

# EXPERIENCIAS

## Metodologías para la determinación de Caudales Ambientales en América Latina

### 2º PARTE

Compiladores: **Marta Paris- Mario Schreider**

RALCEA (Red de América Latina de Centros de Excelencia en Gestión del Agua)  
Eje temático Mapeo de Actores-Desarrollo de Capacidades  
Cátedra UNESCO Agua y Educación para el Desarrollo Sostenible  
Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (FICH)  
Universidad Nacional del Litoral (UNL)  
Santa Fe, Argentina.

CUADERNILLO  
**08**

# SUMARIO

## COMITÉ DE REDACCIÓN

### Equipo de coordinación

**María del Mar Gracia Plana** (Coordinadora Institucional de la Red de Expertos en Agua de CEDDET)

**Pilar Fernández Valiente** (Coordinadora de Redes de Expertos de CEDDET)

**Elisa López Barragán** (Coordinadora de la RED de Expertos en Agua de CEDDET)

**Marina Serrano** Diseño y maquetación de Publicación

EDITA

**Fundación CEDDET**

CONTACTAR

[redes@ceddet.org](mailto:redes@ceddet.org)

ACCESO A LA RED

[www.ceddet.org](http://www.ceddet.org)

La presente publicación pertenece a la Red de Expertos en Agua y está bajo una licencia Creative Commons Reconocimiento - No comercial - Sin obras derivadas 3.0 España. Por ello se permite libremente copiar, distribuir y comunicar públicamente esta revista siempre y cuando se reconozca la autoría y no se use para fines comerciales.

Para ver una copia de esta licencia, visite:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/>

Para cualquier notificación o consulta escriba a [redes@ceddet.org](mailto:redes@ceddet.org) ISSN: 2340-907. La Red de Expertos en Agua y las entidades patrocinadoras no se hacen responsables de la opinión vertida por los autores en los distintos artículos.



## 3. Casos de Estudio .....04

*Este Cuadernillo 8 da continuidad al Cuadernillo 7, donde se presenta una Introducción y metodología para el desarrollo de casos de estudio y en concreto de los Casos de Argentina y Ecuador.*

- Propuesta de metodología para la determinación del caudal ambiental sobre el río Sensunapán, ubicado en el departamento de Sonsonate.  
**EL SALVADOR .....04**


- Implementación del caudal ecológico empleando la metodología de simulación de hábitat en el río Ocoña.  
**PERÚ .....15**

- Propuesta de análisis para la determinación de caudales ambientales en la cuenca del río Santa Lucía.  
**URUGUAY .....23**

## LECCIONES APRENDIDAS Y PROSPECTIVAS.....33

## 4. Consideraciones finales .....34





**E**l Curso - Taller que dio origen a la presente publicación, fue parte del programa de actividades conjuntas acordado entre RALCEA y CODIA. Su realización fue posible gracias a la financiación de 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. Además se contó con el apoyo del CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas) y de RTI International (Research Triangle Institute).





# EL SALVADOR

PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DEL CAUDAL AMBIENTAL SOBRE EL RÍO SENSUNAPÁN, UBICADO EN EL DEPARTAMENTO DE SONSONATE.

# EL SALVADOR

## PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DEL CAUDAL AMBIENTAL SOBRE EL RÍO SENSUNAPÁN, UBICADO EN EL DEPARTAMENTO DE SONSONATE.

RAFAEL FRANCISCO CALLEJAS<sup>1</sup>, ANDY OMAR JOHNSON<sup>2</sup>, NESTOR CAAL SUC<sup>3</sup>, TATIANA CARMONA MADRIGAL<sup>4</sup>.

### INDICADORES DE CONTEXTO

**País:** El Salvador

**Departamento:** Sonsonate

**Municipios:** Juayúa, Salcoatitán, Nahuizalco, Sonsonate, Sonzacate, Santa Catarina Masahuat, San Antonio del Monte, Nahuilingo y Acajutla.

**Río de estudio:** Sensunapán

**Número total de población sobre la que impacta la experiencia:** 61792

### RESUMEN ANALÍTICO

En El Salvador, de acuerdo al boletín de estadísticas de la SIGET No. 18 del Sector de Electricidad, la generación hidroeléctrica representa aproximadamente el 29% de la capacidad total instalada de Centrales Generadoras de Electricidad. Este sector energético dinamiza el crecimiento económico dentro de todos los sectores productivos, ya que promueve la seguridad energética y ayuda a estabilizar los precios de la energía, debido a que el agua de los ríos es un recurso nacional y al contrario del combustible o gas natural, no está sujeto a fluctuaciones del mercado. Además, la hidroelectricidad es una gran fuente renovable de electricidad y su relación costo-beneficio, eficiencia, flexibilidad y confiabilidad ayuda a optimizar el despacho de generación para cubrir la demanda de energía nacional.

El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), publicó en el año 2015 el Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico (PNGIRH), cuyo objetivo es garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico,

- 
1. Rafael Francisco Callejas Contreras, Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones, SIGET. El Salvador.
  2. Andy Omar Johnson, Corporación del Acueducto y Alcantarillado de la Romana, COAAROM. República Dominicana.
  3. Nestor CAAL SUC, Universidad de San Carlos de Guatemala.
  4. Tatiana Carmona Madriral, Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica.



# EL SALVADOR

ordenando sus usos y la conservación del entorno natural. El enfoque de gestión integrada del recurso hídrico (GIRH), surge como respuesta a la crisis del agua en El Salvador, expresada en la presión insostenible generada por una demanda y una contaminación crecientes del recurso hídrico y en su desigual disponibilidad en el país.

En relación a lo anterior, es necesario como país buscar una armonía entre el desarrollo económico y un equilibrio ambiental, que garantice el desarrollo de las centrales hidroeléctricas, acompañado de una determinación de caudal ambiental que asegure la sostenibilidad del agua y su medio ambiente.

## PALABRAS CLAVES

Desarrollo Económico, Sostenibilidad del Recurso Agua, Medio Ambiente.

## INTRODUCCIÓN

El agua se ha convertido en un bien escaso en varios sectores de El Salvador, debido a la degradación ambiental de las fuentes y a la acción del hombre

sobre los recursos hídricos, mediante la búsqueda de satisfacción de demandas en diversos sectores.

Una de los principales limitantes para una gestión integrada de los recursos hídricos en El Salvador, ha sido la falta de legislación relativa al agua, la cual debe de contener un marco regulatorio sobre la gestión del agua, incluyendo sus derechos, uso y aprovechamiento. El MARN estableció en el Plan Nacional de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (PNGIRH), zonas prioritarias en el país, en base a criterios de cantidad, calidad del agua y posibles conflictos del uso del agua, entre otros. Una de dichas zonas prioritarias la constituye la ZP 1 Grande de Sonsonate - Banderas, en la cuenca del río Sensunapán. Dicha cuenca se encuentra ubicada en el occidente del país, tal como se muestra en la Figura 1, y posee una extensión aproximada de 22117 hectáreas, territorialmente se comparte en 9 municipios: Juayúa, Salcoatitán, Nahuizalco, Sonsonate, Sonzacate, Santa Catarina Masahuat, San Antonio del Monte, Nahulingo y Acajutla. Se encuentra colindando al Norte con la Región Hidrográfica del río Paz, al Sur con el Océano Pacífico, al Oeste con la Subcuenca del río San Pedro y al Este con la Subcuenca El Almendro.







La red hídrica que conforma la cuenca del río Sensunapán consta de 16 cauces principales entre quebradas y ríos, donde el principal río es el Sensunapán, su caudal es permanente todo el año y los ríos tributarios tienen su recorrido de Norte a Sur; encontrándose sus nacientes en los municipios de Juayúa, Nahuizalco y Sonsonate. La parte alta de la subcuenca constituye una zona de captación hídrica, la cual se encuentra protegida por cafetales y remanentes de vegetación natural.

Las principales demandas sobre la cuenca la determinan el consumo humano, agricultura, energía, turismo y vertidos. En el área de energía, la SIGET, a través de la supervisión de contratos de concesión para la explotación del recurso hidráulico, regula las actividades de generación de energía eléctrica de 6 pequeñas centrales hidroeléctricas, ubicadas sobre la cuenca del río Sensunapán, tal como se muestra en la Figura 2.

