necesarias para la medición de las variables determinantes y aplicación de metodologías.
- ✓ Dado el carácter transfronterizo de muchas cuencas en Latinoamérica, se considera importante aunar criterios en la determinación de los caudales ecológicos/ambientales.

- ✓ Existen en la literatura una gran cantidad de casos de estudio desarrollados en diferentes contextos geográficos de ríos de Latinoamérica. Estos estudios de caso en su gran mayoría son desarrollados desde ámbitos académicos y del sector científico-tecnológicos, o desde ONG vinculados al cuidado del ambiente.
- ✓ Los casos considerados responden a motivaciones y finalidades diferentes que van desde un objetivo de investigación disciplinar o interdisciplinar hasta la formulación de documentos de opinión cuyo propósito es incidir sobre las políticas que en el tema se están llevando a cabo en un dado país, subregión o cuenca.
- ✓ La diferencia entre caudal ecológico, caudal ambiental y régimen de caudales ambientales es reconocida y considerada en todos los casos analizados.
- ✓ Si bien los caudales ecológicos responden a la base científica del conocimiento acerca de los requerimientos de hábitat de las especies en estudio, su consideración excluyente no resulta factible, salvo en situaciones muy particulares, habida cuenta de las aspiraciones y requerimientos del sistema socioeconómico.
- ✓ Los caudales ecológicos son la base de partida para el análisis y discusión de caudales ambientales. Estos últimos aparecen como una instancia de integración y equilibrio entre los requerimientos del sistema natural y el sistema social: son el resultado de un proceso de concertación entre los actores en la cuenca o unidad sistémica en análisis.
- ✓ Los procesos de acuerdo para la implementación de caudales ambientales no pueden desagregarse de la gestión integrada de los recursos hídricos y de la gestión ambiental. Por lo tanto, sufren de las mismas limitaciones y obstáculos que estas últimas. Esto es, se ha avanzado mucho más en las formulaciones conceptuales, así como en las posturas y declamaciones, que en los hechos.
- ✓ Si bien aparece como deseable que el establecimiento de caudales ambientales responda a programa de alcance amplio, la realidad muestra que los logros se conquistan en pequeños territorios y a partir de realidades concretas y acotadas.
- ✓ La posibilidad de lograr resultados concretos a escala local sugiere la necesidad de abordar la problemática de los caudales ambientales desde una estrategia de gestión descentralizada por cuenca, lo que evita normativas de carácter general que no permitan la adecuación local de estas estrategias.
- ✓ El enfoque adaptativo surge como la estrategia posible en un proceso de gradualidad que este cambio de paradigmas implica. Este análisis retroalimentado entre causa y consecuencia consolida procesos de gestión concertadas, ya que permite cambios y ajustes en los caudales previamente establecidos.
- ✓ Para el éxito de los procesos de adaptación se requiere un permanente avance del conocimiento científico del sistema natural, que valore la resiliencia de estos, pero que también implique procesos adaptativos de los sistemas sociales, en particular reorientando o perfeccionando los esquemas productivos tanto en el aumento de la eficiencia en la utilización de agua como en la oportunidad para su uso.

Lo señalado y especialmente lo resaltado llevan a plantear que, en Latinoamérica, para lograr una mejora de la gobernabilidad del agua que conduzca a la implementación efectiva de un régimen de caudales ambientales, es necesario:

- I. Fortalecer a las instituciones: a través del desarrollo de capacidades profesionales y técnicas, equipamiento, recursos económicos para la adquisición de datos básicos y

desarrollo/aplicación de metodologías, normativa que refleje las atribuciones, poder por parte de la policía y otros protocolos.

- II. Mejorar los esquemas de gobernanza: procurando la coordinación interinstitucional, interdisciplinar e interjurisdiccional.
- III. Llevar adelante planes de gestión integrada para la implementación del régimen de caudales ambientales en la cuenca: de este modo el tema del caudal ambiental no es un acto esporádico, un método o una simple normativa, sino un conjunto articulado de acciones a partir del planteo de objetivos y metas, que se retroalimenta con controles, monitoreo de variables y definición/seguimiento de indicadores de gestión.

En la mayoría de los países las políticas públicas dan el marco de visión a estos planes. En los casos que esto no ocurra los Objetivos de Desarrollo Sostenible o la meta de Seguridad Hídrica del Programa Hidrológico Internacional de Unesco aportan elementos irrefutables para anclar la visión del desarrollo que oriente la gestión del agua en forma prospectiva.

Sin embargo, ante la diversidad de escenarios y condiciones que ofrecen los distintos países, así como sus marcos regulatorios y organizacionales, se considera conveniente avanzar a través del desarrollo de **casos piloto demostrativos**. Estos casos deberían ser identificados por cada país como prioritarios con la idea de llevar adelante acciones para la implementación de los caudales ambientales.

Para ello se desarrollan las siguientes líneas de acción:

1. Curso-Taller sobre Metodologías para la determinación de caudales ambientales en Latinoamérica.
2. Taller Regional sobre Caudales Ambientales.

El primer curso se trata de una actividad de capacitación dirigida a profesionales y técnicos a modo de espacio que permita hacer una puesta en común de las metodologías de cálculo disponibles, sus requerimientos, limitaciones, aplicabilidad, alcance, entre otros; recuperar las experiencias, casos de estudio y lecciones aprendidas, además de construir casos de análisis que sirvan de apoyo al Taller Regional sobre Caudales Ambientales.

El Taller se propone como una actividad que reúna a técnicos y tomadores de decisión para definir lineamientos para la determinación e implementación de caudales ambientales en Latinoamérica.

El Curso-Taller fue concretado a mediados del año 2017 (ver informe en el Anexo 5) y se espera poder realizar el Taller en el transcurso del año 2018 (en el Anexo 5 se presenta un esquema preliminar).

Bibliografía

- Acreman M. y Dunbar M.J. (2004). Defining environmental river flow requirements – a review. *Hydrology and EarthSystemSciences*, 8(5), pp. 861-876.
- Agualimpia, Y. y Castro, C. (2006). Metodologías para la determinación de los caudales ecológicos en el manejo de los recursos hídricos. *Revista Tecnogestión*, 3(1), pp. 3-13. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- APROMA (Asociación Profesionales del Medio Ambiente). (2000). *Memorias del Primer Congreso sobre Caudales Ecológicos*. Barcelona, España.
- Arias, V. y Terneus, E. (2012). Análisis del marco legal e institucional sobre los caudales ecológicos/ambientales en el Ecuador. Quito, Ecuador: UICN.
- Bovee, K.D. (1982). A guide to stream habitat analysis using the Instream Flow Incremental Methodology. *Instream Flow Information Paper (12)*. U.S. Fish and Wildlife Service.
- Bustamante, A.; Vargas, S.; Palma, M. L.; Jaramillo, J. L. (2014). *Los caudales ecológicos en México: Perspectivas y retos para su aplicación*. V Seminario Internacional Uso Racional del Agua. Pitalito, Huila, Colombia.
- Cantera, J.; Carvajal, Y. y Castro, L. (2009). *Caudal Ambiental. Conceptos, Experiencias y Desafíos*. Colombia: Programa Editorial Universidad del Valle.
- Carvajal, Y.; Monsalve, E.A.; Castro, L.M.; Chará, A.M.S.; Chará, J.D.; Zúñiga, M.C., et al. (2007). Una revisión del concepto y los referentes teóricos del caudal ambiental. En: *Memorias VII Semana de la Ingeniería y III Simposio de Investigaciones*, pp. 583-594. Cali: Universidad del Valle.
- Castro, L.M.; Carvajal, Y. y Monsalve, E., (2006). Enfoques teóricos para definir el caudal ambiental. *Ingeniería y Universidad*, 10(2), pp. 179-195. Pontificia Universidad Javeriana. Disponible en: <http://revistas.javeriana.edu.co/index.php/iyu/article/view/917>
- Declaración de Brisbane (2007). Versión española, Comité Nacional Español de Riegos y Drenajes (CERYD), MMA, Madrid - AERYD-CERYD. Disponible en: www.aeryd.es
- Del Campo, C. (2015). *Caudal Ambiental y el Sistema Jurídico Argentino*. Presentación efectuada en el Taller de Caudales Ambientales, organizado por el COHIFE y COFEMA, Buenos Aires.
- Del Castillo, L. y Llerena, C. (2012). *Análisis del marco legal e institucional sobre los caudales ecológicos/ambientales en el Perú*. Quito, Ecuador: UICN.
- Diez-Hernández, J.M. (2008). Evaluación de requerimientos ecológicos para el diseño de regímenes ambientales de caudales fluviales. *Revista de Ingeniería*, pp. 11-18 . ISSN 0121-4993, Bogotá.
- Dyson, M., Bergkamp, G., Scanlon, J., (eds) (2003). *Caudal. Elementos esenciales de los caudales ambientales*. José María Blanch (tr.). San José, Costa Rica: UICN-ORMA.
- Falkenmark, M. (2003). Water Management and Eco Systems: Living with Change. *Technical Background Paper (9)*. Global Water Partnership.
- Gallopin, G. (2003). *Sostenibilidad y Desarrollo Sostenible: Un enfoque sistémico*. Serie Medio Ambiente, División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos, n.º 64. Santiago de Chile, Chile: Cepal.

- Guevara, E., y Rodríguez Pérez, C.E. (2013). *Caudales ambientales, necesidad de su reconocimiento y lineamientos básicos para su regulación en Costa Rica*. Tesis de graduación. Facultad de Derecho, Universidad de Costa Rica.
- Gondor, A.; Haney, J.; Sánchez, J.Á. y Hesselbach, H. (2015). *Capítulo 3: Caudal ecológico: Agua para la naturaleza e impactos de Monterrey VI*. The Nature Conservancy. Disponible en <http://famm.mx/wp-content/pdf/capitulo3-caudal-ecologico-agua-para-la-naturaleza.pdf>
- Harman, W.; Starr, R.; Carter, M.; Tweedy, L.; Clemmons, M., et al. (2012). *A function-based framework for stream assessment and restoration projects*. EPA 843-K-12-006, US Environmental Protection Agency, Office of Wetlands, Oceans, and Watersheds, Washington, DC.
- Karim, K.; Gubbels, M.E. y Goulter, I.C., (1995). Review of determination of instream flow requirements with special application to Australia. *Water Resources Bulletin* (31), pp. 1063-1077.
- King, J. y Louw, D. (1998). Instream flow assessments for regulated rivers in South Africa using the Building Block Methodology. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 1(2), pp. 109-124.
- King, J.; Brown, C. y Sabet, H. (2003). A scenario-based holistic approach to environmental flow assessments for rivers. *River Research and Applications* (19), pp. 619-639.
- King, J. y Low, M. (1998). Instream flow assessments for regulated rivers in South Africa using the Building Block Methodology. *Aquatic Ecosystems Health and Management* (1), pp. 109-124.
- King, J.; Tharme, R. y Brown, C. (1999) Definition and Implementation of Instream Flows Southern Waters, University of Cape Town, South Africa. Prepared for *Thematic Review II(1): Dams, ecosystem functions and environmental restoration*. Disponible en: <http://www.dams.org/>
- Kozac, J., Bennett M., Piazza, B., Remo, J. (2016). Towards dynamic flow regime management for floodplain restoration in the Atchafalaya River Basin, Louisiana. *Environmental Science & Policy* 64: 118–128
- Lamb, B.L. and Doerksen, H.R. (1987). Instream water use in the United States-water laws and methods for determining flow requirements. *National Water Summary 1987-Water Supply and Use: INSTREAM WATER USE*, pp. 109-116.
- Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua. Of. N.º SAN-2014-1178 Ecuador, agosto de 2014.
- Maass, J. (2015). El manejo de cuencas con un enfoque socioecosistémico. En *Cuencas de México I(1)*, abril-junio 2015. Disponible en octubre de 2016 en http://www.riob.org/IMG/pdf/cuencas_de_Mexico_web.pdf
- Magdaleno, F. (2005). *Caudales ecológicos: Conceptos, métodos e interpretaciones*. España: Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).
- Malan, H.; Bath, A.; Day, J. y Joubert, A. (2003). A simple flow–concentration modelling method for integrating water quality and water quantity in rivers. En *Water SA*, 29(3), pp. 305-311. Disponible en www.wrc.org.za
- Mattews, J.; Forslund, A. ; McClain, M. y Tharme, R. (2014). More than the Fish: Environmental Flows for Good Policy and Governance, Poverty Alleviation and Climate Adaptation. *AquaticProcedia* 2, pp. 16-23.

- Norma mexicana NMX-AA-159-SCFI- (2012). *Procedimiento para la Determinación del Caudal Ecológico en Cuencas Hidrológicas*. 20 de septiembre de 2012. Estados Unidos Mexicanos: Secretaría de Economía.
- Palau, I. (1994). Los mal llamados caudales ecológicos. Bases para una propuesta de cálculo. OP. *Revista del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos* (28), pp. 84-95.
- Palau, I. (2003). *Régimen Ambiental de Caudales: estado del arte. Memorias del Encuentro Régimen Ambiental de Caudales*. Cuenca, España: Universidad Politécnica de Madrid.
- Palmer, C.G.; Rossouw, N.; Muller, W.J. y Scherman, P-A. (2005). The development of water quality method within ecological reserve assessment, and links to environmental flow. *En Water SA*, 31(2), pp. 161-170. Disponible en www.wrc.org.za
- Poff, N.L.; Allan, J.D.; Bain, M.B.; Karr, J.R.; Prestegard, K.L.; Richter, B.; Sparks, R. y Stromberg, J. (1997). The natural flow regime: a new paradigm for riverine conservation and restoration. *BioScience* (47), pp. 769-784.
- Pyerce, R. (2004). Hydrological low flow indices and their uses. *WSC Report N.º 04-2004*. Peterborough, Ontario, Canada: Watershed Science Center; Trent University.
- Reiser, D. W.; Wesche, T. A. y Estes, C. (1989). Status of instream flow legislation and practices in North America. *Fisheries* (14), pp. 21-29.
- Riestra, F. (2015). *Experiencia en el establecimiento de caudales ambientales en Chile*. Presentación efectuada en el Taller de Caudales Ambientales, organizado por el COHIFE y COFEMA Buenos Aires.
- República del Perú. (2016). Resoluciones Jefaturales 154-2016-ANA y 206-2016-ANA, de la Autoridad Nacional del Agua (ANA).
- Stalnaker, C.B. (1994). Evolution of instream flow habitat modelling. In: *The Rivers Handbook Hydrological and Ecological Principles*. Oxford: Blackwell Scientific Publishers. 276-2.
- Swales, S. y Jarris, J. (1995). The Expert Panel Assessment Method (EPAM): A new tool for determining environmental flows in regulated rivers. In D.M. Harper & A.J.D. Ferguson (eds.): *The Ecological Basis for river Management*, pp. 125-134. Chichester, UK: John Wiley & Sons.
- Tharme, R.E. (2003). A global perspective on environmental flow assessment: emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers. *RiverResearch and Applications* (19), pp. 397-441.
- Thoms, M.C., Sheldon, F., Roberts, J., Harris, J., Hillman, T. (1996). Scientific panel assessment of environmental flows for the Barwon-Darling River. Sidney, Australia. New South Wales Department of Land and Water Conservation. 161 pp
- Thoms, M.C. y Sheldon F. (2002). An ecosystem approach for determining environmental water allocations in Australian dryland river systems: the role of geomorphology. *Geomorphology* 47: 153–168.
- Unesco. (2014). *Qué son los caudales ambientales y cuál es la perspectiva de su aplicación en Uruguay*. Documentos Técnicos del PHI-LAC, n.º 34.
- UNAL (Universidad Nacional de Colombia). (2008). *Metodología para la estimación del Caudal Ambiental en Proyectos Licenciados*. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

- Vestena, L.R.; Dias, É.; Da Cunha, M.C.; Lopes, E. (2012). Vazão ecológica e disponibilidade hídrica na bacia das Pedras, Guarapuava-PR. *Revista Ambiente&Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 7(3). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.840>
- Vida Silvestre (Uruguay) y UICN (2012). *Fortalecimiento del Concepto de Caudales Ambientales como Herramienta para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos. Informe Final, Acuerdo PNUMA y Vida Silvestre Uruguay*. Uruguay: Vida Silvestre.
- World Commission on Dams (WCD). (2000). *Dams and Development. A new framework for decision making. The report of the World Commission on Dams*. London, UK: Earthscan Publication.
- WWF (Fondo Mundial para la Naturaleza). (2010). Caudal ecológico: Salud al ambiente, agua para la gente. México: WWF. Disponible en http://awsassets.panda.org/downloads/fs_caudal_ecologico.pdf
- Zeledón, J.M. (2015). *Nueva ley de aguas en Costa Rica. Una necesidad cada vez más urgente. CEPAL: Reunión de expertos: La Formulación de Políticas de Agua en el Contexto de la Agenda de Desarrollo Post-2015*. Santiago, Chile: Cepal.

Anexos

Anexo 1

Mensaje de presentación de la encuesta

Mensaje en formato original

Estimado colega:

Nos dirigimos a usted con el propósito de solicitar su colaboración en un tema que día a día adquiere mayor importancia para el logro de un desarrollo sustentable de los recursos hídricos. Esto es, la determinación de los caudales ecológicos y ambientales como instrumento para el diseño de intervenciones que, al tiempo que respondan a las demandas del sistema social, preserven el sistema natural y los servicios ambientales que presta.

En un contexto en el que el desarrollo humano promueve cada vez mayores demandas a los recursos hídricos para atender su crecimiento, la adopción e implementación de conceptos como caudal ecológico, caudal ambiental o el régimen de caudales ambientales resultan elementos que contribuyen significativamente a la mejora de los procesos de gestión integrada de los recursos hídricos.

Si bien el tema está en la agenda de los países de la región, como lo prueba la cantidad de eventos y reuniones que se han venido llevando a cabo a nivel nacional e internacional en los últimos años, debe reconocerse que su grado de desarrollo es muy dispar entre los distintos países y aun dentro de un mismo país. En este sentido, se consideran muy valiosos los esfuerzos realizados en dirección a compartir experiencias, rescatar fortalezas y evaluar debilidades que los países tienen en relación a este tema.

La Red Latinoamericana de Centros de Excelencia en Gestión del Agua (Ralcea), con el apoyo del Latin American Investment Facility (LAIF) de la Unión Europea y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), se propone elaborar un diagnóstico sobre el grado de incorporación que el concepto de caudales ecológicos y ambientales tiene en las políticas hídricas de distintos países de la región, así como su implicancia a la hora de la formulación e implementación de los planes de gestión integrada de recursos hídricos. Un primer paso para la elaboración del diagnóstico propuesto lo constituye la consulta a los actores a los efectos de indagar sobre el estado de situación del tema en sus respectivos países.

Para tal fin, se ha diseñado una encuesta que aborda diferentes facetas del tema e intenta reflejar la globalidad del mismo. Le solicitamos por favor disponga de unos minutos de su tiempo para completar la encuesta que se encuentra disponible en el siguiente vínculo:

<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdfLzMIP5BOgOrynTU0B9pQZcwE6hGXXu9iLxUkwThhPetJ5Q/viwwform>

Asimismo, le pedimos por favor que comparta este mensaje con otros actores, cuya opinión usted considere valiosa.

La fecha límite para completar la encuesta es el **21 de septiembre de 2016**.

Por consultas o dudas en el llenado del formulario dirigirse a parismarta@gmail.com

Las respuestas recibidas serán analizadas y una síntesis de las mismas se habrá de compartir en una sesión especial de la Sexta Reunión Regional de Ralcea, a realizarse del 5 al 7 de octubre próximo en la ciudad de Campeche (México). Ello permitirá hacer una puesta en común de los resultados hasta aquí alcanzados y validar un primer diagnóstico preliminar.

Desde ya agradecemos su participación, la que sin duda será un aporte fundamental que brindará elementos de base para definir las acciones a desarrollar en 2017, en el marco de esta línea de trabajo que Ralcea se propone desarrollar.

Cordiales saludos,

Erasmus Rodríguez - Marta Paris - Mario Schreider - Damián Indij

Ralcea

Formato de la encuesta

ANÁLISIS DIAGNÓSTICO DEL GRADO DE DESARROLLO DEL ENFOQUE DE CAUDALES AMBIENTALES EN PAÍSES DE LA REGIÓN

Datos de quien diligencia la encuesta.

***Obligatorio**

1. Nombre y apellido *

2. Institución a la que pertenece *

3. Cargo que desempeña *

4. Profesión

5. Correo electrónico *

Colaborador

Si Ud. ha completado esta encuesta con la colaboración de otro funcionario o técnico, o ha solicitado a otra persona que cumplimente la encuesta, le pedimos por favor que también indique los datos de su colaborador. Caso contrario, elija la opción siguiente para continuar completando el formulario

6. Nombre y apellido

7. Institución a la que pertenece

8. Cargo que desempeña

9. Profesión

10. Correo electrónico

Generalidades de los métodos

11. 1. Está familiarizado con los términos (puede seleccionar más de una opción): *

Selecciona todas las opciones que correspondan.

- ☐ Caudal Ecológico (CE)
- ☐ Caudal Ambiental (CA)
- ☐ Régimen de Caudales Ambientales (RCA)

12. 2. ¿Para Ud. son conceptos diferentes? *

Marca solo un óvalo.

- ☐ SI
- ☐ NO

13. 3. Tiene conocimiento de alguna de las siguientes metodologías para la estimación de caudales ambientales (puede seleccionar más de una opción): *

Selecciona todas las opciones que correspondan.

- ☐ Hidrológicas
- ☐ Hidráulicas
- ☐ Simulación de hábitat
- ☐ Holísticas
- ☐ Con incorporación de calidad de agua
- ☐ Ninguna
- ☐ Otros: _____

Aplicaciones en el país

14. 4. Tiene conocimiento de que alguna de las metodologías antes mencionadas se haya aplicado en su país. *

Marca solo un óvalo.

- ☐ SI *Pasa a la pregunta 15.*
- ☐ NO *Pasa a la pregunta 20.*

Pasa a la pregunta 20.

Aplicaciones en el país-métodos generalidades

15. 5. Si la respuesta anterior fue positiva, por favor indique el tipo de metodología empleada (puede seleccionar más de una opción):

Selecciona todas las opciones que correspondan.

- ☐ Hidrológica
- ☐ Hidráulica
- ☐ Simulación de hábitat
- ☐ Holística
- ☐ Con incorporación de calidad de agua
- ☐ Otros: _____

Aplicaciones en el país-detalles

16. 6. Indique por favor si los métodos aplicados han sido (puede seleccionar más de una opción):

Selecciona todas las opciones que correspondan.

- ☐ Desarrollados especialmente para la ocasión o para su país
- ☐ Adaptados a partir de metodologías internacionales
- ☐ Aplicados sin ninguna adaptación
- ☐ No cuenta con esa información
- ☐ Otros: _____

17. 7. A qué escala se han aplicado los métodos (puede seleccionar más de una opción):

Selecciona todas las opciones que correspondan.

- ☐ A escala de cuenca
- ☐ A escala local para proyectos específicos
- ☐ Combinación entre ambos
- ☐ No cuenta con esta información

18. 8. Cuál método considera que mejor se adapta a la situación de su país (puede seleccionar más de una opción): *

Selecciona todas las opciones que correspondan.

- ☐ Hidrológicos
- ☐ Hidráulicos
- ☐ Simulación de hábitat
- ☐ Holístico
- ☐ Con incorporación de calidad de agua
- ☐ Otros: _____

19. 9. Por favor indique por qué ha seleccionado estos métodos (máx 400 caracteres) *

Aplicaciones en el país-casos

20. 10. ¿Puede mencionar un caso concreto en su país en donde se haya definido el CE, CA y/o el RCA o dónde deberían definirse? *

Marca solo un óvalo.

- ☐ SI *Pasa a la pregunta 21.*
- ☐ NO *Pasa a la pregunta 24.*

Pasa a la pregunta 24.

Aplicaciones en el país-caso concreto

Por favor indique:

21. a. Nombre del río o curso de agua en donde se ha hecho la determinación: *

22. b. Forman parte de un programa de planificación

Marca solo un óvalo.

- ☐ SI
- ☐ NO

23. c. Problemas que originaron la necesidad de definir el CE, CA y/o RCA (puede seleccionar más de una opción): *

Selecciona todas las opciones que correspondan.

- ☐ Conflictos entre usuarios (riego, consumo humano, cría de animales, industria, generación de energía eléctrica, etc.)
- ☐ Mantenimiento de ecosistemas (peces, humedales, etc.)
- ☐ Desarrollo sustentable del turismo
- ☐ Calidad del agua y/o contaminación
- ☐ Otros: _____

Normativa

24. 11. ¿Alguna normativa de su país hace referencia al CE, CA y/o RCA? *

Marca solo un óvalo.

- ☐ SI *Pasa a la pregunta 25.*
- ☐ NO *Pasa a la pregunta 26.*

Pasa a la pregunta 26.

Normativa-detalle

25. Indique cuál es esa normativa (máx 400 caracteres)

Instituciones

26. 12. Indique qué institución (o instituciones) de su país define, implementa y controla los CE, CA y/o RCA (o cuál a su juicio debería hacerlo) (máx 400 caracteres):

27. 13. ¿Esta institución cuenta con capacidad técnica para determinar y controlar los CE, CA y/o RCA?

Marca solo un óvalo.

☐ SI *Pasa a la pregunta 29.*

☐ NO *Pasa a la pregunta 28.*

Pasa a la pregunta 29.

Instituciones-capacidad

28. Si la respuesta es NO señale cuáles son las posibles causas (puede seleccionar más de una opción):

Selecciona todas las opciones que correspondan.

☐ Desconocimiento de los métodos de cálculo

☐ Falta de normativa

☐ Falta de personal capacitado

☐ Falta de datos

☐ Falta de instrumentos y recursos informáticos

☐ Falta de mediciones

☐ Falta de presupuesto

☐ Falta de interés

☐ Otros: _____

Instituciones-programas

29. 14. ¿Conoce algún programa o proyecto institucional en su país que pueda estar relacionado con estos temas o pueda beneficiarse con su consideración? *

Marca solo un óvalo.

☐ SI *Pasa a la pregunta 30.*

☐ NO *Pasa a la pregunta 31.*

Pasa a la pregunta 31.

Instituciones-programa-detalle

30. Si la respuesta es SI indicar el nombre del programa o proyecto y la institución que lo ejecuta (máx 400 caracteres):

Fortalezas

31. 15. ¿De qué fortalezas dispone la organización a la que pertenece para llevar adelante la formulación/aplicación de los CE, CA y/o RCA? (puede seleccionar más de una opción) *

Selecciona todas las opciones que correspondan.

- ☐ Grupos de interés colaborativos
- ☐ Información disponible
- ☐ Conocimiento técnico y personal capacitado o por capacitar
- ☐ Logística
- ☐ Infraestructura
- ☐ Marco legal
- ☐ Ninguna
- ☐ Otros: _____

32. 16. ¿Reconoce alguna de estas barreras para la aplicación de los CE, CA y/o RCA? (puede seleccionar más de una opción) *

Selecciona todas las opciones que correspondan.

- ☐ No está incluido en la normativa
- ☐ Está normado pero no se ha reglamentado
- ☐ Está normado y reglamentado, pero no hay capacidad institucional para su cumplimiento
- ☐ No hay información suficiente para la aplicación de los métodos
- ☐ No es conocido por los actores involucrados
- ☐ Se lo conoce, pero no se considera útil su determinación
- ☐ No hay conocimiento técnico suficiente
- ☐ Se calcula pero no se aplica
- ☐ Otros: _____

Comentarios finales

33. Muchísimas gracias por su colaboración para completar esta encuesta. Reservamos este espacio para que nos haga llegar cualquier comentario que considere importante (máx 400 caracteres)

Con la tecnología de
 Google Forms

Anexo 2

DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DEL TEMA DE CAUDALES AMBIENTALES

EN LATINOAMÉRICA

PREGUNTAS PARA ENTREVISTADOS

- 1- En su concepto, ¿cuáles son los aspectos claves a tener en cuenta en la determinación de caudales ambientales, y en su opinión a qué se debe que en un buen número de casos en Latinoamérica y en otros países, la determinación e implementación hayan resultado, en general, demasiado difíciles y poco exitosas?
- 2- En este mismo sentido y complementando la pregunta anterior, ¿cuáles considera usted que son los retos fundamentales actuales para la determinación de los caudales ambientales e implementación de un régimen de caudales ambientales en la región?
- 3- ¿Cómo considera usted que la determinación de los caudales ambientales e implementación de un régimen de caudales ambientales se inserta en las políticas/Leyes de Agua de los países latinoamericanos en general, y en su país en particular, y cómo a través de la estimación de caudales ambientales usted cree que se podría trascender de un instrumento meramente regulatorio y de control a una estrategia integral, necesaria para influenciar y mejorar el manejo integrado de los recursos hídricos en Latinoamérica?
- 4- A su entender, ¿cuáles cree que son las principales limitaciones en términos de capacidades institucionales que impiden o restringen la estimación de los caudales ambientales a nivel de Latinoamérica en general y en su país en particular?
- 5- ¿Cuáles cree que serían instrumentos válidos para diseminar el concepto de caudales ambientales en la sociedad, a modo de promover una participación más empoderada de los actores en el proceso de implementación de políticas sobre el particular?
- 6- A su criterio, ¿cuál sería la mejor estrategia para lograr involucrar al sector industrial (generadores hidroeléctricos, empresas de servicios, distritos de riego, etc.), muchas veces en conflicto por el uso del agua y usualmente concentrados en su propio negocio, en la determinación de los caudales ambientales y en el establecimiento de una gobernanza del agua más integral y proactiva?
- 7- La estimación de caudales ambientales resulta muy importante en términos de adaptación al cambio climático. Sin embargo, ninguna de las metodologías disponibles en la literatura para la estimación de los caudales ambientales incorpora explícitamente el efecto del cambio climático. A este respecto, ¿cuál considera usted que debería ser el abordaje para incluir el cambio climático en los análisis de caudales ambientales y cuáles podrían ser las implicaciones de considerarlo para los entes de gestión del agua en la región?
- 8- A nivel internacional, la ciencia de la ecohidrología, usualmente vista desde la protección del medioambiente y fundamentalmente de ecosistemas dulce acuícolas, ha empezado a moverse hacia una ciencia multidisciplinaria en la que el concurso de economistas, abogados, hidrólogos, biólogos, ecólogos, entre otros, resulta primordial. A este respecto, ¿cuál considera usted es el estado actual de la ecohidrología en Latinoamérica y cuáles son los desafíos futuros por enfrentar en la región en esta temática?

Anexo 3

Experiencia piloto para la determinación de caudales ambientales en el arroyo Maldonado, Uruguay³

Ámbito en el que se desarrolló el caso de estudio

Fue presentado como una experiencia piloto en el marco de estudio denominado “Qué son los caudales ambientales y cuál es la perspectiva de su aplicación en Uruguay”, por el Programa Hidrológico Internacional para América Latina y el Caribe (PHI-LAC).

Motivaciones del estudio

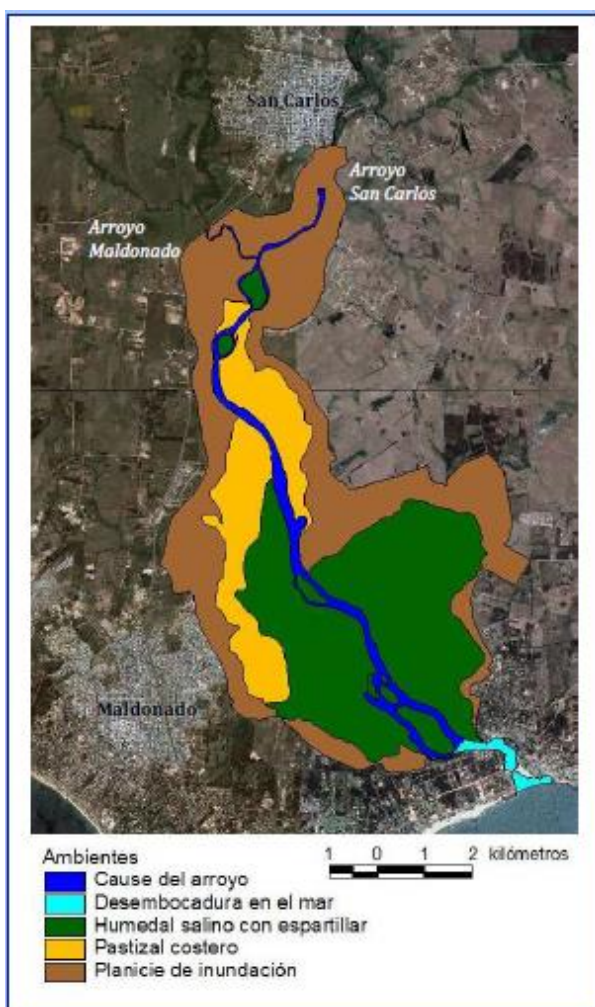
Mitigar el impacto que tiene el desarrollo urbanístico y la creciente actividad turística sobre el humedal salino del arroyo Maldonado.

Constituirse como un caso testigo para desarrollos posteriores.

Área de estudio

La cuenca del arroyo Maldonado ocupa aproximadamente 1.376 km² e incluye las ciudades San Carlos y Maldonado, en Uruguay. El humedal del arroyo Maldonado se desarrolla desde la confluencia del arroyo San Carlos y del arroyo Maldonado hacia su desembocadura en el océano Atlántico. Este humedal salino es la marisma más extensa del país, que ocupa un área de 19 km², y es considerado, a nivel nacional e internacional, un sitio de relevancia para la conservación de la biodiversidad.

De acuerdo al censo del año 2004, en la zona de estudio habitan 29,000 personas, que representa 21 % de la población del departamento de Maldonado. La actividad con mayor ocupación del área es el comercio (19 %), seguida de la construcción (15 %). Sin embargo, las actividades vinculadas al turismo (hoteles, restaurantes, transporte, inmobiliaria y servicios), alcanzan una alta tasa de ocupación (40 %). El departamento recibe casi 30 % de los turistas que ingresan al país y 20 % del turismo interno). Se destaca el uso turístico en las localidades de La Barra y El Tesoro, que representa 10 % del sistema turístico asociado a Punta del Este.



³ Unesco. (2014). *Qué son los caudales ambientales y cuál es la perspectiva de su aplicación en Uruguay*. Documentos Técnicos del PHI-LAC, n.º 34.

Métodos aplicados

- Metodología hidrológica basada en datos de caudales medios diarios obtenidos de las series 1983 - 2000 para el arroyo San Carlos y 1985 – 1993 para el arroyo Maldonado
- Metodología Ecohidráulica basado en el método IFIM (Instream Flow Incremental Methodology)⁴. Especie considerada *Hoplias malabaricus* (tararira en estadio adulto y juvenil).
- Metodología holística. Aplicación del método DRIFT (Downstream Response to Imposed Flow Transformation)⁵. Esta metodología fue aplicada a manera de ejercicio para dimensionar los requerimientos necesarios para su utilización apropiada, y en menor medida como herramienta para obtener un valor de caudal ambiental.

Implementación de los caudales ambientales – aspectos destacados

El caso analizado constituye una experiencia piloto en Uruguay que pretende ser demostrativa de las potencialidades que el país tiene para desarrollar una estrategia de incorporación del concepto de caudales ambientales en la política nacional de agua, así como de la necesidad de promover una estrategia que tome en cuenta el marco institucional y las capacidades nacionales existentes.

El arroyo Maldonado reúne, al tiempo que una problemática destacada, una base de información suficiente para la aplicación de las tres metodologías. Aun así, el estudio reconoce la creciente demanda de información a medida que los métodos involucran los aspectos ecológicos que consideran las metodologías ecohidráulicas y más aún cuando se suman consideraciones de tipos socioeconómicas como consideran los métodos holísticos. Además, destaca que la selección de los métodos de estimación de caudales ambientales dependerá del objetivo ambiental que se plantee alcanzar y debería ser caso a caso, debido a la complejidad y diversidad de situaciones en donde podría ser útil aplicarlos. Por lo tanto, propone una aproximación de tipo “caja de herramientas”, con la cual los gestores puedan elegir las metodologías más adecuadas para el grado de conflictividad, disponibilidad de información, tiempos y costos económicos.

El estudio destaca el apropiado marco normativo del que Uruguay dispone, pero al mismo tiempo reconoce que existe una importante dispersión y superposición de normativas, especialmente de instituciones involucradas en la gestión del agua. Al respecto, recomienda fortalecer las capacidades humanas y de infraestructura, así como promover las alianzas y la coordinación interinstitucional. Un punto interesante que deja abierto para la discusión es si los caudales ambientales deberían estar definidos y regulados por la normativa o deberían ser considerados como una herramienta más de gestión.

Respecto de la participación, se destaca su consideración en las normativas vigentes, pero se señala la importancia de generar programas de fortalecimiento de las organizaciones y actores locales para que logren una adecuada participación en las diversas instancias. Se puede destacar el caso como una contribución a la experiencia de participación local: “Gestión Ecosistémica del Humedal del Arroyo Maldonado”, que viene desarrollando en forma conjunta la Intendencia de Maldonado (IDM) y la Asociación de Formadores Docentes en Educación Ambiental (AFDEA). A través de esta, se busca diagnosticar las problemáticas asociadas a la

⁴Bovee, K.D.; Lamb, B.L.; Bartholow, J.M.; Stalnaker, C.B.; Taylor, J. y Henriksen, J. (1998). *Stream habitat analysis using the instream flow incremental methodology*. U.S. Geological Survey, Biological Resources Division Information and Technology Report USGS/BRD-1998-0004.

⁵ King, J.; Brown, C. y Sabet, H. (2003). *A scenario-based holistic approach to environmental flow assessments for rivers*. *River Research and Applications* (19), pp. 619-639.

gestión del humedal y sus condiciones, además de promover la protección del mismo como área natural prioritaria.

En síntesis, el caso se constituye un ejercicio motivador de un proceso incipiente en Uruguay, que requiere un fortalecimiento de las capacidades institucionales, al tiempo que el desarrollo de acciones de difusión y generación de conciencia al colectivo de los actores involucrados.

Caudales ecológicos en el río Pánuco, México. Impacto del proyecto Monterrey VI⁶

Ámbito en el que se desarrolló el caso de estudio

Constituye un documento elaborado por The Nature Conservancy (TNC) en el marco del conflicto suscitado por el proyecto del acueducto Monterrey VI, que prevé extraer agua del río Pánuco y dotar al área metropolitana de Monterrey.

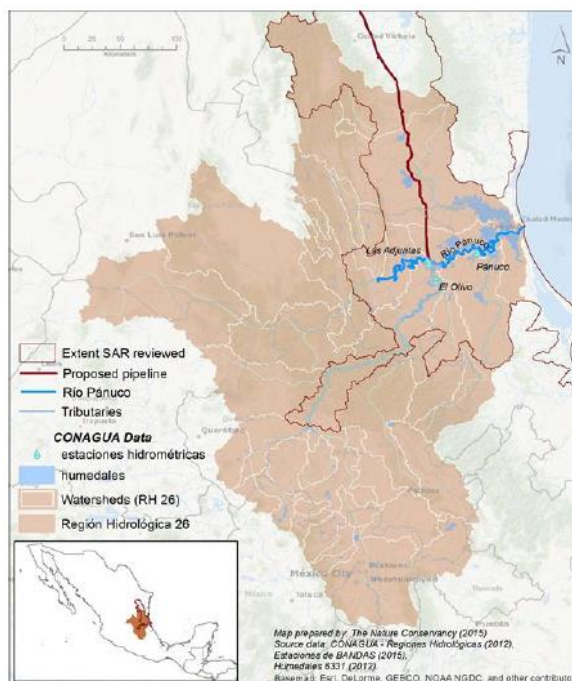
Motivaciones del estudio

Realizar una revisión crítica del procedimiento y los resultados obtenidos del cálculo del caudal ecológico en la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA), basado en la normativa vigente⁷ y para las hipótesis de extracción de agua previstas en el Proyecto Monterrey VI. Valorar los efectos que sobre el ecosistema tendría la puesta en funcionamiento del proyecto, a partir de metodologías que contemplen los procesos de alteración de los ecosistemas como respuestas a las modificaciones en el régimen de caudales.

Área de estudio

El río Pánuco se localiza en la vertiente este de México, y antes de su desembocadura en el golfo de México constituye la frontera entre Veracruz y Tamaulipas. La región se ubica en un área que combina diversos climas, exhibiendo un marcado gradiente de precipitación, que va de oeste a este, y con una precipitación total anual que va desde los 300 mm que se recogen en el oeste hasta los 2,400 mm recogidos en este de la región. Se presenta una gran variedad de sistemas ecológicos, incluyendo bosques de coníferas, bosques tropicales y bosques mesófilos de montaña, algunos de los cuales están amenazados o en riesgo de desaparecer. Los sistemas hidrológicos presentes (ríos, arroyos, manantiales, lagos y manglares) juegan un importante papel en el mantenimiento de la biodiversidad regional. La zona este de la cuenca de la Sierra Madre Oriental-Golfo de México posee una tercera parte de las escorrentías del país, lo que favorece la generación de varios servicios ambientales para la población en general.

Las actividades económicas, principalmente agrícolas ganaderas, resultan afectadas por el régimen hidrológico, particularmente durante los estiajes, por lo que el proyecto del acueducto resulta particularmente sensible para las poblaciones asentadas en la cuenca.



⁶ Gondor, A.; Haney, J.; Sánchez, J.Á. y Hesselbach, H. (2015). *Capítulo 3: Caudal ecológico: Agua para la naturaleza e impactos de Monterrey VI*. The Nature Conservancy. Disponible en <http://famm.mx/wp-content/pdf/capitulo3-caudal-ecologico-agua-para-la-naturaleza.pdf>

⁷ Norma mexicana NMX-AA-159-SCFI- (2012). *Procedimiento para la Determinación del Caudal Ecológico en Cuencas Hidrológicas*. 20 de septiembre de 2012. Estados Unidos Mexicanos: Secretaría de Economía.

Métodos aplicados

- Método hidrológico⁸, empleado en la MIA de acuerdo a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana. Se utilizaron los registros del período 1955 – 2011 de la estación Las Adjuntas sobre el río Pánuco.
- Método de Límites Ecológicos de Alteración Hidrológica (ELOHA)⁹ se analizaron las respuestas ecológicas de 20 especies de aves, ocho especies de peces, un reptil y dos macroinvertebrados.

Implementación de los caudales ambientales – Aspectos destacados

La Norma Mexicana reconoce que los métodos descritos deben ser considerados como requerimientos técnicos mínimos y no excluye la aplicación de métodos complementarios o alternos más precisos, cuando la información o los recursos disponibles así lo permitan. El caso de estudio suma a la conflictividad social del proyecto una complejidad desde el punto de vista ambiental que obliga a ampliar los alcances de los métodos empleados en la MIA. Los autores, por un lado, señalan ciertas imprecisiones o determinaciones incorrectas de los caudales ecológicos establecidos en la MIA. Por otro, advierten de la importancia de los ecosistemas del Pánuco y su vulnerabilidad ante pequeñas variaciones de flujo; asimismo, aconseja evaluar el caudal ecológico con otros métodos como el holístico, el hidrobiológico o de simulación de hábitat, que permiten una mejor comprensión de las relaciones entre la variación de flujos con las necesidades de los ecosistemas y sus especies.

Sobre esta base la aplicación del método ELOHA, desarrollada en el caso de estudio, pone nuevamente en escena el dilema entre el grado de entendimiento que se puede alcanzar de ecosistemas complejos como los del Pánuco, a partir de metodologías como la propuesta, y los requerimientos de información que este tipo de procedimientos exigen y que en la mayoría de los casos no se cuenta. A ello debe sumarse la necesaria concurrencia de expertos que puedan aportar sus bases de conocimiento a la resolución interdisciplinaria del problema.

Avanzar en la cuantificación de las necesidades de agua para especies clave y componentes de los ecosistemas es un objetivo deseable que debería ser incorporado dentro de las políticas, acordes a los objetivos ambientales que se persigan para una determinada cuenca. Establecer secuencias de mediciones de los componentes ecológicos clave identificados, indicadores físicos y biológicos, más su correlato con las variables hidrológicas puede guiar el diseño de estudios de campo a realizarse en el futuro. Pero ello ha de exigir una coordinación interinstitucional no habitual en los organismos responsables de la gestión del agua y el ambiente.

Si bien debe ser una prioridad avanzar en la dirección antes señalada, en el mientras tanto, resulta imprescindible el establecimiento de un monitoreo ampliado de los escurrimientos en la cuenca del río Pánuco, a los fines de poder adoptar medidas oportunas y fundadas ante la creciente presión de las demandas

⁸ Tennant, D.L. (1976). *Instream Flow Regimens for Fish, Wildlife, Recreation and Related Environmental Resources. Proceedings on Stream Flow Needs Symposium*, pp. 359- 373. Billings, Montana, Estados Unidos.

⁹ Poff, N.L.; Richter, B.D.; Arthington, A.H.; Bunn, S.E.; Naiman, R.J.; Kendy, E.; Acreman, M.; Apse, C.; Bledsoe, B.P.; Freeman, M.C.; Henriksen, J.; Jacobson, R.B.; Kennen, J.G.; Merritt, D.M.; O’Keeffe, J.H.; Olden, J.D.; Rogers, K.; Tharme, R.E. y Warner, A. (2009). The ecological limits of hydrologic alteration (ELOHA): a new framework for developing regional environmental flow standards. *Freshw. Biol.* (55), pp. 147–170. doi:10.1111/j.1365-2427.2009.02204.x

de agua y las múltiples extracciones ya comprometidas. De este modo, se podrá verificar la ocurrencia de los volúmenes propuestos por la Conagua para proteger los caudales ecológicos, especialmente durante los estiajes.

Por último, los autores concluyen que: “Ante la ausencia de datos aparejados de hidrología y respuesta ecológica para cuantificar las relaciones ecológicas-alteración del caudal, la información hidrológica en combinación con un entendimiento general de los ciclos de vida de las especies y sus requerimientos de agua es frecuentemente utilizada para desarrollar de manera preliminar recomendaciones sobre los caudales. Este tipo de análisis deben ser efectuados como parte de la evaluación ambiental dentro de la MIA” (Poff et al., 2009).

Estimación de caudales ambientales en la cuenca del Río Pastaza - Ecuador^{10,11}

Ámbito en el que se desarrolló el caso de estudio

Este caso de estudio constituye un ejercicio académico desarrollado en cumplimiento de los requerimientos para la obtención del título de Ingeniero Ambiental de la Facultad de Ingeniería y Ambiental de la Escuela Politécnica Nacional de Quito, Ecuador.

Motivaciones del estudio

Esta investigación estuvo orientada a determinar caudales ambientales en tramos específicos de varios ríos de la cuenca del río Pastaza, mediante la metodología conocida como panel de expertos. Se valoraron fortalezas y debilidades de esta metodología a la hora de su aplicación en situaciones con limitada cantidad de información, reducida disponibilidad de tiempo y escasos recursos económicos.

Área de estudio

La cuenca del río Pastaza ocupa un área de 23,057 km² del este del Ecuador; abarca parte de las provincias de Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo, Pastaza y Morona Santiago. Se extiende desde la cordillera oriental y occidental hasta el sector conocido como Soldado Monge, en la frontera con el Perú. Alcanza una superficie total cerca de 39,500 km² hasta antes de verter sus aguas al río Marañón en territorio peruano. La cuenca hidrográfica tiene una topografía



muy irregular, presenta pendientes que van desde el 70 % en las estribaciones de la cordillera hasta terrenos llanos en los valles amazónicos. El clima está determinado por la influencia del océano Pacífico, el régimen amazónico y la intervención de algunos factores como el relieve, la corriente cálida ecuatorial y la oscilación de la zona de convergencia intertropical. El clima es gélido en las grandes alturas; frío en los páramos y nudos; templado y subtropical en las hoyas, y tropical húmedo en las llanuras amazónicas. La cuenca del río Pastaza se encuentra dentro de seis áreas protegidas. Estas conservan una alta diversidad de ecosistemas, tanto terrestres como acuáticos, con especies endémicas y en peligro de extinción. Las actividades socioeconómicas principales son la agricultura, la ganadería y la producción de leche. Los centros económicos son Latacunga,

¹⁰ Ordoñez, M.J. (2010). *Proyecto piloto para la estimación de caudales ambientales en la cuenca del río Pastaza, basado en un panel de expertos*. Proyecto previo para la obtención del título de Ingeniero Ambiental. Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Escuela Politécnica Nacional. Ecuador. <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2238/1/CD-3017.pdf>

¹¹ Fundación Natura, Secretaría Nacional del Agua (Senagua). (2009). *El concepto de caudal ecológico en Ecuador. Memorias de un proyecto piloto en la cuenca del río Pastaza*. Disponible en <https://es.scribd.com/document/330092168/EL-CONCEPTO-DE-CAUDAL-ECOLOGICO-EN-ECUADOR>.

Ambato y Riobamba, cuya principal fuente de ingresos proviene de la industria textil, del cuero, las industrias cementeras y el comercio.

Métodos aplicados

- Metodología del Panel de Experto ¹², conformado por cuatro componentes:
- Hidrológica – hidráulica: un ingeniero civil, dos ingenieros ambientales
- Biológica: un ecólogo acuático, un ictiólogo
- Socioeconómica/usos recreativos: un sociólogo
- Gestión del agua: funcionarios de las agencias de la Senagua de Latacunga, Ambato y Riobamba

Implementación de los caudales ambientales – Aspectos destacados

Para cada uno de los módulos propuestos se hizo una recopilación de información secundaria que fue puesta a disposición de los expertos. Sistematizada toda la información, y analizados sus alcances y limitaciones, se procedió a la selección de sitios de estudios que tuvieran relevancia y representación en el conjunto de la cuenca. De esa selección participaron todos los integrantes del panel de expertos. En una primera instancia y con una fuerte participación de representantes de la agencia de agua, se elaboró una lista inicial de 21 sitios en función de las demandas de agua, conflictos sociales por el uso y calidad del agua. Finalmente, esa lista se redujo a seis lugares, y se consideraron aquellos con mayor afectación por la presencia de obras hidráulicas de envergadura, el interés de conservar ecosistemas en buen estado y la disponibilidad de información hidrometeorológica. Definidos los sitios de interés, se completó la información secundaria con información de campo de cada uno de los componentes señalados y recopilados al efecto.

Para cada uno de los sitios seleccionados se hizo un análisis de las modificaciones de variables hidráulicas (caudal) entre la situación natural y la modificada. A partir de ello, se procuró una vinculación con los aspectos biológicos, y se finalizó en una definición del estado ambiental para cada una de los componentes establecidos. El panel no pudo arribar a la determinación de caudales ambientales por falta de información específica sobre los grupos acuáticos identificados.

Si bien los resultados del estudio son de carácter cualitativo, una conclusión relevante se asocia a la posibilidad de indagar empíricamente sobre los impactos verificables de una obra por contraste de la situación natural y la situación alterada. Ello permite reconocer y hacerle visible al conjunto de los actores el valor hidrológico que se ha perdido al escoger un determinado sistema de gestión del agua. Ello ha sido muy palpable en el caso de la presa de Agoyán, sobre el río Pastaza. De los seis sitios analizados, precisamente el del río Pastaza, aguas abajo de la presa de Agoyán, fue calificado como crítico; es decir, con modificaciones irreversibles. En el otro extremo de los sitios analizados, el del río Palora se puede considerar como prístino.

En síntesis, el método de panel de experto pudo dar respuestas a los objetivos del estudio, aunque por supuesto con limitaciones marcadas por dos elementos centrales: a) restricciones en la disponibilidad de datos para el desarrollo de la metodología en lo que hace escasa información de ecología acuática, falta de una explicitación de los requerimientos para usos recreativos, discontinuidad de la información hidrológica y limitaciones en la accesibilidad a los sitios de medición, y b) la propia subjetividad de los miembros del panel, su perfil de formación y la experiencia con que cuentan. Superar estas limitaciones exige, por un lado, el desarrollo coordinado de planes integrados de mediciones sostenibles en el tiempo; y por otro, avanzar en

¹²Bevitt R.; Erskine, W.; Gillespie, G.; Harris, J.; Lake, P.; Miners, B. y Varley, I. (2009). *Expert panel environmental flow assessment of various rivers affected by the Snowy Mountains Scheme*. NSW Department of Water and Energy.

los criterios y condiciones a tener en cuenta a la hora de conformar el panel, pues deberá incorporar las disciplinas necesarias y brindar un balance en su integración, de manera que facilite una mirada holística y evite la captura de opiniones por parte de algunos de los miembros del mismo.

Estimación de caudales ambientales en ríos fuertemente intervenidos. el caso de Río Atuel - Argentina^{13,14}

Ámbito en el que se desarrolló el caso de estudio

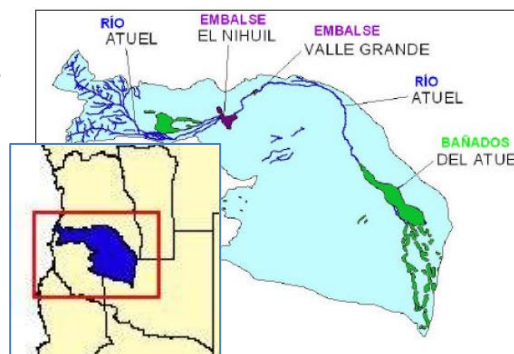
Este caso ha sido documentado con base en los trabajos presentados en el Séptimo Simposio Regional sobre Hidráulica de Ríos y el Taller de Caudales Ambientales desarrollado en el marco del Seminario Internacional Cambio Climático, Caudales Ambientales y Energías Sostenibles en América Latina. Estos trabajos, a su vez, recopilan aspectos destacados de estudios antecedentes en el marco de la disputa interprovincial entre las provincias de La Pampa y Mendoza (Argentina) por el uso de los recursos hídricos del río Atuel.

Motivaciones del estudio

La regulación de las aguas del río Atuel en territorio mendocino para la generación de energía y el desarrollo de áreas bajo riego modificó en gran medida el régimen de caudales que ingresa a la provincia de La Pampa, y que llega incluso a anularse en ciertos períodos, lo que ha motivado cambios en el noroeste pampeano. Esta situación ha provocado reclamos por parte del gobierno pampeano por diversas vías, incluida la judicial, que alcanzó a la Suprema Corte de Justicia de la Nación. Las decisiones de la Corte y una posición intransigente de la provincia de Mendoza han generado que el conflicto se escale, resultado de lo cual la provincia de La Pampa ha presentado una nueva demanda en la Suprema Corte de Justicia de la Nación para solicitar, entre otras cuestiones, un caudal ambiental; pero sin indicar con claridad si los volúmenes de agua que se reclaman tienen por objeto la restauración o el mantenimiento de los ecosistemas, si se busca una mejora en la calidad de vida de la población, o un desarrollo agropecuario de la región. La magnitud del conflicto y las consecuencias que esto tiene directamente sobre el sistema natural e indirectamente sobre el sistema social hace imperioso que se encuentren medidas superadoras para que el río restaure su carácter permanente en su tramo inferior, a la vez que asegure un régimen de caudales ambientales (particularmente en lo que hace las épocas de estiaje) que fortalezca la sustentabilidad de los ecosistemas.

Área de estudio

La cuenca del río Atuel se localiza en el sur de la provincia de Mendoza y comprende una porción del noroeste de La Pampa. La cuenca ocupa el sector más meridional de las que integran el sistema del Desaguadero y posee una superficie aproximada de 39,404 km². El río Atuel nace en la laguna homónima de origen glaciar y su red de drenaje se extiende desde el Paso de Las Leñas al norte hasta el Portezuelo de Las Lágrimas al sur. El régimen hidrológico de la cuenca superior es nival con caudales máximos a finales de primavera y comienzos del verano. En la cuenca inferior se presentan escurrimientos discontinuos y con caudales muy disminuidos. Solo esporádicamente y en situaciones de excedentes, los escurrimientos se verifican en verano. La Subsecretaría



¹³ Spalletti, P.; Rodriguez, A.; Irigoyen, M. (2015). *Caudales ambientales en ríos fuertemente intervenidos*. Séptimo Simposio Regional sobre Hidráulica de Ríos, Ríos 2015, Montevideo.

¹⁴ Dornes, P. (2015). *Estrategia para la determinación de caudales ambientales*. Seminario Internacional Cambio Climático, Caudales Ambientales y Energías Sostenibles en América Latina. Taller Caudal Ambiental, Buenos Aires. Disponible en www.cohife.org/OLD/documentos/PDornes_Taller.pdf

de Recursos Hídricos (SSRH) cuenta con seis estaciones en la cuenca, cinco de las cuales (en la cuenca alta y media) tienen extendidos registros de caudales. La estación en la cuenca baja tiene solo algunos datos de aforo a partir de 2013.

Métodos aplicados

- Método hidrológico con enfoque adaptativo¹⁵: Se utilizaron los datos de la estación La Angostura dado su largo período de registro y su ubicación aguas arriba de las obras de aprovechamiento
- Método DRIFT (Downstream Response to Imposed Flow Transformation)¹⁶ con definición de escenarios

Implementación de los caudales ambientales – Aspectos destacados

El método hidrológico con enfoque adaptativo propone la adopción como caudal ambiental, el correspondiente al 10 % del caudal medio anual en la Estación La Angostura, valor definido en la literatura como el umbral mínimo para organismos acuáticos. Luego, con base en la respuesta del sistema, los caudales de referencia y los procedimientos de gestión deberían poder adaptarse en el tiempo. Las fuentes de consulta reconocen que la voluntad de liberar los flujos sin necesidad de una justificación meticulosa puede ser problemática en condiciones de disputa. Sin embargo, la ejecución de obras que aumenten la disponibilidad de agua del sistema y la mejora de la eficiencia de riego (ya sea mediante la educación, la implementación de incentivos o el financiamiento para la readecuación de las técnicas de irrigación en las fincas) son alternativas para incrementar la disponibilidad de agua y destinarla al establecimiento de caudales ambientales.

Por su parte, el enfoque holístico a través del método DRIFT propone la definición de cuatro escenarios: a) mantenimiento de las condiciones actuales, b) escurrimiento encauzado, c) restablecimiento ampliado, y d) inundación. Para cada uno de los escenarios se evaluaron los aspectos hidrológicos, geomorfológicos, florísticos, faunísticos y sociales.

Resultan evidente los diferentes requerimientos de información y grado de respuesta que, a objetivos ambientales establecidos, dan una y otra metodología. Ello haría pensar que las conclusiones arribadas por una y otra fuente consultadas en relación al mismo caso debieran tener elementos que los diferencien; obviamente, esto es así cuando se profundiza en el grado de detalle de los aspectos analizados. Sin embargo, para los fines de gestionar la implementación de los caudales ambientales como herramienta para la recuperación del sistema, en un marco de respuesta a las aspiraciones sociales y demandas institucionales de las provincias involucradas, hubo elementos comunes que se considera valiosos señalar aquí:

- El establecimiento de un régimen de caudales ambientales requiere una gestión concertada de la cuenca. Esa gestión debe ser dinámica (sujeta a un permanente ajuste), en función de la respuesta integral del sistema a las nuevas condiciones hidrológicas.
- Los caudales pueden modificarse sucesivamente en función de un conocimiento creciente, el cambio de prioridades y las modificaciones en la infraestructura a lo largo del tiempo. Monitorear los procesos de cambio a través de un adecuado programa de mediciones que soporte la toma de decisiones es un elemento indispensable para consolidar las instancias de consenso señaladas.

¹⁵ O’Keeffe, J. y Le Quesne, T. (2010). *Cómo conservar los ríos vivos – Guía sobre los caudales ecológicos*. WWF (World Wide Fund for Nature).

¹⁶ King, J.; Brown, C. y Sabet, H. (2003). *A scenario-based holistic approach to environmental flow assessments for rivers. River Research and Applications* (19), pp. 619-639.

- El enfoque adaptativo resulta un elemento destacable a la hora de consolidar procesos de gestión concertados, ya que permite la posibilidad de redefinir y ajustar caudales.

La evaluación de caudales ambientales combina elementos científicos y sociales. Técnicamente, puede hacerse una adecuada estimación de las necesidades de un caudal, pero esta no se aplicará a menos de que la comunidad sepa por qué debe prescindir de la utilización de una parte del caudal del río, y crea en esta propuesta.

Estimación de caudales ecológicos y disponibilidad hídrica en la cuenca del Río Das Pedras, Brasil¹⁷

Ámbito en el que se desarrolló el caso de estudio

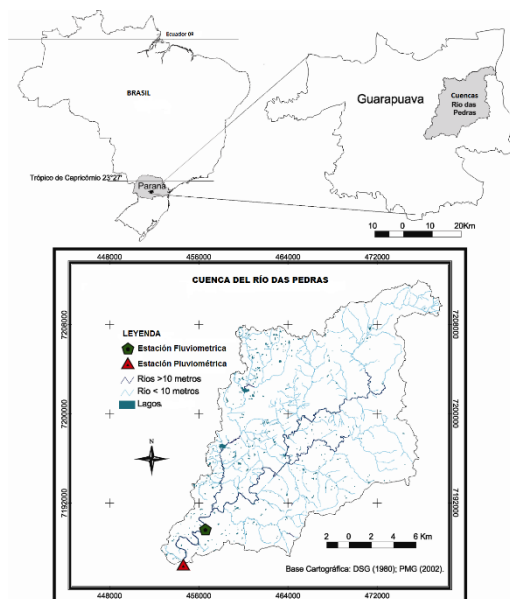
El presente caso de estudio fue desarrollado como parte de las actividades de investigación desarrolladas en el marco del Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Centro-Oeste Unicentro, Guarapuava, Paraná, Brasil.

Motivaciones del estudio

En Brasil, las autorizaciones de uso de los recursos hídricos son concedidas utilizando un único valor de caudal ecológico, obtenido generalmente por métodos hidrológicos que no consideran las limitaciones hídricas propias de los regímenes naturales de caudales (a escala espacial y temporal) y la variabilidad hidrológica de los sistemas, así como tampoco los patrones de los hábitats que se desarrollan a lo largo de los cursos de agua y sus comportamientos con el cambio de los caudales¹⁸. El estudio explora diferentes procedimientos de cálculo dentro del enfoque de los métodos hidrológicos para dar cuenta de las discrepancias que existen entre los cálculos efectuados por el estudio y el valor de referencia determinado acorde a las normativas vigentes en el estado de Paraná. Este análisis resulta trascendente ya que el tramo del río Das Pedras en análisis es la fuente de provisión de agua a la ciudad de Guarapuava en la región centro sur del estado de Paraná.

Área de estudio

La cuenca del río Das Pedras abarca un área estimada de 332 km². Este río es uno de los mayores afluentes de margen derecha del río Iguazú. Las nacientes del río Das Pedras se encuentran en el área de protección ambiental Sierra de la Esperanza. La cuenca combina relieves de tipo suaves o ondulados (77 % del área) con un sector en sus nacientes fuertemente ondulado y montañoso (20 % del área) que potencia significativamente la energía de los flujos potenciales. La vegetación dominante de la cuenca está constituida por floresta subtropical, floresta secundaria (luego de que la tierra ha sido cultivada), reforestaciones, vegetación campestre, campos inundables y zonas de pastoreo. El uso de la tierra es bastante diversificado con actividades relacionadas con la agricultura, bosques, ganadería e industria, entre otros. El 65 % de la cuenca está dedicada a agricultura y forestación. La ciudad de Guarapuava tuvo en las últimas



¹⁷ Vestena, L.R.; Dias, É.; Da Cunha, M.C.; Lopes, E. (2012). Vazão ecológica e disponibilidade hídrica na bacia das Pedras, Guarapuava-PR. *Revista Ambiente&Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 7(3). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.840>

¹⁸ Medeiros, P. C.; Souza, F. A. S. y Ribeiro, M. M. R. (2011). Aspectos conceituais sobre o regime hidrológico para a definição do hidrograma ambiental. *Ambi-Agua, Taubaté*, 6(1), pp. 131-147. Disponible en <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua>.

décadas una expansión demográfica muy grande producto de la urbanización de terrenos rurales, a partir de cambios en la forma de apropiación de la naturaleza, así como de la introducción de nuevas técnicas agrícolas, la evolución de las relaciones sociales más las prácticas culturales en el campo y la ciudad.

Métodos aplicados

Se utilizaron los siguientes métodos de tipo hidrológico:

- Caudal medio mínimo de siete días con un período de retorno de 10 años ($7Q_{10}$)¹⁹
- Curva de permanencia de caudales: Serie histórica de caudales medios diarios: Se seleccionaron caudales asociados a 95 % (Q_{95} %) y 90 % (Q_{90} %), habitualmente considerados para el otorgamiento de agua²⁰
- Caudales mínimos medios anuales de siete días²¹
- Caudal base²²

Implementación de los caudales ambientales – Aspectos destacados

De acuerdo con los criterios adoptados por el estado de Paraná, el caudal ecológico se establece como el 50 % de $7Q_{10}$, estimado en 0.91 m³/s. Por su parte, los resultados obtenidos para cada uno de los métodos señalados se sintetizan en:

- Caudal medio mínimo de siete días con un período de retorno de 10 años: 1.83 m³/s
- Permanencia de caudales: $Q_{95\%}$: 2.22 m³/s $Q_{90\%}$ 2.74 m³/s
- Caudal mínimo medio anual de 7 días: 1.72 m³/s
- Caudal del flujo base: 2.50 m³/s

Un análisis de los caudales diarios monitoreados del río Das Pedras (sustraídos los caudales concedidos para diferentes usos) demuestra que en ciertos períodos los caudales remanentes en el río están por debajo del caudal ecológico fijado por el estado de Paraná (0.91 m³/s), y mucho más aún de la media de los caudales ecológicos calculados en el trabajo. La variabilidad temporal del caudal impone establecer condiciones diferenciadas en el aprovechamiento del recurso, lo que permite disponer de mayores volúmenes durante las crecidas y menores en los estiajes. Los resultados demuestran las limitaciones de la metodología adoptada por el estado de Paraná para la determinación del caudal ecológico. Ello no solo obedece a la condición de un caudal constante en el tiempo, sino a la insuficiencia señalada en la literatura del parámetro $7Q_{10}$ para asegurar el sostenimiento de los hábitats acuáticos. Una instancia superadora de la situación actual propone²³ la incorporación de un hidrograma ecológico como una forma de establecer un régimen de caudales ambientales que tenga en cuenta no solo las variaciones de las condiciones hidrológicas sino los requerimientos de hábitats de las especies consideradas.

¹⁹ Sarmiento, R. (2007). *Estado da arte da vazão ecológica no Brasil e no mundo*. Unesco/ANA/CBHSF.

²⁰ Pereira, S. B. (2004). *Evaporação no lago de Sobradinho e disponibilidade hídrica no rio São Francisco*. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Ambiental) - Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG.

²¹ Benetti, A. D.; Lanna, A. E.; Cobalchini, M. S. (abril-junio 2003). Metodologias para determinação de vazões ecológicas em rios. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre* 8 (2), pp. 149-160.

²² Kulik, B.H. (1990). A method to refine the New England aquatic base flow policy. *Rivers*, 1, pp. 8-22.

²³ Collischonn, W.; Agra, S. G.; Freitas, G. K.; Priante, G. R.; Tassi, R. y Sousa, C. F. (20-24 de noviembre de 2005). *Em busca do Hidrograma Ecológico*. In: XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 16, João Pessoa. Anais. João Pessoa: ABRH, 2005. 1 CD-ROM.

La manifiesta incidencia de la variabilidad de los caudales hace necesario poner énfasis en los procesos y técnicas de monitoreo fluvial, a modo de evaluar con mayor precisión las alteraciones temporales y espaciales de los procesos hidrológicos.

Los métodos utilizados han demostrado ser de fácil aplicación, dado que se basan en series históricas de caudales, sin considerar la biota del río y los ecosistemas de su entorno. Una profundización del análisis requiere de conocer información de los procesos biológicos que ocurren en los cursos de agua y su relación con la hidrología. Para Brasil, con un fuerte desarrollo en la observación hidrológica, la incorporación de las variables asociadas a los ecosistemas se plantea como un desafío, cuya concreción habrá de contribuir a una gestión integrada de los recursos hídricos, así como al logro de un equilibrio entre los factores socioeconómicos y ecológicos.

Estimación de caudales ambientales en el Río Tempisque, Costa Rica²⁴

Ámbito en el que se desarrolló el caso de estudio

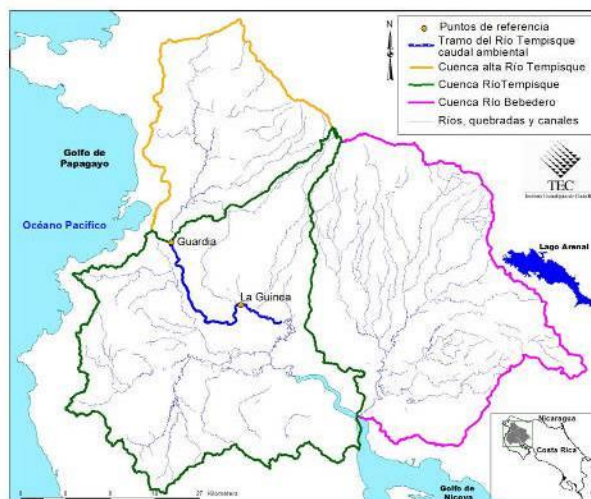
En el año 2004, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) vinculó sus esfuerzos con la Organización para Estudios Tropicales (OET) para desarrollar un estudio de caso a nivel centroamericano con el fin de ilustrar la importancia de establecer caudales ambientales en la planificación de los recursos hídricos. Fue así como se desarrolló el primer estudio a nivel regional en la cuenca del río Tempisque (CRT).

Motivaciones del estudio

Las actividades económicas como el turismo, la agroindustria (ingenios, plantas de empaque, etc.), los cultivos de caña, melón y arroz de esta cuenca dependen fuertemente del recurso hídrico, dado que la región presenta una estación seca prolongada entre los meses de diciembre y abril. Por otro lado, las aguas residuales de estos sistemas de consumo contienen contaminantes que terminan en el golfo de Nicoya, el cual es un gran estuario que mantiene una de las pescas artesanales más importantes del país. Consecuentemente, la selección de la CRT para realizar un estudio de caso resulta muy pertinente, pues es donde se presentan los mayores conflictos entre usuarios del recurso hídrico con demandas crecientes en el tiempo y la necesaria conservación del ambiente para preservar los servicios que prestan los ecosistemas. Este estudio puede ser considerado como un caso testigo, ya que su realidad se asemeja a la de muchas cuencas de la región centroamericana, donde se carece de información hidrológica/ecológica detallada, a la vez que no se cuenta con los recursos y el tiempo necesario para el desarrollo de estudios que permitan generar información para la toma de decisiones.

Área de estudio

La cuenca del río Tempisque abarca 3,405 km². Es la segunda cuenca más grande de Costa Rica. Este río pertenece a la vertiente del océano Pacífico, y es el tercero más extenso del país. Nace en la cordillera de Guanacaste, en las faldas del volcán Orosí, con el nombre de río Tempisquito, discurre a lo largo de unos 144 km en dirección sur y sureste por la provincia de Guanacaste, hasta desembocar en el fondo del golfo de Nicoya. Antes de verter sus aguas al océano, el río Tempisque drena el área baja y pantanosa que caracteriza al Parque Nacional Palo Verde. La cuenca Tempisque-Bebedero es la más importante de Costa Rica a nivel agropecuario, pues aporta el 75 % del agua disponible para este aspecto a nivel nacional. De las aguas del Tempisque depende la producción de ganado vacuno y cultivos extensivos como caña de azúcar y arroz de la provincia de Guanacaste. El tramo de estudio se desarrolla aguas abajo de la estación de mediciones de La Guardia, y discurre por llanuras aluviales; consecuentemente, los flujos de agua pierden velocidad y presentan meandros que amplían el ancho del río hasta 70 m.



²⁴ Alvarado, J.C.; Jiménez, J.A.; González, E.; Pizarro, F. y Jiménez, A. (2008). Determinación preliminar del caudal ambiental en el río Tempisque, Costa Rica: el enfoque hidrológico con limitación de datos. *Kuru. Revista Forestal Costa Rica*, 5 (13).

Métodos aplicados

- Enfoque hidrobiológico: Manejo ecológico sostenible del agua²⁵: Datos hidrológicos de lluvia y caudales obtenidos de la estación La Guardia en los períodos 1953–1969 y 1980–1999. Datos biológicos y requerimientos de hábitat de dos especies seleccionadas: pez guapote (*Parachromis dovii*) y el cocodrilo (*Crocodylus acutus*).

Implementación de los caudales ambientales – Aspectos destacados

El análisis del comportamiento de las principales variables hidrológicas (lluvias y caudales) a lo largo de los períodos de registro y su comparación con la información disponible sobre extracciones realizadas para diferentes fines permitió valorar el grado de alteración de las condiciones naturales del sistema. Con herramientas clásicas del análisis hidrometeorológico, como las curvas de doble masa, se estuvo en condiciones de detectar cambios en el escurrimiento que no podían ser atribuidos a modificaciones en los regímenes de precipitación. A su vez, dichos cambios en los caudales mostraron un buen grado de acuerdo con las extracciones que se realizan con fines socioproductivos.

Sin mayores elementos de análisis de las condiciones de hábitat de los ecosistemas, la comprobación de series de caudales en condiciones no alteradas daría elementos mínimos para determinar valores de umbral que se deberían respetar a la hora de determinar los caudales ambientales. Sin embargo, las concesiones otorgadas son un hecho de la realidad que no puede desconocerse. Por tal motivo, el caudal ambiental mínimo resulta en una asignación que no tiene mayor fundamento que la aceptación del hecho de que la sociedad actualmente disfruta del recurso. Esto implica que para poder llegar a un acuerdo social sobre caudales ambientales se debe dejar un porcentaje de caudal mínimo para el desarrollo económico durante la estación seca. Aun así, ese umbral mínimo a nivel mensual nos permite saber en qué meses se tendrá mayor disponibilidad de agua para extraer, y en cuáles se deberá reducir respecto de lo otorgado. Ello conduce inevitablemente a una gestión del recurso que permita compensar estas variaciones.

El análisis hidráulico realizado en el estudio permitió conocer, para un número de secciones previamente relevadas, cuáles serían los niveles o profundidades asociados a distintos escenarios de caudales ambientales. Ello pudo ser correlacionado con los hábitats de las dos especies acuáticas estudiadas. Se determinaron de este modo las profundidades mínimas requeridas por las especies y cómo estas se asocian a determinados caudales. Extracciones que no permitan disponer de los niveles requeridos en la gran mayoría de las secciones del tramo relevado pone en situación crítica a las especies en consideración, y deberían ser objeto de revisión y acuerdo entre los interesados.

Aunque los procesos de renegociación de los caudales extraídos sean lentos y complejos, la información que surge del proceso de determinación de los caudales ambientales y la valoración de las consecuencias de su incumplimiento promueve un mayor interés por parte de los decisores por mejorar las condiciones de los ecosistemas fluviales. Es así que, en el caso del río Tempisque, se han iniciado procesos de renegociación de concesiones, así como la gestión de estudios técnicos para trasladar aguas de sistemas de riego y ríos vecinos para restituir los flujos necesarios.

²⁵ Richter, B.; Mather, R.; Harrison D. y Wigington, R. (2003). Ecologically sustainable water management: Managing river flows for ecological integrity. *Ecological Applications* 13(1), pp. 206-224.

La realidad del río Tempisque se asemeja a la de muchas cuencas en la región mesoamericana, donde la falta de información impide la aplicación de esquemas de trabajo más sofisticados. Ello obliga a brindar respuestas, aunque sea aproximadas, con la información que se tenga, al mismo tiempo que se avanza en planes y programas sostenibles de mediciones del conjunto de las variables de interés.

Estimación de caudales ecológicos/ambientales en el Río Huasco, Chile²⁶

Ámbito en el que se desarrolló el caso de estudio

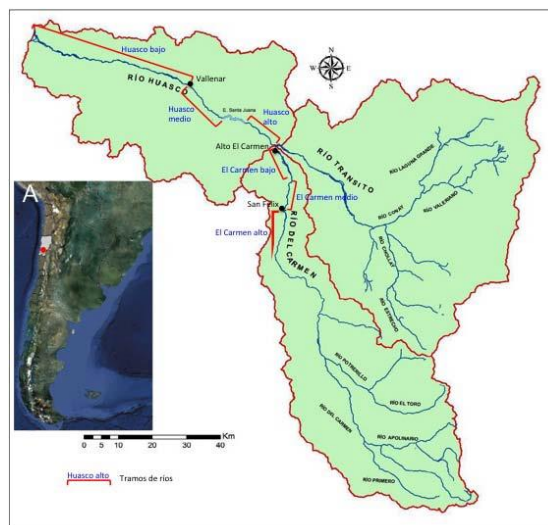
Este caso de estudio se llevó a cabo en el marco del proyecto “Modelo para la Gestión Hídrica Sustentable del Huasco: Caudal ambiental y valorización de servicios”, el cual fue financiado por el Gobierno Regional de Atacama a través del Fondo de Innovación para la Competitividad (FIC-2011), cofinanciado y apoyado por la segunda fase de la Iniciativa del Agua y la Naturaleza (WANI, por sus siglas en inglés), que es desarrollado a nivel global por el Programa de Agua de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

Motivaciones del estudio

Las principales causas de la declinación de las especies dulceacuícolas y el deterioro de los ecosistemas asociados están relacionadas con las alteraciones físicas, la pérdida y degradación de los hábitats, la remoción de agua, la sobreexplotación, la contaminación y la introducción de especies exóticas, a las que deben sumarse las eventuales consecuencias del cambio climático. En su recorrido, desde las nacientes hasta su desembocadura, el río Huasco y sus afluentes se encuentran intervenidos por la presencia de alrededor de 300 bocatomas y canales que son usados para la extracción y transporte del agua, destinada principalmente al riego de cultivos. Aguas abajo de la confluencia de los ríos El Carmen y El Tránsito, el valle del río Huasco está ocupado por el embalse de Santa Juana, que represa las aguas sobre un tramo de aproximadamente 10 km, con un volumen máximo de 160 millones de metros cúbicos de agua. Esta represa devuelve las aguas a través de un conducto forzado, lo que representa un obstáculo infranqueable para los organismos acuáticos, pues corta artificialmente el río y la cuenca en dos entidades distintas y casi independientes a nivel biológico.

Área de estudio

La cuenca del río Huasco (Tercera Región Atacama, Chile) ocupa un área total de 9,850 km², y se conforma de dos afluentes principales, el Río El Tránsito y El Carmen, cuyas nacientes se encuentran a más de 4,500 m s. n. m. en la cordillera de Los Andes y confluyen a una altura de 790 cerca del pueblo de Alto del Carmen. A partir de este punto, el río se denomina Huasco hasta su desembocadura en el océano Pacífico. El régimen hidrológico de la cuenca presenta un ciclo monomodal contrastado con un período de caudales base en invierno (marzo-octubre) y con crecidas en verano (noviembre-febrero). Sin embargo, los principales aportes de agua de la cuenca tienen origen nivopluvial: en los meses de verano, el aumento de temperatura genera un aporte por derretimiento de los glaciares y de las capas de nieve acumuladas durante el invierno.



capas de nieve acumuladas durante el invierno. Algunos años presentan también un patrón bimodal con

²⁶ Pouilly, M. y Aguilera, G. (2012). *Evaluación Inicial de Caudales Ecológicos/Ambientales en la cuenca del río Huasco – Chile, mediante la simulación del hábitat físico del pejerrey Basilichthys microlepidotus y el camarón de río Cryphiops caementarius*. Quito, Ecuador: UICN. Disponible en https://cmsdata.iucn.org/downloads/estudiocaudalambientalhuasco_chile.pdf

máximas en los meses de invierno y primavera. Desde el punto de vista biológico, la cuenca presenta una gran diversidad de condiciones de hábitat y tipos de hábitat hidrodinámicos.

Métodos aplicados

- Metodología PHABSIM (PhysicalHabitatSimulation) de simulación física del hábitat²⁷. El modelo de simulación resultó del acople de un modelo biológico que estudió la relación que existe entre los hábitats físicos y la distribución de las especies nativas más comunes de la cuenca: el pejerrey *Basilichthys microlepidotus* y el camarón de río *Cryphiops caementarius*. Los resultados del modelo biológico de preferencia de hábitat alimentaron a la del hábitat hidráulico y de la capacidad de hospedaje de los distintos cuerpos de agua.

Implementación de los caudales ambientales – Aspectos destacados

Este caso de estudio centró su atención en los requerimientos de las especies seleccionadas, a partir de un ambicioso programa de mediciones de las condiciones y preferencia de hábitat de estas en términos de las variables hidráulicas: profundidad y velocidad, así como de la composición granulométrica del lecho. Para tal fin, se llevó a cabo una simulación de la evolución de la capacidad de hospedaje en cuatro tramos de los ríos El Carmen y Huasopara, de dos especies nativas de la cuenca del río Huasco, el pejerrey y el camarón de río, que presentan riesgo de conservación. Los resultados permitieron identificar los caudales mínimos en época de estiaje que dan respuesta a los requerimientos de las especies en estudio. Asimismo, se observó la importancia de que aún con caudales reducidos el régimen anual del río muestre variaciones que se asemejen a las condiciones naturales. Dada la importancia que para el ciclo biológico de las especies tienen las variaciones de caudal en el río, se incluyen crecidas estacionales y períodos de estrés hídrico.

El análisis de hábitat de las especies a lo largo del tramo en estudio permitió diferenciar los caudales ecológicos a garantizar según el sector del río en consideración. Ello debe verse como un umbral mínimo a respetar en cada caso, con lo que las extracciones de agua deberían estar supeditadas a dicho caudales. Esta modulación no solo debe ser espacial sino también temporal, a modo de reproducir del mejor modo posible las variaciones del régimen de caudales a lo largo del año. Además de las limitaciones espaciales y temporales en las extracciones, el estudio puso énfasis en la necesidad de evitar la degradación mecánica del lecho y promover el sostenimiento de la vegetación riparia, determinante en muchos de los procesos biológicos de estos ecosistemas.

En síntesis, la integración de un modelado biológico con la aplicación de un modelo hidráulico resulta un ejercicio de simulación de hábitat, que responde a la concepción de caudal ecológico, concebido como el caudal que asegura un comportamiento ecológico óptimo en relación a los objetivos biológicos que se plantean en un proyecto. Ello, si bien es una parte importante del problema, no abarca la totalidad del mismo. En efecto, a ello deben sumarse las aspiraciones sociales, traducidas en los usos y beneficios que un río brinda a la sociedad, como por ejemplo el abastecimiento por servicios básicos, industriales, agrícolas, energéticos, turísticos, culturales, etc. Este enfoque holístico conceptualizado por algunos autores como caudal ambiental debe constituirse en el objetivo deseado y en el único modo de superar el “dilema ambiental”²⁸ entre agua para la naturaleza y agua para la sociedad. Dilema cuya solución demanda una concertación entre actores apoyada por el conocimiento científico de los procesos físicos, químicos y biológicos involucrados. El hecho

²⁷ Bovee, K.D. (1982). A guide to stream habitat analysis using the Instream Flow Incremental Methodology. *Instream Flow Information Paper (12)*. U.S. Fish and Wildlife Service.

²⁸ Falkenmark, M. (2003) . Water Management and Eco Systems: Living with Change. *Technical Background Paper (9)*, pp. . Global Water Partnership.

de que este caso de estudio fuera parte del proyecto institucional “Modelo para la Gestión Hídrica Sustentable del Huasco: Caudal Ambiental y Valorización de Servicios” es un paso adelante en el proceso de integración de actores que se persigue.

Estudios de caudales ecológicos en ríos de la cuenca Chancay Huaral, Perú²⁹

Ámbito en el que se desarrolló el caso de estudio

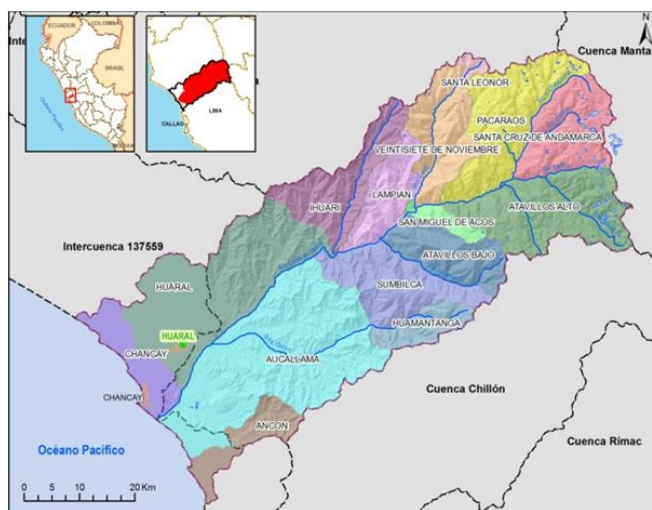
Este estudio se realizó en el marco del Proyecto de Modernización de la Gestión de Recursos Hídricos (PMGRH), el cual tenía como objeto apoyar la implementación de la nueva institucionalidad constituida por el Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos, liderado por la Autoridad Nacional del Agua–ANA, Perú. El mismo forma parte del Plan de Gestión de Recursos Hídricos de la Cuenca Chancay-Huaral realizado en 2013.

Motivaciones del estudio

El PMGRH se planteó como objetivo central de su planificación hidrológica el logro de un equilibrio entre los usos del agua más la preservación y mejora del medio ambiente. Desde la visión del Perú, una planificación y gestión eficaces deben asegurar el suministro al mayor número y tipo de usuarios posible a la vez que evita la excesiva afección (en cantidad y calidad) a los recursos hídricos presentes en el medio subterráneo, ríos, zonas húmedas y aguas de transición con objeto de asegurar esta compatibilidad y, en definitiva, el desarrollo sostenible. El logro de este desarrollo no es posible si no se garantiza la funcionalidad de los ecosistemas, se evita su deterioro y los consiguientes problemas. Así lo entiende la legislación en Perú, que establece la necesidad de disponer de un volumen de agua que asegure los caudales ecológicos, los niveles mínimos de reserva o seguridad de almacenamiento y las condiciones de navegabilidad cuando corresponda, según el régimen hidrológico.

Área de estudio

La cuenca Chancay-Huaral nace en Los Andes Occidentales, en el nevado de Puajuanca, que origina al Río Baños, al noroeste de la provincia de Canta, en las lagunas de Verdococha, Acoscocha, Lichicocha, Yuncán y Cacrav; y al pie del glaciar Alcay. El río Chancay-Huaral se origina en la confluencia del río Vichaycocha y el río Chicrín; recibe, a lo largo de su recorrido, los aportes de numerosas subcuencas tributarias: Se han identificado cinco tipos climáticos predominantes, que varían desde uno árido y semicálido en la costa a pluvial y gélido en la tundra-alpina (Puna), con una precipitación de escasos milímetros en la costa árida desértica, hasta precipitaciones del orden de 933 mm en la Puna (4,800 m s. n. m.). Las principales actividades económicas desarrolladas son agrícola ganadera, pesquera y piscícola, desembarque, comercio y servicios,



²⁹ TYPESA TECNOMA. (2013). *Plan de Gestión de Recursos Hídricos de la Cuenca Chancay-Huaral*, Autoridad Nacional del Agua del Perú (ANA). Banco Mundial.

energético e industrial. La única área protegida de la cuenca es el humedal costero de Santa Rosa, con una extensión de 40 ha. Se encuentra prácticamente rodeado de áreas de cultivo, zonas industriales e infraestructuras de transporte y urbana. Con respecto a las especies relacionadas con el medio hídrico en la cuenca, destaca la presencia de truchas y otros peces, aunque debido a la baja calidad de las aguas su presencia ha ido en disminución.

Métodos aplicados

- Se ha utilizado el método hidrológico RVA³⁰ (Range of Variability Approach). Dicho método lleva a cabo una búsqueda de la proporcionalidad del régimen natural. Como datos de partida se contó con las series completas de caudales medios mensuales en régimen natural correspondientes a los años 1970-2009. Dichas series se han obtenido a través del WEAP (Water Evaluation and Planning System), del que puede verse más información aquí: <http://www.weap21.org>

Implementación de los caudales ambientales – Aspectos destacados

Para los fines del estudio, se seleccionó una serie de tramos en diferentes ríos de las distintas subcuencas que componen la cuenca Chancay Huaral. En total se identificaron 11 tramos, cuyos criterios de selección fueron: a) las zonas de interés ecológico, bien por ser áreas con algún tipo de protección o por presentar alguna especie piscícola endémica característica, b) las afecciones hidromorfológicas, bien por centrales hidroeléctricas o bien por bocatomas, y c) los distintos climas y las altitudes de la cuenca.

El estudio se basó en el análisis de los percentiles de excedencia tanto para la serie completa como para los años secos, y se diferenciaba en cada caso la estación húmeda (noviembre – abril) de la seca (mayo – octubre). Los percentiles establecidos como una primera aproximación y con independencia de los requerimientos biológicos fueron los $Q_{95}\%$ y $Q_{90}\%$. El estudio se realizó tanto para el régimen natural no intervenido como luego de considerar las alteraciones hidrológicas producto de las intervenciones registradas en cada tramo. La comparación del régimen de caudales ecológicos estimados para el régimen natural y su comparación con el circulante permitió establecer para cada tramo en estudio la evaluación del grado de alteración que ha sufrido el sistema.

Un aspecto singular desarrollado en este estudio de casos es el análisis de las afectaciones que sobre las actividades económicas tendría la implementación de los caudales ecológicos. Dos usos principales fueron identificados: a) uso hidroenergético y b) uso agrícola. Respecto de la generación hidroeléctrica el estudio detalla la potencia que se habría de perder de aplicar ya no los caudales ecológicos calculados por el método RVA, sino otro inferior para cada una de las centrales instaladas en la cuenca media alta. Se sugiere que las centrales hagan un esfuerzo por el mantenimiento de los caudales ecológicos, si bien este esfuerzo ha de ir acompañado de la implementación de las medidas relacionadas con la mejora de la eficiencia. En lo que hace a las demandas de uso agrícola se observa que la implementación del caudal ecológico promueve déficit de la disponibilidad de agua para riego, que va de un 5 % en la cuenca media a un máximo del 40 % en la cuenca baja donde los caudales ecológicos son mayores

Más allá de los valores considerados para el caudal ecológico y de las afectaciones identificadas, el estudio plantea como una cuestión pendiente a resolver si el caudal ecológico debe ser considerado una “restricción” o una “demanda”. Considerarlo como una restricción obligaría a satisfacerlo en primer lugar, salvo en

³⁰ Richter, B.D.; Baumgartner, J.V.; Wigington, R. y Braun, D.P. (1997). How much water does a river need? *Freshwater Biology*, 37, pp. 231-249.

situaciones de sequía, donde el abastecimiento a la población tiene un carácter prioritario; pero considerarlo como una demanda implicaría incluirlo como un uso más, cuya satisfacción deberá responder a una negociación junto con el resto de demandas de los volúmenes para los diferentes usos y la implicación de las distintas administraciones con competencias en el medioambiente para representarlo en el proceso de concertación. Otro aspecto relevante que debería ser desarrollado es la elaboración de una clasificación ecohidrológica para los ríos del Perú, la cual servirá como una herramienta vital en el marco espacial de la planificación para la conservación y la protección de los ecosistemas.

Por último, y al igual que en otros casos de estudio, la falta de datos aparece como una restricción importante que impide avanzar con la aplicación de métodos hidrobiológicos. Para su concreción, resulta necesaria la recopilación de información referente a las especies autóctonas relacionadas con el ámbito fluvial, así como las áreas y espacios protegidos o ambientalmente prioritarios para su conservación y posteriormente la elaboración de curvas.

Anexo 4

FICHA 1

Autor: Yesid Carvajal Escobar (Colombia)

Cuestionario

Ampliación de las consideraciones efectuadas en la pregunta 10 “*Aplicaciones en el país-casos*” de la encuesta acerca del: *ANÁLISIS DIAGNÓSTICO DEL GRADO DE DESARROLLO DEL ENFOQUE DE CAUDALES AMBIENTALES EN PAÍSES DE LA REGIÓN*

1. **Nombre de la aplicación – caso:** El río Pance - Conflicto entre usos y usuarios del agua.
2. **Ubicación geográfica (provincia /departamento, país), cuenca a la que pertenece. Características físico-geográficas y socioeconómicas del área de estudio. Principales actores (máx. 200 palabras, se puede incluir un mapa de ubicación).**

La cuenca hidrográfica del río Pance se localiza en flanco oriental de la cordillera Occidental y la margen izquierda del río Cauca; forma parte de Santiago de Cali, la segunda ciudad más grande del país (2,400,000 habitantes). Su río principal recorre más de 25 km en dirección Oeste-Este, drenando de 89.75 km², a su paso por la estación hidrométrica Comfandi, donde tiene un caudal medio de 2.60 m³/s. La cuenca hace parte del Parque Natural Farallones, importante estrella fluvial de invaluable riqueza hídrica, considerado uno de los parques naturales más importantes de Los Andes americanos por su alta biodiversidad y especies endémicas. Su río es apreciado como patrimonio ambiental, cultural, paisajístico y ornamental de la ciudad, por ser la principal fuente de recreación de los caleños, y conforma en su recorrido hermosas cascadas, en un recorrido, de aguas rápidas, frías y cristalinas, salpicado de lagunas y hermosos paisajes. Su elevación oscila entre los 949 y 4.070 m s. n. m. La temperatura y precipitación promedio son 24.6 °C y 1,588 mm, respectivamente.

3. **Motivaciones que dieron origen a la aplicación. Situaciones de conflicto. Objetivos perseguidos. Resultados esperados (máx. 200 palabras)**

La expansión de la dinámica urbana de la ciudad de Santiago de Cali está orientada hacia el sur y cercanías de la cuenca del río Pance, considerado por tradición un patrimonio recreativo y de disfrute paisajístico y ornamental de los caleños, que sufre cada vez más presión urbana demandante de suelo y agua en áreas donde habitan otras comunidades y/o donde existen zonas de protección ambiental. Ante la iniciativa de la empresa de servicios públicos de la ciudad de construir un sistema de acueducto de 600 Ips, para captar agua del río Pance y abastecer estratos socioeconómicos de alto nivel de ingresos para expandir la frontera urbana en ese sector; los habitantes de la zona rural, que viven de prestar servicios turísticos a los visitantes y los grupos ambientalistas que quieren proteger esta reserva de biodiversidad y paisaje, protestaron y realizaron una acción popular, para defender y proteger los derechos e intereses colectivos, y evitar el desarrollo del proyecto. Este caso es un ejemplo típico de disputa por la apropiación del recurso agua para usos diferentes y excluyentes, y aporta elementos analíticos desde una perspectiva de multicriterio e interdisciplina y sustentable que ha contribuido a mejorar el conocimiento del problema y a ofrecer soluciones sostenibles. La disputa terminó en los juzgados de Cali. Debido a los vacíos técnicos que prestaba la solicitud de la concesión por parte de Emcali, la comunidad demandante solicitó al juez que llevaba el caso un perito idóneo que conceptuara sobre el proyecto. El tribunal contrató al Instituto Cinara de la Universidad del Valle para que estudiara la problemática

y emitiera un concepto que permitiera tomar las decisiones no solo en derecho, sino que planteara una solución integral que incluyera aspectos sociales, técnicos, ambientales y económicos.

Metodologías de cálculo utilizadas, el porqué de su elección. Ventajas y limitaciones. Su vinculación con la normativa vigente (máx. 200 palabras)

Se recopiló información de diferentes componentes para el análisis, considerando fuentes primarias y secundarias, así como información sobre normatividad en la zona de estudio; se realizaron visitas de reconocimiento general para conocer la comunidad involucrada, puntos para hacer aforos de caudal, caracterizaciones hidrobiológicas y análisis de calidad del agua; asimismo, se identificaron las derivaciones del caudal del río; seguidamente, se realizaron jornadas de caracterización socioeconómica de los usuarios del río, y la estimación del valor y su uso recreativo, en términos económicos. Finalmente, se realizaron reuniones con expertos y con profesionales que participaron en el análisis de alternativas de abastecimiento de agua para la zona.

Para complementar el trabajo y fortalecer la toma de decisiones, se hizo un análisis de impactos; y se tomaron como base, las reuniones con la comunidad, las instituciones, la información primaria y secundaria, y las discusiones del equipo de trabajo. El estudio constó de 12 fases: análisis empírico y antecedentes institucionales, la gestión integrada del recurso hídrico, el análisis ambiental, social, legal y técnico y económico, incluyendo el estudio de alternativas, y la evaluación de impacto ambiental que implicaría la construcción del acueducto.

4. Resultados obtenidos, aportes a la reducción de las situaciones de conflicto. Mejora de las capacidades institucionales. Importancia que tuvo su aplicación como aporte a la gestión integrada del área de análisis. Obstáculos que se presentaron en la implementación. Lecciones aprendidas. Recomendaciones para acciones futuras. (máx. 400 palabras)

La construcción de un acueducto es un problema complejo donde hay intereses, lenguajes y valores en disputa. Por un lado, están los argumentos de Empresa de Acueducto que planteó que esta fuente hídrica es necesaria para complementar el sistema de abastecimiento de agua para la zona de expansión del sur de la ciudad; y dado que la ley prioriza el consumo humano, desde el punto de vista jurídico la solución podría recomendar la selección del derecho de mayor prioridad. Sin embargo, la decisión afecta otros derechos, como el derecho a un ambiente sano, al trabajo y a la recreación; los cuales también están consagrados en la constitución (TAVC, 2005).

El conflicto, además de jurídico, es de política pública e involucra política ambiental y social. La construcción del acueducto genera varios impactos sociales y ambientales indeseados; siendo el más notable, el efecto sobre uno de los patrimonios emblemáticos de los caleños: el río Pance como la fuente de recreación masiva más importante de la ciudad. Asimismo, la importancia para la conservación de la cuenca del río Pance, al formar parte del Parque Nacional Natural Farallones, que conserva más de 300 especies de aves, y que, por sus características de ubicación, altitud, cercanía al Pacífico y geológicas entre otras, presenta una variedad de ecosistemas entre los cuales destacan el bosque tropical, el bosque de niebla y el páramo.

El propio suministro de agua a la población objetivo central del proyecto generaría un mejor bienestar de la población beneficiada; no obstante, se contrasta con los fuertes impactos negativos causados a las componentes ambiental y sociocultural, tales como: la afectación del patrimonio cultural de la ciudad, la alteración del uso recreativo del río, la pérdida de ingresos y empleos de la

población de la zona, y el desplazamiento del uso recreativo aguas arriba de la bocatoma, con la consecuente presión sobre la zona alta de la cuenca. De otro lado, las aguas que retornarían al río después del uso serían en buena parte aguas residuales. El proyecto planeado genera un impacto en el patrimonio cultural ciudadano como es percibido el río Pance por los habitantes y población en general, que representa un daño a nivel histórico, cultural y de cohesión comunitaria; dimensiones cruciales para la vida de la sociedad; las mismas que a pesar de ser externas a los sujetos, también afectan a las personas en su subjetividad o aspectos emocionales, psicoafectivos, creencias, y de relaciones con los otros. En la medida en que se encuentra involucrada la memoria, las emociones, sentimientos, anhelos y la cosmovisión que la persona ha tenido durante toda su historia, se generan valores sobre sí mismos, la vida y los otros, coadyuvando a generar identidad y a fortalecer el tejido social tan necesario para los procesos democráticos y la búsqueda conjunta del desarrollo de la ciudad. Por tanto, se recomendó y se invitó a la empresa de acueducto explorar otras opciones técnicas para suplir el agua en esta zona.

LECCIONES APRENDIDAS

Un análisis integral condujo a no encontrar una clara justificación para la extracción del caudal solicitado, al tener la empresa de acueducto suficiente capacidad instalada para abastecer la zona sin costos adicionales; otras alternativas permitirían abastecer la ciudad sin incurrir en altísimos costos ambientales y sociales.

El río Pance es un patrimonio cultural porque constituye un legado de generaciones anteriores y promover identidad y sentido de pertenencia a la población caleña, al estar incorporado a la memoria colectiva y hacer comprometer a las personas frente a su conservación y trascendencia en el tiempo.

El costo de oportunidad de extraer agua del río Pance y sus servicios recreativo -ambientales, para usarlo como fuente de abastecimiento de agua para consumo humano, es alto dada su característica irremplazable para la ciudad. En la ciudad existen otras alternativas para abastecer agua a la zona y prima preservar el derecho a la recreación y a la conservación del río.

Referencias

Carvajal, Y. (2008). Environmental flow regime in the framework of integrated water resources management strategy. En *Ecohydrology&Hydrology*, 8(2-4), pp. 307-315.

Carvajal, Y.; Cantera, J. y Peña, E. (2016). Farallones de Cali, territorio de ríos y fuente permanente de agua. En *Parque Nacional Natural Farallones de Cali, un Tesoro de riqueza hídrica*. Cali, Colombia: GA Editores.

Kintz Cantera, Jaime; Carvajal Escobar, Yesid; Castro Heredia, Lina Mabel. Caudal ambiental: conceptos, experiencias y desafíos. Cali, Colombia. Universidad del Valle. 2009.

Pérez, M.A.; Sánchez, L.D.; Zuñiga, M. del C. (2014). *Conflicto ambiental en el río Pance, entre diversos usos y usuarios del agua*. Cali: Universidad del Valle & Cinara.

Tribunal Contencioso Administrativo del Valle del Cauca (TCAVC). (2005). *Proceso de acción popular n.º 2005-0888*. Juez 4 Administrativo del Circuito Judicial de Cali, Colombia.

FICHA 2

País: Colombia, Bogotá

Institución: Universidad Santo Tomás

Autores: Duvan Javier Mesa Fernández

Claudia Patricia Romero Hernández

Cuestionario: Caudales ambientales

Ampliación de las consideraciones efectuadas en la pregunta 10 “Aplicaciones en el país-casos” de la encuesta acerca del: ANÁLISIS DIAGNÓSTICO DEL GRADO DE DESARROLLO DEL ENFOQUE DE CAUDALES AMBIENTALES EN PAÍSES DE LA REGIÓN

1. Nombre de la aplicación – caso:

Propuesta para el establecimiento de regímenes de caudal ambiental RCA, en la subcuenca del río Teusacá, con fines de conservación y protección de la cuenca del río Bogotá.

2. Ubicación geográfica (provincia /departamento, país)

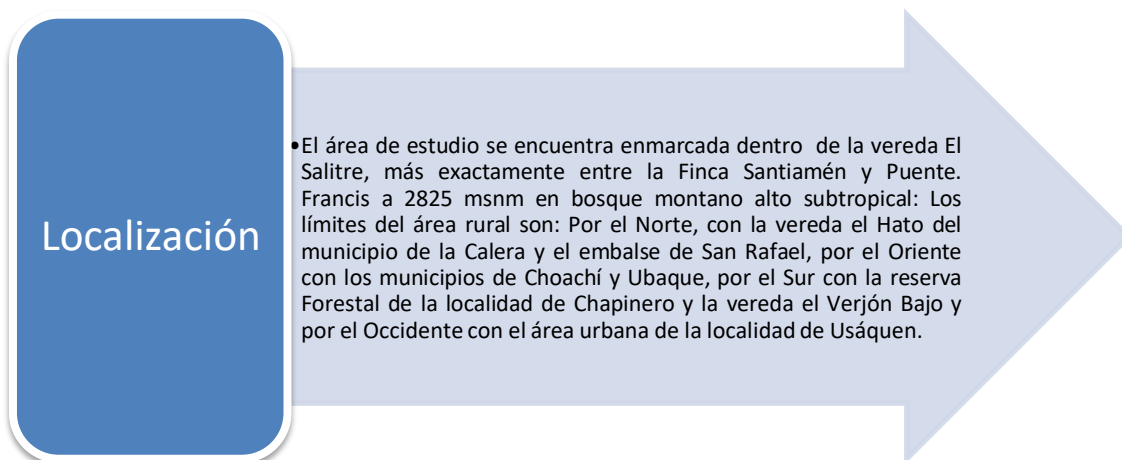
El estudio de caso realizado se encuentra ubicado en la cuenca del río Bogotá que se encuentra localizada en el departamento de Cundinamarca, con una superficie total de 589,143 hectáreas.

El río Bogotá nace en el páramo de Guacheneque a los 3,300 m s. n. m. en el municipio de Villapinzón, y desemboca en el río Magdalena a los 280 m s. n. m. en el municipio de Girardot. El río tiene una longitud de 380 km, su precipitación entre 400 y 2,200 milímetros anuales, la temperatura en la cuenca oscila entre los 6 y 30 °C. Cuenta con una población de 9,000,000 habitantes, incluyendo su área metropolitana. Está compuesta por 19 subcuencas, entre las que se encuentra la subcuenca del río Teusacá.



La cuenca del río Teusacá ha sido ampliamente utilizada, fundamentalmente en captación de agua para el abastecimiento y consumo humano, también se usa para sistemas de riego en áreas rurales y en municipios como la Calera, Gachancipa y Tocancipa, como cuerpo receptor de dilución de vertimientos de aguas residuales y municipales, y en algunos tramos provee bienes y servicios ambientales de interés perceptual estético.

En el proceso de selección del río de montaña objeto de estudio se tuvieron en cuenta diferentes características, tales como franja altitudinal entre 2500 y 3500 m s. n. m.; hacer parte de una zona de interés ambiental y ecosistémico; variabilidades en los regímenes hídricos en periodos anuales; presentar condiciones de un río de bajo orden (3er orden); cuenca con fácil acceso; disponibilidad de datos históricos; influencia antrópica moderada y estar por fuera de un Plan de Ordenación y Manejo de Cuenca Hidrográfica. Por reunir estas características el río seleccionado es el río Teusacá, localizado detrás de los cerros orientales de Bogotá, transcurre entre el Distrito Capital y diferentes municipios de la zona centro del departamento de Cundinamarca y atraviesa diferentes áreas naturales, el páramo y subpáramos (Cruz Verde y Calderitas), zonas de reserva forestal productoras y protectoras, veredas en área rural del distrito capital, embalses (San Rafael) y núcleos urbanos (UPZ 89 Chapinero) y municipales (La Calera – Sopo).



Dentro de los principales impactos antropogénicos que viene sufriendo la cuenca del Teusacá se pueden mencionar, en primer lugar, una disminución en superficie de la cuenca abastecedora de agua por el aumento de la frontera agrícola lo que ha generado un descenso del número de microcuencas tributarias aportantes de agua del río Teusacá y una notoria disminución de los caudales medios del río en su cabecera; en segundo lugar un porcentaje alto de su caudal medio es desviado y conducido para almacenamiento por medio de acueductos, por lo que su magnitud hídrica es reducida sustancialmente en su zona media; en tercer lugar sus aguas sirven como cuerpo receptor de los municipios recibiendo descargas puntuales y no puntuales permanentemente, lo que ha alterado seriamente la calidad sanitaria y ecológica del río variando los parámetros físico-químicos y biológicos en toda su extensión.

En este sentido, la cuenca del río Teusacá es un modelo que resulta de gran utilidad para generar metodologías de evaluación de regímenes de caudales ambientales RCA bajo parámetros de técnicas de simulación del hábitat, ya que presenta todas las características típicas de un río intervenido y de corrientes de bajo orden; lo que hace pertinente realizar un trabajo de

investigación y discutir algunos elementos conceptuales y teóricos que nos ayuden a definir las aplicaciones de la metodología IFIM con el fin de conocer su comportamiento y establecer caudales ambientales aconsejables, para de esta manera asegurar la vida útil, la gestión controlada y la sostenibilidad del recurso hidrobiológico de este río de montaña.

3. Motivaciones que dieron origen a la aplicación. Situaciones de conflicto. Objetivo perseguido. Resultados esperados (máx. 200 palabras)

El aumento de conflictos entre usuarios por el uso en calidad y temporalidad del recurso hídrico en la cuenca media y alta del río Bogotá, así como la degradación paulatina de los ecosistemas acuáticos que prestan servicios ecosistémicos para la región capitalina.

Aumento en las demandas extractivas de agua en zonas de alta presión demográfica y multisectorial (energética, agrícola y de consumo humano).

Para Colombia en condiciones normales, el 11 % de los municipios en los cuales se asienta aproximadamente el 23 % de la población, tienen índices de escasez y de vulnerabilidad de aguas que superan los valores recomendados por Naciones Unidas como aceptables. En condiciones críticas, durante las estaciones secas, el 61 % de la población puede superar estos índices.

Objetivo perseguido: aproximación y validación de una metodología de simulación de hábitat que ligue las necesidades de integridad, funcionabilidad, estructura y composición de los ecosistemas de alta montaña y las necesidades actuales y futuras de oferta hídrica en calidad, continuidad y cobertura, para los diferentes usos (consumo humano, desarrollo agropecuario, uso industrial y recreativo estético).

Resultados esperados:

- Diseño de una metodología apropiada a Colombia que permita calcular el caudal ambiental en los principales ríos de alta montaña del país.
- Brindar a profesionales y estudiantes una herramienta de fácil manejo y aplicabilidad.
- Aportar un análisis detallado sobre las principales metodologías existentes a nivel internacional utilizadas para medir el caudal ambiental, que podrá ser utilizado como medio de consulta tanto por profesionales, estudiantes y entidades a cargo de este tema.
- Aportar al conocimiento hídrico, hidráulico, biológico y ecosistémico de los sistemas hídricos naturales y artificiales como referente teórico en la construcción de modelos, regímenes y técnicas avanzadas en la determinación de caudales ambientales en los ríos de nuestro país.

4. Metodologías de cálculo utilizadas, el porqué de su elección. Ventajas y limitaciones. Su vinculación con la normativa vigente (máx. 200 palabras)

Metodología IFIM (Instream Flow Incremental Methodology). La metodología desarrollada se fundamentó en el método IFIM con el paquete informático PHABSIM de la USGS, con algunas modificaciones y adaptaciones. Se ha seleccionado este método por ser el que integra el mayor número de aspectos a la vez: hidrológicos, geomorfológicos y biológicos. También se han tenido en cuenta algunas características de otros métodos que se han considerado de interés como el de Tennant.

Su elección se relaciona con la necesidad de vincular diversas variables asociadas al régimen hidrológico, parámetros hidráulicos y la dinámica espacial y temporal de los eventos climáticos, meteorológicos y ecosistémicos de la región andina colombiana, y su dependencia con el aumento de la presión antrópica en escenarios de variabilidad.

En Colombia, desde la emisión de la política de gestión integral de recursos hídricos del año 2010 se determina la necesidad de incorporar métodos y técnicas para el cálculo de caudales ambientales de acuerdo a variables hidrológicas, hidráulicas, biológicas y ambientales que permitan otorgar concesiones de agua por parte de autoridades ambientales y licencias ambientales a proyectos de desarrollo.

5. Resultados obtenidos, aportes a la reducción de las situaciones de conflicto. Mejora de las capacidades institucionales. Importancia que tuvo su aplicación como aporte a la gestión integrada del área de análisis. Obstáculos que se presentaron en la implementación. Lecciones aprendidas. Recomendaciones para acciones futuras. (máx. 400 palabras)

Dentro de los resultados obtenidos se generó una herramienta participativa intersectorial que permite la adopción de caudales ambientales consensuados entre todos los actores de la cuenca y las instituciones con competencia en la asignación de concesiones, reglamentaciones y legislación sobre cuerpos de agua.

Se contribuyó a la gestión integral del agua a escala de subcuenca como respuesta a la cuenca del río Bogotá en sus planes de ordenación, ordenamiento, saneamiento y restauración hidráulica, hidrológica y ambiental.

Los principales obstáculos que se presentaron en el desarrollo de este proyecto fueron la disponibilidad de información, la calidad y cantidad de la misma y la desconfianza del sector productivo.

Las principales lecciones aprendidas

No existe una única metodología que se pueda aplicar al desarrollo de actividades para la construcción de herramientas, se deben usar los diferentes recursos que existen e integrarlos a las necesidades específicas de cada subcuenca.

Se requiere fortalecer la línea de investigación uniendo esfuerzos entre los diferentes grupos y actores del país y de la región que vienen trabajando sobre los caudales ambientales.

Se requiere que se consoliden las técnicas y métodos guías más apropiadas para las características ambientales, socioeconómicas e hidrológicas de la región, y que puedan soportar la formulación de políticas públicas y normativas que entiendan las particularidades de las regiones y localidades.

Recomendaciones

Realizar más trabajos como este en otras cuencas piloto en el país y cada macrorregión que permita ver potencialidades de reproducibilidad y limitaciones.

Hacer más eventos de divulgación y apropiación social del conocimiento en recursos hídricos y modelación de caudales ambientales

Con respecto a la metodología usada se recomienda mejorar la funcionalidad y facilitar la introducción de los datos de campo, mediante varios métodos (coordenadas x/y, nivel y lectura de mira, profundidades respecto a un NSL, etc.). Incluir una herramienta para modificar los ficheros (eliminar secciones, insertar, ordenar, juntar ficheros, etc.). Este software debe también facilitar la compatibilidad con los usuarios, siendo más amigable y práctico en el manejo y manipulación de los datos al procesar la información. Posibilitar varios intervalos de simulación hidráulica, configurados de forma diferente (modelos y opciones). Integrar el cálculo de las series temporales del hábitat (STH), para un completo análisis IFIM. Hacer una línea de investigación tendiente a analizar curvas

de preferencia y serie de hábitat total para ríos andinos en población de macroinvertebrados bentónicos con el fin de establecer la línea base y hacer curvas univariadas que sirvan de soporte para estudios IFIM. Previamente a la aplicación de IFIM en un río con características de montaña como el Teusacá, es preciso determinar el grado de equilibrio de la cuenca en sí. Los desequilibrios de una cuenca, con problemas erosivos o de cualquier otra índole, tendrán su efecto sobre los cauces fluviales. Abordar un estudio en estas condiciones será inútil, ya que existen otros factores que influyen sobre el ecosistema, además de las posibles variaciones del caudal. La cuenca debe estar en equilibrio.

FICHA 3

Autor: Elvio Omar Cano (Argentina)

Ampliación de las consideraciones efectuadas en la pregunta 10 “Aplicaciones en el país-casos” de la encuesta acerca del: ANÁLISIS DIAGNÓSTICO DEL GRADO DE DESARROLLO DEL ENFOQUE DE CAUDALES AMBIENTALES EN PAÍSES DE LA REGIÓN

Nombre de la aplicación – caso:

Caudal Ecológico del RÍO BERMEJO

Ubicación geográfica (provincia/departamento, país), cuenca a la que pertenece. Características físico-geográficas y socioeconómicas del área de estudio. Principales actores (máx. 200 palabras, se puede incluir un mapa de ubicación).

La cuenca del río Bermejo con 123.162 km², es compartida por Argentina y Bolivia, de los cuales, un 10 % pertenece a Bolivia, y el 90 % restante corresponde a la Argentina.

En Bolivia, la cuenca se desarrolla totalmente dentro del departamento de Tarija, y en el norte de Argentina, abarca las provincias de Jujuy, Salta, Chaco y Formosa. Su población estimada es de 1,500,000 habitantes.

Por sus características geomorfológicas la cuenca se divide en ALTA CUENCA: Bolivia (Tarija) y Argentina (Jujuy, Salta) y, BAJA CUENCA: Argentina (Chaco, Formosa). La Alta Cuenca presenta cuatro tributarios principales del río Bermejo: el río Grande de Tarija, el río Alto Bermejo, el río Pescado y el río San Francisco.

Baja cuenca: Río Bermejo con varios efluentes y derrames.

El régimen hidrológico de los ríos es netamente pluvial con una variedad estacional bien definida, caracterizado por un período de importantes caudales en la época lluviosa, con un valor cercano al 75 % del escurrimiento entre enero y marzo (alcanzando hasta un 85 % en todo el período estival) y otro de caudales mínimos en la época seca (abril a septiembre, reduciéndose hasta el 11 %).

La cuenca cuenta con importantes potencialidades en términos de recursos naturales, variedad de ecosistemas y biodiversidad, pero también con fuertes restricciones, vulnerabilidades y riesgos ambientales, tanto biogeofísicos como sociales.

Motivaciones que dieron origen a la aplicación. Situaciones de conflicto. Objetivos perseguidos. Resultados esperados (máx. 200 palabras)

Estrictamente, lo que se buscaba era un acuerdo de distribución de cupos de agua del río, para aprovechamientos por parte de las provincias integrantes de la cuenca, pero atento las marcadas bajantes de las épocas de estiaje, obligaron a definir un caudal ecológico, que también llamaron caudal mínimo o de mantenimiento.

Surgió por las demandas de cupos de agua para los incesantes proyectos de riego que surgían. Debe aclararse que este acuerdo de caudales y definición de caudal ecológico fue rubricado por las provincias en el año 1982.

Se esperaba “ordenar” las demandas que surgían y evitar conflictos/disputas por los cupos de agua: de aguas arriba versus aguas abajo (caso Salta-Jujuy), o co-ribereños, a ambos márgenes (caso Chaco-Formosa).

Metodologías de cálculo utilizadas, el porqué de su elección. Ventajas y limitaciones. Su vinculación con la normativa vigente (máx. 200 palabras)

Se utilizó la metodología hidrológica. Estos estudios se realizaron entre los años 1975 a 1980, sometidos luego a discusión entre las provincias, porque recordemos que el objetivo final eran los cupos de agua disponibles para aprovechamientos, al que se llega en octubre del año 1982.

Por aquellos años esta metodología era muy utilizada, los datos e información necesaria existían, era factible poder obtenerla y procesarla, si bien era bastante laborioso por lo extendido (en km) del cauce del río, la accesibilidad a las estaciones, etc.

Además, otorgaba la ventaja de manejar y trabajar una serie de datos, con los cuales se debía seguir trabajando con el objeto de definir cupos de agua para cada provincia.

Como limitación debe mencionarse que las series de caudales depuradas (1947/1974, período: 27 años) no logra representar adecuadamente el régimen del río, por cuanto quedan importantes eventos extremos afuera de la misma.

Resultados obtenidos, aportes a la reducción de las situaciones de conflicto. Mejora de las capacidades institucionales. Importancia que tuvo su aplicación como aporte a la gestión integrada del área de análisis. Obstáculos que se presentaron en la implementación. Lecciones aprendidas. Recomendaciones para acciones futuras. (máx. 400 palabras)

Los resultados en cuanto a la gestión de la cuenca, los primeros años han sido positivos por cuanto fijó límites aceptados por todos, a los cuales se sometían. Esto redujo muy significativamente las posibilidades de conflicto, tanto el caudal ecológico como los cupos asignados.

Todo lo contrario, en cuanto a las capacidades institucionales y la gestión integrada en la cuenca, en esto es un grave y crónico retroceso.

El organismo de cuenca es la COREBE, un organismo de manejo y decisiones exclusivamente estatal, centralizado por el Gobierno nacional, al punto que tiene las oficinas políticas y técnicas, en la capital federal. Funciona con aportes del Gobierno nacional. No hay interacciones con los gestores y actores de la cuenca.

Esta situación ha provocado un constante descreimiento hacia la organización, y atento que pasaron más de 40 años (desde 1974) donde se registraron eventos extremos, las provincias comenzaron a cuestionar el cupo acordado diciendo que no refleja lo real, generándose como reacción, un uso indiscriminado, sin control, con latentes conflictos en puerta.

Tampoco se ha avanzado en generar información para las otras metodologías, o mínimamente, completar y confirmar la original, precisamente por la ausencia de procesos GIRH.

Como recomendación:

Aún sin cambiar el estatuto, COREBE inserte procesos de GIRH con los verdaderos actores, provinciales, municipales, locales. Se logre el empoderamiento, el fortalecimiento de capacidades,

fortalecimiento institucional. Es necesario y es factible. Una cuenca con ambientes muy disímiles, con idiosincrasias y realidades diferentes, con larga extensión, con 4 provincias.

La determinación del caudal ambiental se constituye en una adecuada herramienta para la gestión integrada en la cuenca del Bermejo, de gran respeto y consideración por todos los actores, pese a la diversidad, generadora de acuerdos y consensos.

Sin embargo, se encuentra condicionada a un rotundo cambio en el proceso de gestión por parte de la COREBE, es decir, el modelo de organización y de gestión de los actores de la cuenca, es el elemento central y necesario.

En este nuevo contexto, el caudal ambiental es una llave fundamental, por su importancia intrínseca, y por los procesos posteriores que genera en la definición de cupos de agua, un tema que tiene alta conflictividad no resuelta (ni encaminada), y que cada vez tiene mayores demandas, en cantidades y en volúmenes.

FICHA 4 – En formato original (Español y Portugués)

Felisbina Quadrado

Directora / Head of Department
DRH - Departamento de Recursos Hídricos
Agência Portuguesa do Ambiente /
Portuguese Environmental Agency
Rua da Murgueira, 9/9A - Zambujal
Ap.7585 | 2610-124 Amadora | Portugal
www.apambiente.pt

Ampliación de las consideraciones efectuadas en la pregunta 10: “Aplicaciones en el país-casos” de la encuesta acerca del: ANÁLISIS DIAGNÓSTICO DEL GRADO DE DESARROLLO DEL ENFOQUE DE CAUDALES AMBIENTALES EN PAÍSES DE LA REGIÓN

1. Nombre de la aplicación – caso:

Implementação de caudais ecológicos nas grandes barragens do rio Lima

2. Ubicación geográfica (provincia /departamento, país), cuenca a la que pertenece. Características físico-geográficas y socioeconómicas del área de estudio. Principales actores (máx., 200 palabras, se puede incluir un mapa de ubicación.

O rio Lima integra a região hidrográfica do Minho e Lima (RH1), no noroeste de Portugal continental. As duas barragens em causa (Alto Lindoso e Touvedo) localizam-se no concelho de Ponte da Barca, distrito de Viana do Castelo.

O clima da bacia do rio Lima é resultado da sua posição geográfica, da proximidade ao oceano Atlântico e da forma e disposição dos principais conjuntos montanhosos do noroeste de Portugal. Estes fatores determinam que a região seja das mais pluviosas de Portugal. A bacia insere-se numa vasta região de clima de tipo marítimo. Os cursos de água da região abrangida pela bacia hidrográfica do Lima, atravessando maciços graníticos, caracterizam-se por possuírem uma reduzida quantidade de sais dissolvidos, conferindo desta forma uma reduzida produtividade biológica.

Do ponto de vista demográfico e socioeconómico, a região em que estas barragens se inserem, marcadamente rural, apresenta uma baixa densidade populacional, maioritariamente envelhecida e com a população ativa a dedicar-se a atividades relacionadas com agricultura, pecuária ou indústrias. O território português adjacente à barragem do Alto Lindoso é área protegida, integrando o Parque Nacional da Peneda-Gerês.

3. Motivaciones que dieron origen a la aplicación. Situaciones de conflicto. Objetivos perseguidos. Resultados esperados (máx. 200 palabras)

A barragem do Alto Lindoso entrou em exploração em 1992 e tem como principal função a produção de energia hidroelétrica, sendo a barragem nacional com a maior potência instalada. A barragem do Touvedo localiza-se a jusante da barragem do Alto Lindoso e funciona como contraembalse dos caudais do Alto Lindoso, tendo também função de produção hidroelétrica e abastecimento; entrou em exploração em 1993.

Desde 1996 que estão definidos, para as duas barragens, caudais de manutenção ecológica. No contexto da revisão dos títulos de exploração das barragens, em 2008, e tendo em conta a evolução do conhecimento científico e do quadro legal aplicável, foram definidos regimes de caudais ecológicos (RCE) a libertar em cada barragem.

As características estruturais das barragens funcionam como condicionantes à implementação de RCE, uma vez que, de origem, a barragem do Touvedo não dispunha de dispositivo específico para libertação RCE e a barragem do Alto Lindoso tinha um dispositivo para RCE mas com uma capacidade de vazão insuficiente.

Através da instalação de dispositivos específicos para libertar os valores de RCE definidos e da implementação dos caudais ecológicos, pretende-se alcançar uma melhoria da qualidade ecológica das massas de água a jusante das barragens, nos termos da Diretiva 2000/60/CE de 23 de outubro de 2000 (DQA) e da Lei n.º 58/2005 de 29 de dezembro (Lei da Água portuguesa) e do Decreto-Lei n.º 77/2006 de 30 de março.

4. Metodologías de cálculo utilizadas, el porqué de su elección. Ventajas y limitaciones. Su vinculación con la normativa vigente (máx. 200 palabras)

A DQA, transposta para o ordenamento jurídico nacional pela Lei da Água, constitui-se como centro das políticas ambientais portuguesas direcionadas à proteção das massas de água continentais. Neste quadro, o Decreto-Lei n.º 226 A/2007, de 31 de maio veio rever o licenciamento da utilização dos recursos hídricos e, através da Portaria n.º 1450/2007, de 12 de novembro, foi definida a necessidade de implementar RCE para todo o tipo de infraestruturas hidráulicas direcionadas à produção de energia. Também no contexto de avaliação de impacte ambiental (AIA; Diretiva n.º 2011/92/EU, de 13 de dezembro de 2011, transposta para a ordem jurídica interna pelo Decreto - Lei n.º 151-B/2013, de 31 de outubro), a aprovação da construção de grandes barragens direcionadas à produção hidroelétrica depende da emissão de declaração de impacte ambiental favorável ou condicionalmente favorável, implicando medidas de mitigação de impactes, nas quais se incluem os RCE.

Recentemente, no contexto da “Revisão do Programa Nacional de Barragens” (abril de 2016) foi ainda definido, que, para barragens já construídas e em que seja implementado à posteriori o lançamento de caudais ecológicos, o RCE mínimo a assegurar deve ser de 7% relativamente ao módulo do caudal em regime natural.

Os RCE estabelecidos para as barragens do Alto Lindoso e Touvedo tiveram por base a aplicação do método do caudal base, considerando caudais médios mensais obtidos a partir de estações hidrométricas localizadas na proximidade dos locais de construção das barragens (dados obtidos em condições de regime natural), bem como os resultados obtidos após aplicação da metodologia incremental (IFIM). O facto de se aplicar um método hidrológico e um método de simulação de habitat permitiu cruzar resultados e avaliar as melhores opções para o caudal a libertar, considerando a hidromorfologia do troço e as necessidades das principais espécies da fauna piscícola. O RCE final foi definido através de um processo de validação por painel de especialistas. Atualmente, os RCE a implementar em cada barragem correspondem a 7% dos módulos do caudal em regime natural, variando em cada mês por forma a replicar as variações dos regimes naturais, atendendo à actual capacidade do dispositivo de lançamento de caudais ecológicos. Estão em curso as medidas que vão permitir incrementar esta capacidade do dispositivo.

5. Resultados obtenidos, aportes a la reducción de las situaciones de conflicto. Mejora de las capacidades institucionales. Importancia que tuvo su aplicación como aporte a la gestión integrada del área de análisis. Obstáculos que se presentaron en la implementación. Lecciones aprendidas. Recomendaciones para acciones futuras. (máx. 400 palabras)

Dando cumprimento ao definido na DQA, a gestão das massas de água nacionais é feita de forma integrada, tendo como principal ferramenta os Planos de Gestão de Região Hidrográfica (mais informações

em: http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=7&sub2ref=9&sub3ref=848#Quadro_PGRH_Final). Através destes planos, são definidos, caso a caso, objetivos ambientais e programas de medidas necessários à conservação ou melhoria da qualidade ecológica e química das massas de água. Esta avaliação inclui uma análise das pressões sobre as massas de água, sendo a implementação de RCE uma das medidas consideradas nos casos em que se verificam pressões hidromorfológicas relacionadas com regularização do caudal.

Relativamente ao caso de estudo em análise, em 2016 foi concluído o primeiro ciclo de 7 anos de monitorização dos troços a jusante das barragens do Alto Lindoso e Touvedo. Durante este período foram monitorizados elementos biológicos, físico-químicos e hidromorfológicos, nos termos do anexo V da DQA e de acordo com o estabelecido nos contratos de concessão para produção hidroelétrica (2008). Estes programas de monitorização tiveram como objetivo a recolha de dados para avaliação da eficácia dos RCE, no que diz respeito à sua capacidade para assegurar a melhoria da qualidade ecológica das massas de água afetadas pela regularização do caudal.

As ações previstas para este primeiro ciclo de 7 anos não foram inteiramente cumpridas, o que condicionou a avaliação da eficácia da medida. Concretamente, verificaram-se atrasos, por parte da concessionária, na transição do caudal de manutenção ecológica para o RCE, bem como na instalação dos dispositivos necessários à libertação dos valores mais elevados de RCE. Verificaram-se ainda limitações relacionadas com a inexistência de metodologias de monitorização, ou falta de experiência na sua aplicação, decorrentes do facto desta matéria estar ainda numa fase inicial de desenvolvimento. Os resultados obtidos para os vários elementos permitiram concluir pela necessidade de dar continuidade à monitorização, procedendo-se também ao ajuste dos RCE a libertar.

Apesar das limitações, os resultados da monitorização evidenciaram também alguns sinais positivos por parte dos ecossistemas afetados, sendo estes mais evidentes nas estações amostradas a uma maior distância da barragem e dos pontos de restituição dos caudais turbinados. Destaca-se ainda o facto da barragem do Touvedo dispor de uma passagem para peixes do tipo elevador, cujo funcionamento foi sujeito a um programa de melhoria e otimização, pelo que a manutenção de um caudal ecológico no troço a jusante da passagem, e também no troço a montante da albufeira do Touvedo, são particularmente importantes e complementam este dispositivo no que diz respeito aos benefícios ambientais para a fauna piscícola.

As vicissitudes dos ciclos de monitorização agora terminados permitiram ainda concluir pela necessidade de um acompanhamento mais próximo destes programas por parte do concedente dos títulos de utilização dos recursos hídricos, necessidade que está já a ser salvaguardada.

FICHA 5

Autor: Rebeca González Villela (México)

- Nombre de la aplicación – caso:

APROXIMACIÓN HOLÍSTICA PARA EL MANEJO INTEGRADO DE LAS CUENCAS Y EL CAUDAL AMBIENTAL: Río Verde (Oaxaca).

- Ubicación geográfica (provincia /departamento, país), cuenca a la que pertenece. Características físico-geográficas y socioeconómicas del área de estudio. Principales actores (máx. 200 palabras, se puede incluir un mapa de ubicación).

La cuenca del río Verde se encuentra localizada dentro de la Región Hidrológica n.º 20 (RH20) “Costa Chica Río Verde”. El río Verde forma parte de la cuenca del Balsas, con una longitud de 600 km, nace al noroeste de la ciudad de Oaxaca con el nombre de Atoyac y descargar sus aguas en el Pacífico, tiene una superficie de 1,122.71 km², y se encuentra delimitada al Norte por las cuencas hidrológicas río La Arena 1 y río Atoyac, al Sur por el océano Pacífico y la región hidrológica número 21 Costa de Oaxaca, al Este por la región hidrológica número 21 Costa de Oaxaca y al Oeste por la cuenca hidrológica río La Arena 2 (CFE, 2008). La cuenca está caracterizada por tener climas secos en la parte alta. En la parte media y baja se presentan climas lluviosos con temperaturas semicálidas y cálidas (Figura 1). Los afluentes principales por la margen derecha del río son: río Reyes, Sola de Vega, San Jacinto, Zonzontepec, Yolotepec Cuanana y Sordo; y los afluentes por la margen izquierda son: Tlacolula, Ejutla, Miahuatlán, Coatlán y Juquila. El máximo de elevación en la cuenca es de 2,600 m. La vegetación dentro del Sistema Ambiental Regional (SAR) está constituida por bosque caducifolio (34 %), bosque de coníferas (32.4 %), pastizales (13.3 %), agricultura de temporal (12.5 %), agricultura de riego (2.4 %), cuerpos de agua (2.0 %), hidrofitas (1.9 %), bosque mixto (0.7 %), humedales (0.6 %) y asentamientos humanos (0.2 %). La diversidad natural de las zonas altas (humedales, corredor fluvial y estuarios) del Río Verde soportan una amplia variedad de flora y fauna (Ruíz et al., 2008; González-Villela et. al., en revisión). A lo largo del río se conservan los caudales naturales. Sin embargo, una derivadora y un bordo de protección a ambos lados del río en la parte baja (24.20 km), fueron construidos por Conagua en 1994 para satisfacer las actividades agrícolas. Los estuarios soportan numerosas actividades que contribuyen a la economía de la región, como la agricultura, desarrollo urbano, turismo así como la pesca comercial y turística del Parque Nacional Laguna de Chacahua (CFE, 2008; González-Villela, 2010).

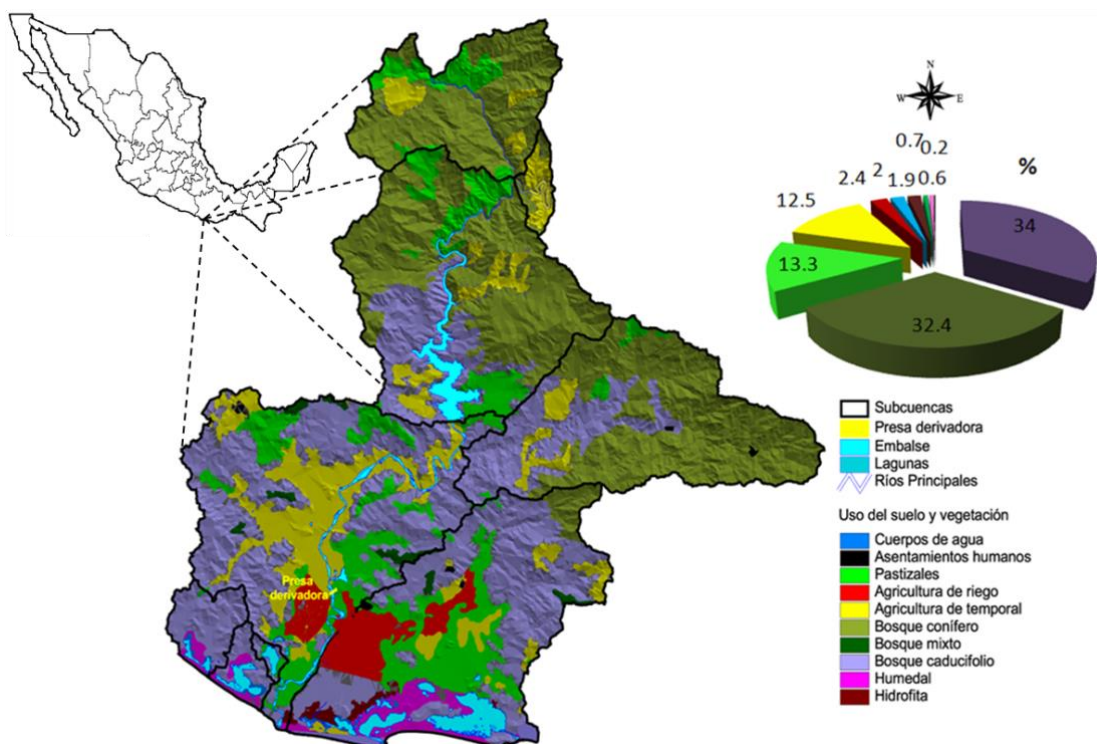


Figura 1. Hidrología, uso del suelo y vegetación para la cuenca del Río Verde, oax. (escala 1:250,000 - serie iii, inegi, imágenes landsat etm 2000 y 2002, respaldada con trabajo de campo 2002, 2003 y 2004; modificada de cfe, 2008).

- Motivaciones que dieron origen a la aplicación. Situaciones de conflicto. Objetivos perseguidos. Resultados esperados (máx. 200 palabras).

En el presente estudio se aplican al río Verde (Oaxaca), la metodología holística DRIFT (Downstream Response Tolmposed Flow Transformations o Respuesta Río Abajo a las Transformaciones Impuestas al Caudal), para la cuantificación y la determinación de las estrategias de los regímenes de caudal, para generar los escenarios e indicadores de impacto en los módulos biofísico y socioeconómico, así como las medidas de mitigación y seguimiento con los caudales proyectados en el aprovechamiento hidráulico Paso de la Reina del Río Verde (Oaxaca). Estudio patrocinado por la Comisión Federal de Electricidad, con la finalidad de generar un manejo integrado de la cuenca y lograr mantener el equilibrio y la función del sistema fluvial con la operación de la presa.

- Metodologías de cálculo utilizadas, el porqué de su elección. Ventajas y limitaciones. Su vinculación con la normativa vigente (máx. 200 palabras).

Los registros hidrométricos de 42 años para el cálculo de los caudales ecológicos dentro del SAR fueron obtenidos de las estaciones hidrométricas: El Carrizo (20021) y Paso de la Reina (20017) del río Verde (Oaxaca), controladas por la Comisión Federal de Electricidad y por la Comisión Nacional del Agua (Conagua), respectivamente. La información geográfica digital de la hidrología, topografía, uso de la tierra, tipo de vegetación y suelo de la cuenca a través de imágenes de alta resolución

supervisadas (QuikBird y LANDSAT ETM). Los análisis hidrológicos históricos de siete estaciones hidrométricas aplicando el criterio del World Meteorological Organization (WMO) y del software Hydrologic Modeling System o HEC-HMS V-4.0. La disponibilidad de agua subterránea a través de análisis isotópicos de 1H_2 , 2H , 3H , 16O , 17O y 18O usando el Standard Mean Ocean Water (SMOW), el Vienna Standard Mean Ocean Water (VSMOW), el espectrómetro de masas para deuterio y el 18O , el enriquecimiento electrolítico y el conteo de centelleo líquido para la cuantificación del tritio ambiental del agua de los piezómetros de la cuenca. Los modelos hidráulicos a través de imágenes LANDSAT, los métodos y los softwares de Hydrologic Engineering Centers River Analysis System o HEC-RAS V-4.0, el Hydrologic Modeling System o HEC-HMS V-4.0 y FLO-2D. La calidad del agua incluyó el análisis de O_2 , temperatura, turbidez, alcalinidad, pH, salinidad, conductividad a través de una sonda multiparámetro YSI – 600. Los registros en campo y la contaminación difusa a través de las técnicas de laboratorio y las metodologías de Qual2K model V 2.07, la ecuación USLE, Arc View Generalized Watershed Loading Function y el Canadian Water Quality Index – CCME WQ. Los estudios de peces, macroinvertebrados y la ecología de la vegetación acuática y terrestre a través de la preferencia de hábitat, simulación del hábitat y análisis multivariados (clúster, componentes principales y análisis de discriminantes). La participación del panel de expertos (hidrólogos, hidrodinámicos, geólogos, geógrafos, limnólogos, zoólogos, ictiólogos, botánicos de vegetación acuática, terrestre y manglar de diversas instituciones) utilizando modelos conceptuales para los módulos biofísicos y socioeconómico para relacionar las categorías de caudales a la morfología del canal, hidráulica, zona de inundación y estado ecológico del sistema ripario. El módulo socioeconómico fue desarrollado por agrónomos, sociólogos y antropólogos utilizando entrevistas directas y estandarizadas a los agricultores, granjeros y propietarios en relación con los requerimientos de agua proporcionada por la Conagua, la información estadística del uso del suelo y características edáficas (World Soil Resource Reference-WSRR Methodology), y para cada disciplina una lista de aspectos de estudio e indicadores de impacto generados para la evaluación del sistema. El cálculo de los caudales ecológicos por el Método de Tennant Modificado (García et al., 1999), Hidroperíodo (IHA, Indicadores de la Alteración Hidrológica; TNC, 2006), Preferencia de Hábitat (multivariados; González-Villela, 2007) y Simulación del Hábitat (PHABSIM, PhysicalHabitatSimulationSystem o Sistema para la Simulación Física del Hábitat; Hardy et al. 1997) para el río Verde, Oaxaca. Los detalles técnicos de las metodologías se encuentran en Ruiz et al. (2010).

- Resultados obtenidos, aportes a la reducción de las situaciones de conflicto. Mejora de las capacidades institucionales. Importancia que tuvo su aplicación como aporte a la gestión integrada del área de análisis. Obstáculos que se presentaron en la implementación. Lecciones aprendidas. Recomendaciones para acciones futuras (máx. 400 palabras).

El cálculo del caudal ecológico utilizando cuatro metodologías mencionadas generaron rangos para cada grupo de caudales, con el propósito de obtener márgenes de operación o de manejo de la presa cuando las condiciones ambientales generen años secos (valor más bajo del rango en el grupo de caudales) y los años húmedos (o valor más alto para cada grupo de caudales).

Caudales ambientales calculados a través del método de Tennant modificado, IHA, preferencia y simulación del hábitat; con sus rangos de caudal para el manejo de la presa en años secos y húmedos

<i>Grupo</i>	<i>Caudal (m³/s)</i>	<i>Duración y época</i>
C. extremos bajos	12.75 – 30.0	15 días en abril
Caudales bajos	32.1-70.15	Noviembre - mayo
Caudales altos	48.15 - 260	Junio - octubre (alternar pulsos de C. altos)
Pulsos de caudal altos	350 – 500	Julio y agosto (5 – 15) - en primeros días de
Pequeñas Inundaciones	548.52 – 1000	septiembre
Grandes inundaciones	3000 – 4000	Durante septiembre 1.º días de septiembre (3.º o 5.º día)

El propuesto esquema para los caudales ambientales es consistente con la aplicación de los análisis multicriterio y estudios multidisciplinarios efectuados en relación con el comportamiento natural hidrológico e hidrodinámico del Río Verde, la conservación del agua subterránea de la Cuenca, la conectividad de la zona de inundación (Lagunas Laválo, Chacahua, El Espejo y Minuyua), la calidad del agua, la disponibilidad de agua para la vegetación del corredor fluvial (bosque de galería e hidrofitas), los humedales, estuarios, comunidades de peces, macroinvertebrados, y manglar, como lo señalaron los resultados de: 1) el modelo hidrológico proyectado con una descarga mínima instantánea promedio 7.4 m³/s, en abril y una descarga máxima instantánea promedio de 4,065 m³/s, en octubre que es coincidente con los requerimientos de caudal ambiental calculados en el río, 2) concordancia con el modelo hidrodinámico proyectado y las descargas de retorno, formativas, de máxima ribera, de inundación para diferentes años y diferentes segmentos del río en relación con los sistemas asociados (Lagunas). 3) Los caudales proyectados, generarán las condiciones para mantener la calidad y la cantidad de los acuíferos en el área de la cuenca (balance con el régimen de caudales naturales actuales, los aportes de la lluvia, las actividades de irrigación, bombeo, evaporación y flujo base), 4) los estudios de hábitats, de las comunidades de peces y macroinvertebrados se mantendrán saludables como lo muestran los estudios multivariados de preferencia de hábitat y simulación del hábitat (IFIM-PHABSIM), y 5) la conservación de las condiciones de humedad necesarias para el mantenimiento de las comunidades de flora y fauna en el cauce del río, corredor fluvial, manglar y bosque de galería a través de los picos de caudal alto y pequeñas y grandes inundaciones proyectadas.

Los parámetros ambientales que determinan la estructura de los hábitats, comunidades y las preferencias ambientales de las especies en este estudio, fueron utilizados para predecir el efecto del cambio en las características de los caudales en la flora y fauna del río, así como para generar las estrategias de manejo que a continuación se mencionan:

- Para la zona de inundación del embalse y presa de cambio de régimen se requiere el manejo de las especies nativas y la conservación de la biodiversidad (32.25 km).
- Cuando la presa comience a operar el ajuste de los caudales ambientales para las diferentes estaciones seca y húmeda (caudales extremos bajos, caudales bajos, caudales altos, pulsos de caudal altos, pequeñas inundaciones y grandes inundaciones), para conservar la geometría, característica de los sedimentos, composición y cantidad de los materiales del fondo del canal, así como de las condiciones hidráulicas, variaciones de corriente, retención de sedimentos y la distribución de la flora y fauna (terrestre y acuática) a lo largo de 50.38 km de río (de la presa a la desembocadura).
- Es necesario mantener el nivel mínimo de agua para la zona de inundación, con la finalidad de conservar la cobertura vegetal del corredor fluvial y de la zona de inundación, el depósito de nutrientes, el balance de especies acuáticas y terrestres, el reclutamiento de plantas colonizadoras, la forma física del canal, los hábitats y los depósitos de grava y sedimento en las zonas de desove (548.52 a 1,000 m³/s).

- Se requiere de la evaluación continua de las conexiones a lo largo del río, así como la evaluación de las condiciones de migración y zonas de desove, en relación con los periodos de caudales, fases y ciclos de vida de los peces y otros vertebrados.
- Desarrollo de planes de monitoreo para medir los cambios en la geometría del canal, características de los sedimentos, composición de los materiales del lecho del río, condiciones hidráulicas de los caudales que se requieren cuando la presa comience a funcionar y cuando los caudales ambientales sean implementados.
- Construcción de rutas de migración (canales artificiales) para que las especies de *Agonostomus monticola* y *Macrobrachium*sp, puedan migrar río arriba y permitir la repoblación con otras especies de la parte baja.
- Es necesario mantener la estructura de las comunidades en el río, la cual actúa como reservorio de especies.
- Generar estudios para predecir con certeza el efecto generado por los cambios en las características hidrométricas en la ictiofauna del río.

La aplicación de la metodología DRIFT al río Verde (Oaxaca) representa el uso de la técnica multicriterio como auxiliar inherente en la toma de decisiones, en los estudios multidisciplinarios y en las evaluaciones del caudal ambiental e impacto ambiental. También esta metodología toma en consideración los beneficios y costos sociales del cambio en las condiciones del río, particularmente de los usuarios (o población en riesgo) de los recursos del río.

Los estudios de caudal ecológico en México se analizan por las diferentes instituciones académicas con poca aplicabilidad en la práctica. Sin embargo, se ha avanzado en la generación de una NMX-159-SCFI-2012 y se pretende en corto sea obligatoria en su aplicación para todos los estudios de impacto ambiental.

FICHA 6

Autor: Gabriel Pinilla

1. Nombre de la aplicación – caso.

"METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DEL CAUDAL AMBIENTAL EN PROYECTO LICENCIADOS"

2. Ubicación geográfica (provincia /departamento, país), cuenca a la que pertenece. Características físico-geográficas y socioeconómicas del área de estudio. Principales actores (máx. 200 palabras, se puede incluir un mapa de ubicación.

El estudio se llevó a cabo en Colombia. Se revisó información de 13 ríos con distintos proyectos de uso del agua, tales como embalses, distritos de riego y trasvases. La aplicación de la metodología propuesta se ensayó en 3 ríos que contaron con la información necesaria: el río Urrá y su embalse en el departamento de Córdoba, al norte del país (región Caribe); el río Sogamoso y su embalse en el departamento de Santander, en la zona central de la cordillera Oriental (región Andina); el río Manso y su trasvase al río La Miel, ubicado en el departamento de Caldas, al norte de la cordillera Central (región Andina). En todos los casos, los principales actores fueron las empresas generadoras de energía, la autoridad ambiental y los investigadores de la Universidad Nacional de Colombia que elaboraron la propuesta metodológica.

3. Motivaciones que dieron origen a la aplicación. Situaciones de conflicto. Objetivos perseguidos. Resultados esperados (máx. 200 palabras)

El estudio se realizó a solicitud de la autoridad ambiental (Dirección de Licencias del Ministerio de Ambiente) a fin de establecer una metodología común que evitara el uso de distintas formas de calcular los caudales ambientales en Colombia, específicamente en el caso de ríos que requerían licencia ambiental para el otorgamiento de sus recursos hídricos. Hasta ese momento (2007), cada empresa que solicitaba licencia calculaba el caudal ambiental a su manera y sin parámetros claros, lo que impedía conocer con certeza si dichos caudales eran adecuados o no. Se esperaba, por tanto, desarrollar una metodología que fuera aplicable a los distintos casos de solicitud de licencia ambiental.

4. Metodologías de cálculo utilizadas, el porqué de su elección. Ventajas y limitaciones. Su vinculación con la normativa vigente (máx. 200 palabras).

Se utilizaron tres enfoques para construir la propuesta metodológica: hídrico-hidrológico, de calidad del agua y de integridad ecológica. El primer aspecto consideró la variabilidad intra e interanual de los caudales debida a las fluctuaciones climáticas; el segundo valoró los cambios físicos y químicos del agua debidos a la reducción del caudal; el tercer tema se centró en la determinación de las modificaciones en la calidad y la cantidad del hábitat fluvial a fin de establecer las alteraciones en su integridad ecológica. Se buscó así integrar distintas formas de abordar el cálculo de los caudales ambientales, de manera que se tuviera en cuenta lo hidrológico, los usos que las poblaciones humanas hacen del agua (la calidad) y la ecología del río. A partir de este trabajo, la Agencia Nacional

de Licencias Ambientales tomó la metodología propuesta como base para solicitar el cálculo de los caudales ambientales a las empresas que solicitan la extracción de agua de los ríos en Colombia.

5. Resultados obtenidos, aportes a la reducción de las situaciones de conflicto. Mejora de las capacidades institucionales. Importancia que tuvo su aplicación como aporte a la gestión integrada del área de análisis. Obstáculos que se presentaron en la implementación. Lecciones aprendidas. Recomendaciones para acciones futuras. (máx. 400 palabras).

La metodología propuesta se desarrolló de manera preliminar y no se pudo validar con suficientes casos debido a la dificultad en la obtención de la información necesaria. Las empresas dueñas de los proyectos no compartieron sus datos, lo que hizo difícil la implementación de la propuesta. El tiempo destinado al trabajo fue muy corto y no se contó con recursos suficientes para hacer un estudio más detallado y a largo plazo. Aun así, el método desarrollado mostró ser flexible, aplicable y útil para calcular los caudales ambientales de un proyecto, mes a mes y para años secos, normales y húmedos. Precisamente esta variabilidad en los caudales ambientales calculados, que en principio tiene como objetivo simular de la manera más natural posible los cambios hidrológicos normales del río, constituye una limitante, puesto que las empresas dueñas de los proyectos no están fácilmente dispuestas a tener caudales variables. Esto se debe a que es el precio de la energía hidroeléctrica la que determina la cantidad de agua a ser utilizada, de forma que los requerimientos ecológicos del río, las necesidades de agua por parte de sus comunidades bióticas y las demandas de cantidad y calidad del agua para las actividades humanas de la cuenca quedan relegadas a segundo plano.

Anexo 5

Curso sobre Metodologías para la determinación de caudales ambientales en América Latina



Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 28 de agosto al 01 de septiembre de 2017

Presentación

El desarrollo humano promueve demandas cada vez mayores de los recursos hídricos disponibles para atender su crecimiento: agua potable, saneamiento, riego, desarrollo industrial, navegación, vías de comunicación, energía, son solo algunas de las muchas intervenciones que la sociedad realiza en aras de una mejor calidad de vida. Sin embargo, estas intervenciones se traducen en un aumento de infraestructura y en alteraciones a los regímenes naturales de las corrientes, modificando el paisaje e impactando sobre los ecosistemas³¹.

La nueva agenda del desarrollo sostenible postula los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)³² que los países suscribieron en la Asamblea de las Naciones Unidas en 2015 para lograr un mejor mundo en 2030. Muchos de los ODS tienen que ver con la seguridad hídrica: desde atender las necesidades básicas de agua, saneamiento y alimentación de la población, hasta el mantenimiento de la calidad de los ecosistemas terrestres a la producción y consumo responsables.

³¹Poff, N.L., J.D. Allan, M. B. Bain, J.R. Karr, K.L. Prestegard, B. Richter, R. Sparks, and J. Stromberg. (1997). The natural flow regime: a new paradigm for riverine conservation and restoration. *BioScience* 47:769-784.

³² <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

De acuerdo al Programa Hidrológico Internacional (PHI) de Unesco, la seguridad hídrica refiere a la “capacidad de una población para salvaguardar a nivel de cuenca el acceso al agua en cantidades adecuadas y con la calidad apropiada para sostener la salud de la gente y de los ecosistemas, así como para asegurar la protección eficaz de vidas y bienes durante desastres hídricos (inundaciones, deslizamientos y hundimientos de terreno y sequías)”.

En este contexto, la incorporación de los conceptos de caudal ecológico (CE), caudal ambiental (CA) y los procesos de implementación de un régimen de caudales ambientales (RCA)³³, resultan en un elemento insoslayable a considerar para garantizar la sostenibilidad de los recursos de una cuenca, preservando los servicios ecosistémicos y los beneficios que proveen a los seres humanos contribuyendo a su bienestar³⁴

Si bien desde la enunciación este paradigma resulta claro y contundente, su implementación y más aún la definición de las políticas a seguir, presentan importantes desafíos. No solo porque es necesario lograr una adaptación de las medidas de intervención a la realidad biológica, física y social de cada unidad de análisis en particular, sino porque no hay una metodología universal para el cálculo. Por el contrario, existe una amplia variedad de métodos y cada uno de ellos tiene diferentes requerimientos de datos e información básica, conocimiento del sistema y experticia profesional.

En términos de gestión, la consolidación del ambiente facilitador que contenga y articule los procesos de determinación, implementación y monitoreo de los caudales ambientales (políticas, marco legal, financiamientos, incentivos, etc.) requiere la construcción de capacidades profesionales que promuevan la aplicación estratégica de instrumentos de gestión en el marco de los principios que establece la GIRH³⁵. En este sentido, merece mencionarse que el tema caudales ambientales ha sido identificado como una línea de acción prioritaria para llevar adelante acciones de desarrollo de capacidades tanto en el marco de Ralcea (Red de Centros de Excelencia en Gestión del Agua en América Latina - <http://aquaknow.jrc.ec.europa.eu/es/groups/ralcea>) como en el de Codia (Conferencia de Directores Iberoamericanos del Agua - <http://codia.info>). De hecho, en Ralcea se comenzó a desarrollar en 2016 un estudio que pretende obtener un diagnóstico del grado de desarrollo del enfoque de caudales ambientales en países de Latinoamérica. Los resultados preliminares de este estudio señalan que:

- La necesidad de la determinación de los caudales ambientales y/o el establecimiento de un régimen de caudales ambientales deriva de múltiples problemáticas: conflictos entre usuarios, mantenimiento de los ecosistemas, calidad del agua, etc.
- Numerosas metodologías de cálculo han sido desarrolladas bajo diferentes circunstancias, escenarios y variables, siendo las de tipo hidrológico e hidráulica las más difundidas debido a que representan el abordaje más simple y económico y requieren de información más fácilmente accesible por parte de los organismos encargados de la gestión del agua.
- Se han identificado casos de estudio que incluyen variados grados de complejidad, y el uso de diferentes metodologías. Mayormente estos casos han sido desarrollados en el ámbito académico y sólo algunos han derivado en regulaciones efectivas de los regímenes de caudal. Puede afirmarse

³³ UNESCO (2014). Qué son los Caudales Ambientales y cuál es la perspectiva de su aplicación en Uruguay. Documentos Técnicos del PHI-LAC, N° 34.

³⁴Alcamo J & Bennett EM. 2003. Ecosystems and Human Well-Being. A Framework for Assessment. World Resources Institute; Millennium Ecosystem Assessment Series. Island Press

³⁵Asociación Mundial para el Agua (GWP). Comité de Consejo Técnico (TAC), TAC Backgroundpapers N° 4 "Manejo Integrado de Recursos Hídricos". Sep. 2000

que incluso aquellas determinaciones efectuadas como resultado de normativas establecidas, son susceptibles de análisis y discusión, dado el grado de complejidad e interdisciplinar que involucra la estimación de los caudales ambientales. Por otra parte el grado de incorporación del tema en el marco normativo de los países es dispar: abarcan desde enunciaciones amplias que señalan el interés de planificar, gestionar y controlar los recursos hídricos desde una dimensión ambiental (como es el caso de la legislación uruguaya), hasta normativas mucho más específicas (como la Resolución Jefatural n° 154 del 15 de junio de 2016 de la Autoridad Nacional del Agua del Perú). La complejidad del tema y la cantidad de actores que intervienen también ha sido un obstáculo para que los países construyan definiciones de política que apunten a la implementación de los caudales ambientales aunque, al igual que con el desarrollo de la normativa, debe reconocerse que ha habido avances dispares entre los diferentes países.

- Un común denominador que surge de este análisis lo constituyen: la preocupación que el tema ha despertado en los responsables de la gestión del agua en Latinoamérica, el importante número de lecciones aprendidas que surgen de las iniciativas que se han llevado a cabo y, las capacidades con que hoy se cuenta en la región. Todos estos son elementos que deberían capitalizarse para lograr el fortalecimiento institucional que se requiere para avanzar en forma sostenida en pos de una gestión integrada de los recursos hídricos.

En virtud de lo señalado y en el marco del Plan de transferencia, intercambio y gestión de conocimiento para el desarrollo de la Cooperación Española en América Latina y el Caribe (INTERCOONECTA), que ha puesto en marcha la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (Aecid), fue presentada y aprobada la propuesta para la realización del curso sobre metodologías para la determinación de caudales ambientales en América Latina en el Centro de Formación de Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. El mismo fue financiado con recursos del Aecid para su programa INTERCOONECTA y del Latin American Investment Facility (Laif) de la Unión Europea, a través de Aecid y administrados por el BID. El curso además contó con el apoyo del Cedex (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas) que facilitando la participación del Dr. Fernando Magdaleno Mas y de RTI International (Research Triangle Institute) facilitando la participación de la Dra. Juliana Corrales.

Esta actividad es organizada en forma conjunta por la Red Latinoamericana de Centros de Conocimiento de Gestión de Recursos Hídricos (Ralcea), la Red Latinoamericana de desarrollo de capacidades para la gestión integrada del agua (LA- WETnet), la Red internacional de desarrollo de capacidades para la gestión sustentable del agua (Cap-Net PNUD), la Unión Europea, UNESCO PHI, Cátedra UNESCO: Agua y Educación para el Desarrollo Sostenible de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (FICH) de la Universidad Nacional del Litoral (UNL) y la Conferencia de Directores Iberoamericanos del agua (Codia).

Instituciones involucradas

El curso fue desarrollado gracias a la articulación de esfuerzos y financiamiento de las siguientes instituciones:

Codia

La Conferencia de Directores Iberoamericanos del Agua (www.codia.info) es una iniciativa de cooperación y colaboración técnica en materia de gestión de recursos hídricos que nació en el año 2000 por mandato del Foro Iberoamericano de ministros de medio ambiente. Hasta la fecha ha

celebrado 16 Conferencias, siendo hoy uno de las principales plataformas de capacitación en materia de gestión de los recursos hídricos de la región.

Precisamente, la XVI Conferencia, celebrada en diciembre de 2015 en Santa Cruz de la Sierra (Bolivia), se ha clausurado reforzando el acuerdo de colaboración con la UNESCO, con el Banco de Desarrollo de América Latina (CAF), con la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) y con la Red de Centros de Excelencia en Agua en América Latina (RALCEA) en materia de formación.

Además, se ha aprobado la institucionalización de la asociación estratégica con UNESCO-PHI y con CAF. En concreto, los directores del Agua de los países miembros han acordado incorporar al Plan Operativo Anual 2016 las líneas de trabajo adoptadas en los acuerdos suscritos con UNESCO y con CAF por la STP-CODIA y por España, respectivamente.

Estos acuerdos no solo incrementan notablemente el marco de formación y capacitación para 2016, sino que además suponen un nuevo elemento de refuerzo de la arquitectura institucional de la CODIA, que también se ve beneficiada por la reciente colaboración con la Unión Europea y con la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Aecid

La Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo es el principal órgano de gestión de la Cooperación Española, orientada a la lucha contra la pobreza y al desarrollo humano sostenible. Según su Estatuto, la Agencia nace para fomentar el pleno ejercicio del desarrollo, concebido como derecho humano fundamental, siendo la lucha contra la pobreza parte del proceso de construcción de este derecho. Para ello sigue las directrices del IV Plan Director de la Cooperación Española, en consonancia con la agenda internacional marcada por los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) y con atención a tres elementos transversales: la perspectiva de género, la calidad medioambiental y el respeto a la diversidad cultural.

La visión de la Agencia Española de Cooperación aparece definida en su Plan Estratégico 2014-2017, y está basada en la contribución de la organización:

- A conseguir resultados de desarrollo que favorezcan la reducción de la pobreza, la cohesión social, y la igualdad de derechos de las personas en los países socios.
- Al acceso y protección de los derechos esenciales de las poblaciones víctimas de las crisis humanitarias.
- A la construcción de una sociedad consciente de la importancia del desarrollo.

En el ámbito internacional, en 2015 se adoptó la nueva Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, que regirá los planes de desarrollo mundiales durante los próximos 15 años. Se plantean 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que incluyen poner fin a la pobreza en el mundo, erradicar el hambre y lograr la seguridad alimentaria; garantizar una vida sana y una educación de calidad; lograr la igualdad de género; asegurar el acceso al agua y la energía; promover el crecimiento económico sostenido; adoptar medidas urgentes contra el cambio climático; promover la paz y facilitar el acceso a la justicia.

La AECID, junto a sus socios, trabaja en más de 30 países a través de su red de Oficinas Técnicas de Cooperación, Centros Culturales y Centros de Formación.

Ralcea

Es la **Red de América Latina de Centros de Conocimiento en Gestión del Agua** (<http://www.aquaknow.net/tag/tags/ralcea>). Surge como corolario del Proyecto temático Ralcea en línea con la Iniciativa Europea para el Agua (EUWI) y con el programa regional EUROCLIMA (Quinta Cumbre de EU-LAC, Declaración de Lima, 2008), respondiendo a las necesidades identificadas por los Estados Miembros de la UE y los 18 directorios latinoamericanos representados en la Conferencia de Directores Generales Iberoamericanos de Agua (Codia). Considerando el objetivo general de reducir la pobreza y reforzar la cooperación intergubernamental mejorando la gobernabilidad en el sector del agua a nivel regional y continental, el Proyecto Ralcea establece como objetivo específico promover políticas públicas basadas en conocimiento científico-técnico, fomentando el desarrollo de capacidades en el sector del agua a través del establecimiento de una red de centros de excelencia.

Actualmente la Red convoca 50 Instituciones (Puntos Focales representantes oficiales de 16 países de Latinoamérica, 25 Centros de Excelencia y 9 Instituciones internacionales). En este curso se ha vinculado las capacidades de un Punto Focal -el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) (<https://www.gob.mx/imta>)-y, un Centro de Excelencia –la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (FICH) de la Universidad Nacional del Litoral (UNL) (www.fich.unl.edu.ar).

Desde 2013 a través del Eje temático Mapeo de Actores y Desarrollo de Capacidades ha llevado adelante el diseño e implementación de una estrategia para el desarrollo de actividades para la capacitación del sector del agua. Como resultado de ello, entre los años 2013 y 2014 se realizaron diez cursos y talleres a demanda de los países, para el fortalecimiento institucional del sector. A partir del acuerdo alcanzado con Codia, en 2015 Ralcea – Codia han desarrollado en forma conjunto cinco actividades de carácter regional en Centros de Formación de AECID y en 2016 se concretarán otras 3 actividades en los Centros de Formación AECID, con el financiamiento del Latin American Investment Facility (LAIF) de la Unión Europea, a través de AECID y administrados por el BID.

Unesco PHI-LAC

El Programa Hidrológico Internacional (PHI) es el único programa intergubernamental del sistema de las Naciones Unidas dedicado a la investigación sobre el agua, la gestión de los recursos hídricos y la educación y la creación de capacidades. El programa, ajustado a las necesidades de los Estados Miembros, se ejecuta en fases de seis años, lo que permite adaptarlo a un mundo en rápida evolución. Actualmente está por iniciar su octava fase (PHI-VIII: *Seguridad Hídrica: Respuestas a los Desafíos Locales, Regionales y Mundiales*), misma que se llevará a cabo durante el periodo 2014-2021 y fue preparada a través de un proceso de consulta con los Estados Miembros. La octava fase del PHI es el resultado de un conocimiento más hondo de las interfaces e interconexiones existentes entre el agua, la energía y los alimentos, con el que se pretende seguir mejorando la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH).

Desde la Oficina Regional de Ciencia de la UNESCO para América Latina y el Caribe en Montevideo (<http://www.unesco.org/new/es/office-in-montevideo/ciencias-naturales/water-international-hydrological-programme/>), el PHI implementa iniciativas regionales y locales, en diálogo con los países de la región a través de los Comités Nacionales y Puntos Focales, con el apoyo

de la Familia del Agua de la UNESCO y en coordinación con la Sede de la UNESCO y con otras Oficinas de la región.

Como parte de esta Familia del Agua de Unesco, confluyen en la iniciativa de este Curso Regional de Desarrollo de Capacidades:

- El Programa de Ecohidrología (<http://en.unesco.org/themes/water-security/hydrology/ecohydrology>) que tiene como objetivo avanzar en la integración de la investigación social, ecológica e hidrológica y generar resultados que permitan el desarrollo de políticas y prácticas eficaces para la gestión integrada de los recursos hídricos.
- La Cátedra Unesco Agua y Educación para el Desarrollo Sostenible (<http://fich.unl.edu.ar/catedraunesco/>) constituye un espacio para promover sinergias que faciliten la colaboración activa entre profesionales, investigadores, profesores, maestros, estudiantes y otros grupos de interés, donde se propicien vínculos con otros centros de enseñanza e investigación, organizaciones no gubernamentales, instituciones de gobierno y empresas, abarcando participativa y efectivamente a todos los actores vinculados al agua, reconociendo el rol que cada uno cumple en la sociedad. La Cátedra tiene sede en la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (FICH) de la Universidad Nacional del Litoral (UNL).

BID – Centro de Soporte Hydro-BID (CeSH)

Como parte del compromiso de apoyar a los países miembros en temas de gestión integrada de recursos hídricos y adaptación al cambio climático, el Banco Interamericano de Desarrollo ha promovido el desarrollo de un sistema integrado y cuantitativo para simular hidrología y gestión de recursos hídricos en la región de América Latina y el Caribe, bajo escenarios de cambio (p. ej., clima, uso del suelo, población) denominado Hydro-BID, que permite evaluar cantidad y calidad del agua, las necesidades de infraestructura, y el diseño de estrategias y proyectos de adaptación en respuesta a estos cambios.

Hydro-BID (<http://sp.hydrobidlac.org/>) es un sistema de simulación hidrológica integrado por una base de datos hidrográfica y un modelo hidrológico que facilita considerablemente el proceso de análisis de disponibilidad de recursos hídricos y el estudio de la variabilidad de esa disponibilidad en el tiempo independientemente del nivel de detalle que se desee analizar (cuenca, subcuenca, microcuenca). En la actualidad Hydro-BID cuenta con módulos adicionales para transporte de sedimentos, embalses y aguas subterráneas. La base de datos cuenta con más de 230 mil cuencas pre-parametrizadas para toda Latinoamérica y el Caribe.

El Centro de Soporte Hydro-BID (CeSH) fue lanzado en el 2017 para garantizar la sostenibilidad de los esfuerzos que el BID ha venido promoviendo por medio de Hydro-BID en la región. El CeSH se encargará de garantizar la continuidad de los entrenamientos y el servicio de soporte técnico para los usuarios del sistema, así como de impulsar la formación de un Grupo de Prácticas (GDP) en el que se fomentarán las relaciones entre organismos nacionales, regionales encargados de la gestión de los recursos hídricos y, entre instituciones académicas que quieran utilizar la herramienta en actividades académicas y de investigación.

RTI - Research Triangle Institute

RTI International (<https://www.rti.org/>) es un instituto de investigación independiente, sin fines de lucro dedicada a mejorar la condición humana. Cuenta con experiencia en la investigación

medioambiental, la gestión y el análisis, que permite asesorar en la toma de decisiones basadas en la ciencia. Ingenieros, científicos, estadísticos, economistas, expertos en políticas, y modeladores aportan sus contribuciones para informar a las prácticas ambientalmente sostenibles y desarrollar soluciones innovadoras y rentables en cuestiones ambientales, incluyendo la calidad del aire, el cambio climático, los recursos hídricos, sustancias tóxicas, y gestión de residuos.

A través de sus desarrollos y proyectos RTI International promueve la protección a largo plazo y el uso sostenible de los recursos hídricos en el contexto más amplio de las políticas de desarrollo económico y social, responsables de la capacidad institucional y la participación activa de los interesados. Para proteger los recursos hídricos del mundo y promover soluciones de gestión integradas, se cuantifica el riesgo de abastecimiento de agua bajo una serie de condiciones actuales y futuras, incluyendo cambios en los patrones del clima, uso de la tierra, y el uso del agua.

CEDEX – Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas

El CEDEX, un organismo público de vanguardia aplicado a la ingeniería civil, la edificación y el medio ambiente (http://www.cedex.es/CEDEX/lang_castellano/).

El Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) nace como organismo autónomo por Decreto de 23 de agosto de 1957. Está adscrito orgánicamente al Ministerio de Fomento y funcionalmente a los Ministerios de Fomento y de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. El Organismo proporciona apoyo multidisciplinar en las tecnologías de la ingeniería civil, la edificación y el medio ambiente, y asiste tanto a las administraciones e instituciones públicas como a empresas privadas.

Se compone de una serie de unidades técnicas especializadas denominadas Centros y Laboratorios, que proporcionan asistencia técnica de alto nivel, investigación aplicada y desarrollo tecnológico en el marco de la ingeniería civil: puertos y costas, hidráulica de aguas continentales, carreteras, estructuras y materiales, geotecnia, técnicas aplicadas a la ingeniería civil y el medio ambiente, y estudios históricos de las obras públicas. Los Centros y Laboratorios dedican aproximadamente el 70% de sus recursos a asistencia técnica de alto nivel y el 30% restante a investigación aplicada y desarrollo, actividades de transferencia tecnológica y otras actuaciones de información técnica y científica.

CAP-NET y LA-WETNET

Cap-Net PNUD (**Capacity Development in Sustainable Water Management**) (<http://www.cap-net.org/>) es una red internacional para el desarrollo de capacidades en la gestión sostenible del agua. Está formada por instituciones internacionales, regionales y nacionales autónomas y redes comprometidas con el desarrollo de capacidades en el sector del agua. Se inició en el Simposio del PNUD sobre desarrollo de la capacidad de agua en 1996 y lanzada en 2002 por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el Instituto UNESCO-IHE para la Educación relativa al Agua, con financiación del Gobierno holandés. Desde entonces, Cap-Net PNUD ha crecido hasta convertirse en un centro mundial para el desarrollo de capacidades y la creación de redes en la gestión sostenible del agua con fondos adicionales de los gobiernos de Suecia y Noruega, y la Unión Europea. El programa Cap-Net PNUD es una parte del programa de la gobernabilidad del agua y el Océano del PNUD, dentro de la Oficina de Desarrollo Sostenible de

Política y Apoyo al Programa. El programa es ejecutado por la Oficina de las Naciones Unidas de Servicios para Proyectos (UNOPS), Grupo de Agua y Energía.

En tanto la **Red latinoamericana de desarrollo de capacidades para la gestión integrada del agua** (La WET-net) (<http://la-wetnet.org/>), es una de las redes regionales que integra Cap-Net. Se formó en Lima, Perú, en julio de 2002 como una red de organizaciones y personas dedicadas a la enseñanza, investigación, y gestión del agua, a fin de fortalecer las capacidades de los distintos grupos de interés en América Latina, para una gestión sustentable del agua y una mejora en el acceso al agua y al saneamiento, contribuyendo a la salud, la protección ambiental, y a la reducción de la pobreza en la región.

Objetivos

General

Promover el desarrollo de capacidades en profesionales y técnicos de instituciones gubernamentales de Latinoamérica para el mejor entendimiento del concepto de caudales ambientales y las metodologías para su determinación.

Específicos

- Hacer una puesta en común de las metodologías de cálculo disponibles, sus requerimientos, limitaciones, aplicabilidad, alcances, etc.
- Recuperar las experiencias, casos de estudio y lecciones aprendidas.
- Construir casos de análisis que sirvan de apoyo al Taller Regional sobre Caudales Ambientales (para tomadores de decisión)

Destinatarios

El curso estuvo dirigido a técnicos y profesionales de las diferentes instituciones integradas dentro de la Conferencia de Directores Iberoamericanos del Agua (Codia), organismos de gestión de recursos hídricos y el ambiente, agencias de control; gerentes de empresas/cooperativas de agua e hidroeléctricas, etc.

Convocatoria y Selección de los participantes

La convocatoria fue realizada a través de los canales habituales de difusión de la Codia, Ralcea, Aecid, La WET-net y Unesco PHI-LAC.

La inscripción se realizó en línea a través del enlace especialmente dispuesto en el portal del Centro de Formación Aecid Santa Cruz de la Sierra.

Se recibieron 115 postulaciones, habiéndose seleccionado 30, de los cuales efectivamente participaron 27, Provenientes de 14 países de América Latina: Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador, Venezuela, Perú, Paraguay, Uruguay, República Dominicana, México, El Salvador, Panamá, Costa Rica y Guatemala.

Además de procurar la diversidad geográfica, durante el proceso de selección se consideró reunir a profesionales y/o técnicos de diferentes disciplinas abarcando las diferentes perspectivas que involucra la determinación de caudales ambientales y además mantener el balance de género entre los participantes.

Lugar, fecha y sede

Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.

28 de agosto al 01 de setiembre de 2017.

Centro de Formación AECID

Calle Arenales 583 - - Santa Cruz de la Sierra, Bolivia

<http://www.aecid-cf.bo>

Ponentes

- **Mario Schreider**
Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas-Universidad Nacional del Litoral (FICH-UNL)
- **Rebeca González Villela**
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA)
- **Marta Paris**
Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas-Universidad Nacional del Litoral (FICH-UNL)
- **Fernando Magdaleno Mas**
Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX, España)
- **Maria Concepción Marcuello Olona**
Subdirectora Adjunta de Planificación y Uso Sostenible del Agua del MAPAMA (España)
- **Juliana Corrales**
RTI International
- **Raúl Muñoz**
BID – División Agua y Saneamiento
- **Marcelo Gaviño Novillo**
Coordinador Programa Regional de Ecohidrología Unesco-PHI para América Latina y El Caribe
Asesor de Gabinete Subsecretaría de Recursos Hídricos – Argentina

Coordinación

- **Marta Paris - Mario Schreider**
Ralcea – Red de Centros de Excelencia en Gestión del Agua en América Latina
Eje temático Mapeo de Actores-Desarrollo de Capacidades

Contenidos

El encuentro se desarrolló durante 5 días y se presentaron las metodologías para la determinación de los caudales ambientales y se abordó la problemática de su implementación bajo el enfoque de la gestión integrada de los recursos hídricos.

Los contenidos fueron organizados en los siguientes bloques temáticos:



La metodología de la capacitación utilizada puso énfasis en el aprendizaje interactivo, para propiciar la exposición de conceptos básicos de manera dialogada de manera de involucrar activamente a los participantes en el desarrollo y presentación de los diferentes temas. Se ha considerado la mecánica de curso para la presentación de los conceptos básicos, el desarrollo de seminario para el análisis y discusión de diferentes casos de aplicación con la contribución de especialistas de Unesco PHI (Programa Ecohidrología), Hydro-BID y Cedex (España) y por último, un aula-taller para la construcción de casos de estudio.

A continuación, se presenta el cronograma de actividades desarrolladas en el curso:

Lunes, 28 de agosto		
09:00 – 10:00	Presentación de los participantes, expectativas y prospectiva.	Marta Paris Mario Schreider
10:00 – 11:00	Presentación del curso. Motivación, antecedentes. Objetivos. Agenda. Los caudales ambientales bajo la visión de la gestión integrada de los recursos hídricos.	Marta Paris
11:00 – 11:30	Pausa café	
11:30 – 13:00	Principales conclusiones del estudio diagnóstico efectuado por RALCEA.	Mario Schreider
13:00 – 14:00	Pausa almuerzo	

14:00 – 15:30	Métodos para la determinación de los caudales ambientales. Implementación de los caudales ambientales. Análisis de casos y lecciones aprendidas. La experiencia de México y Latinoamérica.	Rebeca González Villela
15:30 – 15:45	Pausa café	
15:45 – 17:00	Métodos para la determinación de los caudales ambientales. Implementación de los caudales ambientales. Análisis de casos y lecciones aprendidas. La experiencia de México y Latinoamérica.	Rebeca González Villela
Martes, 29 de agosto		
09:00 – 11:00	Métodos para la determinación de los caudales ambientales. Implementación de los caudales ambientales. Análisis de casos y lecciones aprendidas. La experiencia de México y Latinoamérica.	Rebeca González Villela
11:00 – 11:30	Pausa café	
11:30 – 13:00	Métodos para la determinación de los caudales ambientales. Implementación de los caudales ambientales. Análisis de casos y lecciones aprendidas. La experiencia de México y Latinoamérica.	Rebeca González Villela
13:00 – 14:00	Pausa almuerzo	
14:00 – 15:30	Seminario: Implementación de los caudales ambientales. Análisis de casos y lecciones aprendidas. La experiencia de México y Latinoamérica	Rebeca González Villela
15:30 – 15:45	Pausa café	
15:45 – 17:30	Actividades preparatorias del taller para decisores: del enfoque técnico de los casos de estudio a la construcción de políticas en el tema. Aula taller: Presentación de casos. Consignas y formación de grupos de trabajo.	Marta Paris Mario Schreider
Miércoles, 30 de agosto		
09:00 – 11:00	Seminario: Implementación de los caudales ambientales. Análisis de casos y lecciones aprendidas. La experiencia del programa de Ecohidrología de UNESCO PHI.	Marcelo Gaviño Novillo
11:00 – 11:30	Pausa café	
11:30 – 13:00	Seminario: Implementación de los caudales ambientales. Análisis de casos y lecciones aprendidas. Los caudales ecológicos en el proceso de planificación. La experiencia en España.	Concepción Marcuello Olona
13:00 – 14:00	Pausa almuerzo	
14:00 – 15:30	Seminario: Implementación de los caudales ambientales. Análisis de casos y lecciones aprendidas. La experiencia en España.	Fernando Magdaleno Mas

15:30 – 15:45	Pausa café	
15:45 – 17:30	Actividades preparatorias del taller para decisores: del enfoque técnico de los casos de estudio a la construcción de políticas en el tema. Aula taller: trabajo de los grupos	Marta Paris Mario Schreider
Jueves, 31 de agosto		
09:00 – 11:00	Presentación línea temática BID Hydro-BID: Herramienta para la planificación y análisis de los efectos del cambio climático para América Latina y el Caribe.	Raúl Muñoz Juliana Corrales
11:00 – 11:30	Pausa café	
11:30 – 13:00	Hydro-BID: Herramienta para la planificación y análisis de los efectos del cambio climático para América Latina y el Caribe.	Juliana Corrales
13:00 – 14:00	Pausa almuerzo	
14:00 – 15:30	Actividades preparatorias del taller para decisores: del enfoque técnico de los casos de estudio a la construcción de políticas en el tema. Aula taller: trabajo de los grupos	Marta Paris Mario Schreider
15:30 – 15:45	Pausa café	
15:45 – 17:30	Actividades preparatorias del taller para decisores: del enfoque técnico de los casos de estudio a la construcción de políticas en el tema. Aula taller: Presentación de casos	Marta Paris Mario Schreider
Viernes, 1 de septiembre		
09:00 – 10:30	Actividades preparatorias del taller para decisores: del enfoque técnico de los casos de estudio a la construcción de políticas en el tema. Aula taller: Presentación de casos	Marta Paris Mario Schreider
10:30 – 11:00	Cierre del curso-taller	

En todo momento los contenidos del curso buscaron brindar recomendaciones a profesionales para que conozcan y comprendan las diferentes metodologías para la determinación de los caudales ambientales, reconozcan las ventajas, desventajas, limitaciones, requerimientos, alcances, etc. de cada una de ellas, como también las problemáticas que plantea su implementación bajo el enfoque de la gestión integrada de los recursos hídricos.

El acto de inauguración contó con la presencia de:

- *José Lorenzo García-Baltazar García Calvo*

Director del Centro de Formación de la Cooperación Española – Aecid

- *Marta del Carmen Paris*

Red de América Latina de Centro de Conocimientos en Gestión del Agua (Ralcea) – Coordinación del Eje temático Mapeo de actores-desarrollo de capacidades

- *Viveka Sabaj Rodriguez*

Dirección Nacional de Aguas (DINAGUA). Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente. En representación de la Codia

- *Mario Isaac Schreider*

Director de la Cátedra Unesco Agua y Educación para el Desarrollo Sostenible –Universidad Nacional del Litoral (UNL). Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (FICH)

La secuencia de los temas tratados tuvo inicio con una descripción sumaria del Informe del estudio diagnóstico realizado en 2016 en el marco de RALCEA en el cual se pudo sintetizar el grado de inserción que el enfoque de caudales ambientales ha tenido en diferentes países de América Latina. Ello dio lugar a un rico intercambio de opiniones entre los participantes, ponentes y coordinadores acerca de los avances logrados y los desafíos por vencer. Este informe final fue proporcionado a los participantes entre los materiales del curso.

Luego de esta presentación se desarrolló un módulo enfocado en las metodologías, con el objeto de brindar un panorama de las técnicas disponibles, pero con un nivel de detalle acotado a los tiempos disponibles y al objetivo general del curso. De esta manera se hizo foco en los aspectos conceptuales de las metodologías, el grado de complementariedad que existe entre ellas y sus posibilidades de aplicación a los contextos y realidades de nuestra región. En ello la participación de expertos de Latinoamérica y España, enriqueció grandemente el intercambio de ideas facilitando el análisis comparativo y las fortalezas y debilidades con que se cuenta.

En el espacio de Seminario los especialistas invitados compartieron el análisis de casos, experiencias y lecciones aprendidas sobre la determinación e implementación de los caudales ambientales. Sumamente valiosas y enriquecedoras resultaron las presentaciones de México (Rebeca Gonzalez Villela), España (Concepción Marcuello Olona y Fernando Magdaleno Mas) y Marcelo Gaviño Novillo (Programa de Ecohidrología de Unesco). Asimismo, la intervención de Raúl Muñoz (BID) presentando la línea temática que desde su institución se siguen en el tema y la potencialidad de Hydro-BID por parte de Juliana Corrales (RTI) abren un abanico de posibilidades para mejorar el tratamiento de los casos de análisis.

A las presentaciones metodológicas, se sucedieron la presentación y el análisis de casos. Se debe destacar aquí el trabajo de los participantes que, a partir de pautas fijadas por los coordinadores, propusieron un importante número de casos de estudio de los cuales se seleccionaron 7 para el desarrollo de un trabajo de taller.

La respuesta de los participantes a la convocatoria realizada para la presentación de casos de estudio en forma previa a la realización del curso fue un significativo indicio del grado de identificación que los participantes tuvieron con la temática del curso, sus objetivos y alcances. Asimismo, los avales recibidos de las instituciones que promocionaban a los participantes demostraron mayoritariamente que las personas avaladas eran los responsables o principales involucrados en el tema en sus respectivas instituciones. Es más, varios de ellos habían ya realizados estudios en el tema y eran autores de publicaciones que sistematizaban experiencias de determinaciones de caudales ambientales en sus respectivos países

Durante el desarrollo del aula-taller los grupos de trabajo definidos por la coordinación del curso, trabajaron siguiendo consignas de trabajo de modo de re analizar el caso de estudio incluyendo propuestas de acción para la implementación efectiva de un régimen de caudales ambientales en el marco de la gestión integrada de la cuenca.

El curso finalizó con la presentación de los casos de estudio trabajados en aula-taller por los grupos de participantes conformados ad hoc. En cada presentación se propusieron los avances a desarrollar en el tema y las barreras a superar para incorporar el enfoque de caudales ambientales en la gestión sustentable del agua. Estos casos pueden ser considerados como pilotos o testigo por sus características temáticas y la oportunidad que brindan para el análisis de las metodologías.

Por último, se sintetizaron una serie de iniciativas que dieran continuidad al trabajo realizado, favoreciendo los procesos de integración entre los participantes a partir de:

- compartir las experiencias
- consolidar antecedentes de normativas y
- establecer un repositorio de casos de estudio.

Estas sugerencias se habrán de incorporar a la línea de trabajo que dará continuidad al tema en el marco de la red Ralcea

Se espera también que los participantes visibilicen la aplicación de las metodologías y herramientas presentadas de una manera práctica y analicen la prospectiva de utilización de las mismas en situaciones particulares de sus países, en forma coordinada con los tomadores de decisión.

Las siguientes fotos ilustran algunos momentos del desarrollo del curso.





Acto de inauguración del curso



Mario Schreider (FICH-UNL)



Rebeca Gonzalez Villela (IMTA)



Marcelo Gaviño Novillo (Programa Ecohidrología-Unesco)



Concepción Marcuello Olona (MAPAMA) en video



Fernando Magdaleno Mas (CEDEX)



Juliana Corrales (RTI International)



Marta Paris (FICH-UNL)



Presentaciones de los grupos de trabajo



Presentaciones de los grupos de trabajo

El Centro de Formación Aecid proporcionó a los participantes y capacitadores: un portafolios, cuaderno de notas, birome, lápiz, programa impreso del curso, camiseta, certificado de participación y una unidad de memoria (pen drive) donde se volcaron todas las presentaciones y videos de los ponentes y materiales de lectura recomendada sobre el tema.

Resultados y productos

Se destaca en primer lugar que el curso fue desarrollado gracias a la articulación de esfuerzos y financiamiento de las instituciones involucradas, que identifican los temas de aguas subterráneas, seguridad hídrica, gobernanza y acuíferos transfronterizos como líneas temáticas de relevancia para el desarrollo de capacidades en América Latina y el Caribe.

Se considera que la convocatoria fue exitosa, tanto en lo que respecta a la difusión de la actividad como a la cantidad de postulantes. Se utilizaron los canales habituales de comunicación de las instituciones involucradas y, durante el poco tiempo que permaneció abierta la inscripción se candidatearon 115 personas, e incluso se recibieron manifestaciones de interés aún concluida la convocatoria.

Se hizo una puesta en común de las metodologías de cálculo disponibles, sus requerimientos, limitaciones, aplicabilidad, alcances, etc.; se recuperaron las experiencias y lecciones aprendidas, se construyeron casos de estudio promoviendo el desarrollo de capacidades en profesionales y técnicos de instituciones gubernamentales de América Latina en la búsqueda del mejor entendimiento del concepto, determinación e implementación del régimen de caudales ambientales. Con ello se considera que los objetivos planteados para el curso han sido alcanzados satisfactoriamente.

El curso se concretó en los días, horarios y cronograma de sesiones previsto. No hubo necesidad de implementar ninguna modificación al programa de contenidos ni de sesiones originalmente planificado. Los participantes mantuvieron una asistencia perfecta durante todas las jornadas de la capacitación, incluso se destaca que realizaron el trabajo en grupo fuera del horario pautado para el curso, en el ambiente ameno y confortable de las instalaciones del hotel.

Hubo una adecuada coordinación entre los espacios destinados para presentación de conceptos, herramientas y experiencias de aplicación en casos de estudio.

Los espacios del almuerzo y pausas de café fueron muy bien organizados por el Centro de Formación. Las instalaciones, el equipamiento y la asistencia operativa (administrativa y logística) fueron excelentes.

Se conformaron 7 grupos para analizar los siguientes casos de estudio:

- Río Grande/Cuenca del Río Grande, Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur, Argentina
- Cuenca del río Biobío, Chile
- Río Chiriquí Viejo/(102), Panamá
- Cuenca del Río Santa Lucía, Uruguay
- Río Ocoña, Perú
- Río Sensunapán, Sonsonate, El Salvador
- Río Jatunyacu/Cuenca del Río Jatunyacu, Ecuador

El análisis grupal del caso de estudio facilitó que los participantes vean la manera de llevar a la práctica los conceptos y herramientas para la implementación efectiva del régimen de caudales ambientales.

Se espera que los participantes puedan dar seguimiento a los casos y generar otros donde la aplicación de las metodologías resulte amalgamada en planes de gestión que atiendan las particularidades de las problemáticas hídricas identificadas.

Consideraciones finales

El curso se constituye el segundo eslabón de una línea de trabajo desarrollada por RALCEA a partir de los requerimientos de los miembros en la Quinta Reunión Regional de la Red, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, Julio 2015. En efecto esta actividad se fundamenta en los resultados de un estudio diagnóstico realizado en 2016 y en el cual se pudo sintetizar el grado de inserción que el enfoque de caudales ambientales ha tenido en diferentes países de América Latina. Las conclusiones alcanzadas dieron marco a los objetivos y alcances del curso que aquí se informa.

A partir de los resultados y productos logrados se ha construido una base sólida para dar lugar al trabajo conjunto con los decisores políticos, que permitan traducir en realidad muchas de las iniciativas aquí señaladas y que en la actualidad son más dominio del sector académico que del gubernamental.

A partir de la realización de este curso se espera que las instituciones encargadas de la gestión de los recursos hídricos y el ambiente se fortalezcan a partir de la mejora en el desarrollo de capacidades de sus recursos humanos. Sería deseable que los profesionales y técnicos que participaron de este curso, comiencen a construir un diálogo interdisciplinario que promueva una sinergia con los tomadores de decisión, para llevar adelante acciones para la implementación de los caudales ambientales en las situaciones que han sido identificadas como prioritarias en cada país. Además, estos casos podrían constituir el punto de partida para encarar acciones de desarrollo de capacidades en cada uno de los países y en otros no presentes en esta oportunidad, a diferentes destinatarios. De este modo se propone un desarrollo armónico entre el conocimiento técnico y los enfoques de gestión.

Se espera poder canalizar una de las inquietudes que se plantearon en el curso, que es la documentación de los casos de estudio a través de una publicación que los sistematice y sirva de instrumento para las acciones anteriormente mencionadas y, especialmente para el próximo hito en la línea de trabajo: el *Taller Regional sobre Caudales Ambientales*.

El Taller Regional sobre Caudales Ambientales (primera mitad del año 2018) se pretende sea el espacio donde técnicos y tomadores de decisión discutan la forma de incorporar el tema en las políticas y planes de acción para lograr un avance real en la determinación e implementación de caudales ambientales en Latinoamérica. El taller regional plantea su desarrollo retomando el análisis de los casos de estudio aquí construidos y se espera que estos (o alguno de ellos) se materialice en *casos piloto demostrativos* como un ejemplo de puesta en práctica de políticas en la materia. Para ello deberían converger el interés y apoyo de los gobiernos (nacionales, subnacionales, locales) de los países involucrados y de los organismos de cooperación internacional interesados por el tema. El progreso de estos desarrollos podría ser presentado en la Conferencia de Directores de Agua 2018 (segunda mitad de 2018).

La siguiente figura ilustra la línea en el tiempo que se espera desarrollar en el tema, los avances logrados y los pasos a seguir.



A partir de este curso se ha podido relevar que:

- En Latinoamérica existen capacidades y recursos para iniciar el proceso de implementación de regímenes de caudales ambientales que mínimamente deben respetarse para cumplir con los objetivos de gestión definidos que atiendan a la sostenibilidad ambiental y al desarrollo socioeconómico de la sociedad.
- Este enfoque supera la conceptualización de un único valor de caudal. Esto significa que el establecimiento del régimen de caudales ambientales intenta restablecer el estado de equilibrio dinámico del curso fluvial, que en sencillas palabras se podría expresar como “que el río siga siendo río”, con sus períodos de bajantes y crecientes. El RCA debería intentar restablecer un comportamiento y variabilidad adecuadamente relacionados con su patrón de funcionamiento previo a la alteración del curso de agua conciliando los objetivos de gestión definidos.
- La definición del RCA no debe ser un hecho aislado y circunstancial, sino un proceso que forme parte del plan de gestión de la cuenca. Esto significa que la definición del RCA no es estática, sino que por el contrario debe atender a la mejora del conocimiento del río, de su cuenca y de su problemática. Los avances y mejores definiciones contribuirán a disminuir las incertidumbres en la toma de decisiones técnicas y en la definición de políticas.
- Las universidades, centros de investigación, empresas e instituciones de gobierno deberían realizar un trabajo colaborativo y ser parte de este proceso, por ejemplo en el desarrollo de tesis, proyectos de investigación, extensión, etc., reforzando el vínculo ciencia-técnica-política-sociedad.
- Se deben realizar esfuerzos para instalar el tema de los caudales ambientales en la agenda política, de modo tal que se promueva la capacidad de diálogo entre las instituciones para la construcción de equipos interdisciplinarios e interinstitucionales, por ejemplo para la operación y mantenimiento de las redes de monitoreo y medición, compartir información, fijar lineamientos de acción comunes, etc.
- Sin olvidar el enfoque integral y de cuenca con el que deben abordarse las problemáticas que conducen a la necesidad de determinar e implementar el RCA, el proceso puede iniciar a nivel

local, pues los municipios son los que visibilizan los problemas y pueden comenzar a trabajar aún cuando no se cuente con una ley nacional (o provincial). Se observan entonces la necesidad de fortalecer a estas instituciones locales (sus profesionales y autoridades) para que comprendan la real dimensión, alcance y requerimientos de las metodologías, el propio concepto del caudal ecológico, ambiental y la implementación de un régimen de caudales ambientales (RCA). Debe considerarse muy especialmente a la comunidad, ya que muchas veces actúa como vigilante del recurso, y como tal debe tener los medios, elementos de control y claridad de conceptos, para que su participación sea efectiva y contribuya a la gobernabilidad.

