

Guía metodológica de Caudales Ambientales

Contenido

1. Introducción y marco de aplicación	2
1.1. Introducción y alcance de la guía	2
1.2. Marco conceptual	2
1.3. Marco normativo.....	4
1.4. El caudal ambiental en los procedimientos de solicitud de derecho de aprovechamiento de agua y de autorización ambiental	6
2. Metodologías para la determinación de caudales ambientales	7
2.1. Tipos de métodos y breve descripción.....	7
3. Recomendaciones para la selección metodológica y la determinación de caudales ambientales.....	12
3.1. Criterios de selección metodológica a escala de cuenca	12
3.2. Criterios para la selección metodológica a escala de obra	14
3.3. Determinación del caudal ambiental a escala de obra mediante el método hidrológico de porcentaje de excedencia y pasos a seguir	15
4. Monitoreo y control del caudal ambiental en obras hidráulicas	18
4.1. Sistemas de monitoreo y control de las obras	18
4.2. Monitoreo en embalses	19
4.3. Monitoreo en tomas	20
5. Situaciones de estiaje y sequía hidrológica.....	21
ANEXOS	22
ANEXO I. Marco de aplicación del caudal ambiental en la planificación y gestión a nivel nacional	22
ANEXO II. Información hídrica, modelación hidrológica y regionalización de estadística de caudales.....	26
ANEXO III. Variables a considerar en el análisis del contexto de cuenca.....	31
GLOSARIO	38
BIBLIOGRAFÍA.....	39

1. Introducción y marco de aplicación

1.1. Introducción y alcance de la guía

La guía metodológica de caudales ambientales, prevista por el decreto 368/018, incluye las pautas para la determinación, aplicación, control y monitoreo de caudales ambientales.

En el capítulo 1 se describe el marco conceptual, normativo y de aplicación de caudales ambientales.

En el capítulo 2 se presentan las metodologías para la determinación de caudales ambientales, exponiendo los tipos de métodos hidrológicos, eco-hidráulicos y holísticos.

En el capítulo 3 se definen criterios para la selección metodológica a escala de cuenca y a escala de obra hidráulica. Además, se orienta para su estimación mediante el método de porcentaje de excedencia.

En el capítulo 4 se dan lineamientos para el monitoreo y control del caudal ambiental a escala de obra hidráulica para el cumplimiento del decreto 368/018.

La guía será revisada periódicamente por el Ministerio de Ambiente (MA), según el avance del conocimiento en la materia y la experiencia derivada de su aplicación.

1.2. Marco conceptual

Los ecosistemas acuáticos (ríos, arroyos, cañadas, lagunas) pueden ser fuente de agua para diversos usos: consumo humano (abastecimiento a la población), agropecuario (riego, abrevadero, agroindustrial, otros usos), industrial, hidroeléctrico y recreativos. A modo de ejemplo en la Figura 1 se muestra un diagrama de cuenca hidrográfica con diferentes usos del agua.



Figura 1. Diagrama de cuenca hidrográfica con diferentes usos de agua.

En los ecosistemas acuáticos ocurren procesos naturales como el ciclo del agua, de nutrientes y de otros compuestos, la sedimentación, el transporte y almacenamiento de aguas de las crecidas y la carga y descarga de aguas subterráneas, que favorecen los siguientes servicios ecosistémicos:

- Servicios de provisión - disponibilidad de agua para los diversos usos como para el consumo humano y la producción de alimentos, de materiales para la construcción y fibras, entre otros;
- Servicios de regulación y soporte - mantenimiento de la calidad de agua, control de erosión, regulación del clima, amortiguación de eventos de inundaciones y de sequía, recarga de aguas subterráneas y provisión de hábitat;
- Servicios culturales - valores culturales, paisajísticos y variados usos recreativos como el uso para baños, pesca deportiva, navegación, deportes acuáticos, entre otros.

La base conceptual de caudales ambientales plantea que **para que un río se mantenga sano, resiliente y productivo hay que manejarlo dentro de su rango de variabilidad hidrológica natural** (Richter *et al.* 1997, Poff *et al.* 1997). El régimen hidrológico natural es fundamental para sostener la biodiversidad y la integridad ecológica de los ecosistemas fluviales (Poff *et al.* 1997).

El régimen hidrológico se entiende como la variación natural del caudal que fluye por los cursos de agua y su planicie de inundación, y que interactúa con las aguas subterráneas, que puede cambiar de acuerdo a las estaciones del año o las características de ciertos períodos o años más secos o más lluviosos. En la Figura 2 se muestra un perfil de un curso de agua para visualizar la relevancia de conocer la variación natural del caudal que es clave para la estructura y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos y el mantenimiento de los diversos usos del agua y de los servicios ecosistémicos a largo plazo.

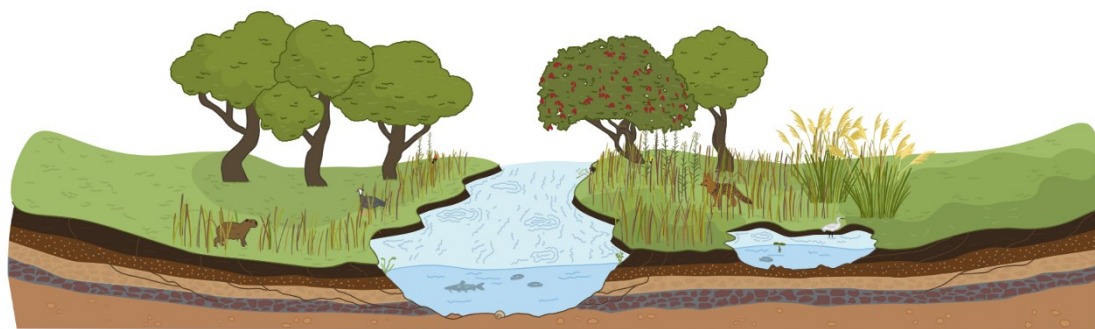


Figura 2. Perfil de un curso de agua en donde ocurre la variación natural del caudal que fluye por los cursos de agua y su planicie de inundación, y que interactúa con las aguas subterráneas, que es clave para la estructura y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos y el mantenimiento de los diversos usos del agua y de los servicios ecosistémicos.

Los procesos ecológicos en los ecosistemas fluviales están regulados principalmente por cinco componentes del régimen hidrológico: la magnitud, la frecuencia, la duración, el momento y la tasa de cambio de las condiciones hidrológicas. Por ejemplo, la magnitud influirá en la disponibilidad de hábitat para los organismos acuáticos. La frecuencia y duración de los pulsos de inundación son relevantes para la disponibilidad de hábitat en la planicie de inundación y para la conectividad lateral y longitudinal de los ecosistemas acuáticos. Los ciclos de vida de los organismos podrán estar vinculados al momento en que ocurren ciertas condiciones hidrológicas dentro de la variabilidad natural. La tasa de cambio de las condiciones hidrológicas

también es relevante a considerar, debido a que cambios extremos pueden generar cambios de las condiciones del hábitat y estrés en la biota.

Es necesario conocer la variabilidad hidrológica para determinar cuánto del régimen hidrológico puede ser utilizado, sin comprometer la integridad y el funcionamiento natural de los ecosistemas, los usos del agua y los servicios ecosistémicos.

Los caudales ambientales son una herramienta de gestión integrada de recursos hídricos para el desarrollo sustentable (Dyson *et al.* 2003), siendo relevante que esté enmarcada en la planificación de los recursos hídricos y que incluya la participación de actores locales vinculados al agua (Horne *et al.* 2017).

Algunas definiciones destacadas de caudales ambientales son:

- ❖ *Régimen hidrológico original de un río que debería seguir fluyendo aguas abajo y hacia las planicies de inundación para mantener los valores característicos del ecosistema (Tharme 2003)*
- ❖ *Cantidad, periodicidad y calidad del caudal y niveles de agua dulce necesarios para sostener los ecosistemas acuáticos, que a su vez sustentan la cultura, la economía, los medios de vida sostenibles y el bienestar humano que depende de estos ecosistemas (Conferencia de Brisbane 2018, actualización de definición del 2007).*

En Uruguay el Decreto 368/018 define los caudales ambientales como:

- ❖ *Régimen hidrológico de un cuerpo o curso de agua o sus tramos, necesario para sostener la estructura y funcionamiento de los ecosistemas correspondientes y el mantenimiento de los servicios ecosistémicos asociados en la cuenca.*

La definición planteada es conceptual ya que expone los fundamentos de caudales ambientales y hace una mención especial a la importancia de realizar un análisis a nivel de cuenca. La estructura y el funcionamiento del ecosistema y el mantenimiento de los servicios ecosistémicos dependerán del sistema en análisis y del contexto de la cuenca. Es necesario profundizar en el conocimiento y cuantificar los procesos ecohidrológicos y su valoración ambiental, fortaleciendo el monitoreo e impulsando la investigación en este sentido.

Los conceptos principales de caudales ambientales ya se aplicaban anteriormente en Uruguay mediante criterios y consideraciones para el uso sustentable y la conservación del régimen hidrológico desde la gestión de los recursos hídricos que se acentúan en los procesos de planificación para la gestión integrada del agua. Esta guía expone antecedentes y cómo los caudales ambientales se incorporan como instrumento en la gestión actual.

1.3. Marco normativo

A los efectos de la aplicación de caudales ambientales se debe tener presente el siguiente marco normativo nacional general y específico sobre caudales ambientales y el marco internacional.

Normativa nacional que enmarca a la temática de caudales ambientales:

- **Constitución de la República Oriental del Uruguay** (con reforma 2004)
- **Código de Aguas** (Dto. Ley 14.859 del 1978 y sus modificativos)
- **Evaluación de Impacto Ambiental** (Ley 16.466 del 1994 y Dto. 349/2005)
- **Riego con Destino Agrario** (Ley 16.858 del 1997, modificada por Ley 19.553 del 2017)
- **Ley General de Protección del Ambiente** (Ley 17.283 del 2000)
- **Sistema Nacional de Áreas Protegidas** (Ley 17.234 año 2000 y Dto. 52/2005)
- **Política Nacional de Aguas** (Ley 18.610 del 2009) y sus decretos reglamentarios

- **Plan Nacional de Aguas** (Dto. 205/2017). **Proyecto P01/3 Aplicación de caudales ambientales** como instrumento de planificación y gestión integrada de recursos hídricos.
- **Plan Nacional Ambiental** (Dto. 222/2019). **Meta 1.3.1. Planes de gestión integrada de cuencas**
- **Decreto Aplicación de caudales ambientales** (Dto. 368/2018)

Marco Internacional

- **Tratado de la Cuenca del Plata** (firmado en 1969)
- **Tratado del Río de la Plata y su Frente Marítimo** (firmado en 1973 y Dto-Ley 14.145 del 1974)
- **Estatuto del Río Uruguay** (firmado en 1975)
- **Tratado de la Laguna Merín** (firmado en 1977)
- **Convención Ramsar sobre los Humedales de Importancia Internacional** (aprobada a través de Dto-Ley 15.337 del 1982)
- **Acuerdo de Cooperación** entre el Gobierno de la República Oriental del Uruguay y el Gobierno de la República Federativa del Brasil para el Aprovechamiento de los Recursos Naturales y del Desarrollo de la **Cuenca del Río Cuareim** (firmado en 1991)
- **Convenio sobre Diversidad Biológica** (Ley Nº 16.408 de 1993)
- Convención de Lucha contra la Desertificación y la Sequía (Ley Nº 17.026 de 1998)
- **Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Indicador 6.4.2. Nivel de estrés hídrico**, que incluye en su cálculo el caudal ambiental.

Principales contenidos del decreto 368/2018 de Caudales ambientales:

- ❖ Requisito para otorgamiento y renovación de permisos o concesiones de aguas superficiales y de autorizaciones ambientales
- ❖ Definición de caudales ambientales
- ❖ Determinación general por cuenca
- ❖ Guía metodológica para la determinación, aplicación, control y monitoreo
- ❖ Determinación provisoria para embalses y tomas mediante el método de porcentaje de excedencia
- ❖ Determinación diferencial y especial
- ❖ Obras hidráulicas para aprovechamiento de aguas deberán tener una infraestructura que permita el pasaje del caudal ambiental y un sistema que permita controlar y aforar el agua que se extrae y que escurre
- ❖ Mecanismos de gestión en el área de influencia del embalse para la disminución del ingreso de nutrientes y mecanismos para la prevención, mitigación y control de la propagación de eventuales floraciones algales
- ❖ Programa de operación de las obras hidráulicas
- ❖ Evaluación de Impacto Ambiental y Autorización Ambiental: Análisis hidrológico, evaluación ambiental de los efectos y criterios de operación en la comunicación del proyecto. Mecanismos de seguimiento de la calidad del agua y de la condición ecosistémica del área de influencia. Autorización ambiental de operación.
- ❖ Control y sanciones
- ❖ Disposición especial para embalses para abastecimiento a poblaciones y a la generación de energía eléctrica mediante reglamentación específica (creación de Comisión integrada por MA, MIEM, UTE y propuesta de estrategia de trabajo)

1.4. El caudal ambiental en los procedimientos de solicitud de derecho de aprovechamiento de agua y de autorización ambiental

Los usuarios de las aguas superficiales del dominio público, sea que realicen aprovechamientos comunes o privativos, cuando impliquen la toma o embalse de las aguas, deben abstenerse de afectar el caudal ambiental de los cursos o cuerpos de agua (decreto N°368/018).

El caudal ambiental es un requisito para otorgamiento y renovación de permisos o concesiones de aguas superficiales y de autorizaciones ambientales. Su cálculo se debe incluir en el Proyecto de obra a presentar ante la Dirección Nacional de Aguas (Dinagua) del Ministerio de Ambiente (MA) y en la Comunicación del Proyecto ante Dirección Nacional de Calidad y Evaluación Ambiental (Dinacea) del MA, con la justificación y detalle de la metodología utilizada y del procedimiento realizado, considerando las indicaciones de la presente guía.

Se propone expresar los caudales ambientales en términos específicos (caudales por unidad de área de cuenca) mensual, o de no ser posible, estacional, pudiendo ser cuatrimestral.

La determinación de caudales ambientales se incluye en el informe hidrológico, junto con la estimación del volumen escurrido en un año medio y análisis del riesgo de déficit por la variación interanual; estimación del caudal de crecida máxima y dimensionado hidráulico correspondiente del vertedero. Para las tomas, se requiere la estimación del volumen escurrido en un año medio y un análisis del riesgo de déficit por la variación interanual.

En la Figura 3 se muestra el flujograma de trámites de solicitud de derechos de aprovechamientos de agua y de autorización ambiental ante el Ministerio de Ambiente (MA), indicando la documentación a presentar vinculada al caudal ambiental (*). En la página de internet del MA se describen los procedimientos de solicitud de derechos de uso de aguas – tomas, embalses (Dinagua) y de autorización ambiental Previa (Dinacea).

Las solicitudes de derechos de aprovechamientos de agua (tomas y embalses), que son evaluadas y autorizadas por Dinagua finalmente se inscriben en el Registro Público de Aguas.

Las siguientes obras son sometidas a evaluación de impacto ambiental y requieren Autorización Ambiental Previa (AAP) por parte de Dinacea conforme a lo establecido en el Dec. 349/2005:

- Extracción de agua que supere los 500 l/s
- Embalses que almacenen grandes volúmenes de agua mayores a 2.000.000 m³ o su espejo supere las 100 ha.
- Pozo del cual se extraiga más de 50 l/s

En el caso de solicitudes con fines de riego se requiere la aprobación del Plan de Uso de Suelos y Aguas por parte del MGAP, y si estuviese constituida, la intervención de la Junta Regional Asesora de Riego correspondiente.

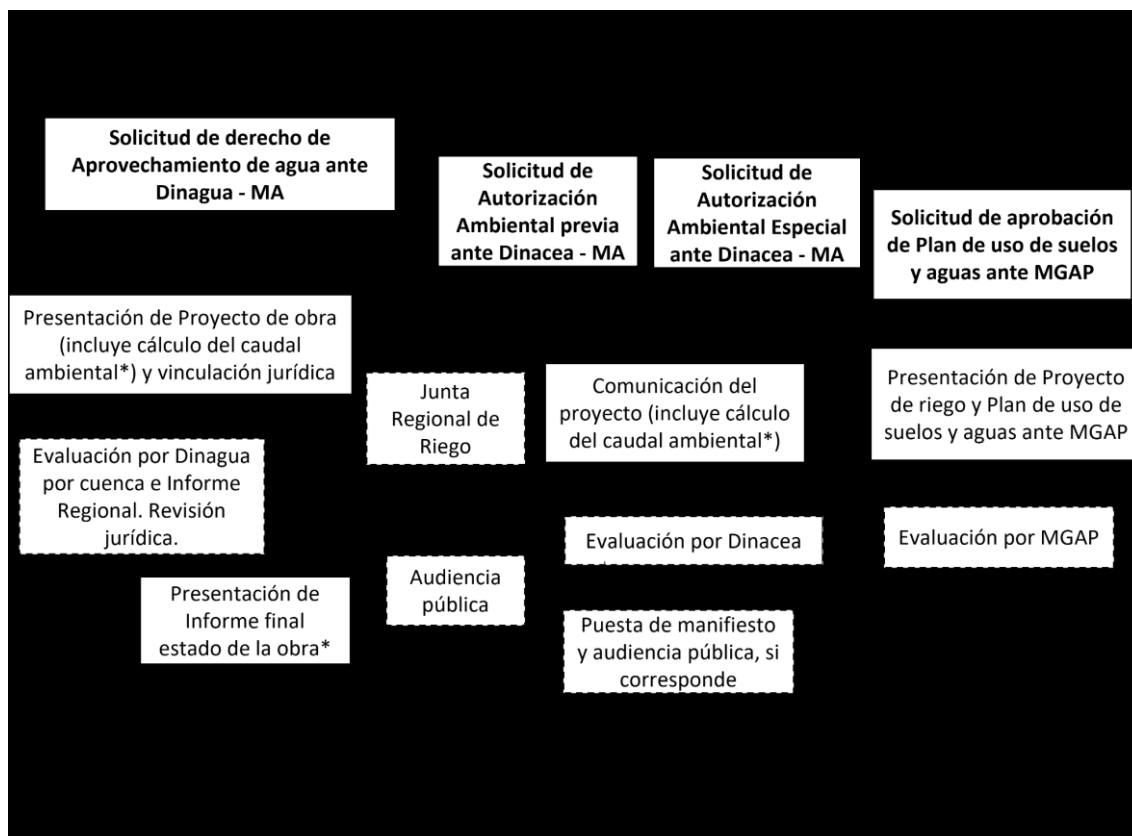


Figura 3. Esquema del procedimiento de solicitud evaluación y registro de aprovechamientos de recursos hídricos (tomas y embalses) y de autorización ambiental. (*) Se Indica la documentación a presentar vinculada al caudal ambiental.

2. Metodologías para la determinación de caudales ambientales

2.1. Tipos de métodos y breve descripción

Existen variadas metodologías de estimación de caudales ambientales que se pueden agrupar en métodos hidrológicos, ecohidráulicos y holísticos (Tharme 2003). Los métodos hidrológicos son la base de todas las metodologías y se fundamentan en que el régimen hidrológico natural es un factor principal para la estructura y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos. Los métodos eco-hidráulicos y holísticos profundizan la evaluación integral, desde la modelación de hábitat hacia enfoques basados en ecosistemas y la inclusión de aspectos socio-culturales.

Métodos hidrológicos

Se basan en el análisis de series temporales de los caudales de un curso de agua. Estos datos pueden obtenerse del registro histórico de estaciones de aforo o mediante modelación numérica hidrológica-hidrodinámica.

Hay métodos que plantean un porcentaje del caudal promedio anual, por ejemplo, el método Tennant (1976), que se relaciona a grados de conservación. Este método fue ampliamente utilizado y se ha modificado incluyendo la variación estacional y mensual.

Otros métodos hidrológicos ampliamente utilizados en la gestión, se basan en la probabilidad de excedencia (Gordon et al. 1992), que deriva del análisis de la curva de frecuencia de ocurrencia, donde se observa la relación entre el caudal y el porcentaje de tiempo que es igualado o excedido. Se ha pasado de aplicar estimaciones anuales a mensuales a fin de mantener la variabilidad natural del caudal.

Existen métodos hidrológicos que establecen un régimen completo de caudales, como, por ejemplo, el método Aproximación por Rango de Variabilidad (RVA) (Richter et al. 1997), calculando parámetros hidrológicos de relevancia ecológica para cinco componentes que describen el régimen hidrológico.

En la Tabla 1 se describen ejemplos de los mencionados métodos hidrológicos.

Tabla 1. Descripción de ejemplos de métodos hidrológicos

Método	Descripción del cálculo	Fuente
Tennant o Método Montana	Porcentaje del caudal promedio anual en relación a grados de conservación para sostener la supervivencia en el hábitat acuático, diferenciando entre estación seca y húmeda. Porcentaje del caudal promedio estacional y mensual (Fraser 1978, Tessman 1980, García et al. 1999, entre otros).	Tennant 1976
Texas	Porcentaje de la mediana mensual basado en requerimientos ecológicos.	Matthews y Bao 1991
Probabilidad de excedencia	Probabilidad de excedencia expresada en porcentaje de tiempo donde el caudal es igualado o excedido, en base a la curva de frecuencia de ocurrencia del caudal. Al considerar su frecuencia de ocurrencia, la estimación se adecua mejor que con valores promedios en un curso de agua con un régimen variable.	Gordon <i>et al.</i> 1992
Aproximación por Rango de Variabilidad (RVA)	Caracteriza el régimen hidrológico usando parámetros hidrológicos de relevancia ecológica para cinco componentes que describen el régimen hidrológico (magnitud, frecuencia, duración, momento y tasas de cambio). El componente de caudales ambientales considera categorías de caudales bajos, extremadamente bajos, altos y pequeñas y grandes inundaciones. Algunos ejemplos de parámetros: <ul style="list-style-type: none"> • Media o mediana para cada mes • Mínimo y máximo anual de 1, 3, 7, 30 y 90 días. • Fecha juliana de cada máximo y mínimo anual de 1 día • Cantidad y duración de pulsos bajos y altos en cada año • Tasas de subida y bajada 	Richter <i>et al.</i> 1997, Richter <i>et al.</i> 1996.

	<ul style="list-style-type: none"> ● Frecuencia, duración, temporada y tasas de cambio de caudales bajos, extremadamente bajos, altos y pequeñas y grandes inundaciones. <p>Para la evaluación de la alteración hidrológica se comparan las medidas de tendencia central y dispersión con el régimen natural.</p> <p>Útil en condiciones hidrológicas variables.</p>	
--	---	--

Métodos eco-hidráulicos o de simulación de hábitat

Determinan el caudal ambiental integrando el análisis hidrodinámico del tramo del curso bajo estudio y los requerimientos o preferencias de hábitat de las especies que caracterizan el ecosistema fluvial. Analizan la respuesta de determinada especie o comunidad, por ejemplo, para peces, invertebrados, vegetación y otras comunidades, a cambios en el régimen hidrológico.

Un ejemplo de estos métodos de simulación de hábitat es la Metodología incremental del Caudal (IFIM) (Bovee 1986). A continuación, se describen las etapas del análisis (Tabla 2). Se pueden incluir otras variables fisicoquímicas y biológicas en mayor detalle.

Tabla 2. Descripción de ejemplos de métodos eco-hidráulicos

Método	Descripción del cálculo	Fuente
Metodología incremental del Caudal (IFIM)	<p>El desarrollo de la metodología incluye las siguientes etapas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Definición de los objetivos y del área de estudio 2. Selección de las especies, estado de vida o comunidad de estudio 3. Construcción de un modelo hidrodinámico del sistema acuático en estudio 4. Generación de curvas de preferencia de hábitat (velocidad, profundidad, cobertura, sustrato) 5. Descripción del hábitat potencialmente útil en relación al caudal 6. Análisis de alternativas y recomendación del caudal ambiental 	Bovee 1986

Métodos holísticos

Permiten determinar regímenes hidrológicos necesarios para mantener la integridad del ecosistema, además de los usos sociales y productivos. Contemplan factores biológicos, abióticos, socioeconómicos y el espectro completo del régimen hidrológico. Se pueden incluir diferentes comunidades, por ejemplo: peces, invertebrados, vegetación y otras de interés e índices de integridad ecológica.

Algunos ejemplos de estos métodos holísticos se describen en la Tabla 3:

Tabla 3. Descripción de ejemplos de métodos holísticos

Método	Descripción del cálculo	Fuente
Construcción en Bloques (BBM)	<p>Consiste en tres módulos de análisis:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Preparación de talleres con la información hidrológica, ecológica, geomorfológica disponible o muestreada en el área de estudio. 2. Taller con los gestores de agua y profesionales especializados. 3. Integración de conocimiento hidrológico y ambiental. Generación de escenarios y sus consecuencias sociales y económicas. Proceso de participación para la toma de decisión. 	King <i>et al.</i> 2000 y actualización en 2008
Respuesta Aguas abajo a una Transformación Impuesta del Caudal (DRIFT)	<p>Consiste en cuatro módulos de análisis:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Biofísico: descripción de la naturaleza y el funcionamiento del río y establece las bases para predecir cambios relacionados a modificaciones de caudal. 2. Sociológico: identifica la población en riesgo, describe los usos del río y los perfiles de salud y desarrolla las bases para predecir los impactos sociales de los cambios en el río. 3. Desarrollo de escenarios: se identifican los posibles escenarios hidrológicos y se describen las potenciales consecuencias. 4. Socioeconómico: se calculan los costos de compensación y mitigación de los impactos en la población en riesgo para cada escenario. <p>Como resultado se obtienen una serie de escenarios para la toma de decisión.</p>	King <i>et al.</i> 2003
Límites Ecológicos de las Alteraciones Hidrológicas (ELOHA)	<p>Marco metodológico que sintetiza variados métodos y consiste en los siguientes módulos de análisis:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Análisis del régimen hidrológico en base a serie de datos de caudal y/o modelación hidrológica de precipitación-escorrentía. Considera las características de la cuenca y los usos del agua. 2. Clasificación hidrológica 3. Análisis de la alteración hidrológica 4. Análisis de la respuesta ecológica al régimen natural y a la alteración hidrológica 5. Proceso social que contribuye a definir los criterios de estándares de caudal ambiental, en base a la formulación de objetivos considerando las condiciones ecológicas aceptables, los valores sociales y las necesidades de gestión. 	Poff <i>et al.</i> 2010

Tendencia de uso de las metodologías

Las metodologías se han diversificado y mejorado con la experiencia de su aplicación y el avance del conocimiento. En la Tabla 4 se sintetiza un análisis de las tendencias de uso de los diferentes tipos de metodologías y algunas recomendaciones para su aplicación según Poff *et al* (2017).

Tabla 4. Tendencia de uso de las metodologías y recomendaciones para su aplicación de los diferentes tipos de metodologías según Poff *et al* (2017)

Tipos de metodologías	Tendencia de uso de las metodologías y recomendaciones para su aplicación según Poff <i>et al</i> (2017)
Hidrológicos	<p>Métodos ampliamente utilizados. Los métodos que determinan un caudal mínimo no son adecuados para situaciones complejas o posibles conflictos o para un régimen hidrológico muy dinámico.</p> <p>Se usan como herramienta para métodos ecohidrológicos y holísticos. Aplicables a sistemas con información deficiente y limitada información ecológica.</p> <p>Tiene potencial de regionalización para diferentes ecotipos fluviales. Los métodos más elaborados han avanzado en un enfoque basado en el régimen hidrológico que estima un rango de parámetros hidrológicos ecológicamente relevantes como la magnitud, la frecuencia, el momento y la duración, tanto de inundaciones como de sequías.</p>
Eco-hidrológicos	<p>Generalmente usados en cursos de agua de moderada a alta importancia, con complejidad y necesidad de llegar a acuerdos. Comúnmente utilizados con los métodos holísticos.</p> <p>Han avanzado desde el foco en una sola especie hacia las comunidades, y ensambles.</p> <p>Son considerados útiles para examinar escenarios alternativos de caudales ambientales para varias especies o comunidades, estados de vida y ensambles.</p>
Holísticos	<p>Generalmente usados en cursos de agua de importancia estratégica y alta conservación, con un contexto complejo y posibles conflictos. Usados en la planificación para proteger altos valores de conservación. También utilizados para definir objetivos de restauración, o conservar los valores socioecológicos y los servicios ecosistémicos.</p> <p>Con atención reciente en el análisis de los componentes del ecosistema y en algunos casos de las funciones y procesos.</p> <p>Las aplicaciones a escala regional, deberían estar integradas al sistema de gestión del agua.</p>

Dichas recomendaciones coinciden con las propuestas para la incorporación de los caudales ambientales en la gestión integrada de los recursos hídricos en Uruguay (UNESCO 2014), donde se plantea que la selección metodológica dependerá del objetivo ambiental y tendrá que ser caso a caso, según el grado de conflictividad, el interés de conservación, las características del sistema y de las obras hidráulicas y las condiciones que se desea mantener.

3. Recomendaciones para la selección metodológica y la determinación de caudales ambientales

3.1. Criterios de selección metodológica a escala de cuenca

El decreto 368/018 define la metodología básica a aplicar para la determinación de caudales ambientales mediante el método de Porcentaje de probabilidad de excedencia para cada mes, que al aplicarlo se adecua al sitio y cuenca en donde se situó la obra.

Dada la variabilidad hidrológica y los antecedentes de gestión a nivel nacional, se recomienda la utilización del método hidrológico de Probabilidad de excedencia mensual o estacional como base mínima. No se recomiendan métodos hidrológicos que resulten en valores anuales, ni que se basen en cálculos de valores promedios.

Como criterio general se aplica un caudal ambiental básico, para cualquier curso o cuerpo de agua superficial, del 80 % Probabilidad de excedencia (Q80) mensuales o estacionales, sobre valores medios diarios, o que se indique a escala de obra.

Se recomienda seleccionar diferentes metodologías en función de la importancia para la conservación y el uso sostenible del agua, así como de la presión sobre los recursos hídricos, como se sintetizan en la Tabla 5.

Se recomienda considerar aplicar métodos ecohidráulicos en Áreas protegidas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas u otras medidas eficaces de conservación basadas en áreas (por ejemplo: Sitios Ramsar, Reservas de Biósfera, reservas privadas, humedales de importancia ambiental) y otras variables de relevancia para la conservación. Y será necesario un análisis en mayor profundidad para la época de escasez de forma de prevenir posibles conflictos.

En el caso de las cuencas con una presión mayor a 5% en base al aporte medio de verano, y que también son cuencas de importancia para la conservación (áreas de protección y sitios prioritarios para la conservación) se recomienda la aplicación de métodos holísticos y ecohidráulicos.

En general es de relevancia conservar los procesos ecológicos vinculados a la variabilidad hidrológica y para la gestión del riesgo de sequías e inundaciones resulta necesario estudiar en mayor detalle la variabilidad hidrológica. En especial en zonas con una presión mayor a 5% sobre los recursos hídricos y con presencia de obras para uso de agua para abastecimiento a la población (OSE) o represas hidroeléctricas (UTE) es recomendable ampliar el análisis del régimen hidrológico incorporando parámetros de frecuencia, duración, momento y tasas de cambio, además de la variación mensual de la magnitud de caudales que se plantean, por ejemplo, con el método Aproximación por rango de variabilidad (RVA), diferenciando en años secos, medios y caudalosos.

Tal como lo establece la Constitución (Artículo 47) la primera prioridad para el uso del agua es el abastecimiento de agua potable a poblaciones. Por tanto, las obras destinadas al abastecimiento de agua potable son prioritarias, debiendo respetar un régimen hidrológico que permita un uso sostenible del recurso hídrico. A estos efectos, el caudal disponible para otros usos en la cuenca aguas arriba de obras destinadas al abastecimiento a la población queda sujeto a la evaluación de la disponibilidad por parte de la Administración.

Tabla 5. Recomendaciones para la selección metodológica de caudales ambientales según importancia para la conservación y para el uso del agua y la presión sobre los recursos hídricos en la cuenca.

		Presión sobre los recursos hídricos	
		Porcentaje de volúmenes otorgados para aprovechamientos de aguas en el cuatrimestre diciembre-marzo en base al aporte medio de verano.	
		Menor a 5%	Mayor a 5%
Importancia para la conservación y el uso sustentable del agua	Baja o nula cobertura de zonas de relevancia para la conservación.	Método hidrológico Qx (% de excedencia)	
	Aguas arriba o con presencia de Áreas de áreas protegidas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas u otras medidas eficaces de conservación en áreas (ej: Sitios Ramsar, Reservas de Biósfera, reservas privadas, humedales de importancia ambiental) y otras variables de relevancia para la conservación.	Método eco-hidráulico	Método holístico / Método eco-hidráulico
	Conservación de procesos ecológicos vinculados a la variabilidad hidrológica y gestión del riesgo de sequías e inundaciones.	Recomendable ampliar el análisis del régimen hidrológico con el método de aproximación por rango de variabilidad (RVA).	
	Cuenca aguas arriba de uso para abastecimiento a la población.	Prioridad para las obras destinadas al abastecimiento de agua potable. El caudal para otros usos queda sujeto a la evaluación de la disponibilidad por parte de la Administración.	
			Método de aproximación por rango de variabilidad (RVA)

Los procesos de planificación y gestión integrada y participativa del agua a escala de cuenca, constituyen un marco en el cual se contribuye con la determinación y la aplicación de caudales ambientales en las cuencas (Anexo I).

En el Anexo III se resume información disponible de las variables a considerar y se caracteriza el porcentaje de presión de verano, los usos prioritarios del agua, los sitios o ecosistemas de importancia para la conservación y finalmente la recomendación del método de caudales ambientales por cuenca nivel 2.

3.2. Criterios para la selección metodológica a escala de obra

Para la selección metodológica de caudales ambientales a escala de obra se deberá seguir el criterio que se muestra en la Figura 4, que considera la potencialidad de que cierta obra hidráulica altere o afecte una zona de relevancia ambiental. En el caso en que la obra de aprovechamiento se ubique en una zona de relevancia ambiental o aguas arriba a una distancia menor a 5 km se aplicará un método ecohidráulico o se podrá aplicar un método hidrológico de 70 % Probabilidad de excedencia (Q70) mensuales o estacionales, sobre valores medios diarios.

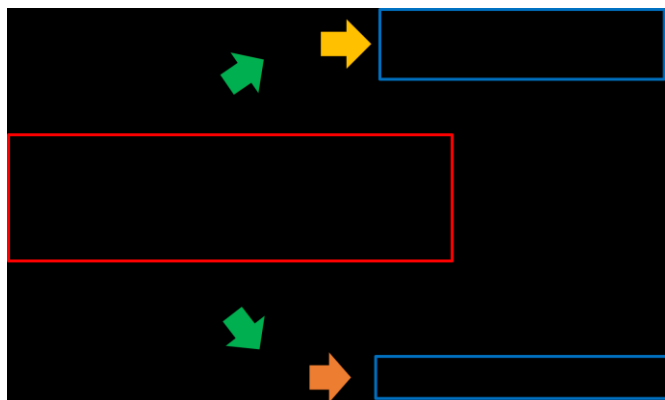


Figura 4. Criterio para la selección metodológica de caudales ambientales a escala de obra

Las zonas de relevancia ambiental se definen como:

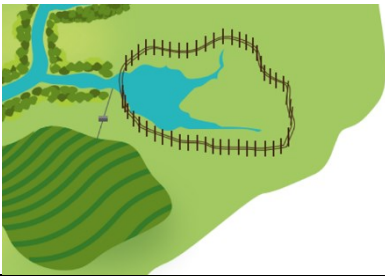


Las Áreas Protegidas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas u otras medidas eficaces para la conservación basadas en áreas (por ejemplo: Sitios Ramsar, Reservas de Biósfera, reservas privadas y humedales de importancia ambiental).

Si no se cumple el criterio antes mencionado, se recomienda aplicar el Método Base de determinación hidrológico de porcentaje de excedencia Q80 considerando las recomendaciones mencionadas en el capítulo anterior (3.2 - Tabla 7) según el tipo de obra hidráulica. Asimismo, se deberán considerar los criterios que la Administración defina a escala de cuenca según el capítulo 3.1.

3.3. Determinación del caudal ambiental a escala de obra mediante el método hidrológico de porcentaje de excedencia y pasos a seguir

Cuando se aplique el método hidrológico de porcentaje de excedencia para la determinación de caudales ambientales a escala de obra, se deberán considerar las siguientes especificaciones según el tipo de obra hidráulica (Tabla 6):

Tabla 6. Método de determinación hidrológico del % de excedencia según el tipo de obra hidráulica.

Alcance según obra hidráulica	Método de determinación de caudal ambiental
<p>Embalses con cuenca de aporte mayor a 10 km² (represas grandes Dto. N° 123/999)</p> 	<p>Método hidrológico de 80 % de Probabilidad de excedencia (Q80) mensuales o estacionales, sobre valores medios diarios.</p>
<p>Embalses con cuenca de aporte menor o igual a 10 km²</p> 	<p>Método hidrológico de 80 % de Probabilidad de excedencia (Q80) mensuales o estacionales, sobre valores medios diarios.</p> <p>Para los casos en los que la capacidad de almacenamiento sea 40 % inferior al aporte medio anual de la cuenca se considerará un Q90.</p>
<p>Tomas de agua</p> 	<p>Criterio de asignación con límite para las tomas por extracción directa de 80 % de Probabilidad de excedencia (Q80) en base a un caudal mínimo de verano y a la disponibilidad de agua en la cuenca.</p>
<p>Situación de sequía hidrológica</p>	<p>Método hidrológico de 90 % de Probabilidad de excedencia (Q90) mensuales o estacionales, sobre valores medios diarios.</p>

A continuación, se orienta para la estimación del caudal ambiental mediante el método hidrológico de porcentaje de excedencia, basados en el procedimiento establecido en el decreto 368/018, que se detalla a continuación y se sintetizan en la Figura 5. Asimismo, las siguientes consideraciones se aplican para el módulo hidrológico de todos los tipos de metodologías.

Determinación de caudales ambientales para embalses y extracciones de agua (tomas)

Según Decreto 368/2018

Metodología hidrológica:

% probabilidad de excedencia para cada mes o estación

Estadística hidrológica de al menos 20 años de observaciones de datos de caudales diarios

Cuencas no aforadas.

Justificar y detallar procedimiento. A modo de ejemplo:

- Extrapolar las estadísticas de cuencas aforadas a cuencas próximas e hidrológicamente semejantes
- Utilizar información generada localmente
- Utilizar un modelo de balance hídrico de precipitación-escorrentía de paso diario
- Deducir un ciclo medio anual de caudales característico en la cuenca de estudio (DINAGUA/IMFIA 2011) y estimar la distribución de frecuencias diarias estacionales (DINAGUA 2019)

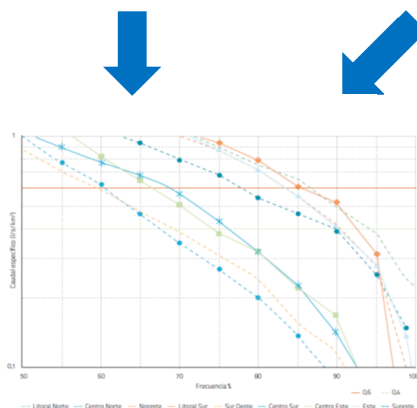


Figura 5. Procedimientos para el cálculo del caudal ambiental

1) Cuando para el tramo del curso de agua superficial a intervenir se disponga de información en estaciones de aforo del Servicio Hidrológico cercanas con series históricas de al menos 20 años de observaciones de datos de caudales diarios, donde se mantenga un régimen hidrológico natural, se utilizarán las estadísticas correspondientes más actualizadas generadas por dicho Servicio. Estos resultados estadísticos podrán ser utilizados asimismo para extrapolar a cuencas geográficamente próximas e hidrológicamente semejantes (tamaño, régimen de precipitaciones y temperaturas, relieve, tipos de suelos), con la debida fundamentación.

2) Cuando para un curso de agua superficial no se disponga de información histórica de estaciones de aforo cercanas, el caudal ambiental se podrá estimar por métodos alternativos siempre que se justifique y detalle claramente el procedimiento utilizado.

Se describen las siguientes alternativas:

- **Utilizar información generada localmente** si es suficientemente precisa y de detalle para describir los estiajes característicos de la sección de estudio.
- **Utilizar un modelo de balance hídrico de precipitación-escorrentía de paso diario** para obtener la serie de caudales diarios y deducir de ésta el estadístico indicado (ej. excedencia del 80 % de las medias diarias por períodos mensuales o estacionales).
- Utilizar un método hidrológico para **deducir un ciclo medio anual de caudales** característico en la cuenca de estudio considerando el “*Manual de diseño y construcción de pequeñas presas*” (Dinagua/IMFIA 2011 y sus revisiones ¹), y aplicar el estadístico normalizado correspondiente a partir de la Regionalización.

¹ <https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/comunicacion/publicaciones/manual-diseno-construccion-pequenas-presas>

Ejemplo de aplicación en base a Regionalización de estadísticas de caudales

A efectos de estimar el caudal ambiental se podrá considerar a modo de referencia valores de caudales específicos de porcentaje de frecuencia de ocurrencia, según los criterios mencionados en la Tabla 7 de la presente guía, en base a la Regionalización de estadísticas de caudales (Dinagua 2019, Cap. 4 y Anexos y que también se detalla en el Anexos II de la presente guía), asociados a cuatrimestres de los períodos Abril - Julio, Agosto - Noviembre y Diciembre - Marzo.

Para la estimación se trazará la cuenca de aporte con cierre en el punto donde se ubicará el dique y luego se le asociará el valor de caudal específico que le corresponda según en qué cuenca nivel 2 se sitúe.

Luego se calculará:

Caudal ambiental del cuatrimestre 1 = $\text{ÁreaCuenca (km}^2\text{)} \times q1(80\%) \text{ (l/s/km}^2\text{)}$

Caudal ambiental del cuatrimestre 2 = $\text{ÁreaCuenca (km}^2\text{)} \times q2(80\%) \text{ (l/s/km}^2\text{)}$

Caudal ambiental del cuatrimestre 3 = $\text{ÁreaCuenca (km}^2\text{)} \times q3(80\%) \text{ (l/s/km}^2\text{)}$

Corresponde observar que igualmente seguirá siendo válida la estimación por parte del proponente de un caudal ambiental mediante los procedimientos antes mencionados.

4. Monitoreo y control del caudal ambiental en obras hidráulicas

4.1. Sistemas de monitoreo y control de las obras

El Ministerio de Ambiente tiene a su cargo el contralor en el cumplimiento del decreto de caudales ambientales (Dto 368/018). Las infracciones al decreto son sancionadas de conformidad con lo dispuesto por el Decreto 349/005, y, cuando se trate de proyectos no comprendidos en el marco del régimen de evaluación de impacto ambiental, por lo previsto en el Decreto 123/999.

Desde las oficinas regionales de Dinagua se realiza la **vigilancia y seguimiento de los derechos de uso de agua**, en el ámbito de su jurisdicción territorial (Figura 6), en las condiciones establecidas en la Resolución mediante la cual se otorga el Derecho de Uso de Aguas Públicas. En las inspecciones a campo se corrobora que la información contenida en los proyectos a consideración sea correcta y que las obras una vez construidas se mantengan en buen estado, a efectos de garantizar la seguridad de las mismas.



Figura 6. Oficinas regionales de Dinagua. Administración del agua por cuencas hidrográficas

El usuario es responsable de monitorear la obra y suministrar los datos a la Administración, lo cual es de utilidad para conocer el recurso que se está utilizando y también para realizar una óptima gestión del agua.

Una vez obtenido el Derecho de Uso, concretado el proyecto y puesto en funcionamiento, el titular debe presentar una **Declaración jurada anual**² sobre el uso efectivo mensual del agua (art. 13 Código Aguas). De no presentar la Declaración están previstas sanciones.

Tal como lo establece el decreto 368/018 las obras hidráulicas para aprovechamiento de las aguas deberán prever, desde la etapa de proyecto, la **infraestructura que permita**, tanto en la fase de obra como en la operación, **que escurra aguas abajo el caudal ambiental** que corresponda y las condiciones ambientales que determine el Ministerio de Ambiente.

² <https://www.gub.uy/tramites/declaracion-jurada-extraccion-uso-aguas-publicas>

En el **diseño de las obras hidráulicas** se deben considerar los lineamientos que se describen a continuación, o en futuras versiones actualizadas, en cuanto a los dispositivos para erogar y controlar el caudal ambiental y el agua extraída.

En el caso de los embalses se deberá considerar los criterios que se indiquen en los lineamientos de Seguridad de represas.

Para el diseño de embalses se recomiendan las siguientes publicaciones:

- “Manual de Pequeñas Presas” MVOTMA-Dinagua e IMFIA 2011 (Versión digital <https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/comunicacion/publicaciones/manual-diseno-construccion-pequenas-presas>)
- “Manual para el diseño y la construcción de tajamares de aguada” MGAP 2012

4.2. Monitoreo en embalses

Dispositivos para erogar el caudal ambiental en embalses

Para otorgar un Derecho de Uso de Aguas Públicas mediante un embalse desde los años 80' la Dinagua, y anteriormente la Dirección Nacional de Hidrografía, exige la presencia de un dispositivo para dejar erogar el caudal de servidumbre, que a partir del Decreto 368/018 se corresponde al caudal ambiental con los ajustes correspondientes.

En caso de no presentar un dispositivo, ej. descarga con válvulas de evacuación, tal como se muestra en la Figura 7, será necesario incluir algún mecanismo para dar cumplimiento a la normativa (a través de un sifón, tubería de descarga media o de fondo, etc.).

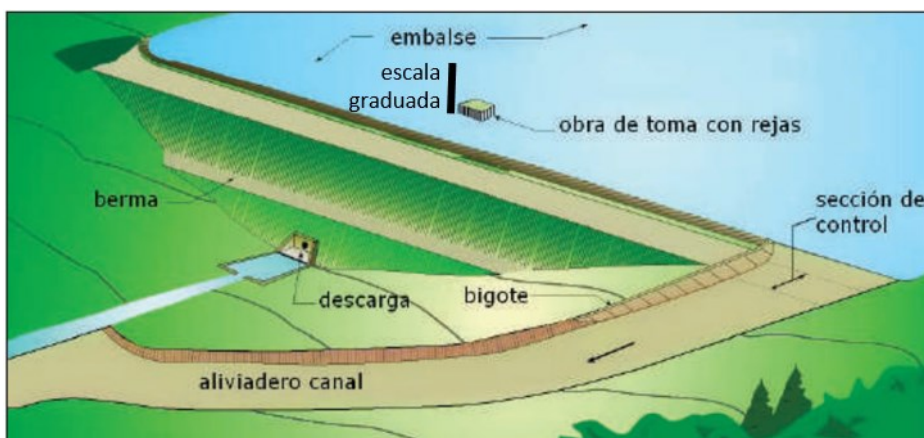


Figura 7. Embalse con estructura de descarga destinada a la evacuación de caudales. Tomado del Manual de Pequeñas Presas (MVOTMA-Dinagua e IMFIA 2011)

Control del nivel del embalse y del caudal ambiental

Tal como ya se requiere, se debe contar con una escala graduada y con cota referida al cero oficial o con un medidor automático (ejemplo Figura 7).

En ciertos casos se podrá exigir, a criterio de la Administración, un dispositivo para aforar aguas abajo del embalse a fin de informar el caudal mensual circulante.

Sistemas de control del agua que se extrae o se utiliza a partir del embalse

En el caso de los embalses, la información del volumen almacenado, el nivel del embalse y del agua utilizada, que actualmente se solicitan en el trámite de solicitud de Derecho de Uso de Aguas Públicas y en Declaración jurada anual del uso efectivo mensual del agua, es de utilidad para el control del almacenaje del embalse y de los volúmenes autorizados o concesionados.

Se incluirá una foto de la regla de nivel de agua en la Declaración jurada anual o por la vía que la Administración lo solicite, con una frecuencia mensual, estacional o en cierto momento de interés según el uso del agua.

Se debe contar con un dispositivo automático para cuantificar el agua utilizada u otro método de registro, además de informarlo mediante los detalles técnicos de la bomba como se realiza para el caso de las tomas.

Por tanto, la información del uso efectivo mensual del agua debe ser informada en la Declaración jurada anual y registrada por si fuera requerida.

4.3. Monitoreo en tomas

Control del caudal ambiental en tomas

Debido a la complejidad que implica la realización de curvas de aforo caso a caso, se realizará un monitoreo específico para el control del caudal circulante mediante curvas de aforo en secciones controladas, en sitios puntuales acordados con la participación de usuarios con Derechos de Uso otorgados y vigentes, como, por ejemplo, las Juntas Regionales de Riego.

En algunos casos se podrá exigir la medición del caudal circulante donde se realiza la toma mediante nivel de agua y si es posible aforo.

Las metodologías de medición dependerán de los recursos existentes y las características del curso. Entre ellas se encuentran la utilización de equipos doppler, electromagnéticos, molinetes, sensores de nivel o reglas graduadas que mediante una relación H-Q (altura-caudal) se puede obtener la medición del caudal, que deberá ser ajustado periódicamente.

Control del agua extraída en tomas

En el caso de las tomas, la siguiente información es de utilidad para estimar el caudal de extracción: detalles técnicos de la bomba como la capacidad de bombeo, las curvas características de la bomba (relación altura-caudal, necesidades netas de succión NPSH), así como las características del sistema de riego y los detalles del uso del agua.

Se controlará el agua extraída mediante la implementación de un caudalímetro en la tubería de impulsión.

A fin de controlar el caudal extraído de la toma directa, si inmediatamente al finalizar la tubería de impulsión el agua se vierte hacia un canal, se podrían implementar secciones de aforo controladas como Parshall, vertederos triangulares, rectangulares, etc.

La información del uso efectivo mensual del agua debe ser informada en la Declaración Jurada anual y registrada de forma diaria por si fuera requerida.

5. Situaciones de estiaje y sequía hidrológica

Se desencadenarán mecanismos de prevención y gestión del riesgo hídrico, para anticiparse y para la gestión operativa de la situación de estiaje y de sequía hidrológica, fortaleciendo los mecanismos actuales y en desarrollo.

Para las tomas de agua, el permisario o concesionario podrá extraer el caudal asignado, siempre que el caudal circulante supere el asignado y el caudal ambiental (Q_{80}). Cuando el caudal del curso de agua se torne insuficiente para abastecer a todos los permisarios o concesionario de las tomas de agua y al caudal ambiental ($<2 \times Q_{80}$), se establecerán mecanismos de prevención de riesgo hídrico, como turnos de extracción o disminución de volúmenes de agua, según lo establece el Art. 186 del Código de Aguas y en el marco de las Juntas Regionales de Riego (mayor información en Anexo I).

Se deberá respetar un caudal ambiental de sequía para las extracciones de agua, correspondiente al 90 % de probabilidad de excedencia (Q_{90}) mensuales o estacionales, sobre valores medios diarios.

La información de las estaciones hidrométricas del Servicio Hidrológico de la Dinagua se encuentra disponible en la web del MA³. Los datos de caudal o nivel de agua a tiempo real informan sobre la situación hidrológica y se encuentran en desarrollo indicadores para la previsión y seguimiento de la sequía y su comunicación. En el protocolo de sequías se establecen las vías de comunicación y actuación, indicadores y acciones de gestión de riesgo hídrico.

En base a la información hidrológica y desarrollos en modelación se realizan evaluaciones y pronósticos hidrológicos y se aporta al Sistema de alerta temprana de eventos extremos hidrológicos. La información hidrológica se evalúa desde Dinagua y se disemina al Sistema Nacional de Emergencias (SINAE) y los Centros de Coordinación de Emergencias Departamentales (Cecoed) locales.

Es de relevancia fortalecer el monitoreo a tiempo real y la declaración de uso del agua, para contribuir a mejorar el conocimiento de los recursos hídricos y optimizar el uso del agua y los mecanismos de gestión de riesgo hídrico.

³ <https://www.ambiente.gub.uy/SIH-JSF/paginas/visualizador/visualizador.xhtml>

ANEXOS

ANEXO I. Marco de aplicación del caudal ambiental en la planificación y gestión a nivel nacional

La incorporación de caudales ambientales en la planificación y gestión integrada del agua a nivel nacional se realiza siguiendo la estrategia planteada en el Proyecto P01/3 “Aplicación de caudales ambientales” del Plan Nacional de Aguas, en un marco de manejo adaptativo, definiendo actividades y metas para: impulsar, a corto plazo, su aplicación con la información e instrumentos disponibles y realizar una evaluación inicial con propuestas de mejoras para la gestión; y promover, a mediano y largo plazo, estudios por cuencas, el desarrollo de investigación y el fortalecimiento de la capacidad institucional, de los ámbitos de participación, de la comunicación y de la apropiación de la temática.

La primera etapa de evaluación y propuesta de aplicación se realizó en base a la revisión de la información e instrumentos disponibles y criterios actuales. A partir de lo cual se aportó a la formulación de una normativa específica de caudales ambientales (decreto 368/018), como requisito en el otorgamiento y renovación de los permisos o concesiones de uso privativo de aguas superficiales del dominio público (Código de Aguas) y en las autorizaciones ambientales (Ley 16.466 de 1994).

Se identificaron y comenzaron a realizar los ajustes necesarios para incorporarlo en la gestión con propuestas de mejoras en la normativa, instrumentos, monitoreo, mediciones de uso del agua, necesidades de investigación, capacitación y de difusión. Se iniciaron actividades de difusión, intercambios en los ámbitos de participación para la gestión integrada del agua e intercambios en el marco de la cooperación internacional.

Para la mejora de la aplicación de caudales ambientales, el decreto también plantea que el Ministerio de Ambiente (MA) realizará determinaciones por cuenca hidrográfica. Lo cual será parte del proceso de planificación para la gestión integrada de los recursos hídricos. Asimismo, en la meta 1.3.1 “Planes de gestión integrada de cuencas” del Plan Nacional Ambiental, entre las líneas de acción se plantea determinar los regímenes hidrológicos de los cuerpos principales de las cuencas priorizadas y establecer criterios para la determinación de caudales ambientales. En este sentido, la presente guía da lineamientos generales nacionales a considerar en los procesos de planificación y gestión integrada de los recursos hídricos ej. Planes de gestión integrada de cuenca y al momento en que se realicen análisis específicos a nivel de cuenca.

Los ámbitos de participación para la gestión integrada de los recursos hídricos, como los Consejos Regionales de Recursos Hídricos, las Comisiones de Cuenca y Acuífero y las Juntas Regionales Asesoras de Riego, por sus competencias, son relevantes en la contribución a la temática de caudales ambientales en el marco de los procesos de planificación a nivel de cuenca y en apoyo a la gestión y al control.

La implementación, control y seguimiento de la aplicación de caudales ambientales se realiza siguiendo la estrategia planteada a largo plazo y se continuarán incorporando mejoras necesarias para su optimización.

Antecedentes de criterios en la gestión del agua que contribuyen al caudal ambiental

Para el otorgamiento de derechos de aguas desde la Dinagua ya se incluían criterios hidrológicos, mediante una evaluación de la disponibilidad de agua en la cuenca en base a un balance hídrico y la aplicación de limitaciones para que no se produzcan afectaciones a otros derechos de uso de agua otorgados, preservar el régimen hidrológico y acotar riesgos de fallos por la variabilidad hidrológica. Estos criterios que se mencionan en el Plan Nacional de Aguas (MVOTMA 2017) y se resumen a continuación, contribuyen a la conservación del recurso hídrico y su uso sustentable y a la aplicación de caudales ambientales.

A los embalses se le imponía un caudal de servidumbre aguas debajo con valor de referencia del caudal de estiaje de verano. Ahora se aplica el caudal ambiental. Sumado a esto, los embalses son evaluados en relación a los escurrimientos medios anuales y se otorgan derechos de uso de hasta el 95 % del volumen anual aportado por la cuenca.

Por otro lado, los derechos de aprovechamiento de aguas para las tomas por extracción directa se otorgan con una limitación del caudal específico mínimo de verano, que procura acotar el riesgo de fallo. Además, se aplican mecanismos de gestión de sequía previstos en el Código de Aguas (Sección 4.2).

Los caudales específicos mínimos de verano se calculan en base a valores probabilístico de ocurrencia del 80 % y surgen del análisis de la serie histórica de caudales medios diarios de los meses de verano (diciembre-marzo) del Servicio Hidrológico Nacional del MA- Dinagua y se ajustan mediante la Regionalización de Estadísticas de Caudales (MVOTMA 2019).

Para el caso de los pozos de aguas subterráneas se evalúa la viabilidad y eventuales interferencias con otros derechos preexistentes.

Consejos Regionales de Recursos Hídricos y Comisiones de cuenca y acuífero

Existen 3 Consejos Regionales de Recursos Hídricos (CRRH) que son presididos por el Ministerio de Ambiente, a través de la Dinagua, de conformación tripartita con representantes del gobierno, usuarios y sociedad civil, correspondiendo a las tres grandes regiones hidrográficas que cubren el territorio nacional: Río Uruguay, Laguna Merín y Río de la Plata y frente marítimo. Les compete: asesorar en la formulación del Plan Regional de Recursos Hídricos; apoyar y asesorar en la gestión de los recursos hídricos; articular entre los actores regionales, nacionales y locales en el ámbito de su competencia.

Al momento se han formado 13 Comisiones de Cuenca y 1 de Acuífero que son presididas, convocadas y coordinadas por el Ministerio de Ambiente, a través de la Dinagua, también de integración tripartita. Les compete: colaborar en la planificación de los recursos hídricos de la cuenca; articular a los actores nacionales, regionales y locales; apoyar a la gestión de recursos hídricos de la cuenca.

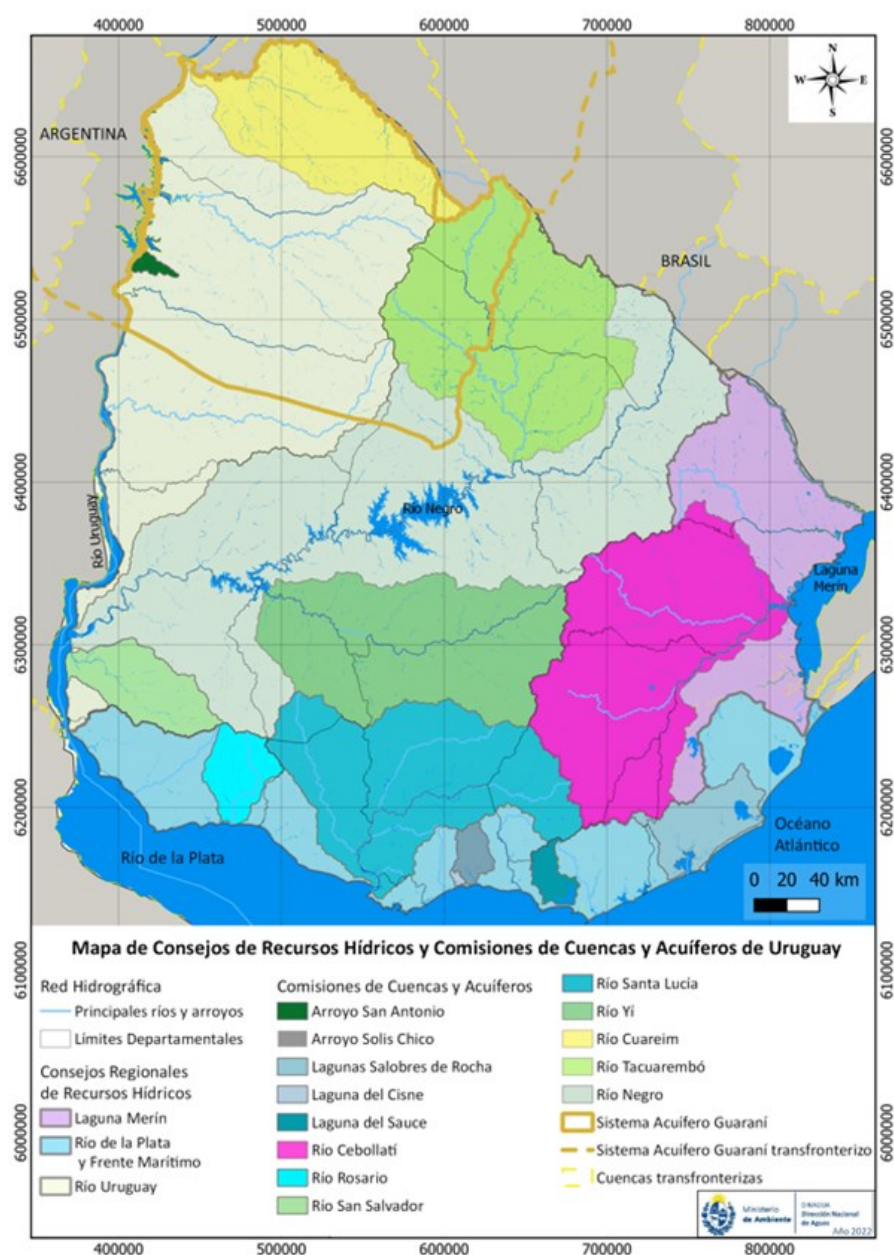


Figura 8. Mapa de Consejos Regionales de Recursos Hídricos y Comisiones de cuenca y acuífero

Juntas Regionales Asesoras de riego

Las Juntas Regionales asesoran al Poder Ejecutivo (a través de la Dinagua) 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.

Estos espacios contribuyen a mejorar la administración del agua para riego principalmente en los momentos donde hay menor disponibilidad del recurso, fijando horarios de riego y coordinando acciones entre los propios regantes. Están integradas por representantes de las instituciones del Gobierno con competencia en la temática (MA y MGAP), representantes de los propietarios de cada zona, designados por la Asociación Rural, la Federación Rural, las Cooperativas Agrarias Federadas y la Comisión Nacional de Fomento Rural y por delegados de los regantes de cada zona con derechos inscriptos en el Registro Público, elegidos a través de un acto eleccionario conforme a lo reglamentado en el Decreto Nº 128/003.

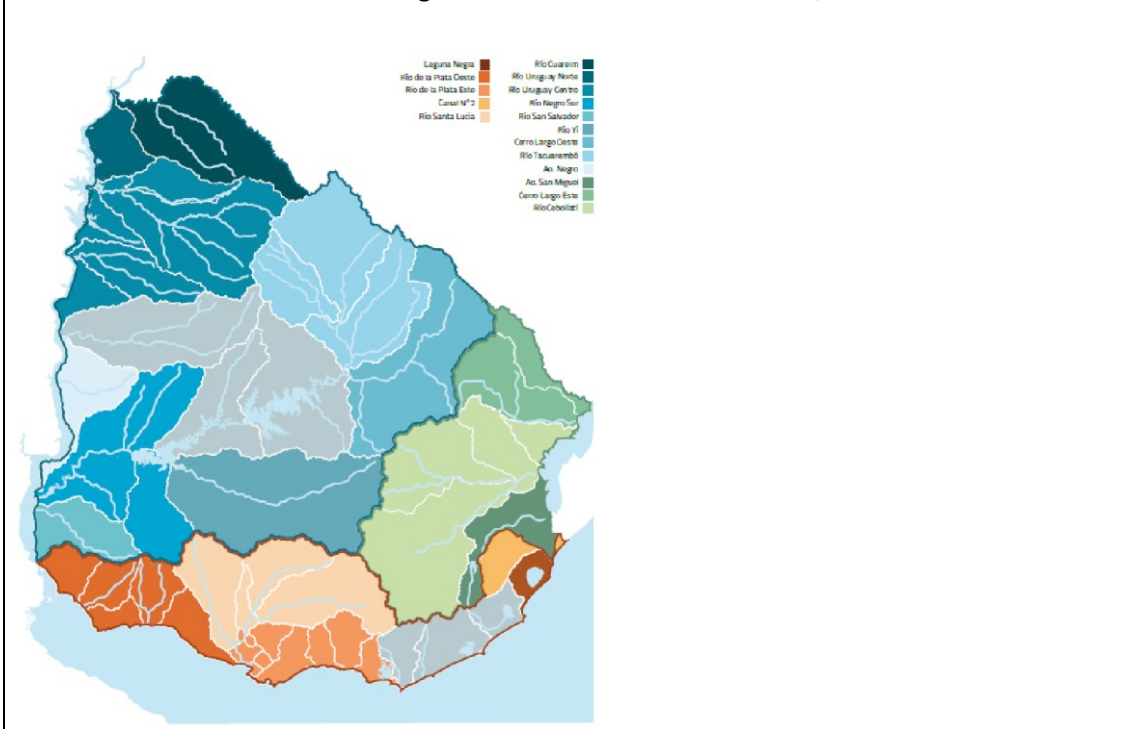


Figura 9. Mapa de Juntas Regionales Asesoras de Riego

ANEXO II. Información hídrica, modelación hidrológica y regionalización de estadística de caudales

Información Hídrica

El Servicio Hidrológico de Dinagua cuenta con estaciones hidrométricas y se puede acceder a la información en el Observatorio Hidrológico⁴. A partir de esto se realizan estudios de estadísticas hidrológicas que se publican en la web del MA.

Modelos hidrológicos

La selección y estructura del modelo hidrológico dependerá del objetivo de análisis y de que permitan simular una serie de datos de caudales diarios posible de aplicar en el punto de cierre de la cuenca de aporte de la obra en estudio y deducir los estadísticos de interés en cuencas no aforadas. Algunos ejemplos de modelos hidrológicos desarrollados en Uruguay que podrían ser de utilidad en este sentido se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7. Modelos hidrológicos escala diaria y sub diaria con antecedente de aplicación en Uruguay

Modelo hidrológico	Objetivo	Antecedentes
Modelo de grandes cuencas (MGB)	Cuantificación de la disponibilidad hídrica en la cuenca	Cuenca del Río Cuareim
	Evaluación del estado y perspectiva hidrológica	Cuenca del río Uruguay
	Previsión de nivel y caudal para alerta temprana por inundaciones en la cuenca.	Cuenca del Laguna Merín
Ingeniería rural con 4 parámetros diarios (GR4J)	Estimación del caudal en cuencas no aforadas	Aplicable a cuencas de menos de 5000 km ²
Soil and Water Assessment Tool (SWAT)	Estimar los impactos de uso de suelo sobre la cantidad y calidad de agua	Cuenca del Río Santa Lucía
WFLOW-SBM	Cuantificación de la disponibilidad hídrica y previsión de nivel para alerta temprana	Cuenca del Río Santa Lucía
SACRAMENTO (SAC-SMA)	Previsión hidrológica para alerta temprana por inundaciones	Cuenca del río Cuareim, Yí, Olimar Grande y Cebollatí

⁴ https://www.ambiente.gub.uy/informacion_hidrica/index.php

Regionalización de estadísticas de caudales

En Dinagua (2019) se describen los estadísticos más usuales para caracterizar los comportamientos hidrológicos de las distintas cuencas y se analizan correlaciones posibles entre esos parámetros, lo que introduce algunas pautas para su uso y regionalización con fines de extrapolación a cuencas no aforadas. En la Tabla 8 se presentan los estadísticos para la estimación de caudales específicos estacionales por coeficientes regionalizados por cuenca nivel 2 en base a Dinagua (2019). Siempre se deberá utilizar la versión más actualizada.

Tabla 8. Estadísticos para estimación de caudales específicos estacionales q_j (X %) por coeficientes regionalizados por cuenca nivel 2 (C2) Dinagua (2019).

			ESTIMACIÓN DE CAUDALES ESPECÍFICOS POR COEFICIENTES REGIONALIZADOS (l / s - km ²)					
			ABR-JUL		AGO-NOV		DIC-MAR	
C2	Nombre	ÁREA (km ²)	q1 (80 %)	q1 (70 %)	q2 (80 %)	q2 (70 %)	q3 (80 %)	q3 (70 %)
10	RÍO CUAREIM	8228,3	0,7	1,3	0,9	1,3	0,2	0,3
11	RÍO URUGUAY entre Río Cuareim y Río Arapey Grande	2580,9	0,6	1,1	0,7	1,1	0,2	0,3
12	RÍO ARAPEY CHICO	2154,8	0,7	1,3	0,7	1,1	0,2	0,3
13	RÍO ARAPEY GRANDE (excepto Río Arapey Chico)	9711,2	0,7	1,2	0,7	1,1	0,1	0,2
14	RÍO URUGUAY entre Río Arapey Grande y Río Daymán	1628,3	0,5	0,9	0,6	0,9	0,1	0,2
15	RÍO DAYMÁN	3419,7	1,5	2,2	1,5	2,0	0,8	1,0
16	RÍO URUGUAY entre Río Daymán y Río Queguay Grande	1716,3	1,4	2,1	1,7	2,2	0,8	1,1
17	RÍO QUEGUAY GRANDE	8559,9	1,5	2,2	1,5	1,9	0,7	1,0

18	RÍO URUGUAY entre Río Queguay Grande y Río Negro	3739,1	1,0	1,5	1,3	1,7	0,6	0,8
19	RÍO URUGUAY entre Río Negro y Río de la Plata	3642,2	0,8	1,2	1,6	2,1	0,5	0,7
20	RÍO DE LA PLATA entre Río Uruguay y Río San Juan	1521,6	0,4	0,6	0,9	1,2	0,3	0,4
21	RÍO SAN JUAN	1572,4	0,5	0,7	1,1	1,3	0,3	0,4
22	RÍO DE LA PLATA entre Río San Juan y Río Rosario	925,6	0,5	0,8	1,0	1,3	0,3	0,4
23	RÍO ROSARIO	1851,2	0,8	1,2	1,4	1,8	0,3	0,5
24	RÍO DE LA PLATA entre Río Rosario y Río Santa Lucía	1850,7	0,4	0,6	1,1	1,7	0,1	0,2
26	RÍO DE LA PLATA entre Río Santa Lucía y Ao. PANDO	1377,2	1,0	1,7	2,4	3,2	0,3	0,4
27	RÍO DE LA PLATA entre Ao. Pando y Ao. Solís Grande	798,9	1,2	2,0	2,6	3,5	0,3	0,5
28	Ao. SOLÍS GRANDE	1338,0	1,2	2,0	2,9	4,1	0,4	0,6
29	RÍO DE LA PLATA entre Ao. Solís Grande y Punta Del Este	906,9	1,2	2,0	2,7	3,9	0,4	0,6
30	OCÉANO ATLÁNTICO entre Punta del Este y Ao. MALDONADO	1493,3	1,2	2,1	2,8	3,9	0,4	0,6
31	OCÉANO ATLÁNTICO entre Ao. Maldonado y LAGUNA DE ROCHA	2545,3	1,3	2,3	2,9	4,0	0,4	0,6

32	OCÉANO ATLÁNTICO entre Laguna de Rocha y Ao. VALIZAS	1479,5	1,2	2,1	2,9	4,1	0,4	0,5
33	OCÉANO ATLÁNTICO entre Ao. Valizas y Ao. CHUY	3751,1	1,3	2,2	2,9	4,1	0,4	0,6
40	LAGUNA MERÍN entre RÍO YAGUARÓN y Río Tacuarí	1969,0	1,8	3,2	3,6	5,0	0,7	0,9
41	RÍO TACUARÍ	4681,9	1,1	2,7	1,9	3,3	0,2	0,4
42	LAGUNA MERÍN entre Río Tacuarí y Río Cebollatí	1220,9	1,5	2,6	3,2	4,5	0,6	0,8
43	RÍO OLIMAR GRANDE	5306,5	2,0	3,5	3,5	4,9	0,8	1,2
44	RÍO CEBOLLATÍ (excepto Río Olimar Grande)	12111,1	1,7	2,9	3,3	4,6	0,6	0,9
45	LAGUNA MERÍN entre Río Cebollatí y Ao. SAN MIGUEL	2604,4	1,4	2,4	3,0	4,2	0,5	0,7
50	RÍO NEGRO entre nacientes y Río Tacuarembó	11419,8	1,2	2,9	1,9	3,3	0,2	0,3
51	RÍO TACUAREMBÓ entre nacientes y Ao. Tacuarembó Chico	6804,5	1,8	3,4	2,9	4,2	0,4	0,7
52	Ao. TACUAREMBÓ CHICO	3493,9	1,8	3,2	2,7	3,9	0,5	0,7
53	RÍO TACUAREMBÓ entre Ao. Tacuarembó Chico y Río Negro	5975,4	1,1	2,7	1,8	3,2	0,2	0,3
54	RÍO NEGRO entre Río Tacuarembó y Rincón del Bonete	8847,5	1,0	2,5	1,6	2,8	0,2	0,4

55	RÍO NEGRO entre Rincón del Bonete y Río Yí	5491,1	0,9	2,2	1,3	2,3	0,2	0,4
56	RÍO YÍ	13730,1	0,7	1,1	1,4	2,0	0,2	0,3
57	RÍO NEGRO entre Río Yí y Rincón de Palmar	3799,5	1,1	1,6	1,9	2,4	0,6	0,8
58	RÍO NEGRO entre Rincón de Palmar y Río Uruguay	8659,1	1,2	1,7	1,6	2,0	0,7	0,9
60	RÍO SANTA LUCÍA entre nacientes y Río Santa Lucía Chico	5173,2	1,3	2,2	2,8	3,9	0,4	0,6
61	RÍO SANTA LUCÍA CHICO	2571,4	0,6	0,9	1,4	2,0	0,1	0,3
62	RÍO SANTA LUCÍA entre Río Santa Lucía Chico y Ao. Canelón Grande	667,8	0,5	0,8	1,3	1,8	0,1	0,2
63	Ao. CANELÓN GRANDE	724,4	1,0	1,6	2,3	3,1	0,3	0,4
64	RÍO SANTA LUCÍA entre Ao. Canelón Grande y Río San José	144,9	0,9	1,5	2,1	2,9	0,3	0,4
65	RÍO SAN JOSÉ	3571,9	1,1	1,5	1,5	2,0	0,3	0,5
66	RÍO SANTA LUCÍA entre Río San José y Ao. Colorado	369,1	0,8	1,4	2,1	2,8	0,3	0,4
67	Ao. COLORADO	164,9	0,9	1,5	2,2	3,0	0,3	0,4
68	RÍO SANTA LUCÍA entre Ao. Colorado y Río de la Plata	100,4	0,9	1,4	2,2	3,0	0,3	0,4

ANEXO III. Variables a considerar en el análisis del contexto de cuenca

Información a considerar sobre la importancia para la conservación

Para el análisis de los sitios de importancia para la conservación se deberá considerar la siguiente información que se detalla a continuación y se muestra en Figura 10 y se puede encontrar en el Observatorio Ambiental Nacional⁵:

- Áreas protegidas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), u otras medidas eficaces de conservación basadas en áreas (por ejemplo: reservas privadas, Sitios Ramsar y Reservas de Biósfera)
- Sitios prioritarios para la conservación
- Humedales de Importancia Ambiental
- Bosque nativo

De tener información local también se recomienda considerar:

- Provisión de servicios ecosistémicos
- Presencia de ecosistemas de mayor vulnerabilidad y amenazados
- Presencia de especies prioritarias para la conservación
- Presencia de especies amenazadas
- Diversidad, estado de conservación y hábitos de las comunidades acuáticas ej: peces, invertebrados, vegetación u otra comunidad que pueda verse afectada o ser de interés
- Presencia de especies de valor medicinal, cultural o económico
- Presencia de especies exóticas invasoras
- Presencia de floraciones algales
- Dinámicas de sedimentos y nutrientes

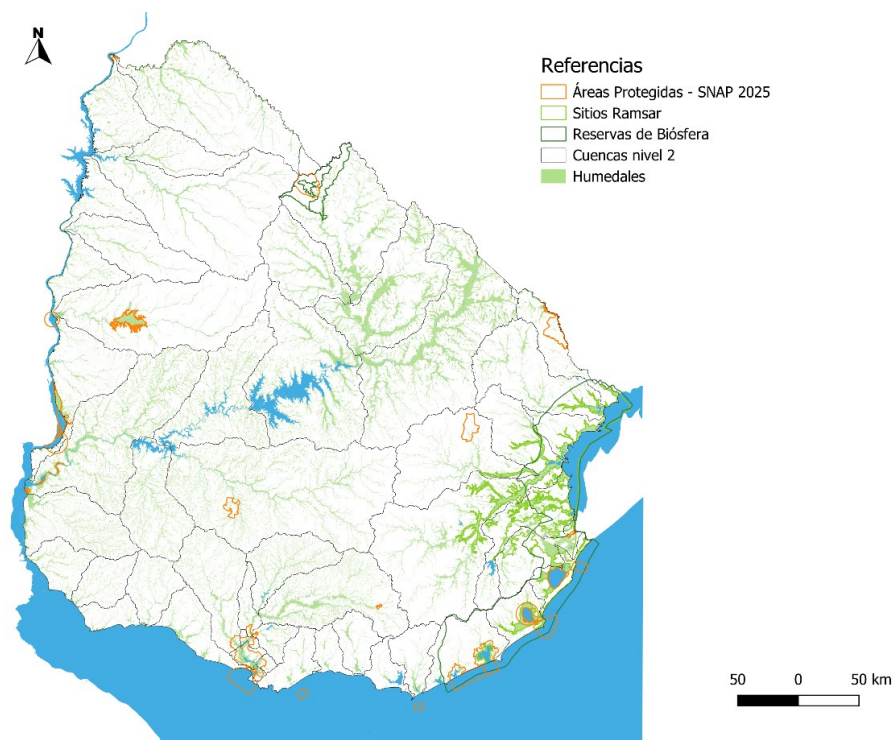


Figura 10. Sitos de importancia para la conservación en las cuencas principales

⁵ <https://www.ambiente.gub.uy/oan/>

Principales usos del agua

En el análisis a escala de cuenca es necesario considerar los principales usos del agua tales como la existencia de obras para el abastecimiento a la población, hidroeléctrico, agropecuario, industrial y de haber información el uso recreativo.

La información sobre obras de aprovechamiento registradas en Dinagua se pueden encontrar en el Observatorio Hidrológico ⁶.

En la Figura 11 se muestran las obras de agua superficial para abastecimiento a la población de OSE, de relevancia a considerar en la escala de cuenca por su prioridad de uso.

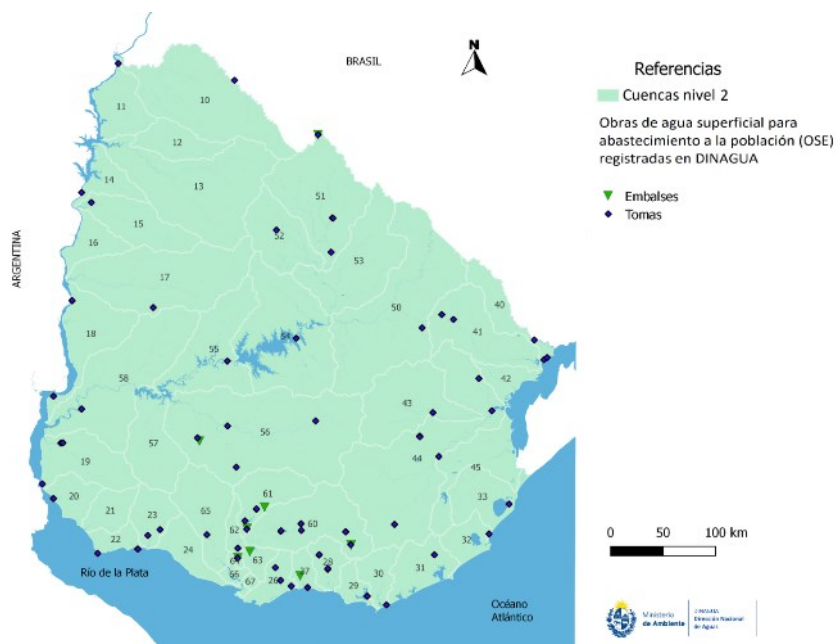


Figura 11. Obras de agua superficiales registradas para abastecimiento a la población (OSE)

% Presión hídrica

En la Figura 12 se presenta un análisis del porcentaje de presión hídrica según aporte medio de verano (diciembre a marzo) por cuenca nivel 2, considerando los volúmenes otorgados para ese cuatrimestre para las obras de aprovechamientos de aguas superficiales (embalses, tanques y tomas) registradas en Dinagua en el año 2024. Se identifican las principales cuencas de prioridad del uso del agua para abastecimiento a la población (por OSE) y deben considerarse las obras de la Figura 11.

Es necesario considerar que los valores promedios no son frecuentes, dada la variabilidad hidrológica. Para el régimen hidrológico del país se considera como criterio de baja presión menor al 5%, dado que el Q80 representa en promedio el 5% del caudal medio de verano y, por tanto, puede generar presión en verano.

Cabe aclarar que el análisis de cuenca nivel 2 se realiza a modo de síntesis y puede mostrar sesgos generalizados por el registro de ciertas obras de gran porte que influyen en toda la cuenca o pueden no mostrar zonas comprometidas en subcuencas aguas arriba.

⁶ https://www.ambiente.gub.uy/informacion_hidrica/index.php

Los mayores valores en la Laguna Merín pueden deberse a zonas en que la cuenca está regulada, por ejemplo, por la Represa India Muerta que no se utiliza todo el volumen y también por tomas que se ubican en canalizaciones.

Cuanto mayor sea el universo de obras registradas y se mejore el monitoreo de agua, se podrá mejorar el balance hídrico y realizar una mejor gestión del recurso hídrico.

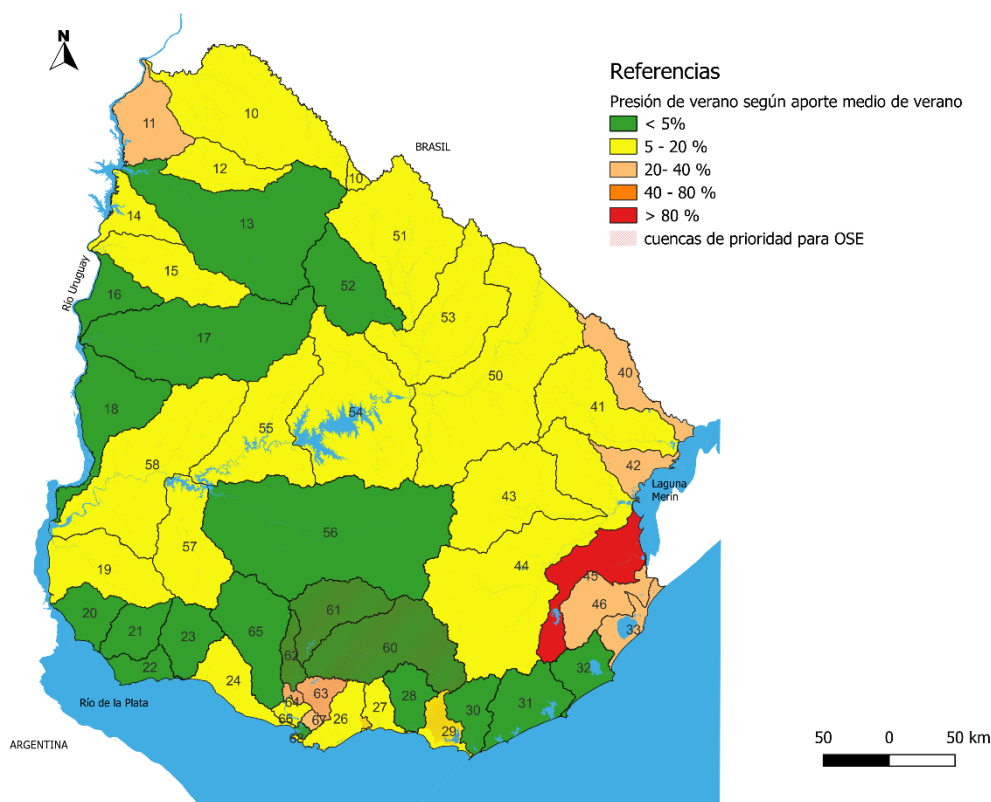


Figura 12. Porcentaje de presión hídrica según aporte medio de verano (diciembre a marzo) por cuenca nivel 2, considerando los volúmenes otorgados para obras de aguas superficiales (embalses, tanques excavados y tomas) en ese período registradas en Dinagua al 2024. Valores que se ajustan continuamente con el ingreso, vencimiento y renovación de obras del Registro Público de Aguas. No se incluyen las obras con fines de regulación y/o ubicadas en zonas de afluencia. También se muestran las cuencas de prioridad para abastecimiento a la población (OSE).

Se presenta la información disponible para considerar los criterios propuestos de la determinación de caudales ambientales a escala de cuenca, considerando la importancia para: 1 - la conservación y el uso sustentable del agua; y 2 - el porcentaje de presión de los recursos hídricos.

La cuenca hidrográfica es la unidad de análisis para la planificación y la gestión de los recursos hídricos. El análisis del contexto general de cuenca también es necesario considerarlo y profundizarlo en el estudio de la obra hidráulica a nivel de subcuenca.

En la Tabla 10 se resume la información del porcentaje de presión hídrica de verano, usos prioritarios del agua, sitios o ecosistemas de importancia para la conservación y la recomendación del método de caudales ambientales por cuenca nivel 2 y se mapea en la Figura 13.

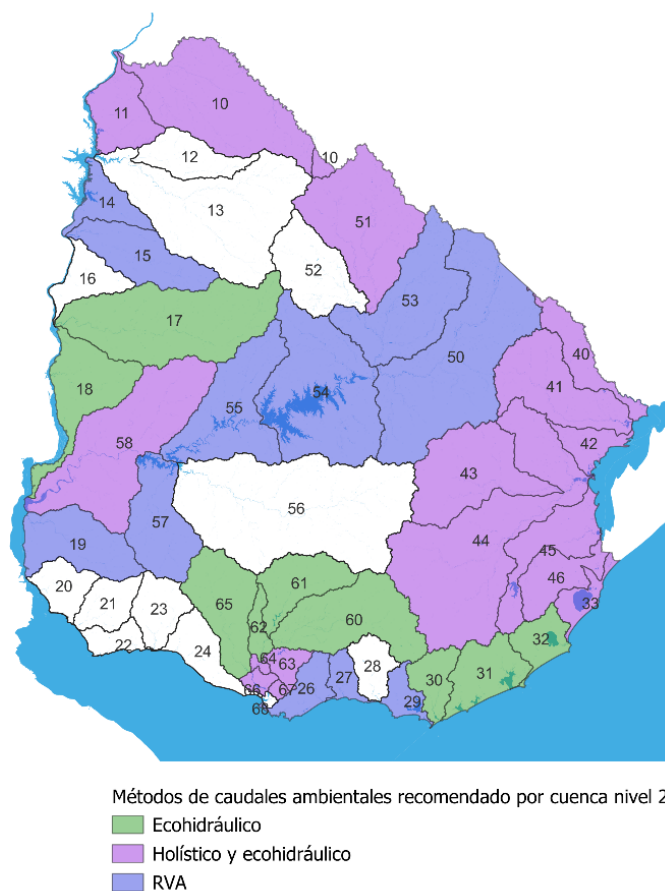


Figura 13. método de caudales ambientales recomendado por cuenca nivel 2

Tabla 9. Cruce de información sobre porcentaje de presión hídrica de verano, usos prioritarios del agua, áreas de protección y la recomendación del método de caudales ambientales por cuenca nivel 2.

Cuenca nivel 2	% Presión hídrica verano	Usos del agua prioritarios	Áreas de protección	método de caudales ambientales recomendado
10	8,4%	Abastecimiento a población	SNAP: Rincón de Franquía	Ecohidráulico; Holístico
11	21,3%	Abastecimiento a población	SNAP: Rincón de Franquía	Ecohidráulico; Holístico
12	5,9%			
13	3,8%			
14	6,6%	Abastecimiento a población		RVA
15	6,0%	Abastecimiento a población		RVA
16	4,2%			
17	1,6%	Abastecimiento a población	SNAP: Montes del Queguay	Ecohidráulico

18	4,4%	Abastecimiento a población	SNAP: Esteros de Farrapos e Islas del Río Uruguay y Esteros y Algarrobales del Río Uruguay / Sitio Ramsar Esteros de Farrapos e Islas del Río Uruguay	Ecohidráulico
19	6,0%	Abastecimiento a población		RVA
20	4,7%	Abastecimiento a población		
21	4,1%			
22	1,6%	Abastecimiento a población		
23	0,4%	Abastecimiento a población		
24	5,7%			
26	5,6%	Abastecimiento a población		RVA
27	13,4%	Abastecimiento a población		RVA
28	1,6%	Abastecimiento a población		
29	16,3%	Abastecimiento a población		RVA
30	2,4%	Abastecimiento a población	SNAP: Cabo Polonio y Laguna de Castillos	Ecohidráulico
31	1,6%	Abastecimiento a población	SNAP: Laguna Garzón y Laguna de Rocha; Sitio Ramsar y Reserva Biósfera: Laguna de Rocha	Ecohidráulico
32	2,2%	Abastecimiento a población	Sitio Ramsar y Reserva Biósfera: Bañados del Este	Ecohidráulico
33	22,2%	Abastecimiento a población	SNAP: Cerro Verde, Potrerillo de Santa Teresa, Laguna Negra; Sitio Ramsar y Reserva Biósfera: Bañados del Este	Ecohidráulico; Holístico
40	23,7%	Abastecimiento a población	SNAP: Paso Centurión y Sierra de Ríos; Sitio Ramsar y Reserva Biósfera: Bañados del Este	Ecohidráulico; Holístico

41	11,3%	Abastecimiento a población	Sitio Ramsar y Reserva Biósfera: Bañados del Este	Ecohidráulico; Holístico
42	39,5%		Sitio Ramsar y Reserva Biósfera: Bañados del Este	Ecohidráulico; Holístico
43	7,8%	Abastecimiento a población	SNAP: Quebrada de los Cuervos; Sitio Ramsar y Reserva Biósfera: Bañados del Este	Ecohidráulico; Holístico
44	18,3%	Abastecimiento a población	Sitio Ramsar y Reserva Biósfera: Bañados del Este	Ecohidráulico; Holístico
45	102,6%		SNAP: Sitio Ramsar y Reserva Biósfera: Bañados del Este	Ecohidráulico; Holístico
46	32,7%		SNAP: San Miguel; Sitio Ramsar y Reserva Biósfera: Bañados del Este	Ecohidráulico; Holístico
50	12,7%	Abastecimiento a población; UTE		RVA
51	6,1%	Abastecimiento a población; UTE	SNAP: Valle del Lunarejo y Laureles-Cañas; Reserva Biósfera Bioma Pampa	Ecohidráulico; Holístico
52	3,3%	Abastecimiento a población; UTE		
53	7,4%	UTE		RVA
54	7,5%	Abastecimiento a población; UTE		RVA
55	7,7%	Abastecimiento a población; UTE		RVA
56	2,1%	Abastecimiento a población; UTE		
57	6,3%	UTE		RVA
58	6,1%	Abastecimiento a población	SNAP propuesta: Bosques del Río Negro	Ecohidráulico; Holístico

60	3,8%		SNAP propuesta: Parque Nacional Arequita y aguas arriba de SNAP: Humedales del Santa Lucía	
		Abastecimiento a población		Ecohidráulico
61	2,7%	Abastecimiento a población	aguas arriba de SNAP: Humedales del Santa Lucía	Ecohidráulico
62	3,4%	Abastecimiento a población	SNAP: Humedales del Santa Lucía	Ecohidráulico
63	31,8%	Abastecimiento a población	SNAP: Humedales del Santa Lucía	Ecohidráulico; Holístico
64	21,4%	Abastecimiento a población	SNAP: Humedales del Santa Lucía	Ecohidráulico; Holístico
65	3,4%	Abastecimiento a población	SNAP: Humedales del Santa Lucía	Ecohidráulico
66	12,5%		SNAP: Humedales del Santa Lucía	Ecohidráulico; Holístico
67	21,4%		SNAP: Humedales del Santa Lucía	Ecohidráulico; Holístico
68	4,8%		SNAP: Humedales del Santa Lucía	Ecohidráulico

GLOSARIO

Cuenca hidrográfica

La cuenca hidrográfica es una zona de la superficie terrestre, delimitada por la línea divisoria de agua, en donde las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas hacia un mismo punto de salida

Gestión integrada de recursos hídricos

Proceso que promueve el desarrollo y gestión coordinados del agua, la tierra y los recursos naturales, con el fin de maximizar el bienestar humano resultante de manera equitativa sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales (GWP 2000).

Modelos hidrológicos

Los modelos hidrológicos son una representación simplificada del comportamiento hidrológico en la cuenca, con el objetivo de reproducir las variables hidrometeorológicas (humedad suelo, caudal, escorrentía, flujo subterráneo, etc.) y entender el comportamiento en la cuenca hidrográfica. La importancia de la modelación radica en el hecho de que permite conocer que podría suceder en el futuro debido a cambios en el patrón climático en la cuenca, urbanización, impacto en el uso de suelo, entre otras. Adicionalmente, el modelo permite conocer que está sucediendo en los puntos dentro de la cuenca, donde no existe medición. Sin embargo, debe tenerse en consideración, que los modelos hidrológicos no son perfectos y no crean información, solamente permiten un mejor uso de la información existente.

Probabilidad de excedencia

Porcentaje de tiempo donde el caudal es igualado o excedido, en base a la curva de frecuencia de ocurrencia del caudal.

Régimen hidrológico

Variaciones del estado y características de una masa de agua que se repiten regularmente en el tiempo y en el espacio y que son cíclicas, por ejemplo, estacionales.

Servicios ecosistémicos

Los servicios ecosistémicos se definen como los beneficios que la sociedad obtiene de los ecosistemas (MA 2003). Son aquellas funciones o procesos ecológicos que directa o indirectamente contribuyen al bienestar humano o tienen un potencial para hacerlo en el futuro (EPA 2004).

BIBLIOGRAFÍA

- Bovee KD. 1986. Development and evaluation of habitat suitability criteria for use in the Instream Flow Incremental Methodology. Instream Flow Information Paper 21. U.S. Fish Wildl. Ser. Biol. Rep. 86 (7). 235pp
- Dinagua. 2019. Regionalización de estadísticas de caudales
- Dyson M, Bergkamp G & Scanlon J (Eds.). 2003. Caudal. Elementos esenciales de los caudales ambientales. Tr. José María Blanch. San José, C.R.: UICN-ORMA. xiv+125 pp.
- Gordon ND, Mc Mahon TA & Finlayson BL. 1992. Stream hydrology. An Introduction for ecologists. J. Wiley and Sons, Toronto.
- King JM, Tharme RE, de Villiers MS. (Eds.). 2000. Environmental flow assessments for rivers: Manual for the Building Block Methodology. Water Research Commission Technology
- King J, Brown C & Sabet H. 2003. A scenario-based holistic approach to environmental flow assessments for rivers. *River Research and Applications*, 19: 619–639.
- Matthews RC & Bao Y. 1991 The Texas method of preliminary instream flow determination. *Rivers* 2(4): 295-310.
- MGAP. 2012. Manual para el diseño y la construcción de tajamares de aguada
- MVOTMA-Dinagua e IMFIA 2011. Manual de Pequeñas Presas.
- Horne AC, Webb JA, Stewardson MJ, Richter B & Acreman M. 2017. Water for the Environment from Policy and Science to Implementation and Management. Academic Press. 758pp.
- Poff NL, Allan JD, Bain MB, Karr JR, Prestegard KL, Richter BD, Sparks RE & Stromberg JC. 1997. The natural flow regime. A paradigm for river conservation and restoration. *BioScience*, 47(11):769–784
- Poff NL, Richter BD, Arthington AH, Bunn S, Naiman RJ, Kendy E, Acreman M, Apse C, Bledsoe BP, Freeman MC, Henriksen J, Jacobson RB, Kennen JG, Merritt DM, O’Keeffe JH, Olden JD, Rogers K, Tharme RE & Warner A. 2010. The ecological limits of hydrologic alteration (ELOHA): a new framework for developing regional environmental flow standards. *Freshwater Biology* 55: 147–170
- Poff NL, Tharme R & Arthington AH. 2017. Chapter 11 Evolution of environmental flows assesment science principles, and methodologies. In: Horne AC, Webb JA, Stewardson MJ,

- Richter B & Acreman M. 2017. Water for the Environment from Policy and Science to Implementation and Management. Academic Press.
- Richter BD, Baumgartner JV, Powell J & Braun DP. 1996. A method for assessing hydrologic alteration within ecosystems. *Conservation Biology*, 10(4):1163-1174.
- Richter BD, Baumgartner JV, Wigington R & Braun DP. 1997. How much water does a river need? *Freshwater Biology*, 37:231-249.
- Tennant DL. 1976. Instream flow regimens for fish, wildlife, recreation and related environmental resources. *Fisheries*, 1(4): 6–10.
- Tharme RE. 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
- UNESCO 2014. Qué son los caudales ambientales y cuál es la perspectiva de su aplicación en Uruguay. Documento Técnico PHI-VIII UNESCO. Nº3. 28pp. Autores: Sabaj V, Rodríguez-Gallego L, Chreties Ch, Crisci M, Fernández M, Colombo N, Lanzilotta B, Saravia M, Neme C, & Conde D.