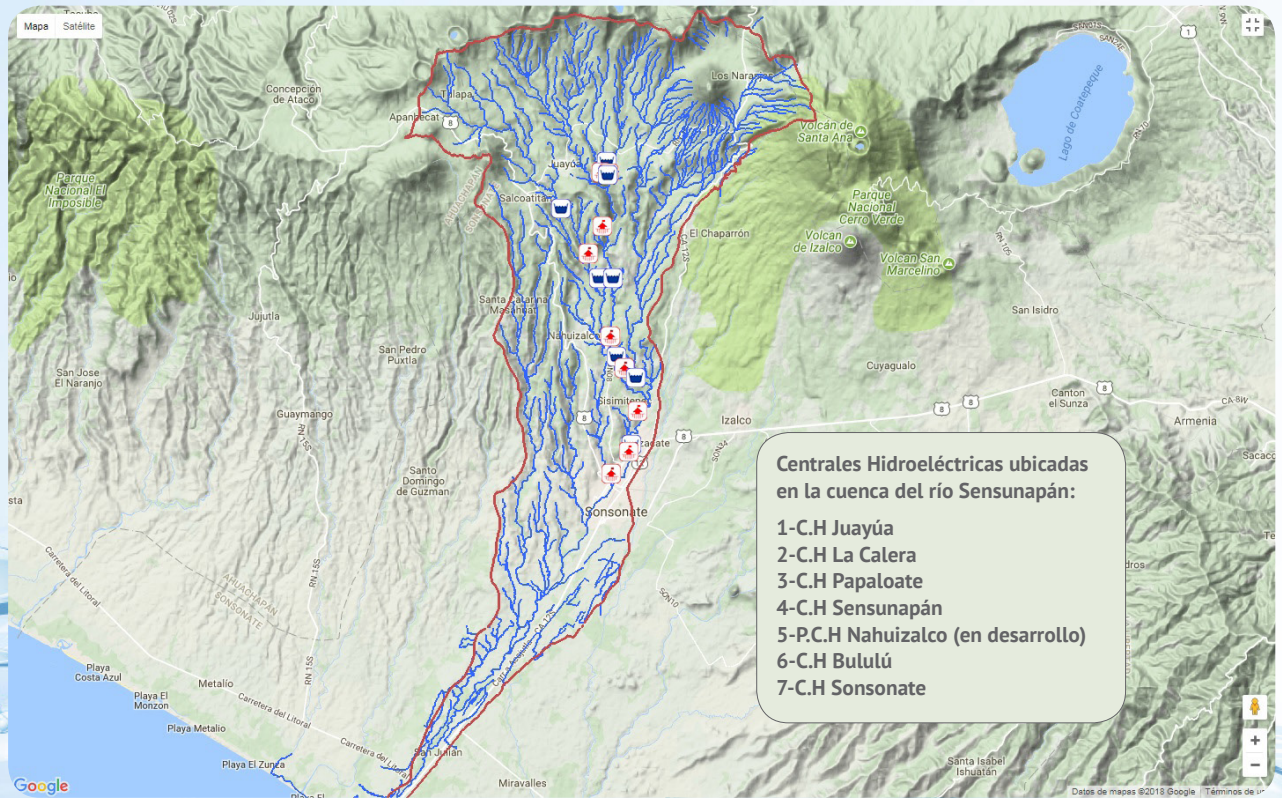


Figura 2. Ubicación de pequeñas Centrales Hidroeléctricas sobre río Sensunapán



## EL SALVADOR

Las pequeñas centrales hidroeléctricas, representan el 54,51% de la capacidad instalada del mercado minorista de energía eléctrica de El Salvador, a su vez la generación hidroeléctrica total del país representa aproximadamente el 29% de la capacidad total instalada de Centrales Generadoras de Electricidad, representando un sector de suma importancia para el abastecimiento de electricidad y establecimiento de precios de energía en el país. Las pequeñas centrales hidroeléctricas ubicadas sobre la cuenca del río Sensunapán, son del tipo filo de agua, en las que mediante una obra de toma, se capta una parte del caudal del río y es conducido por medio de un canal rectangular o tubería hacia la central para su aprovechamiento, devolviendo el agua al cauce natural del río, mediante un uso no consuntivo del recurso hidráulico, estas pequeñas centrales fueron diseñadas para mantener un caudal ambiental equivalente al 10% del caudal medio anual de diseño

de la central, el MARN en el producto No. 13 Caudales Ecológicos del PNGIRH, ha definido que dicho valor de caudal ambiental, de acuerdo a las condiciones de la demanda actual del río, no garantiza la cantidad, periodicidad y calidad de los caudales que se requieren en el río Sensunapán para mantener los ecosistemas de agua dulce, así como la sostenibilidad y bienestar de los ecosistemas dependientes. Ante tal situación, es necesario proponer una metodología para definir un nuevo caudal ambiental dentro del río Sensunapán, para establecer un umbral mínimo y/o máximo que permita mantener los ecosistemas fluviales sobre el río Sensunapán. Las Figuras 3 y 4 muestran los caudales ecológicos que actualmente están en circulación por las Hidroeléctricas La Calera y la Hidroeléctrica Sensunapán respectivamente. Los mismos corresponden a valores que superan el 10% del caudal medio anual de diseño, aunque sin un método de cálculo que los respalde.



Figura 3. Hidroeléctrica La Calera 1.45MW



Figura 4. Hidroeléctrica Sensunapán 2.8MW



En relación a lo planteado, se propone para la determinación del caudal ambiental en la cuenca del río Sensunapán, el uso del método de Tennant Modificado y la utilización del Software Indicators of Hydrologic Alteration (IHA), con el objetivo de generar un mejor régimen de caudales y lograr un equilibrio óptimo entre los diferentes usos y en consecuencia, garantizar la sostenibilidad del ecosistema.

### DETERMINACIÓN DEL CAUDAL AMBIENTAL EN EL RÍO SENSUNAPÁN

A partir de la capacitación lograda, se propone definir un régimen de caudales ambientales, ya que con ellos se determina la valoración del ecosistema fluvial. El método utilizado para esta valoración será el de Tennant Modificado, utilizando además el Software Indicators of Hydrologic Alteration (IHA). Este método y programa, proporcionan pautas para el manejo del caudal en base al porcentaje del caudal promedio que mantendría los atributos biológicos de un río.

Para la determinación del método se propone utilizar la información del Observatorio Ambiental, del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en relación a la información de la estación hidrométrica ubicada dentro de la cuenca del río Sensunapán, denominada Estación Sensunapán código 28-01-01, con el objetivo de utilizar los caudales medios mensuales de dicha estación, además existen 9 estaciones pluviométricas dentro de la cuenca con un amplio registro de datos, siendo estas (H-03, H-08, H-13, H-21, T-07, T-09, T-14, T-16, T-21) y de parte de los generadores hidroeléctricos, se utilizarán los caudales diarios que poseen en los puntos de toma de las presas. Se deberá definir los periodos de estiaje y lluvia. Los meses cuyo caudal medio sea inferior al caudal medio anual se consideran meses de estiaje, y los que sean superiores serán meses de avenidas. Posteriormente, calculados el caudal medio anual y mensual y determinados los periodos de estío y lluvia, se definen los caudales ecológicos con base en la clasificación del método de Tennant resumido en la Tabla 1: caudales extremos bajos (10% del promedio anual) para periodos cortos de la época de secas (15 días); caudales mínimos óptimos para los periodos de regulación (20%); caudales bajos (30%) en lluvias; pulsos de caudal altos (60%) para la época de lluvias, y pequeñas



inundaciones (200%) en lluvias por periodos cortos durante la estación húmeda (siete días). El porcentaje que se recomienda utilizar para la determinación del caudal ambiental será en rango del 15 - 30% para los caudales ambientales mínimos.

A partir de este cálculo se propone realizar el levantamiento de los recursos hídricos tributarios en cada central hidroeléctrica, dentro de los tramos del circuito de generación, los cuales deberán ser añadidos como aporte al cálculo del caudal ambiental, circulante sobre el río Sensunapán.

Para la aplicación del método se deben estudiar tres variables consideradas fundamentales en la capacidad de acogida del medio para las especies piscícolas; éstas son: el porcentaje de perímetro mojado con respecto a la anchura del lecho, la profundidad y la velocidad media. La evolución de los valores de estas tres variables en función del caudal, expresado en porcentaje del caudal medio anual, según los autores, justifica los intervalos elegidos (Gonzalez Villela y Bandera Tarabay, 2011). El 10% del caudal medio es un mínimo a respetar imperativamente, para evitar una fuerte degradación del medio.

**TABLA 1. CAUDALES MÍNIMOS SEGÚN EL MÉTODO DE TENNANT (1976)**

CAUDAL MÍNIMO		CALIFICACIÓN	EFECTOS
% DEL CAUDAL MEDIO ANUAL			
OCT - MAR	ABR - SEP		
10%	10%	MUY INSUFICIENTE	SEVERA DEGRADACIÓN DE LA MAYOR PARTE DE LOS ELEMENTOS DEL ENTORNO
10%	20%	DÉBIL	MÍNIMO. PERMITE SALVAGUARDAR ALGUNOS HÁBITATS PARA LA VIDA ACUÁTICA
10%	30%	ACEPTABLE	CAUDAL RECOMENDADO PARA MANTENER LOS HÁBITATS Y LA VIDA
20%	40%	BUENO	
10%	50%	EXCELENTE	
40%	60%	EXCEPCIONAL	PARA LOS PRIMEROS PERIODOS DE CRECIMIENTO DE LA MAYOR PARTE DE LAS FORMAS DE VIDA
60%	100%	ÓPTIMO	
200%		LIMPIEZA	LIMPIEZA DEL SUSTRATO PARA EVITAR EL ESTANCAMIENTO

## EL SALVADOR



### ASPECTOS CLAVES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL RÉGIMEN DE CAUDALES AMBIENTALES

La implementación del régimen de caudales ambientales en el río Sensunapán se logrará a partir

del equilibrio entre los intereses de los generadores hidroeléctricos y el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Si bien estos son los actores más relevantes, existen otros actores que deben considerarse y caracterizarse. La Tabla 2 presenta una breve descripción de los mismos.

**TABLA 2. CARACTERIZACIÓN DE LOS PRINCIPALES ACTORES INVOLUCRADOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL RÉGIMEN DE CAUDALES AMBIENTALES**

ACTOR	INTERÉS	PODER	RELACIÓN DE CONFLICTO	ROL PARA LA GOBERNANZA
MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (MARN)	MEJORAR LAS CONDICIONES AMBIENTALES EN LOS TRAMOS EN LOS QUE SE GENERAN LAS ACTIVIDADES DE GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA	ENTE ESTATAL POR LEY A REGULAR LOS ASPECTOS AMBIENTALES	NO SE HAN APROBADO EN LA ASAMBLEA LEGISLATIVA DEL SALVADOR LA LEY DE AGUA Y POR ENDE SUS REGLAMENTOS	LA APLICACIÓN DE LEYES Y REGLAMENTOS DE CAUDALES AMBIENTALES
GENERADORES HIDROELÉCTRICOS	BUSCAR LA SOSTENIBILIDAD DEL RECURSO NATURAL Y RENTABILIDAD DE SU EMPRESA	POSEEN CONTRATOS DE CONCESIÓN PARA EL USO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	SOSTENIBILIDAD DEL RECURSO	OPERADORES DE LOS FUTUROS CAUDALES AMBIENTALES
POBLACIÓN	RECURSO HÍDRICO	ASOCIACIONES COMUNITARIAS	PRESERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS	VIGILANTES DEL RECURSO
SUPERINTENDENCIA GENERAL DE ELECTRICIDAD Y TELECOMUNICACIONES (SIGET)	USO EFICIENTE DE LOS RECURSOS	ENTE REGULADOR DEL SISTEMA ELÉCTRICO	CONTRATOS DE CONCESIÓN	MEDIACIÓN



## EL SALVADOR

### PROSPECTIVA DE ACCIÓN Y RECOMENDACIONES

La degradación ambiental de los recursos hídricos en El Salvador, necesita de un marco jurídico que establezca los objetivos para la gestión del recurso hídrico, lo regule, promueva su gestión integrada y fije la institucionalidad y los instrumentos para su gestión sostenible.

En este sentido merece destacarse que, si bien no existe una Ley General de Aguas aprobada en el Salvador, en la actualidad hay un anteproyecto de Ley, presentado a la Asamblea Legislativa, el cual se encuentra en la fase de discusión y una vez superado se podrá aplicar una normativa ambiental en relación a los recursos hídricos del país. Entre los principales déficits identificados que dificultan la implementación de un régimen de caudales ambientales en El Salvador, se pueden mencionar: la falta de un marco legal que posibilite la aplicación de reglas claras; la débil institucionalidad y baja capacidad de gestión del recurso hídrico; la inadecuada cultura del agua, la poca participación ciudadana en la gestión del recurso hídrico; y la inexistencia de una instancia de regulación hídrica, entre otros.

Para salvar estos obstáculos y mejorar la gobernanza, es imprescindible encarar ciertas instancias de fortalecimiento institucional como las siguientes:

- Contar con un marco jurídico que establezca los objetivos para la gestión del recurso hídrico, los regule, promueva su gestión integrada y fije la institucionalidad y los instrumentos para su gestión sostenible.
- Contar con un marco normativo sectorial en armonía con la Ley General del Agua.
- Contar con información adecuada e instrumentos de gestión para la toma de decisiones.
- Fortalecer el conocimiento y la conciencia ciudadana sobre la naturaleza, valoración e importancia de la gestión sostenible del recurso hídrico.
- Mejorar la red climatológica y pluviométrica.

Otro aspecto a destacar, es que El Salvador cuenta con un “Plan Nacional de Gestión Integrada de Recurso Hidráulico, el cual incluye en el producto N°. 13, la metodología de determinación de Caudales



# EL SALVADOR

Ecológicos. Con este marco y con el objeto de asegurar de manera sostenible el recurso hídrico, se propone como metodología de determinación de caudales ambientales sobre el río Sensunapán, el uso del método de Tennant modificado, este método proporciona las pautas para el manejo del caudal en base al porcentaje del caudal promedio que mantendría los atributos biológicos de un río y se considera suficiente para mejorar las condiciones actuales del río.

La implementación de una metodología de caudal ambiental de común acuerdo entre los generadores hidroeléctricos y el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, garantizará un régimen de caudal aceptable sobre el río Sensunapán.

Se espera poder capitalizar las lecciones aprendidas en el desarrollo de este caso del río Sensunapán para replicar la experiencia en el cálculo de caudales ambientales y su implementación en las cuencas en las que existen proyectos hidroeléctricos en operación, entre ellos los ríos Acelhuate, Sucio, Suquiapa y Torola.

## BIBLIOGRAFÍA

- MARN. 2015, *Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico en El Salvador* –PNGIRH.
- González Villela R. y Banderas Tarabay A. 2011, *Metodologías para cálculo de caudales ecológicos y ambientales en ríos regulados por presas.*
- SIGET, 2017, *Boletín de estadísticas No. 18 del sector de electricidad.*
- Magdaleno F., 2012, *Como restaurar hidrológicamente un río?*





# PERÚ

IMPLEMENTACIÓN DEL CAUDAL ECOLÓGICO  
EMPLEANDO LA METODOLOGÍA DE SIMULACIÓN DE  
HÁBITAT EN EL RÍO OCOÑA.



# PERÚ

## IMPLEMENTACIÓN DEL CAUDAL ECOLÓGICO EMPLEANDO LA METODOLOGÍA DE SIMULACIÓN DE HABITAT EN EL RÍO OCOÑA, PERÚ.

### WILFREDO QUISPE QUISPE

Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos. Autoridad Nacional del Agua (ANA). Perú

### EDWIN CHALAN GÁLVEZ

Autoridad Administrativa del Agua – Marañón. (AAA) - Perú.

### MELISSA ROSARIO PAREDES BERROCAL

Administración Local de Agua Grande. (ALA) - Perú.

## INDICADORES DE CONTEXTO

**País:** Perú

**Departamento:** Arequipa

**Cuenca:** Ocoña

**Area de la Cuenca:** 16024,7 Km<sup>2</sup>

## RESUMEN ANALÍTICO

Mediante Resolución Jefatural N° 154-2016-ANA se aprobó la normativa “Metodología para determinar caudales ecológicos”; esto acorde al Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos aprobado mediante Decreto Supremo D.S. N° 001-2010-AG, que establece en su artículo 155 “que la Autoridad Nacional del Agua-ANA es la encargada de determinar las metodologías para la determinación del caudal ecológico.

De las metodologías descritas en la normativa, se indica que en el caso de proyectos con estudio de impacto ambiental detallado o semidetallado, deberán realizarse estudios de caudal ecológico con metodologías de simulación de hábitat u holísticos.

En la cuenca del Río Ocoña, se proyecta la instalación de la Central Hidroeléctrica OCO-2010, la cual, durante la evaluación de su estudio de impacto ambiental detallado, presentó el estudio de caudal ecológico con la metodología de simulación de hábitat consignando como especie objetivo a la especie *Cryphiops caementarius* denominado Camarón de río, el cual se vería afectado por la derivación de las aguas del Río Ocoña para la generación hidroenergética.





# PERÚ

Dicho estudio presentó información de la caracterización física (topografía del cauce) mediante un muestreo en tramos, secciones representativas del área de influencia del proyecto, realizó colecta de especímenes (camarón de río) y determinó su curva de preferencia para finalmente determinar el caudal ecológico, el cual fue establecido en  $6,5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Sin embargo, la determinación del caudal ecológico empleando esta metodología se encuentra aún limitada para replicarse en otras cuencas debido a la falta de información. Ante dicha problemática, se identificó posibles soluciones a implementar para facilitar la presentación de estudios de caudal ecológico empleando la metodología de simulación de hábitat.

## PALABRAS CLAVE

Caudal ecológico, Simulación de hábitat, Camarón de río.

## INTRODUCCIÓN

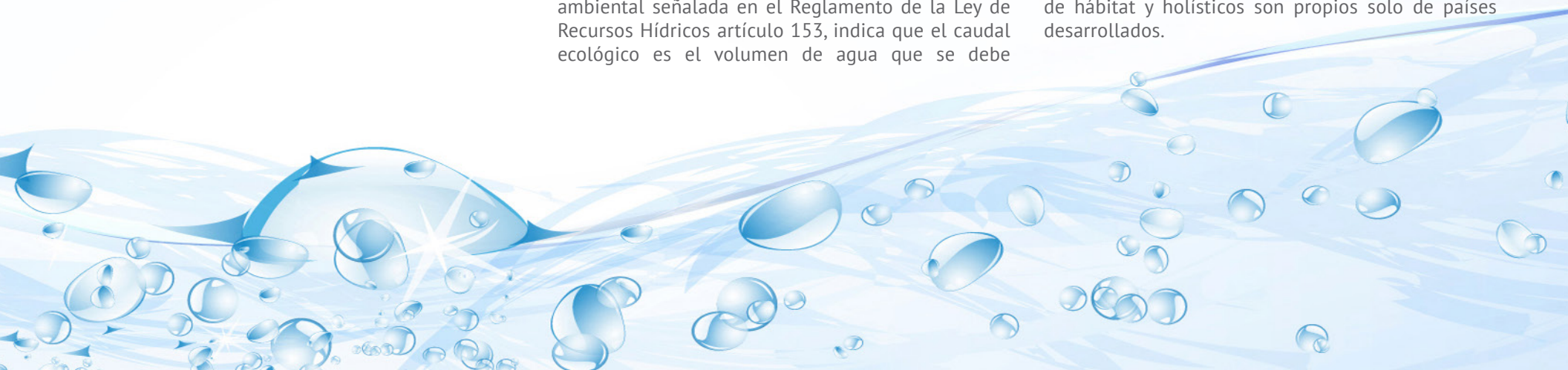
El concepto del caudal ecológico, según la normativa ambiental señalada en el Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos artículo 153, indica que el caudal ecológico es el volumen de agua que se debe

mantener en las fuentes naturales de agua para la protección o conservación de los ecosistemas involucrados, la estética del paisaje u otros aspectos de interés científico o cultural.

En los últimos años se ha dado un crecimiento de la cartera de proyectos hidroenergéticos de pequeña, mediana y gran escala, donde la determinación del caudal ecológico es necesaria.

Actualmente existe escaso conocimiento sobre el caudal ecológico, el cual es más visto como una obligación de dejar “algún caudal mínimo” en el cauce del río. En un inicio la propuesta para el cálculo de caudal ecológico empleó métodos hidrológicos basadas en el 10% de la media anual, posteriormente comenzaron a emplearse métodos más complejos entre los que se destacan los métodos de simulación de hábitat.

Las empresas han demostrado poco interés en desarrollar estudios más completos. La mayoría de empresas consultoras en el país aún demuestran una falta de capacidades para poder realizar este tipo de estudios. Casi todos los estudios presentados, empleando métodos de simulación de hábitat físico, son muy deficientes; atribuyendo las empresas la percepción de que los métodos de simulación de hábitat y holísticos son propios solo de países desarrollados.



# PERÚ

Dentro de la normatividad peruana vigente, la Autoridad Nacional del Agua, durante el año 2016 y mediante Resolución Jefatural N° 154-2016-ANA aprobó la “Metodología para determinar caudales ecológicos”, donde se describen distintas metodologías sugeridas para el cálculo del caudal ecológico; esto acorde al artículo 155 del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, que establece que las metodologías para la determinación del caudal ecológico serán establecidas por la Autoridad Nacional del Agua, las cuales se vienen implementando desde junio del 2016.

En esta experiencia se resalta la determinación del caudal ecológico mediante el método de simulación de hábitat realizado por el proyecto Central Hidroeléctrica OCO 2010 en la cuenca del Río Ocoña, se identificaron las dificultades para el desarrollo de dicha metodología y algunas recomendaciones a implantar.

## DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA

### CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

La cuenca del Río Ocoña, hidrográficamente pertenece a la vertiente del Pacífico y está compuesta por las subcuencas Marán, Cotahuasi y Chichas-Arma que aportan el escurrimiento total de manera significativa al Río Ocoña (Figura 1). El área de drenaje de la cuenca del río Ocoña es aproximadamente de 16 024,7 km<sup>2</sup>. El perímetro de la divisoria de agua es de 839,6 km, la longitud del cauce principal de la cuenca es de 296,3 km. Entre las características principales de la hidrología en la zona de estudio, se tiene que el caudal promedio anual en el posible punto de captación de agua de la Central Hidroeléctrica OCO 2010 es de 113,1 m<sup>3</sup>/s.







Figura 1: Ubicación de la Cuenca del río Ocoña

### CÁLCULO DE CAUDAL ECOLÓGICO EN EL RÍO OCOÑA

El proyecto de la Central Hidroeléctrica OCO-2010, prevé la construcción de una presa ubicada a 300 m aguas abajo de la confluencia del río Chichas con el río Ocoña, desde la cual y por un túnel de 18 915 m de longitud, se conduce el agua a una casa de máquinas a cielo abierto con dos unidades generadoras de 85,18 MW cada una. En dicho río se desarrolla el crustáceo *Cryphiops caementarius* de gran importancia económica en la costa sur del Perú.

El cálculo del caudal ecológico consideró la metodología de simulación de hábitat, mediante el cual se deducen los caudales a partir de la cuantificación del hábitat requerido para la especie (Camarón de río). Para dicho cálculo se desarrolló una caracterización geomorfológica de la distribución de los procesos físicos en el río de la especie así como el análisis y modelación del hábitat hidráulico, consignando un tramo de análisis, identificando los diferentes tipos de hábitats (meso hábitats), determinando la curva de preferencia a partir de un monitoreo en campo donde se capturaron 610 individuos, consignando parámetros como profundidad, velocidad y sustrato para cada punto. Con los datos obtenidos se realizó la modelización mediante el software PHABSIM (Physical Habitat Simulation), para un rango de caudales entre 1 y 40,5 m<sup>3</sup>/s. El mayor valor de WUA (Área ponderada útil) se obtuvo para un caudal de 6,5 m<sup>3</sup>/s.

### LIMITACIONES Y PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTIVAS

Dicha determinación del caudal ecológico para el camarón de río con la metodología de simulación de hábitat, es uno de los primeros antecedentes de la aplicación de dicha metodología en el Perú.

En la búsqueda de implementar el caudal ecológico en las distintas cuencas se ha observado que aún existen limitaciones de orden técnico, operativo y normativo. Asimismo considerando los trabajos para determinar el caudal ecológico para el proyecto Central hidroeléctrica OCO 2010, se identificaron las siguientes limitaciones:

- Ausencia de datos hidrológicos, ya que existe poca información de series de caudales en régimen natural para todas las masas de agua.
- Ausencia de datos sobre las curvas de preferencia de la fauna acuática especialmente de los peces, sólo se cuenta con información de colecciones. En las revisiones realizadas no se encontró información documentada de la preferencia de las especies con referencia a la velocidad, tirante y tipo de sustrato que prefiere las especies de fauna acuática.





- Poco conocimiento del funcionamiento de los ríos temporales, especialmente de los aportes de agua que permiten el mantenimiento de los refugios para la fauna.
- Falta de difusión y/o fortalecimiento en la aplicación del software y/o herramientas computacionales para el cálculo del caudal ecológico.

En tal sentido, es necesario implementar medidas para corregir las limitaciones que hoy se tienen a la hora de implementar los caudales ecológicos, siendo algunas propuestas las siguientes:

- Desarrollar un diagnóstico y clasificación del estado de los cursos de agua, para definir el objetivo de cada cuenca (conservación, recuperación, rehabilitación, etc).
- Priorización de ecosistemas a ser conservados y desarrollo de estudios de caudal ecológico en el marco de convenios interinstitucionales.
- El desarrollo de proyectos de investigación, con la finalidad de conocer el comportamiento de los sistemas fluviales.
- Realizar la difusión sobre la conservación de ambientes acuáticos y capacitar al público interesado en la temática de caudales ecológicos.

- Optimizar la red de información (pluviométrica e hidrométrica), sistematizar la información para su disponibilidad en tiempo real.
- Incentivar la formación de asociaciones técnico – académica, para la generación de información de las curvas de preferencia de especies representativas en cada cuenca.
- Implementación de normativa específica para la determinación de caudales ecológicos, ya que actualmente las herramientas que se tienen no han sido actualizadas a la realidad del país.
- En el caso de las herramientas computacionales, es necesario que se puedan incorporar en sus análisis información hidrológica, hidráulica y biológica de diversas fuentes y con diferentes longitudes de registro, para obtener resultados integrales.
- Desarrollar el análisis integral de los caudales ecológicos aprobados en tramos del río donde se consignó dos o más metodologías.
- Realizar el monitoreo o seguimiento de los caudales ecológicos aprobados.

# PERÚ



# PERÚ

## CONCLUSIONES

El cálculo del caudal ecológico realizado por el proyecto Central Hidroeléctrica OCO 2010 empleó la metodología de simulación de hábitat para la especie (*Camarón de río*), señalándose como caudal ecológico 6,5 m<sup>3</sup>/s, dicho caudal prevé determinar un caudal aceptable para la subsistencia de la especie *Cryphiops caementarius*.

La determinación del caudal ecológico para el camarón de río con la metodología de simulación de hábitat realizada en la cuenca del río Ocoña, es uno de los primeros antecedentes de la aplicación de dicha metodología.

El caudal ecológico actualmente viene considerándose como parte de la demanda ambiental en los planes de gestión hídrica de las cuencas, el cual se considera un avance positivo. Sin embargo, para determinar dichos caudales, se cuentan con limitaciones tanto en la aplicación de la metodología, acceso a información hidrológica y de curvas de preferencia de la fauna acuática.

Entre las propuestas para solucionar las limitaciones identificadas, se hace necesario desarrollar actividades

multisectoriales que faciliten la información a los requerimientos del cálculo de caudal ecológico, capacitar en dicha temática al personal técnico de instituciones gubernamentales e interesados, asimismo realizar el seguimiento de los caudales ecológicos aprobados.

## BIBLIOGRAFIA

- OHYSA, Estudio de impacto ambiental de la Central Hidroeléctrica OCO 2010.
- Ministerio de Agricultura. 2010. Decreto Supremo N° 001-2010-AG, Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos.
- Ministerio de Agricultura. 2016. Resolución Jefatural N° 154-2016-ANA aprueba la normativa de “Metodologías para determinar caudales ecológicos”
- Instituto del Mar del Perú – IMARPE. 2015. Camarón de río.





A close-up photograph of water flowing from a faucet. The water is clear and dynamic, with many small droplets and splashes. The background is a soft, out-of-focus green and blue, suggesting an outdoor setting with foliage.

# URUGUAY

**PROPUESTA DE  
ANÁLISIS PARA LA  
DETERMINACIÓN DE  
CAUDALES AMBIENTALES  
EN LA CUENCA DEL RÍO  
SANTA LUCÍA.**



## PROPUESTA DE ANÁLISIS PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES AMBIENTALES EN LA CUENCA DEL RÍO SANTA LUCÍA.

### VIVEKA SABAJ

Dirección Nacional de Aguas - Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente.

### XIOMARA PUERTO RUIZ

Parque Nacional Natural Chingaza (Colombia)

### DIEGO FERNANDO MORENO PEREZ

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia  
Corporación Autónoma Regional de Boyacá

## INDICADORES DE CONTEXTO

**País:** Uruguay

**Departamentos en la cuenca:** San José, Flores, Florida, Lavalleja, Canelones, Montevideo.

**Área de la cuenca:** 13.480 km<sup>2</sup>.

**Población en la cuenca:** 396.250 habitantes.

**Importancia estratégica:** Abastece de agua potable a 1.714.173 habitantes.

## RESUMEN ANALÍTICO

La Cuenca del río Santa Lucía ubicada al sur de Uruguay, tiene un área de 13.480 km<sup>2</sup> distribuida en 6 departamentos. La cuenca tiene una importancia estratégica a nivel nacional ya que abastece de agua potable a más de la mitad de la población del país, que

se ubican fuera de la cuenca. Por otra parte, el sector ganadero y lechero ocupa gran parte de la cuenca.

La propuesta de análisis para la determinación de caudales ambientales en la cuenca del río Santa Lucía responde a la estrategia definida a nivel nacional del Plan Nacional de Aguas<sup>1</sup> (Proyecto P01/3 “Aplicación de caudales ambientales”) y se desarrolla en el marco del Proyecto P01/6 del Plan de cuenca del río Santa Lucía (PCRSL). Sobre la base de la elaboración de este plan, se presenta aquí una breve caracterización de la cuenca, destacando su importancia estratégica, variabilidad hidrológica y problemáticas. Como estrategia metodológica se plantean posibles objetivos, dadas las principales relevancias y problemáticas, para definir posibles metodologías apropiadas para aplicar en la cuenca. Se identifican los principales aportes previstos a la gestión integrada en la cuenca y a la aplicación a nivel nacional.

## PALABRAS CLAVE

Caudales ambientales, Plan de cuenca, Cuenca del río Santa Lucía.

## INTRODUCCIÓN

### DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO SANTA LUCÍA

La cuenca del río Santa Lucía, compartida por seis departamentos (Figura 1), tiene una importancia estratégica para el país ya que abastece de agua potable aproximadamente al 60% de la población del país entre Montevideo y Canelones metropolitano,

1. Sancionado por Decreto 205/017 de fecha 31 de julio de 2017



# Cuenca del Río Santa Lucía

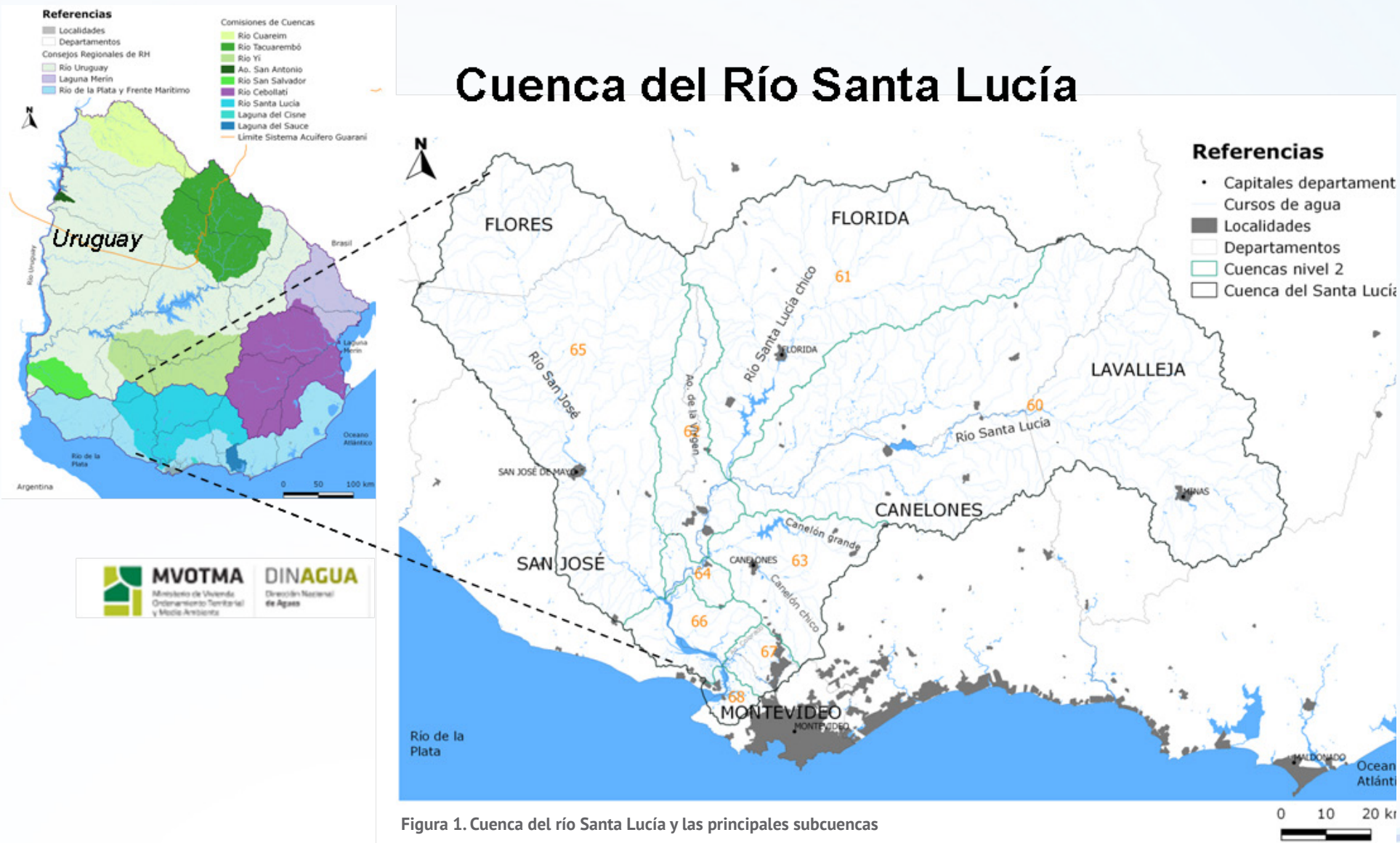


Figura 1. Cuenca del río Santa Lucía y las principales subcuencas

# URUGUAY

que se ubican fuera de la cuenca. El 82% del volumen de agua en la cuenca se destina a consumo humano, el 14% para riego y el 2.9% a la industria (Fuente: DINAGUA ). El sector ganadero y lechero ocupa un 86,4% de la cuenca (MGAP-DIEA, 2015).

A la izquierda se hace referencia a la ubicación de la cuenca en mapa de Uruguay donde se muestran los Consejos Regionales de Recursos Hídricos y las Comisiones de Cuenca y Acuífero. Fuente: DINAGUA.

Los procesos de planificación y de gestión resultan un desafío en una cuenca compartida entre 6 departamentos y con variados usos del suelo y del agua. En dicho proceso intervienen actores institucionales que actúan en la cuenca, entre los que se destaca la Comisión de cuenca del río Santa Lucía es el ámbito de participación asesor del Consejo Regional de Recursos Hídricos del río de la Plata y Frente Marítimo (CRRH-RPFM). La Comisión colabora en la formulación del plan de gestión integrada de la cuenca y acompaña su ejecución, y es un espacio de articulación de los actores (nacionales, regionales y locales) vinculados al agua y de apoyo en la gestión. Este ámbito de participación está constituido por representantes del gobierno (Ministerios, Gobiernos departamentales y municipales), usuarios (como por ejemplo OSE – servicio de agua

potable y saneamiento; Asociaciones y cooperativas de productores – lechería, fomento rural y otros usos agropecuarios) y sociedad civil (ONGs, grupos de vecinos, Universidad, Institutos de investigación, etc.).

Otros actores responsables de los espacios de coordinación de políticas sectoriales vinculadas al uso del agua son: la Junta Regional de Riego, que asesora en la tramitación y estudio de las solicitudes de aprovechamiento con fines de riego y colaboran en el control y fiscalización de los derechos de uso de agua otorgados y en situación de déficit hídrico; el Consejo Agropecuario Departamental que colabora con el desarrollo de las políticas agropecuarias; y las Mesas de Desarrollo Rural que promueve un mayor involucramiento y participación de la sociedad agropecuaria en la instrumentación de las políticas del sector.

Por otra parte, en la cuenca se encuentra el Área Protegida Humedales del Santa Lucía, ingresada al Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) con la categoría de manejo: “Área Protegida con Recursos Manejados” que se extiende en la zona de humedales sobre la desembocadura del río Santa Lucía en el río de la Plata. También hay una propuesta de ingreso al SNAP del Área Protegida Arequita en la zona de sierra.





## URUGUAY

En la cuenca existe una importante red de monitoreo que involucra varias instituciones del país, dado su condición de cuenca estratégica. A modo de ejemplo, la cuenca cuenta con estaciones hidrométricas con un registro aproximado de hace 37 años, 11 de niveles, 10 de caudal, de las cuales 6 son telemétricas, que son monitoreadas por la DINAGUA (Dirección Nacional de Aguas). También cuenta con 27 estaciones de monitoreo de calidad de agua, monitoreadas por la DINAMA (Dirección Nacional de Medio Ambiente) en los cursos principales desde el 2004.

La lluvia anual estimada para la cuenca es de 1.217 mm y el caudal específico medio anual estimado es de 11,8 l/s/km<sup>2</sup> (PCRSL en elaboración). El caudal específico medio anual en las estaciones hidrométricas representativas que se analiza en MVOTMA-PNA (2017) para el período de 1980-2015 muestra una variabilidad interanual con un promedio de  $14 \pm 8$  l/s/km<sup>2</sup> en un rango de 0,9 - 61,2 l/s/km<sup>2</sup>. El valor del caudal específico medio anual entre estaciones es de  $14 \pm 2,6$  l/s/km<sup>2</sup> en un rango de 9,9 a 17,3 l/s/km<sup>2</sup> (Fuente: DINAGUA).

Las principales problemáticas identificadas en la elaboración del plan de cuenca (PCRSL) son:

- La demanda para uso humano excede los caudales de estiaje. La cuenca baja tiene baja disponibilidad

de caudales en períodos de estiaje mediante extracción directa.

- Altas concentraciones de nutrientes, con consecuencia en el estado trófico y condiciones propicias para las floraciones de cianobacterias, debido principalmente a aportes difusos provenientes de actividad agrícola y ganadera y a descargas puntuales de efluentes de tambos. Es necesario evaluar los vertidos e infiltración de efluentes de actividades productivas de menor porte. Las descargas de efluentes domésticos tratados de sistemas colectivos requieren en algunos casos ajustes de proceso para remoción de nutrientes.

### MARCO DE APLICACIÓN DE CAUDALES AMBIENTALES Y PROPUESTA METODOLÓGICA

En Uruguay se analizó la aplicación conceptual de caudales ambientales (Rodríguez-Gallego et al. 2011, Sabaj et al. 2014), sin embargo aún son escasos los casos de estudio. Si se debe destacar que en el marco del Proyecto P01/3 "Aplicación de Caudales Ambientales" del Plan Nacional de



# URUGUAY

Aguas (MVOTMA – PNA, 2017, aprobado por Decreto 205/017 de fecha 31 de julio de 2017) se está trabajando en la actualidad en una estrategia de aplicación a nivel nacional de caudales ambientales como una herramienta incorporada a la gestión integrada del agua. El proceso es coordinado por el MVOTMA, con la participación de las instituciones vinculadas a la temática, ya sean unidades técnicas del ámbito gubernamental, académico, usuarios, etc. Específicamente la propuesta de análisis para la determinación de caudales ambientales en la cuenca del río Santa Lucía se enmarca en el Proyecto P01/6 del Plan de cuenca del río Santa Lucía (PCRSL) que se encuentra en elaboración.

En principio para la cuenca se aplicarán los lineamientos a nivel nacional y las metodologías que en ese marco sean definidas. Por otra parte, se analizarán las posibles metodologías para aplicar, diferenciando por subcuencas y según los objetivos ambientales acordados para la cuenca. En este sentido, dadas las principales relevancias y problemáticas de la cuenca identificadas durante la actual elaboración del PCSRL, la implementación de caudales ambientales, debería considerar:

- Garantizar la calidad y cantidad de agua para la población y proteger las reservas de agua para la población actuales y proyectadas.
- Mantener la variabilidad natural del régimen de caudales.
- Proteger las áreas protegidas (humedales y sierra), monte nativo y otras características ecológicas de interés a conservar.
- Proteger zonas de interés para la conservación del régimen hidrológico dentro de su variabilidad natural.
- Atender las necesidades de agua de diferentes usuarios (agropecuario, industria, otros).

La Figura 2 permite individualizar la ubicación geográfica de algunos de estos objetivos ambientales.



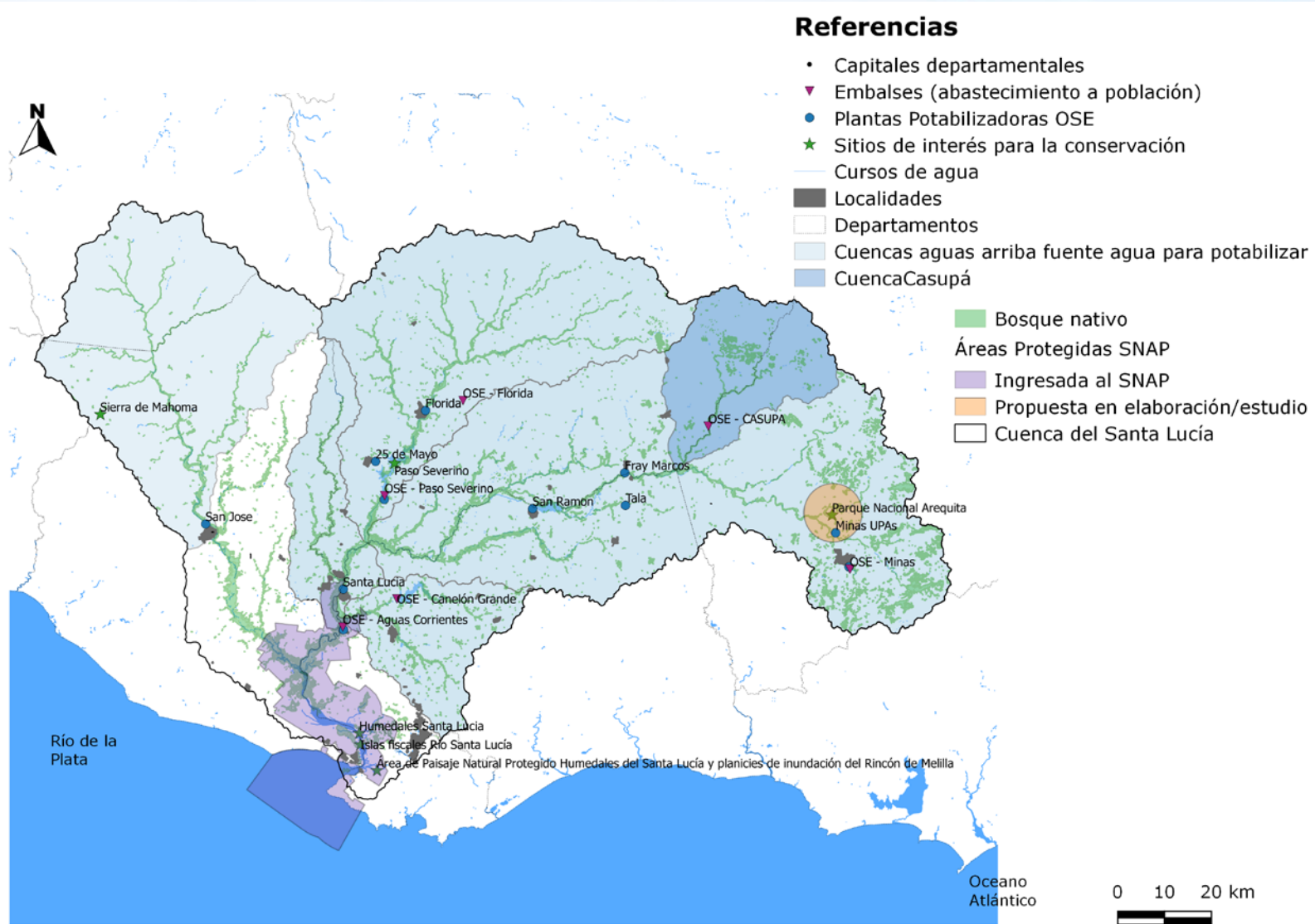


Figura 2. Zonas prioritarias para mantener la calidad y disponibilidad de fuentes de agua potable y para la conservación. Fuente: PCRSL en elaboración, en base a información de MVOTMA, MGAP y OSE.

# URUGUAY

De acuerdo a la variabilidad del régimen hidrológico y a los múltiples objetivos en la cuenca, y en función de los datos disponibles, se podría realizar una cuantificación preliminar de los caudales ambientales por subcuencas, mediante el método del régimen completo de Richter et al. (1998). Esto aportará al análisis de la variabilidad del régimen hidrológico y permitirá poner en evidencia las principales acciones correctivas y/o preventivas a encarar. A medida que se mejore el nivel de conocimiento de la cuenca, se podrá ajustar la metodología a mayor precisión y por ejemplo se podrá aplicar una metodología holística para aportar al proceso de toma de decisiones acordada.

## PERSPECTIVAS Y CONSIDERACIONES FINALES

Uruguay está en un proceso de incorporación de los caudales ambientales como una herramienta de gestión integrada del agua. Se trata de una línea de trabajo de caudales ambientales contemplada en el marco del Plan Nacional de Aguas y en los planes de cuenca que están en elaboración, como es el caso de la cuenca del río Santa Lucía.

Concretamente, en el marco del PCRSL, se espera que a nivel de la cuenca el desarrollo de caso de estudio de aplicación de caudales ambientales permita:

- Diferenciar criterios de aplicación por estación del año, eventos extremos, subcuencas, prioridades de conservación y en particular necesidades para mantener la cantidad y calidad de agua para el uso con destino para agua potable.
- Identificar las prioridades y necesidades de adecuación de capacidades para su aplicación en la gestión integrada de la cuenca.
- Definir cuáles son los ámbitos de participación local que pueden ser espacios de referencia para la difusión, discusión y apoyo a la toma de decisiones acordadas.

Asimismo, las lecciones aprendidas en el desarrollo del caso de la cuenca del río Santa Lucía podrán contribuir a nivel nacional (según la estrategia planteada en Proyecto P01/6 del PNA):

- Incorporación en la asignación de derechos de aguas, Evaluación de Impacto Ambiental y en Evaluación Ambiental Estratégica que se realicen en la cuenca, tal como se prevé a nivel nacional.





- Identificación de necesidades de mejoras en el monitoreo de cantidad y calidad del agua, ya sea por las instituciones o los usuarios.
- Identificación de requerimientos de información para su aplicación.
- Definición y diseño de acciones de educación y comunicación para su aplicación a nivel de cuenca.

## BIBLIOGRAFÍA

- MGAP-DIEA. 2015. Regiones agropecuarias del Uruguay. 38pp.
- MVOTMA-PNA. 2017. Plan Nacional de Aguas.  
  
<http://www.mvotma.gub.uy/portal/ciudadania/biblioteca/documentos-de-agua/item/10009710-plan-nacional-de-aguas.html>
- (PCRSL) Plan de Cuenca del río Santa Lucía. Documento en elaboración en el marco de la Comisión de Cuenca del río Santa Lucía.

- Richter BD, Baumgartner JV, Wigington R & Braun DP. 1997. How much water does a river need?. *Freshwater Biology*, 37: 231–249.
- Rodríguez-Gallego L, Chreties Ch, Crisci M, Fernández M, Colombo N, Lanzilotta B, Saravia M, Neme C, Sabaj V & Conde D. 2011. Fortalecimiento del concepto de Caudales Ambientales como Herramienta para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos. *Vida Silvestre Uruguay*, PNUMA y UNESCO. 138pp.
- Sabaj V, Rodríguez-Gallego L, Chreties Ch, Crisci M, Fernández M, Colombo N, Lanzilotta B, Saravia M, Neme C, & Conde D. 2014. Qué son los caudales ambientales y cuál es la perspectiva de su aplicación en Uruguay. Documento Técnico PHI-VIII UNESCO. N°3. 28pp.

# URUGUAY



## LECCIONES APRENDIDAS Y PROSPECTIVAS

La lectura de los casos antes expuestos, pone de manifiesto que en algunos casos el marco institucional y la capacidad de gestión del recurso hídrico no acompaña la legítima necesidad de su determinación e implementación. Sumado a esto, la participación ciudadana es baja, y la legislación sobre el tema incipiente.

Esta realidad, no difiere significativamente de otras regiones del planeta. Más allá del grado de desarrollo que el tema pudiera tener en cada país, todos comparten el desafío de incorporar a los caudales ambientales como instrumento de la gestión sustentable del agua y el ambiente.

Se espera que este *Cuadernillo de Experiencias* sirva de punto de partida para encarar acciones de desarrollo de capacidades incluso generando espacios 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. Este desarrollo armónico entre el conocimiento técnico y los enfoques de gestión podría ser un elemento motorizador para que estos *casos de estudios* se transformen en *casos piloto demostrativos* como un ejemplo de puesta en práctica de políticas en la materia donde converjan 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.







## CONSIDERACIONES FINALES

El diagnóstico sobre el grado de incorporación que el concepto de régimen de caudales ambientales tiene en las políticas hídricas de distintos países de la región (Latinoamérica) y su implicancia a la hora de la formulación e implementación de los planes de gestión integrada de recursos hídricos fue el núcleo conceptual del Curso-Taller *Metodologías para la Determinación de Caudales Ambientales en América Latina* que dio origen a este Cuadernillo de Experiencias. Su desarrollo puso en evidencia la estrecha relación que la implementación de las políticas en el tema tiene con la promoción y el desarrollo de capacidades en profesionales y técnicos de instituciones gubernamentales y agencias de control; gerentes de empresas/cooperativas de agua e hidroeléctricas de América Latina. Ello sin duda constituye un instrumento clave para el mejor entendimiento del concepto de caudales ambientales y las metodologías que se requieren para su determinación.

Los casos de estudio presentados por los profesionales y técnicos que participaron del curso, muestran por una parte ejemplos auspiciosos de una incorporación progresiva del concepto de caudales ambientales a partir del desarrollo de casos pilotos en general acotados en el espacio y en el tiempo. Pero, por otro lado coinciden en resaltar algunas debilidades en los procesos de determinación e implementación de los caudales ambientales. Tales debilidades se deben en gran medida a la interacción compleja de los procesos ecológicos en los ríos que dificulta el cálculo del volumen que debe suministrarse para la conservación del ecosistema para uso urbano, irrigación, generación eléctrica, etc. A ello se suma la carencia del monitoreo sistemático y el ineficiente efecto de las prácticas de conservación y restauración sobre el hábitat acuático y las riberas. Asimismo, se observa la necesidad de fortalecer el trabajo multidisciplinario para evaluar, diagnosticar y formular alternativas de manejo para la preservación de los recursos acuáticos, así como para la protección de la biodiversidad. Esto ya ha sido señalado por otros autores y para otras regiones del planeta<sup>2,3</sup>. Ellos destacan la importancia de contar con una legislación que apoye la aplicación del caudal ambiental, con la finalidad del aprovechamiento racional y eficiente del recurso, para mantener la integridad ecológica del medio.

Otros autores han mencionado que se requiere de las vías legales y administrativas claras para proteger el flujo de agua antes de que las partes interesadas estén dispuestas a comprometerse y de que las agencias financien proyectos de caudal ambiental. Además enfatizan que no habrá intentos serios de gestión de caudal ambiental hasta que no se tomen decisiones políticas contundentes en la esfera apropiada de gobierno<sup>4,5</sup>. Estos mismos autores también señalan, que en algunas regiones de América Latina el agua se ha convertido

2. HARDY, T.B., S. WILLIAMSON, T J. WADDLE, 1997. The theory and application of the physical habitat simulation system (PHABSIM). Midcontinental Ecological Science Center. United States Geological Survey, Biological Resources Division. Fort Collins, CO. USA. 3. KING, J. y C. BROWN, 2006. Environmental Flows: Stiking the balance between development and resource protection. *Ecology and Society* 11(2): 26 – 47 4. KING, J.M., R.E. THARME, M.S. DE VILLIERS (Eds.) 2000. Environmental Flow Assessments for Rivers: Manual for the Building Block Methodology. Water Research Commission: Pretoria, South Africa. 5. DYSON, M., G. BERGKAMP y J. SCANLON, J., 2003. Flow. Editorial UICN. UK. 125 p.



## CONSIDERACIONES FINALES

en un bien escaso, debido a la degradación ambiental de las fuentes y a la acción del hombre sobre los recursos hídricos que busca de la satisfacción de las demandas en diversos sectores. Resulta evidente, en algunos países de la región, la débil institucionalidad y baja capacidad de gestión del recurso hídrico; la inadecuada cultura del agua, la poca participación ciudadana en la gestión del recurso, y la inexistencia de una instancia de regulación hídrica.

Existe una coincidencia generalizada en que la determinación del caudal ambiental, debe ser indispensable para quienes toman las decisiones en la planeación sustentable del agua, pues da la ventaja de saber cuánto del caudal remanente puede utilizarse para usos poblacionales, y cuánta alteración ha inducido el consumo humano en los patrones del flujo natural del río. En relación a lo anterior, es necesario que los países busquen una armonía entre el desarrollo económico y un equilibrio ambiental, que garantice el desarrollo de las centrales hidroeléctricas, acompañado de una determinación de caudal ambiental que asegure la sostenibilidad del agua y su ambiente. Actualmente, las entidades rectoras del recurso agua en Latinoamérica generalmente se encuentran trabajando en la definición de las metodologías más adecuada para el cálculo del caudal ambiental, las cuales son aplicadas en cuencas piloto.

El manejo de los recursos asociados al agua bajo el esquema de desarrollo sostenible del ambiente, es un problema complejo para todas las naciones ricas o pobres, pues implica un reto técnico para enfrentar dificultades de origen social, económico y político<sup>6</sup>. Se ha señalado en la literatura especializada, que el ambiente es clave para el manejo sostenible del agua. Sin embargo, ocupa un lugar marginal en la toma de decisiones no obstante sus repercusiones sociales. El entorno natural representa un tipo especial de usuario del agua y, a la vez, constituye la parte central del manejo de los recursos acuáticos. Este punto es crítico en el diseño de estrategias para enlazar y balancear los variados intereses que confluyen en torno al agua (la producción agrícola, industrial y energética), que puede entrar en conflicto con la salud del ambiente, el bienestar y la pobreza de las comunidades aledañas al río. El objetivo de la gestión debe ser conciliar para lograr el manejo sostenible del recurso acuático para abatir la pobreza<sup>7 8 9</sup>. Hay que tener presente que el ecosistema, así como el bienestar de los pobladores dependen de los ríos<sup>10</sup>.

**Rebeca González Villela**

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA, México).

6. ARTHINGTON, A., S. BUNN, L. POFF y R. J. NAIMAN, 2006. The Challenge of providing environmental flow rules to sustain river ecosystems. *Ecological Applications*, 16(4): 1311-1318. 7. BROWN, C. y J. KING, 2003. Environmental Flows: Concepts and Methods. En: *Water Resource and Environment Technical Note 1*. (Eds). Davis, R. y R. Hirji. The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank. Washington D.C. 8. LYTLE, D.H. y N.L. POFF, 2004. Adaptation to natural flow regime. *Trends in Ecology and Evolution* 19: 94-100. 9. THARME R.E. 2003. A global perspective on environmental flow assessment: emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers. *River Research and Applications* 19: 397 – 441. 10. RICHTER, B.D., A.T. WARNER, J.L. MENYER y K. LUTZ, 2006. A collaborative and adaptive process for developing environmental flow recommendations. *River Research and Applications*, 22: 297-318.

# METODOLOGÍAS PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES AMBIENTALES EN AMÉRICA LATINA

2º Parte

## Diálogos Técnicos

### Ediciones anteriores:



### Colaboran:

