

# EXPERIENCIAS

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

### 1º 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  
**07**

## 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)

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.




# SUMARIO

<b>1. Prólogo</b>	04
<b>2. Introducción</b>	08
<b>3. Casos de Estudio</b>	13

## METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE LOS CASOS DE ESTUDIO.....14

- Metodología para el desarrollo de los casos de estudio la importancia de promover un régimen de caudales ambientales en la cuenca del río Grande.  
**ARGENTINA.....17**
- Experiencia metodologías de cálculo de caudales ecológicos en el Ecuador.  
**ECUADOR .....30**

*Esta colección se compone de 2 Cuadernillos; Parte 1ª y Parte 2ª. Se exponen aquí dos de los casos de estudio, los tres restantes y las consideraciones finales constituyen el Cuadernillo 8 de esta serie.*



**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).

## PRÓLOGO

**E**n el marco del 10º Simposio Internacional de Ríos y de la Conferencia Internacional de Caudales Ecológicos, celebrados en Brisbane (Australia) en 2007, se alcanzó una Declaración final que definía los caudales ecológicos (o medioambientales) como “los flujos de agua, el momento de aplicación y la calidad del agua precisos para mantener los ecosistemas de agua dulce y de los estuarios, así como los medios de subsistencia y bienestar de las personas que dependen de tales ecosistemas”.

Se trata de una definición consensuada por numerosos especialistas en la materia, que aporta algunas de las claves para la determinación e implantación de los caudales ambientales. Entre ellas, la necesidad de entender dichos caudales como flujos hídricos con variaciones espaciales y temporales, capaces de dar respuesta a las necesidades de los ecosistemas dulceacuícolas, pero también de las comunidades humanas cuya supervivencia, física

o emocional, depende de manera directa de los servicios proporcionados por dichos ecosistemas. Al tiempo, no solo se refiere a cantidades de agua, sino adicionalmente a su calidad biológica y físico-química. Esto último resulta esencial considerando que la integridad ecológica de los sistemas acuáticos depende del necesario equilibrio entre caudales líquidos, caudales sólidos, condiciones físico-químicas, y biota acuática. Finalmente, esta definición amplía el papel jugado por los caudales ambientales más allá del ámbito estrictamente continental, considerando igualmente su influencia sobre la dinámica de los estuarios, como exponentes de las aguas transicionales y de los ecosistemas ligados a ellas. En otras palabras, actualiza y proyecta el concepto del caudal ambiental, recalcando su carácter multi-funcional, y la importancia de que su cálculo considere todas las dimensiones físicas, ambientales y sociales a las que se encuentran vinculados esos caudales.



## PRÓLOGO

A lo largo del Curso sobre “Metodologías para la determinación de caudales ambientales en América Latina”, celebrado entre el 28 de agosto y el 1 de septiembre de 2017 en la Sede de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo de Santa Cruz de la Sierra (Bolivia), éstas fueron, precisamente, algunas de las cuestiones presentadas y discutidas por ponentes y participantes. Los casos de estudio recogidos en este Cuadernillo de Experiencias ilustran, de manera clara, los nuevos enfoques que hoy en día se plantean, en la práctica totalidad de los países latinoamericanos, en relación con las demandas ambientales de los sistemas socio-ecológicos ligados al agua. Se trata de ejemplos de Argentina, Ecuador, El Salvador, Perú y Uruguay, que muestran la imperiosa necesidad de avanzar hacia una gestión integrada de las cuencas, que supere las viejas inercias y aproximaciones que oponían el desarrollo socio-económico a la conservación medioambiental. La planificación hidrológica aparece, en este sentido, como una herramienta imprescindible para superar esas negativas dicotomías, permitiendo adoptar mecanismos de gestión adaptados a la realidad de cada territorio. La gestión de la demanda, la recuperación de los ecosistemas acuáticos como

garantes del mejor funcionamiento de las cuencas, y la construcción de infraestructuras verdes para mejorar los ciclos hidrológicos son solo algunas de las herramientas específicas que pueden contribuir a que los caudales ambientales sean considerados como un vehículo idóneo para mitigar los impactos de la transformación artificial de los regímenes hidrológicos, y al mismo tiempo para incrementar la salud y resistencia de los ecosistemas acuáticos.

No obstante, las numerosas incertidumbres inherentes al diseño e implantación de los caudales ambientales, y la gran diversidad de métodos de cálculo (hidrológicos, hidráulicos, de simulación del hábitat físico, y holísticos – por citar solo las tipologías más importantes) requieren, inexorablemente, una intensa capacitación de los gestores y técnicos relacionados con el manejo de las cuencas y del agua, así como una amplia labor de integración y compartición de experiencias. El Curso anteriormente citado es paradigmático de ambas líneas de trabajo. Los ejemplos expuestos durante su desarrollo abrieron múltiples líneas de debate entre



## PRÓLOGO

los asistentes, y todo ello evidenció que la gestión del agua solo puede optimizarse desde una doble óptica territorial y sectorial, en la que el binomio agua-territorio, y la interacción entre la gestión hidrológica y los diferentes sectores socioeconómicos trasciendan al inviable afán de generar una oferta ilimitada del recurso agua. Los casos de estudio presentados ofrecen, además, información sustancial sobre los retos y oportunidades que en cada país generan los caudales ambientales, y sobre su posible horizonte a corto, medio y largo plazo.

Por último, cabe destacar que los sistemas acuáticos son, por naturaleza, complejos. En especial si reconocemos la elevada influencia que sobre ellos pueden ejercer los cambios climáticos y los cambios globales generados por la acción antrópica. En la actualidad, muchas cuencas sufren intensos desequilibrios generados por una simplificación extrema de la gestión de los ríos y humedales,

originada décadas atrás, pero que se extiende hasta nuestros días. Los caudales ambientales, entendidos como regímenes de caudales con suficiente funcionalidad como para mitigar dichos desequilibrios - e incrementar la salud de los sistemas acuáticos frente a perturbaciones naturales o artificiales -, pueden convertirse en unos poderosos aliados para los gestores del agua y para la sociedad en general. Si los caudales ambientales no se definen como un objetivo, sino como un medio para atender a la complejidad de los sistemas acuáticos y a su carácter cambiante en el tiempo y en el espacio, habremos contribuido a mejorar la calidad ambiental del medio que nos sustenta, y por ende nuestro propio bienestar. Este Cuadernillo de Experiencias recoge estudios y ejemplos de enorme interés que propugnan esta visión, mostrando el camino hacia un nuevo tiempo para los ríos y humedales de Latinoamérica.

**Fernando Magdaleno Mas**

*Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX, España).*





# INTRODUCCIÓN

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 procura 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 ecosistemas.

La nueva agenda del desarrollo sostenible postula los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 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.

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), resultan elementos insoslayables a considerar para garantizar la sostenibilidad de los recursos naturales de una cuenca, a la vez de preservar los servicios eco sistémicos que ella brinda para el bienestar de los seres humanos que la habitan.

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 sólo 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





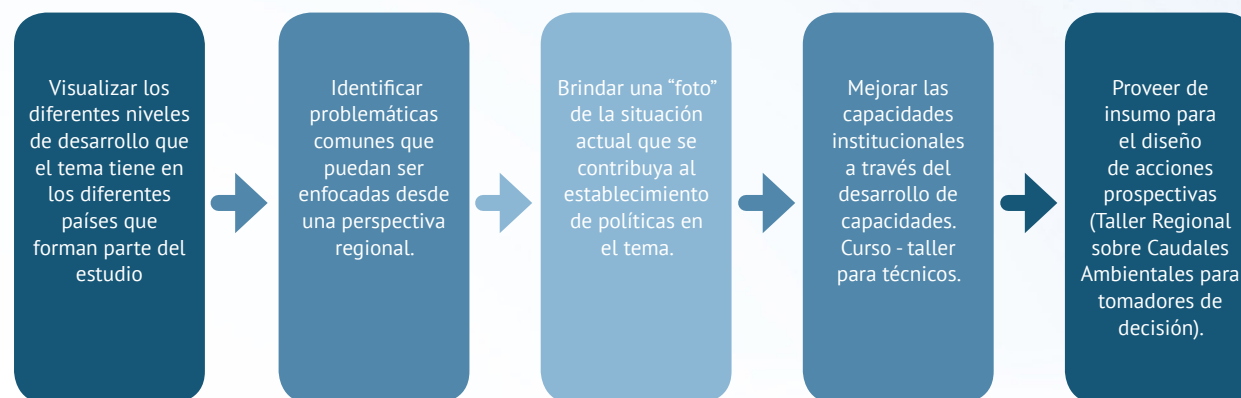
de gestión en el marco de los principios que establece la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH).

Esta ha sido la motivación con la que fue identificado el tema de caudales ambientales como una línea de acción prioritaria para llevar adelante actividades de desarrollo de capacidades tanto en el marco de RALCEA (Red de América Latina de Centros de Excelencia en Gestión del Agua, <http://aquaknow.jrc.ec.europa.eu/es/groups/ralcea> como en el de CODIA (Conferencia de Directores Iberoamericanos del Agua, <http://codia.info>).

Para ello, se planteó una progresión de objetivo-acción como se indica en la figura siguiente:

Los tres primeros objetivos señalados precedentemente fueron cubiertos a través de un estudio destinado a elaborar un 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 y su implicancia a la hora de la formulación e implementación de los planes de gestión integrada de recursos hídricos<sup>1</sup>. A partir de este estudio se concluye que, en América Latina, el logro de una mejora de la gobernabilidad

## INTRODUCCIÓN



1. Disponible en: <https://aquaknow.jrc.ec.europa.eu/ralcea/documents/informe-final-diagn%C3%B3stico-del-grado-de-desarrollo-del-enfoque-de-caudales>

## INTRODUCCIÓN

del agua que posibilite a la implementación efectiva de un régimen de caudales ambientales requiere:

- 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 de 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 sea 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 este contexto se inscribe el Curso-Taller sobre Metodologías para la Determinación de Caudales Ambientales en América Latina desarrollado en el Centro de Formación de AECID de Santa Cruz de la Sierra, Bolivia entre los días 28 de agosto al 1 de setiembre de 2017. Esta actividad fue organizada en forma conjunta por la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) a través de su programa INTERCOONECTA, la Red de América Latina 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). La Coordinación de la actividad estuvo a cargo de Marta Paris y Mario Schreider (por RALCEA - Eje temático Mapeo de Actores-Desarrollo de Capacidades). El objetivo general del curso fue: promover el desarrollo de capacidades



en profesionales y técnicos de instituciones gubernamentales de América Latina para el mejor entendimiento del concepto de caudales ambientales y las metodologías para su determinación.

Para lograr este propósito se plantearon los siguientes objetivos 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 a la realización de un Taller Regional sobre Caudales Ambientales destinados a tomadores de decisión.

El encuentro se desarrolló durante 5 días donde se presentaron las diferentes 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.

La metodología de la capacitación utilizada puso énfasis en el aprendizaje interactivo, propiciando 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 utilizó la modalidad de *curso* para la presentación de los conceptos básicos, con el aporte de una Investigadora del IMTA (México) y el desarrollo de *seminario* para el análisis y discusión de diferentes casos de aplicación con la contribución de especialistas de UNESCO PHI (Programa Ecohidrología), HydroBid y CEDEX (España) y se llevó a cabo un *aula-taller* para la construcción de casos de estudio.

El curso fue 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. Se recibieron 115 postulaciones de las cuales se seleccionaron 30 participantes, de los cuales efectivamente participaron 27, provenientes de 14 países de América Latina: Argentina, Bolivia,

## INTRODUCCIÓN



Chile, Colombia, Ecuador, Venezuela, Perú, Paraguay, Uruguay, República Dominicana, México, El Salvador, Panamá, Costa Rica, 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.

# INTRODUCCIÓN

## CONCEPTOS

- Los caudales ambientales bajo la visión de la gestión integrada de los recursos hídricos.
- Metodos para la determinación de los caudales ambientales

## SEMINARIO

- Implementación de los caudales ambientales. Análisis de casos y lecciones aprendidas.

## AULA - TALLER

- Actividades preparatorias del taller para decisores; del enfoque técnico de los casos de estudio a la construcción de políticas en el tema.

# CASOS DE ESTUDIO



## CASOS DE ESTUDIO

### METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE LOS CASOS DE ESTUDIO

Previo al desarrollo de la actividad, los participantes seleccionados fueron convocados para que envíen casos de estudio sobre la determinación de caudales ambientales, ecológicos y/o régimen de caudales ambientales, que fueran de interés para el país y/o para la institución a la que pertenecen. El caso podía referir a un estudio ya realizado o a la necesidad que el mismo se lleve a cabo. La coordinación del curso estableció una serie de consignas para que las presentaciones contaran con:

- La ubicación geográfica del caso de estudio.

- Las principales características físicas y sociales de la cuenca.

- La descripción del problema.

- Los objetivos de la implementación de caudales ambientales.

- El impacto esperado en el desarrollo de la cuenca.

La convocatoria a presentación de casos fue una estrategia que facilitó la plena integración de los participantes en el desarrollo de la actividad y para que se apropien de los resultados producidos.

Se seleccionaron 7 casos de acuerdo al siguiente detalle:

1. CUENCA DEL RIO GRANDE, TIERRA DEL FUEGO. ANTÁRTIDA E ISLAS DEL ATLÁNTICO SUR, ARGENTINA.

2. CUENCA DEL RIO BIOBÍO, CHILE.

3. CUENCA DEL RIO JATUNYACU, ECUADOR.

4. CUENCA DEL RIO SENSUNAPÁN O GRANDE DE SONSONATE, EL SALVADOR.

5. CUENCA DEL RIO CHIRIQUÍ VIEJO / (102), PANAMÁ.

6. CUENCA DEL RIO OCOÑA, PERÚ.

7. CUENCA DEL RIO SANTA LUCÍA, URUGUAY.

## CASOS DE ESTUDIO

A partir de la presentación de los casos en el curso, se conformaron 7 grupos de trabajo. Estos grupos fueron definidos por la coordinación del curso, siguiendo para ello criterios de homogeneidad geográfica en los casos que fue posible (Argentina y Perú), o reuniendo participantes de países que a lo largo del curso demostraron problemáticas comunes. Los siete grupos trabajaron en los tiempos asignados a las actividades de aula-taller, para proyectar el caso de estudio desde la situación actual descrita en la presentación a la situación deseada potencial o ya alcanzada, valorando una serie de aspectos sugeridos como guía de análisis para el trabajo de taller:

- Metodologías empleadas o a emplear para la determinación de los caudales ambientales.
- Identificación de actores claves en la cuenca relacionados a la problemática.
- Acciones a desarrollar para una mejora de la situación actual, en relación a:
  - ✓ Marco normativo.
  - ✓ Metodologías empleadas.
  - ✓ Niveles de participación y empoderamiento de los actores involucrados.
  - ✓ Fortalecimiento institucional.

El trabajo en grupo permitió enriquecer las presentaciones introductorias de los casos, sumando las perspectivas y visiones de los restantes integrantes de los equipos.

En las presentaciones convergieron dos tipos de situaciones. Por un lado se presentaron casos que muestran procesos donde ya ha sido posible la determinación de un caudal ambiental o régimen de caudales ambientales asociados a la preservación de una especie dada, tal es el caso del río Ocoña (Perú), para la preservación y el desarrollo comercial del Camarón de río (*Cryphiopscaementarius*). En otros, como el caso de la cuenca del río Grande (Argentina), se proponen acciones para superar las actuales dificultades en con el propósito de lograr la implementación de un régimen de caudales ambientales que permitiera promover el desarrollo turístico de la pesca u otros usos como el riego, pero asegurando un equilibrio del ecosistema, de una cuenca compartida con Chile.

Estas disparidades en los casos de estudio, y las particularidades que ellos adquieren, se corresponden adecuadamente con las conclusiones del estudio diagnóstico antes referido, donde se señala, la existencia de numerosas situaciones en los que se ha concretado la determinación de caudales ambientales en situaciones puntuales, pero que ello dista de



## CASOS DE ESTUDIO

constituir una política a nivel de los países, en cuyo caso los procesos de implementación resultan aún muy embrionarios.

Así, en este contexto de un incipiente desarrollo de planes nacionales que contemplen la implementación de regímenes de caudales ambientales, la recopilación y socialización de experiencias en distintos países, resultan elementos demostrativos que permiten visibilizar el tema y darle trascendencia para favorecer su inserción en las políticas pública del sector.

Las conclusiones obtenidas del curso taller y en particular las enseñanzas dejadas por los casos de estudio presentados, motivaron la sistematización de dichas experiencias a través del presente Cuadernillo. Para ello, una vez finalizado el curso, se solicitó a los grupos de trabajo, que documenten los casos de estudio presentados en el curso. La respuesta a este pedido fue unánime. Debido a cuestiones de ordenamiento

interno de las instituciones involucradas, dos de los casos no pudieron ser documentados. Las cinco restantes, son el motivo de la presente publicación.

Esta obra suma a las presentaciones de los cinco casos de estudio, las valiosas contribuciones de Fernando Magdaleno Mas (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas - CEDEX, España) en el Prólogo y, de Rebeca González Villela (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA, México), en la elaboración de las consideraciones finales. Ellos también han sido capacitadores principales del Curso de referencia, aportando su conocimiento, experiencia y su visión del tema como contribución al desarrollo del proceso de implementación de regímenes de caudales ambientales en Latinoamérica.







# ARGENTINA

LA IMPORTANCIA DE PROMOVER  
UN REGIMEN DE CAUDALES AMBIENTALES  
EN LA CUENCA DEL RIO GRANDE

## LA IMPORTANCIA DE PROMOVER UN REGIMEN DE CAUDALES AMBIENTALES EN LA CUENCA DEL RIO GRANDE

GERARDO NOIR<sup>1</sup>, MARTIN NINI<sup>2</sup>, MARÍA RUSTICHELLI<sup>3</sup>, VALERIA WETZEL<sup>4</sup>, CARLOS MERG<sup>5</sup>, MIGUEL HIDALGO<sup>6</sup>.

### INDICADORES DE CONTEXTO

**País:** Argentina

**Provincia/Región/Municipio:** Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur. Río Grande.

**Población:** 69175

La cuenca del río Grande es una cuenca binacional ubicada en la porción austral de los territorios argentino y chileno. Es la cuenca que mayor cantidad de usos registra en la provincia (agua potable, turismo, cría de animales, pesca, actividad petrolera, etc.), así como también la que involucra la mayor cantidad de actores relacionados al uso del recurso. El carácter binacional de la cuenca, y la falta de una planificación consensuada entre ambos países, constituyen los motivos para la aparición de problemáticas y conflictos. La implementación de un régimen de

caudales ambientales del río Grande, como parte de un plan de gestión de la cuenca, permitiría diseñar un esquema de asignación de recursos atendiendo las necesidades de los actuales y potenciales usuarios, tanto en cantidad como en calidad del agua. La Provincia de Tierra del Fuego (Argentina) cuenta ahora con marco normativo apropiado para tal fin (Ley N° 1126 de Gestión Integral de Recursos Hídricos). Es por ello que la implementación de una metodología de caudales ambientales aplicable a esta región, será de gran importancia para el desarrollo económico de la provincia basado en el uso racional y sostenible de los recursos hídricos. En función de la información disponible, se podrán utilizar en principio métodos hidrológicos e hidráulicos con el fin de obtener una solución técnica preliminar en la definición de los caudales ambientales del río Grande. Posteriormente, este desarrollo podrá ser complementado con métodos de simulación de hábitat que permitan obtener los requerimientos mínimos de las especies ictícolas a proteger. La implementación del régimen de caudales definido en cada etapa del proceso señalado requerirá superar ciertos déficits de capacidades institucionales claramente identificados en este trabajo. Las medidas para su solución, pueden ser alcanzadas a partir de un esquema progresivo en un marco de mejora continua.

1. Secretaría de Ambiente, Desarrollo Sostenible y Cambio Climático (Provincia de Tierra del Fuego). Director General de Recursos Hídricos
2. Departamento Provincial de Aguas (Provincia de Río Negro). Jefe Departamento de Recursos Hídricos
3. Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación. Dirección Nacional de Conservación y Protección de los Recursos Hídricos. Dirección de Planificación – Cuencas Interjurisdiccionales
4. Secretaría de Ambiente (Provincia de Entre Ríos). Coordinadora de Fiscalización
5. Departamento Provincial de Aguas (Provincia de Río Negro). Director de Recursos Hídricos
6. Dirección General de Recursos Hídricos (Provincia de Tierra del Fuego). Director de Coordinación Hídrica Zona Norte

# ARGENTINA

## DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA, SISTEMA FÍSICO – SISTEMA SÓCIO PRODUCTIVO

La cuenca del río Grande tiene una extensión de 8580 km<sup>2</sup>. Se trata de una cuenca binacional donde 3780 km<sup>2</sup> corresponden al territorio argentino y 4800 km<sup>2</sup> al sector chileno (Iturraspe et al., 2007) (Figura 1).

Las nacientes hidrológicamente más activas de la cuenca se ubican en la vertiente nor-oriental de la cordillera fueguina, en el sector chileno de la Isla.

De acuerdo a una clasificación hidrológica de las cuencas de Tierra del Fuego (Iturraspe et al., 2000), la del río Grande pertenece al tipo de cuencas de transición. El clima es semiárido y las precipitaciones varían entre 330 mm en la localidad de Río Grande hasta aproximadamente 600mm en las nacientes del Sur de la cuenca.

El rasgo climático más característico es la presencia de fuertes vientos predominantes del oeste, de gran intensidad en la primavera y el verano. Existe déficit hídrico entre noviembre y marzo (Korembli et al, 1991).

El caudal módulo es de 40 m<sup>3</sup>/s y las crecidas se manifiestan en la primavera temprana. A partir de noviembre-diciembre, el drenaje depende de las lluvias locales, pudiendo producirse estiajes pronunciados entre febrero y abril y en junio-julio, causado este último por el congelamiento que afecta los niveles superiores del suelo y de los cauces.

Se aprecia una gran variabilidad, ya sea de índole paisajística, geomorfológica o de cobertura vegetal. El terreno es predominantemente ondulado, con cursos de baja pendiente y meandrosos, de significativo desarrollo longitudinal y dimensión del área de aporte. Los bosques ocupan las lomas y sitios más elevados, mientras que las zonas bajas son ocupadas por vegetación herbácea, predominantemente gramínea. La cuenca del río Grande se destaca por la extensión, diversidad y singularidad de sus humedales (Anchorena et al., 2009), los cuales fuera del período de deshielo, adquieren importancia como almacenamientos reguladores (Figura 2).



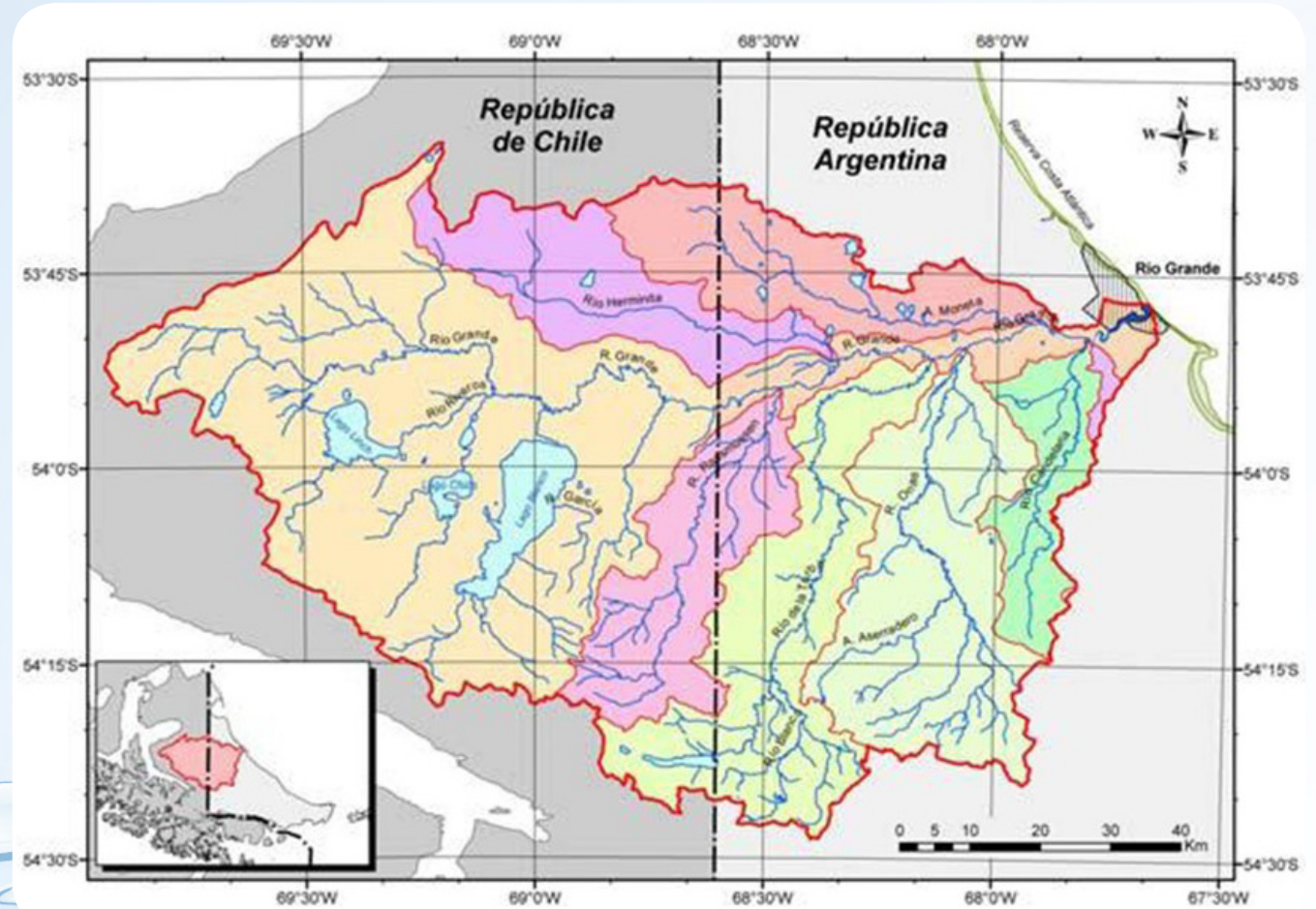


Figura 1. Ubicación de la cuenca del río Grande

El abastecimiento de agua potable constituye el uso principal del recurso hídrico en la cuenca. El río Grande es la fuente de agua potable de la ciudad homónima, ubicada sobre ambos márgenes del estuario que desemboca al Océano Atlántico. Otras fuentes de la cuenca son utilizadas para consumo humano por estancias y puestos fronterizos. El uso turístico ha adquirido gran importancia ya que numerosas estancias han diversificado sus actividades hacia el establecimiento de cotos de pesca deportiva

y el agroturismo. Los usos recreativos como pesca y canotaje, presentan gran importancia para los habitantes de la zona Norte. Estos últimos años la explotación hidrocarburífera se ha extendido hacia la zona sur del río Grande. Existe potencial para otros usos, como el riego de pasturas para la ganadería, el industrial y el minero, que ya se realizan en menor medida. En toda la cuenca se realiza aprovechamiento del agua subterránea por parte de estancias y empresas.

## ARGENTINA



Figura 2. Vista aérea del estuario con vertiente al Océano Atlántico, hábitat urbano del río Grande, parte de humedal y reserva provincial (Sitio RAMSAR).

## DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La cuenca del río Grande es la que mayor cantidad de usos registra en la provincia así como también la que involucra la mayor cantidad de actores relacionados al uso del recurso. Ello da lugar a diversos conflictos actuales y potenciales.

La actividad urbana e industrial ha promovido la urbanización y ocupación de zonas de riesgo y áreas anegables a través del relleno de márgenes e invasión de la ribera (Figura 3). La generación de residuos sólidos urbanos y la descarga de aguas residuales domiciliarias dan lugar a la contaminación biológica de las aguas en algunos sectores de la cuenca. Ello afecta el hábitat de los salmónidos y las aves playeras y los humedales del estuario como espacio urbano.

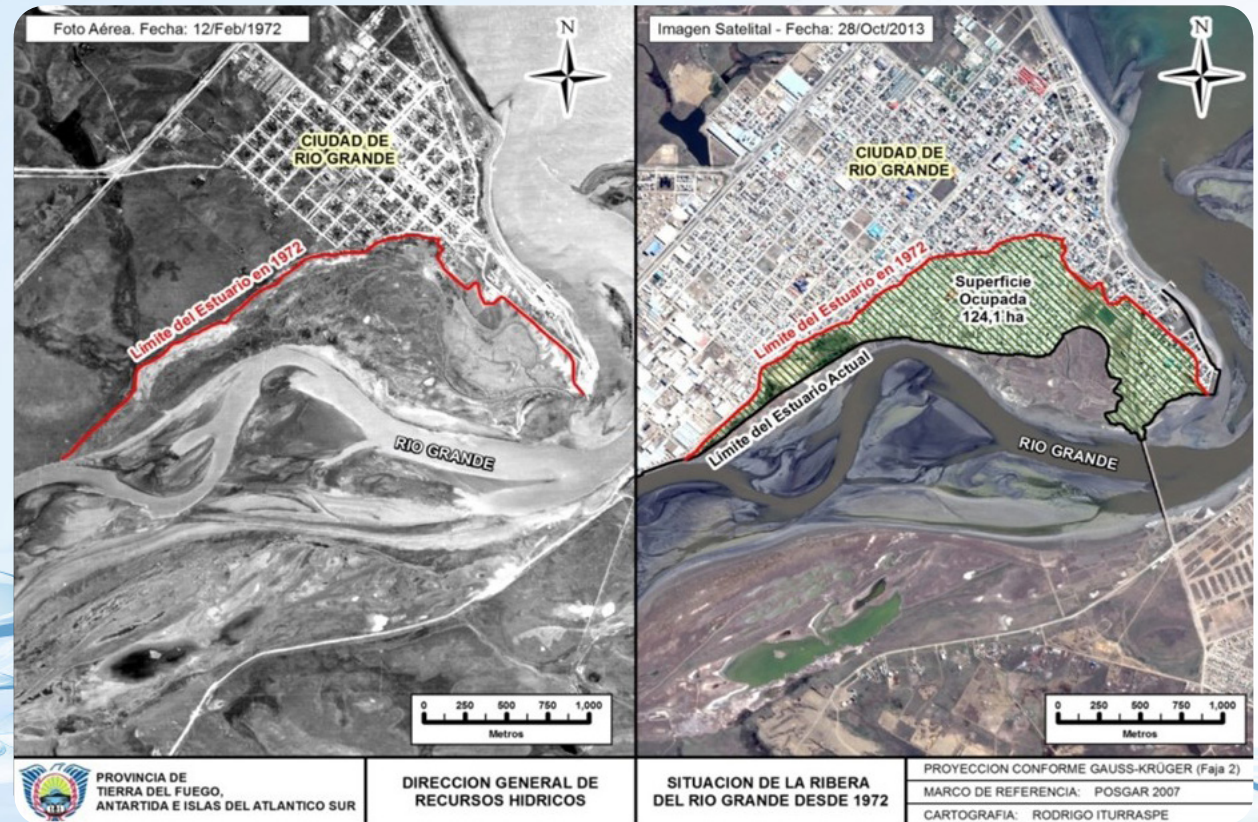


Figura3. Evolución de la superficie ocupada en la zona del estuario.

La situación descrita promueve la ocurrencias de conflictos entre numerosos actores de la cuenca: el Gobierno de la Provincia, la Municipalidad de Río Grande, las organizaciones ambientalistas, industrias, cotos de pesca, asociaciones de pesca, pescadores independientes, Consejo Deliberante de la ciudad de Río Grande y población ribereña.

Entre las situaciones de conflicto que se pueden describir, se destaca la dificultad de acceso de la población local al agua del dominio público en tierras privadas, vinculado en gran medida a la actividad de pesca deportiva en la cuenca. Existen intereses encontrados entre propietarios de cotos de pesca y estancias lindantes con cursos de agua de la cuenca y

pescadores locales que reclaman el derecho a pescar en aguas del dominio público.

Por su parte la ganadería extensiva (pastoreo de ganado ovino y bovino) (Figura 4), causa contaminación difusa de tipo bacteriológica, degradación de suelos y pastizales por sobrepastoreo y degradación de humedales por drenajes de vegas y turberas. Esta práctica significa un potencial conflicto con otros usos de la cuenca, como con el de aprovechamiento de agua para consumo humano de la ciudad de Río Grande, como también para pesca, por afectación del hábitat de salmónidos, que alberga especies hidrobiológicas de gran interés (Figura 5).

## ARGENTINA



Figura 4. Actividad bovina y ovina.

La actividad petrolera en la cuenca ha aumentado notablemente durante los últimos años (Figura 6). Ello implica un potencial conflicto en caso de ocurrencia de alguna contingencia ambiental que provoque un deterioro en cuanto a la calidad del agua del río Grande, endesmedro de otros usuarios como son Obras Sanitarias de la ciudad de Río Grande (Figura 7) y las asociaciones de pesca y pescadores independientes.

El carácter binacional de la cuenca, y la falta de una planificación consensuada entre ambos países, constituyen los motivos de partida de las problemáticas descritas. Ello no solo afecta los usos actuales como agua potable, pesca y recreación, sino que limitan y desalientan otros usos como el riego.



Figura 5. Actividad de pesca deportiva.



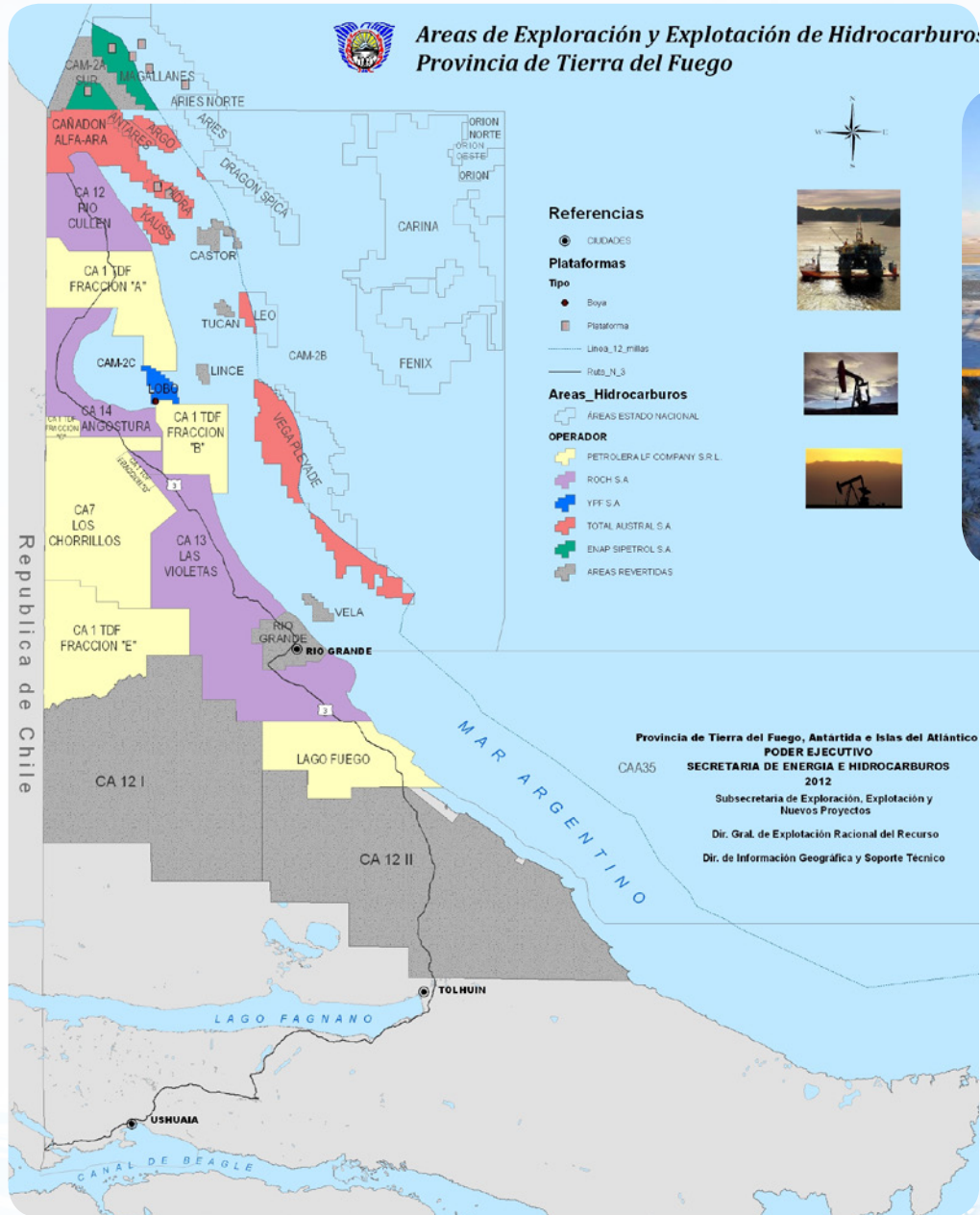


Figura 6. Áreas de explotación petrolera.



Figura 7. Casilla de bombeo del río Grande.  
Obras Sanitarias Municipal.

## APORTES QUE LA IMPLEMENTACIÓN DE CAUDALES AMBIENTALES HARÍA A LA RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA Y SUPERACIÓN DEL DILEMA AMBIENTAL

El desarrollo de un plan de gestión de la cuenca, tiene como uno de sus objetivos centrales la implementación de un régimen de caudales ambientales del río Grande, que permitan diseñar un esquema de asignación de recursos atendiendo las necesidades de los actuales y potenciales usuarios, tanto en cantidad como en calidad del agua. De este modo se podrá alcanzar niveles de protección aceptables para las especies ictícolas nativas e introducidas, las que además de contribuir a la preservación del ecosistema, constituye en la actualidad un recurso turístico y recreativo de gran importancia económica y social para la provincia. Con ello se habrá de promover un crecimiento sustentable de la pesca deportiva de la trucha, en armonía con otros usos competitivos actuales y futuros.

Para tal fin la provincia de Tierra del Fuego cuenta con un marco normativo apropiado. En efecto, recientemente se ha sancionado, promulgado y se

encuentra en etapa de reglamentación la Ley N° 1126 de Gestión Integral de Recursos Hídricos, que representa una valiosa herramienta para el desarrollo productivo de la provincia. Esta ley contempla, dentro de Catastro y Registro, la definición de los caudales ambientales en las cuencas en donde existen actuales y potenciales usos de los recursos hídricos. Es por ello que la implementación de una metodología de caudales ambientales aplicable a esta región, será de gran importancia para el desarrollo económico de la provincia basado en el uso racional y sostenible de los recursos hídricos.

## METODOLOGÍA DISPONIBLES Y APLICABLES AL PROBLEMA

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 en los Estados Unidos, fundamentalmente. Para su implementación se requiere únicamente de series históricas de caudales. Los métodos hidráulicos,

# ARGENTINA

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. Los métodos eco-hidráulicos analizan la relación funcional entre el hábitat físico acuático y el caudal. Por su parte los métodos de simulación de hábitat permiten entender las relaciones entre algunas especies y las características del medio en que se desarrollan, mediante curvas de preferencia. Por último los métodos holísticos 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 función de la información disponible, se podrán utilizar en principio, el enfoque hidrológico (Tharme, 2003) e hidráulico (Reiser et al., 1989); y realizar un análisis comparativo de resultados, con el fin de obtener una solución técnica preliminar en la definición de los caudales ambientales del río Grande.

A partir de los requerimientos físicos, químicos y biológicos (hábitat) de las especies testigos, se podrá obtener un hidrograma de caudales ambientales para diferentes condiciones del proceso de crecimiento de las especies en época de estiajes, crecidas ordinarias, aguas medias. Ello permitiría por un lado obtener los requerimientos mínimos y a partir de allí valorar excesos o déficit en relación a otros usos potenciales. Algunas de las metodologías de simulación de hábitat podrán ser utilizadas en este nivel de definiciones (Bovee, 1982).

## DEFICITS DE CAPACIDAD INSTITUCIONAL PARA LA DETERMINACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE CAUDALES AMBIENTALES Y ALGUNAS MEDIDAS PARA SU SUPERACIÓN

Como limitante para la aplicación de las metodologías propuestas se han podido identificar las siguientes: falta de recursos humanos capacitados en el tema, escasa coordinación intersectorial (público, privada), falta de reglamentación de la Ley de Aguas (Ley Prov. N° 1126), limitaciones en la asignación de recursos, necesidad de una mayor inclusión de la temática en la

agenda política, falta de conocimiento de la temática por parte de los actores.

Para la superación de tales restricciones se propone: i) reglamentar la Ley de Aguas, ii) desarrollar una planificación hídrica de la cuenca que tenga en cuenta el Plan General de Utilización con Chile, iii) la creación de un organismo de cuenca para mejorar la coordinación interinstitucional tanto a nivel nacional e internacional, iv) la ampliación de la red de monitoreo hidro-ambiental, v) incorporación de recursos humanos capacitados en la temática, vi) asignación de recursos económicos y el diseño de una estrategia de comunicación a los actores de la cuenca.

## CONCLUSIONES

La cuenca del río Grande presenta particulares complejidades en cuanto a los usos del recurso hídrico, tanto a nivel nacional, como transnacional, por ser un recurso hídrico compartido con la República de Chile.

Esta condición requiere un tratamiento integrado en la determinación de los caudales ecológicos/ ambientales de los cursos de agua y de los diferentes tramos del río de la cuenca del río Grande, a fin de compatibilizar los requerimientos propios del cauce y su biota asociada, como así también los diferentes usos antrópicos que se desarrollan en el territorio y que requieren de este preciado recurso.

El análisis de los conflictos reales y potenciales que presenta la cuenca, y la identificación de actores realizada, permiten concluir que la implementación de un régimen de caudales ambientales, se habrá de constituir en una herramienta valiosa en el marco de un plan de gestión y habrá de brindar elementos para una asignación más equilibrada, racional y sustentable del recurso a los diferentes usos competitivos que existen en la cuenca.

El logro del objetivo de implementar un régimen de caudales ambientales, exige superar déficits de capacidades institucionales, identificados en este trabajo. Las medidas para su solución, pueden ser alcanzadas a partir de un esquema progresivo en un marco de mejora continua.

# ARGENTINA

## BIBLIOGRAFÍA

- Anchorena J., Collantes M.B, Rauber R.B y Escartín C. (2009). *Humedales de la cuenca del río Grande Tierra del Fuego, Argentina* inédito. Proyecto GEF: *Estrategias de ordenación de recursos hídricos para la cuenca binacional río Grande de Tierra del Fuego*. Dirección General de Recursos Hídricos – En: SDSyA Tierra del Fuego.

- Iturraspe R., Urciuolo A. (2007) *Los recursos hídricos de Tierra del Fuego*. Capítulo del Libro: *Patagonia total. Antártida e islas Malvinas*. Barcel-Baires Ed., pp 733-754.

- 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.

- Iturraspe, R.J. y Urciuolo, A.B. (2000): *Clasificación y caracterización de las cuencas hídricas de TdF*. Act. XVIII Cong. Nac. del Agua. R. Hondo, S. del Estero- Jun/2000.

Ed en CD.

- Koremblit G. (1991) y Forte Lay J. (1991). *Contribución al estudio agroclimático del norte de Tierra del Fuego (Argentina)*. Anales Inst. de la Patagonia. Serr. Cs NatVol 20 (1) 1991 Punta Arenas. Chile.

- Reiser, D. W. Wesche, T. A. y Estes, C. (1989). *Status of instream flow legislation and practices in North America*. Fisheries, núm. 14.

- Bovee, K. D. (1982). *A guide to stream habitat analysis using the instream flow incremental methodology*. *Instream flow information paper*. USD Fish and Wildlife Service. Washington.



An underwater photograph showing a stream of bubbles rising from the bottom towards the surface. Sunlight rays penetrate the water from above, creating a shimmering effect. The water is a deep, clear blue.

# ECUADOR

EXPERIENCIAS SOBRE METODOLOGÍAS DE  
CÁLCULO DE CAUDALES ECOLÓGICOS EN  
EL ECUADOR

# ECUADOR

## EXPERIENCIAS SOBRE METODOLOGÍAS DE CÁLCULO DE CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL ECUADOR

LUIS YÁNEZ<sup>1</sup>, WILMA GIMENEZ<sup>2</sup>, JIMMY LUZARRAGA<sup>3</sup>, NORBERTO ZARACHO<sup>2</sup>.

### INDICADORES DE CONTEXTO

**Pais:** Ecuador

**Demarcación Hidrográfica:** Napo

**Cuenca:** Napo

**Población:** 400,437Hab (CENSO 2010)

**Fuente:** PNGIRH, 2016.

### RESUMEN

La Constitución de la República del Ecuador (2008) en el art. 318 establece que *“El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable e imprescriptible del Estado... a través de la autoridad única del agua, será responsable directo de la planificación y gestión de los recursos hídricos que se*

*destinarán a consumo humano, riego que garantice la soberanía alimentaria, caudal ecológico y actividades productivas, en este orden de prelación”*. Por otra parte, el Plan Nacional de la Gestión Integrada e Integral de los Recursos Hídricos de las Cuencas y Microcuencas Hidrográficas del Ecuador (PNGIRH) contempla en su planificación el cálculo de caudal ecológico en las diferentes cuencas del país a través de los métodos de Tennant y de la Curva de Duración de Flujo (FDC), que son métodos hidrológicos ampliamente utilizados. Luego como valor seleccionado para el caudal ecológico, se adopta el mayor valor obtenido de la comparación de estos métodos. Estas metodologías buscan el aprovechamiento racional y eficiente del recurso hídrico, garantizando el manejo integrado y sostenible del recurso, considerando que los recursos hídricos en el país tiene una distribución heterogénea: la región de la Costa posee un 19% del volumen total nacional de recursos hídricos; en la Sierra solo representan cerca del 16%; mientras que en la Amazonía los recursos hídricos representan alrededor del 65%. El análisis que aquí se presenta se ha centrado en la cuenca hidrográfica del Napo, la cual cuenta con un volumen de agua de 122,457 hm<sup>3</sup>, y cuya demanda principal de agua es para actividades industriales seguida de trasvases de agua (cuenca-cuenca) para abastecimiento de agua para consumo humano.

1. Secretaría del Agua del Ecuador

2. Ente Regulador de Servicios Sanitarios del Paraguay

3. Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guayaquil – Ecuador

## PALABRAS CLAVE

Caudal Ecológico, Cuenca del Napo, Método de Tennant, Curva de Duración de Flujo.

## INTRODUCCIÓN

Ecuador cuenta con 376,000 hm<sup>3</sup> de recursos hídricos anuales totales, divididos en 361,700 hm<sup>3</sup> de agua superficial y 14300 hm<sup>3</sup> de agua subterránea. Presentando una distribución natural heterogénea (Tabla 1 y Figura 1).

**Tabla 1. Descripción de los recursos hídricos por región. Fuente: PNGIRH, 2016**

Región	Población	Recursos hídricos	PIB
<b>Costa</b>	<b>50%</b>	<b>19.6%</b>	<b>44%</b>
<b>Sierra</b>	<b>45%</b>	<b>15.9%</b>	<b>42%</b>
<b>Amazonía</b>	<b>5%</b>	<b>65.5%</b>	<b>14%</b>

**Figura 1. Regiones del Ecuador.**  
Elaborado por: Equipo Técnico Secretaría del Agua, 2017.





## ECUADOR

Estos factores limitan el desarrollo económico y social, especialmente en años con bajo caudal o de sequía continua, dando como resultado un conflicto entre suministro y consumo de agua.

La Cuenca del Napo está ubicada en la región amazónica del país, con una superficie de 59,599.5 km<sup>2</sup>, está compuesta de 4 sistemas fluviales transfronterizos de primera clase, incluyendo el río Napo, Curaray, Cononaco y Nashiño (Figura 2). Presenta una precipitación de 3,174 mm, aproximadamente 1.5 veces el promedio nacional; el volumen total de los recursos hídricos es 122,457 hm<sup>3</sup>, que representan el 33% del importe nacional total; la cantidad per cápita de los recursos hídricos es 305,808 m<sup>3</sup>/persona, alrededor de 12 veces el nivel promedio nacional.

Considerando el censo de población 2010, la población total es de 400,437 Hab, su densidad de población es 7 personas/km, 1/8 veces la densidad de población nacional.

Dentro de la Cuenca del Napo, existen 9 áreas del sistema nacional de áreas protegidas, dentro de las cuales se encuentra el Parque Nacional Yasuní, Reserva de Producción Faunística Cuyabeno y el Parque Nacional Cotopaxi, entre otros, evidenciando la gran importancia en biodiversidad del área, que es característica de la ubicación geográfica, ya que abarca parte de la región Sierra y Amazonia.

La demanda total de agua en la cuenca del Napo, para el año 2010 es de 284.11 hm<sup>3</sup>, representando un 55.6% para uso productivo, para el año 2025 se proyecta que este porcentaje será del 59.8% y para el año 2035 62.6%. La principal actividad industrial es la minería, la economía agrícola sigue recibiendo gran apoyo, mientras que la industria de servicios turísticos se está desarrollando en forma acelerada, debido al entorno geográfico amazónico, los paisajes naturales y los recursos humanos crean buenas condiciones para el desarrollo de esta actividad.

Debido a la gran disponibilidad hídrica de la cuenca, se tiene planificado realizar cinco trasvases cuenca-cuenca, con la finalidad de suministrar agua a cuencas deficitarias (Figura 3). Los beneficios esperados de estos proyectos son:

- 208.92 Hm<sup>3</sup> Volumen de suministro aumentado de agua de riego.
- 301.14 Hm<sup>3</sup> Volumen de suministro aumentado de agua de ciudades y parroquias, entre las cuales se encuentra proveer de agua a la ciudad de Quito, capital del Ecuador, con una población aproximada de 2'239,191 Habitantes (INEC, 2010).



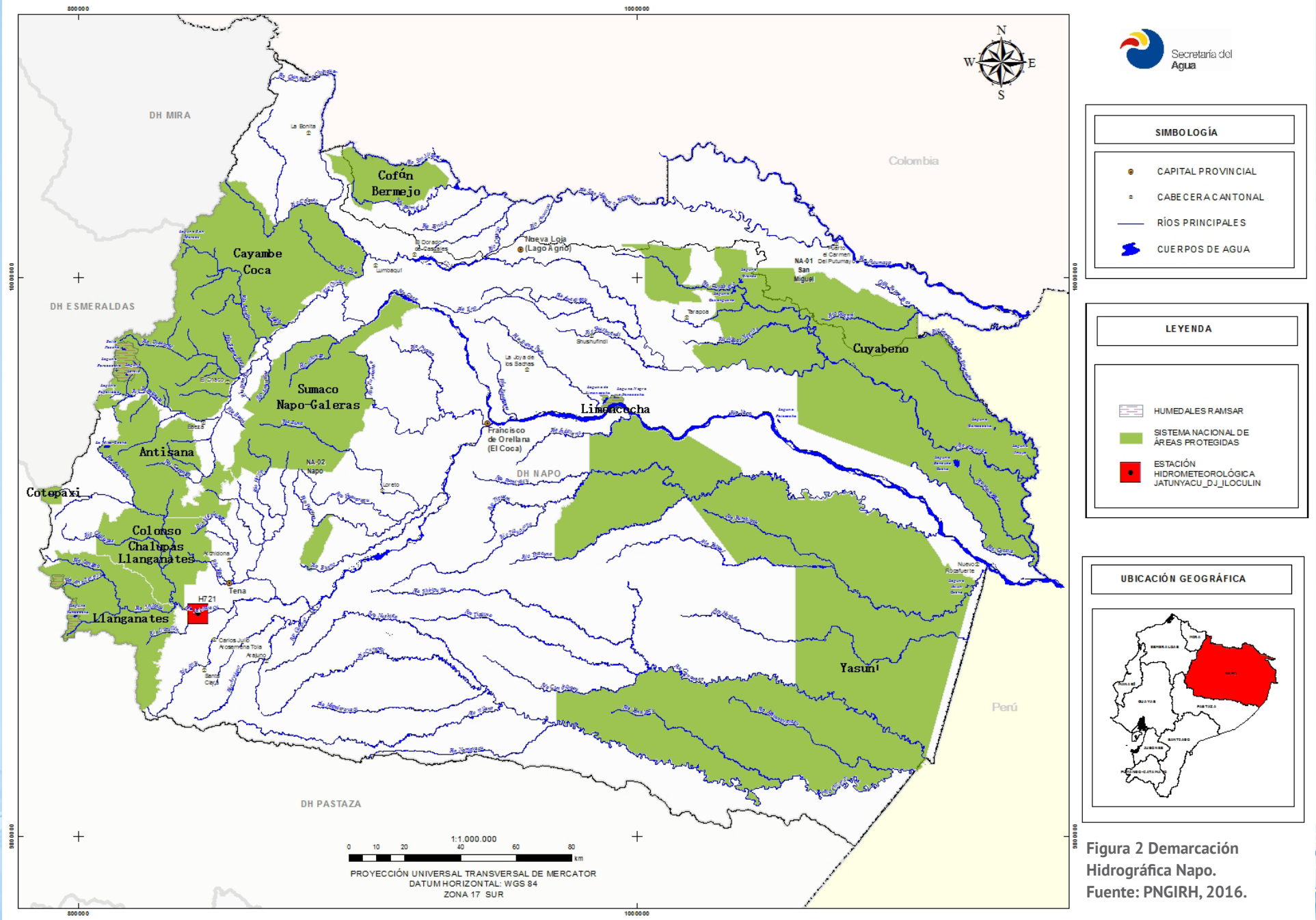
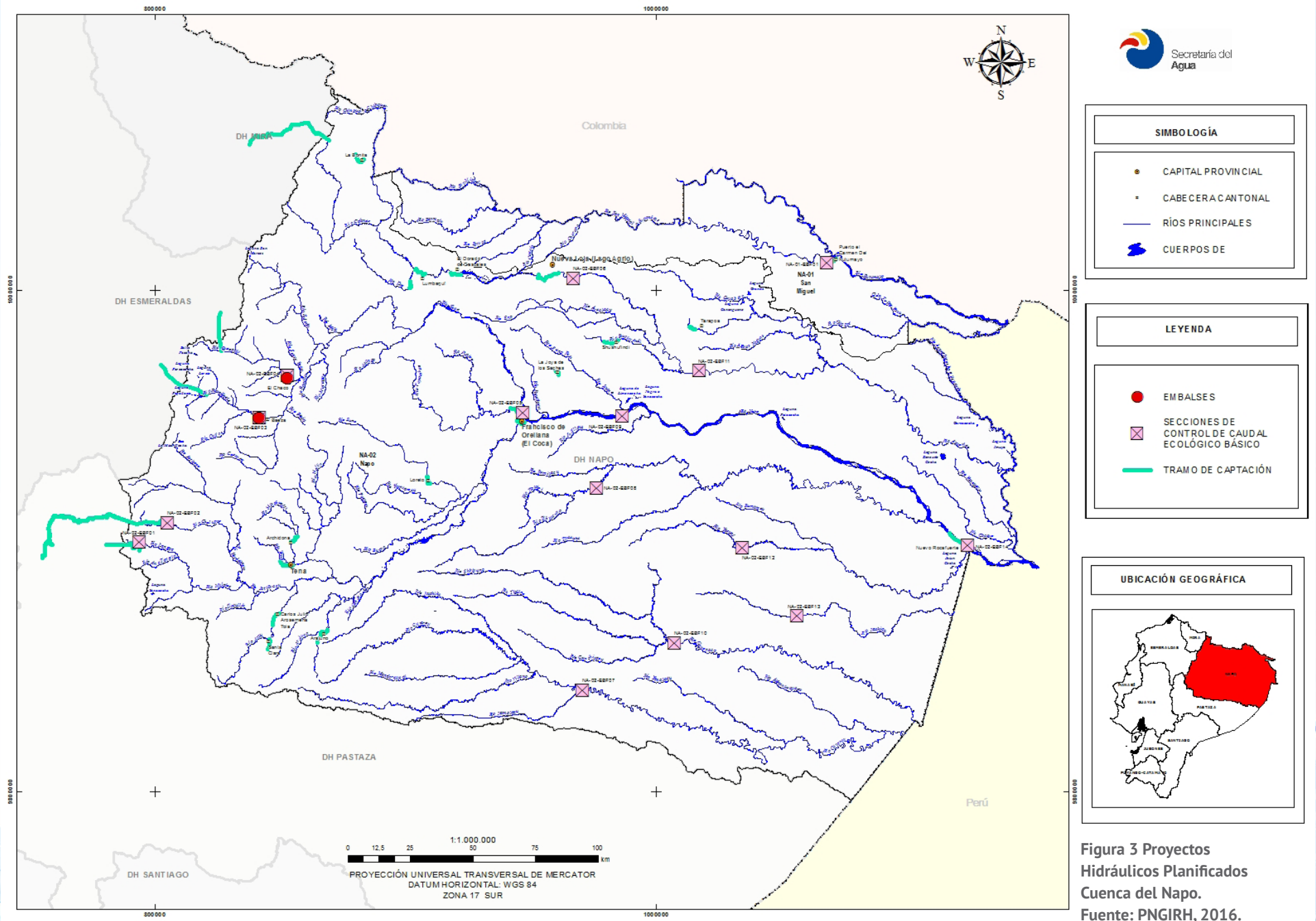


Figura 2 Demarcación Hidrográfica Napo.  
Fuente: PNGIRH, 2016.



**Figura 3** Proyectos Hidráulicos Planificados Cuenca del Napo.  
Fuente: PNGIRH, 2016.

El Caudal Ecológico es una manera de mantener la forma básica de los principales ríos de la cuenca hidrográfica y garantizar la demanda de agua mínima para el sistema ecológico de los ríos, el control del flujo de base ecológica se realiza en 14 secciones de cuenca, de las cuales 4 son secciones del sitio de las presas, 9 de control en el área ecológicamente sensible, 1 aguas debajo de la zona de aprovechamiento de recursos hídricos (espacios urbanos y área de riego):

- En las zonas ecológicamente sensibles (por ejemplo, en el patrimonio natural nacional: Cuyabeno y Yasuní, el humedal internacional: Reserva Biológica Limoncocha), su tramo alto y bajo.
- Áreas altamente desarrolladas en recursos hídricos (por ejemplo, las ciudades de Pto. Fco. De Orellana (Coca) y Nueva Loja).
- Sección de límite (tramo bajo del río Curaray).

## DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA Y/O EXPOSITIVA DEL PROYECTO O EXPERIENCIA

En función de la información disponible en el país, la variabilidad observada en los ríos e incluso dado el caudal natural extremadamente pequeño de algunos cursos, los métodos de Tennant y de curva de duración de caudales (FDC) servirán para instrumentar un régimen de caudales ambientales que atienda a lo establecido en la Constitución Nacional y en el PNGIRH. El mayor valor arrojado por estos dos métodos servirá como el valor base del caudal ecológico de la sección correspondiente.

Para el desarrollo de las metodologías se consideró los caudales medios mensuales de un período de 40 años (1971-2010).

# ECUADOR

La metodología conocida como Montana o Tennant, desarrollada en 1976 por la "US FISH AND WILDLIFE SERVICE", consiste en la adopción de caudales medios mensuales diferenciados para periodos húmedo y seco del año y sus hábitats disponibles. El método basó la medición de la profundidad y ancho del río con la disponibilidad de hábitat y a esto se otorgó porcentajes de potencial presencia de la especie de interés.

De acuerdo con las características hidráulicas, meteorológicas de la Cuenca del Napo y en consideración de la diferencia de época, el flujo de base ecológica se calculó respectivamente para la época seca y lluviosa. En la época seca, el valor de 15% del caudal medio anual se utilizará en la Sierra y 20% se utilizará para la Amazonía; en la época lluviosa un valor de entre 35 - 40% de los que se adoptará en la estación húmeda (35% en la Sierra y 40% en la Amazonía), debido a la diferenciación de la cantidad

de precipitación existente en cada región, para este caso por la ubicación de la estación a estudiar; como de los registros históricos de lluvia y características geo climáticas se analizará con los porcentajes de la Amazonía.

Las Tablas 2 y 3 y, las Figuras 4 y 5 muestran en análisis realizado con el método de Tennat con los datos promedios anuales de la Estación Hidrometeorológica Jatunyacu DJ Iloculin, ubicada en la cuenca del Napo, a una altura de 570 msnm.

Para esta cuenca se tomaron consideraciones como: utilizar caudales medios mensuales, en lugar de los promedios anuales pero tomando en consideración la distribución de caudales naturales mensuales durante el año, además se toma en cuenta los periodos de octubre-marzo (estiaje) y abril-septiembre (lluvias); las modificaciones permiten que el método se adapte a la realidad de la cuenca estudiada.

**Tabla 2. Descripción Estación Hidrológica Jatunyacu DJ Iloculin.**  
Fuente: INAMHI, 2015

CÓDIGO	NOMBRE	TIPO	ALTITUD (msnm)	LATITUD	LONGITUD
H721	JATUNYACU DJ ILOCULIN	Automática	570	1°5'14,64'S	77°54'27,42'W

La Figura 6 y la Tabla 4 presentan los resultados de la aplicación del método de la curva de duración de caudales (FDC). Este método se basa en la construcción de las curvas de duración de caudales mediante el uso de caudales históricos. En este caso se consideró el período 1971-2010. Se consideran generalmente los caudales cuya probabilidad de ser alcanzados y/o superados es del 90% o 95%. El  $Q_{90}$  es el índice de flujo comúnmente usado en periodo de bajo caudal, que es el caudal mínimo del hábitat

de los organismos acuáticos, así como el valor crítico de la condición de flujo de peligro para advertir a los administradores de los recursos hídricos; y el  $Q_{95}$  es el indicador comúnmente usado bajo el flujo o el indicador condicionado a caudales extremadamente bajos, así como el caudal mínimo para proteger el río. En el caso de Ecuador se tienen en cuenta las diferencias regionales hidrológicas y meteorológicas entre la Amazonía, Sierra y Costa, por lo que en la región de la Amazonía adopta un el  $Q_{90}$ .

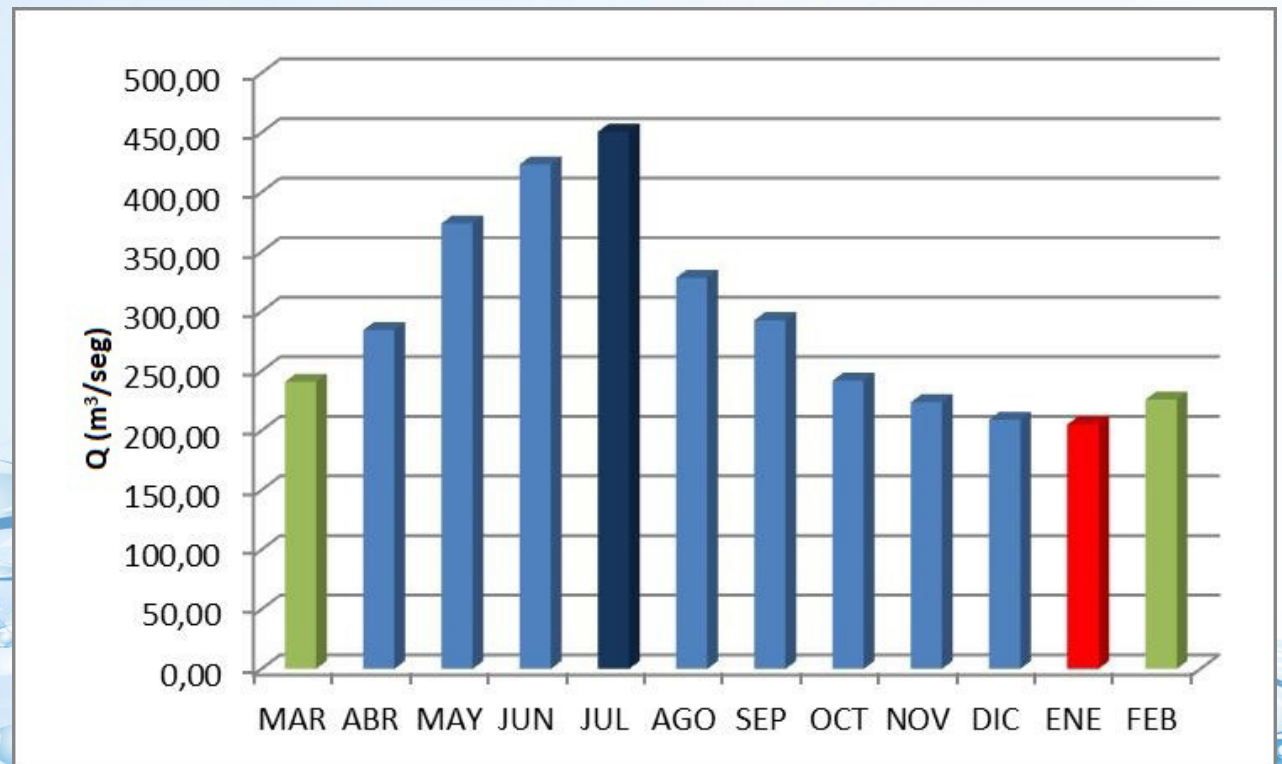


Figura 4. Régimen Hidrológico, estación hidrológica Jatunyacu DJ Illoculin (H0721).  
Elaborado por: Equipo Técnico Secretaría del Agua, 201

# ECUADOR

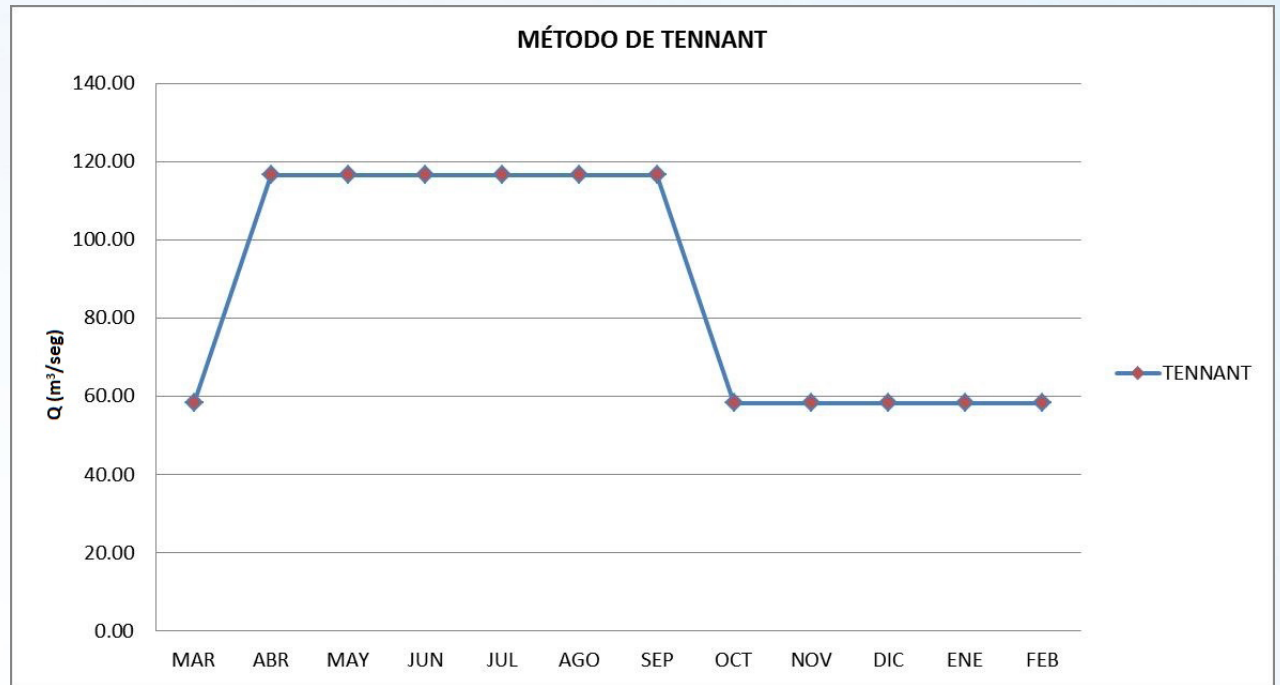


Figura 5. Análisis de la estación hidrológica Jatunyacu DJ Iloculin, Método del Tennant.

Elaborado por: Equipo Técnico Secretaría del Agua, 2017.

Tabla 3. Resultado Método de Tennant.

Elaborado por: Equipo Técnico Secretaría del Agua, 2017.

	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	PROMEDIO
	240.89	284.20	373.74	423.26	450.66	328.22	292.59	241.83	223.73	209.09	205.00	225.92	291.60
%Q	0.20	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
TENNANT	58.32	116.64	116.64	116.64	116.64	116.64	116.364	58.32	58.32	58.32	58.32	58.32	

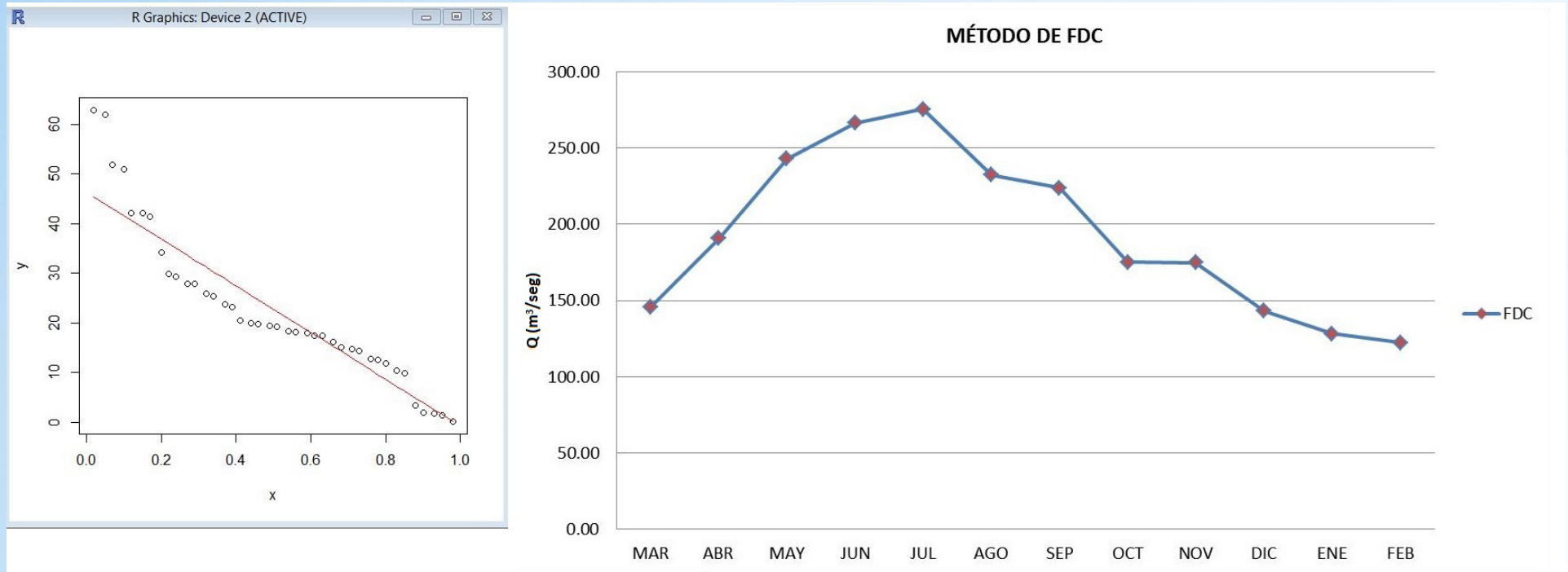


Figura 6. Análisis de la estación hidrológica Jatunyacu DJ Illoculin, Método de FDC.

Elaborado por: Equipo Técnico Secretaría del Agua, 2017.

**Tabla 4. Resultado Curva de Duración de Flujo.**  
Elaborado por: Equipo Técnico Secretaría del Agua, 2017.

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
	$Y=302.2+(-193.5)*x$	$Y=359.91+(-264.05)*x$	$Y=361.57+(-240.11)*x$	$Y=404.08+(-237.02)*x$	$Y=540.43+(-330.51)*x$	$Y=622.08+(-395.38)*x$
<b>FDC</b>	128.05	122.27	145.47	190.76	242.97	266.24
MES	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
	$Y=675.89+(-444.82)*x$	$Y=452.14+(-244.17)*x$	$Y=380.83+(-174.42)*x$	$Y=327.11+(-168.80)*x$	$Y=286.73+(-124.21)*x$	$Y=291.73+(-165.00)*x$
<b>FDC</b>	275.55	232.38	223.85	175.19	174.94	143.23



# ECUADOR

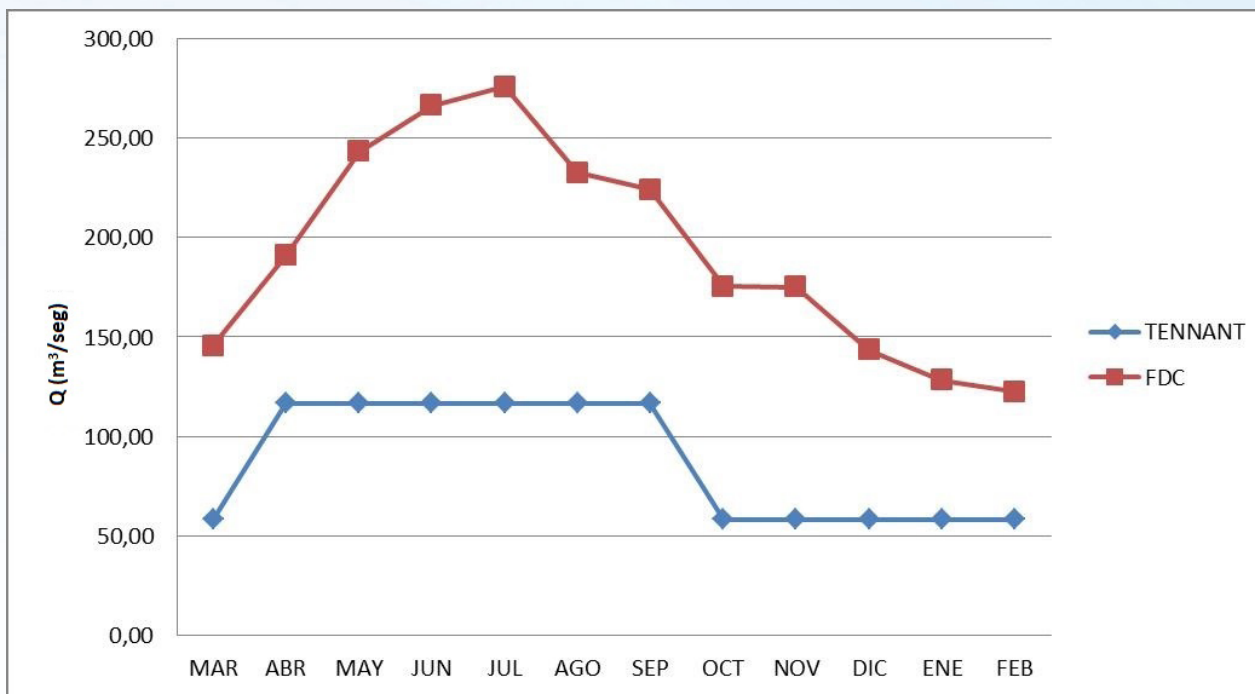


Figura 7. Resultado de caudal ecológico estación Jatunyacu DJ Illoculin.

Elaborado por: Equipo Técnico Secretaría del Agua, 2017.

La Figura 7 muestra el análisis comparativo de los resultados obtenidos con los dos métodos. Una vez realizado el análisis de los resultados se define el régimen de caudales ecológicos para el tramo de río en la estación seleccionada, como se presenta en la Tabla 5. En la Tabla 5, los valores correspondientes al Método de Tennant fueron calculados con los promedios mensuales.

MESES	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB
<b>TENNANT</b>	48.18	113.68	149.49	169.31	180.26	131.29	117.04	48.37	44.75	41.82	41.00	45.18
<b>FDC</b>	145.47	190.76	242.97	266.24	275.55	232.38	223.85	175.19	174.94	143.23	128.05	122.27
<b>CE</b>	<b>145.47</b>	<b>190.76</b>	<b>242.97</b>	<b>266.24</b>	<b>275.55</b>	<b>232.38</b>	<b>223.85</b>	<b>175.19</b>	<b>174.94</b>	<b>143.23</b>	<b>128.05</b>	<b>122.27</b>

La Figura 8 Muestra la comparación del resultado de caudal ecológico obtenido y el promedio multianual mensual. Como se puede observar el caudal ecológico responde al régimen hidrológico del río Jatunyacu.

Como próximos pasos se debe considerar la incorporación de indicadores biológicos y su interacción con el medio en el que se desarrollan.

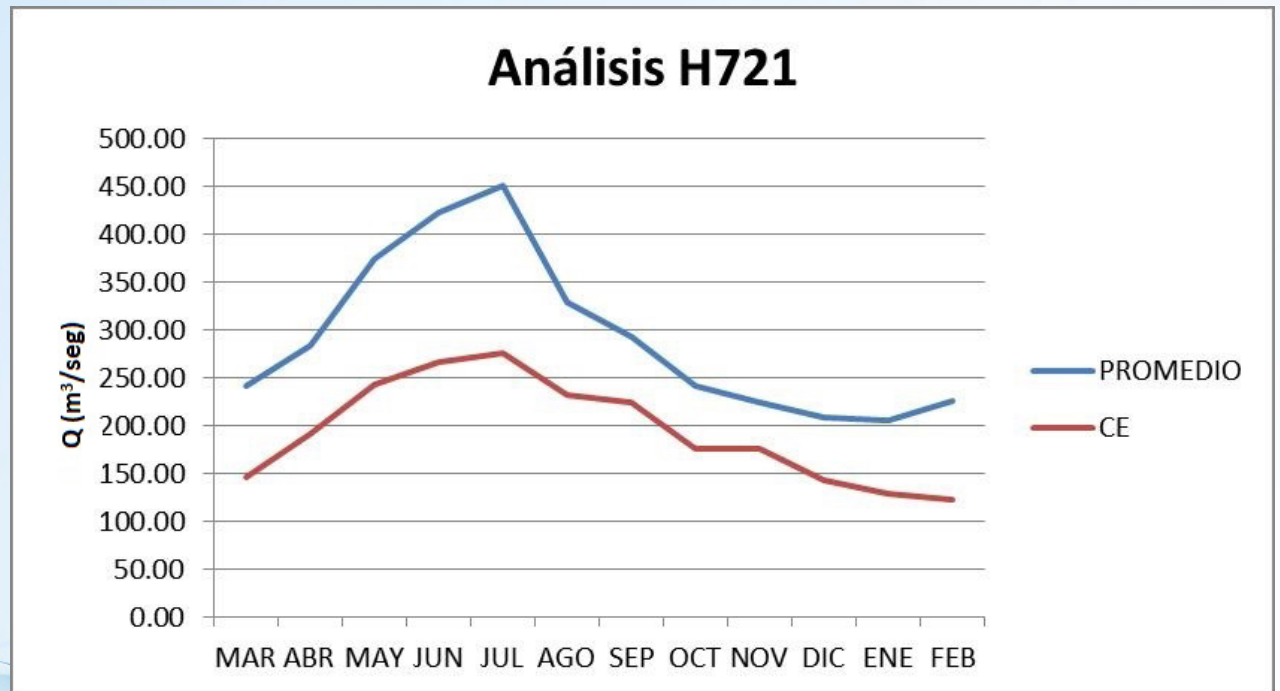


Figura 8. Caudal Ecológico Estación H0721.  
Elaborado por: Equipo Técnico Secretaría del Agua, 2017.

## ECUADOR

### CONCLUSIONES

Actualmente, no existe un estándar universalmente aceptado para la probabilidad del caudal ecológico, además, de no contar con una definición exacta de la probabilidad del caudal ecológico de acuerdo a disposiciones legales o resultados de investigaciones. Por lo tanto, es inapropiado determinar subjetivamente, el estándar para la probabilidad del caudal ecológico para el Ecuador debido a la gran biodiversidad con la que cuenta.

No hay un estándar universalmente aceptado para definir el caudal ecológico como el  $Q_{90}$  o el  $Q_{95}$  o el correspondiente a otra probabilidad, ni tampoco existe una definición exacta de la probabilidad del caudal ecológico de acuerdo a disposiciones legales o resultados de investigaciones. Para salvar esta incertidumbre, en el caso de Ecuador, los resultados del método de FDC se comparan con el método de Tennant y el caudal ecológico resulta del mayor valor calculado por ambos métodos.

Con la implementación de esta metodología se busca el aprovechamiento racional y eficiente del recurso hídrico para mantener la integridad ecológica aceptable del ecosistema fluvial. Garantizando el manejo integrado y sostenible de los recursos hídricos, priorizando el caudal ecológico en la cuenca.

Según la Ley Orgánica de los Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua (LORHUyA), en su artículo 76 “...la Autoridad Única del Agua en coordinación con la Autoridad Ambiental Nacional establecerá reglamentariamente los criterios, parámetros y metodologías para la determinación del caudal ecológico de acuerdo a las condiciones y las características de los de los cuerpos de agua...”. Es por ello que estas entidades rectoras se encuentran trabajando en la definición de una metodología, las cuales son aplicadas en cuencas piloto, hasta obtener una metodología que adapte las características de cada región. Este trabajo es una muestra de los avances realizados.

El Caudal ecológico en Ecuador se calcula según lo dispuesto en la LORHUyA disposición transitoria Sexta “... En tanto no tenga lugar la aprobación de dicha reglamentación la Secretaría del Agua establecerá, como caudal ecológico al 10% del caudal medio mensual multianual del régimen natural de la fuente, determinado en función de los datos hidrológicos de al menos 10 años”.

Además, se están realizando nuevos estudios de metodologías en el cual se da mayor importancia a los parámetros biológicos para el cálculo de caudal ecológico, como es la aplicación de hábitats viables, para establecer los principales parámetros para el



cálculo de caudales ecológicos de acuerdo con las condiciones específicas de la unidad hidrográfica.

La metodología de hábitats viables es un conjunto de métodos con base en la hidráulica de los hábitats y la presencia de grupos ecológicos. Los hábitats viables pueden aplicarse a todos los niveles de la comunidad acuática y las relaciones denominadas “preferencias hidráulicas” pueden ser extrapoladas entre sitios de similares características y composición de la comunidad acuática. Actualmente la metodología se encuentra en prueba mediante su aplicación en una cuenca hidrográfica ubicada en la región Sierra del país. El objetivo es poder continuar con la implementación de esta metodología en diferentes cuencas, de manera que se pueda ir ajustando los parámetros de análisis para su aplicación en las diferentes regiones del país.

Se cree esencial que dentro de la metodología de caudal ecológico se debe realizar un análisis de las características eco-hidráulicas, eco-hidrológicas e hidrosociales de la cuenca, con lo cual se podría sugerir que se está cumpliendo con las necesidades de los ecosistemas acuáticos para sus sobrevivencia sin que se vea afectada la asignación de recursos para el desarrollo de actividades antrópicas.

## BIBLIOGRAFÍA

- *Plan nacional de la gGestión integrada e integral de los recursos hídricos de las cuencas y microcuencas hidrográficas del Ecuador (PNGIRH)*. 2016.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). 2010. *Censo de población y vivienda 2010*.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). 2015. *Inventario de estaciones meteorológicas del Ecuador*.



EDITA  
**Fundación CEDDET**

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

ACCESO A LA RED  
[www.ceddet.org](http://www.ceddet.org)

# METODOLOGÍAS PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES AMBIENTALES EN AMÉRICA LATINA

1º Parte

## Diálogos Técnicos

### Ediciones anteriores:



### Colaboran:

