



CUT: 79057

## RESOLUCIÓN JEFATURAL N° 154 -2016-ANA

Lima, 15 JUN. 2016

### VISTO:

El Informe Técnico N° 037-2016-ANA-DCPRH-ERH-CLI/FCC de la Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos; y

### CONSIDERANDO

Que, el literal 3) del artículo 15° de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos, establece que es función de la Autoridad Nacional del Agua, dictar normas y establecer procedimientos para asegurar la gestión integral y sostenible de los recursos hídricos;

Que, el artículo 153° del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2010-AG, define al caudal ecológico como el volumen de agua que se debe mantener en las fuentes naturales de agua para la protección o conservación de los ecosistemas involucrados, la estética del paisaje u otros aspectos de interés científico o cultural;

Que, según el artículo 155° del citado Reglamento, las metodologías para la determinación del caudal ecológico serán establecidas por la Autoridad Nacional del Agua, en coordinación con el Ministerio del Ambiente, con la participación de las autoridades sectoriales competentes, en función a las particularidades de cada curso o cuerpo de agua y los objetivos específicos a ser alcanzados;

Que, según el artículo 33° literal c) del Reglamento de Organización y Funciones de la Autoridad Nacional del Agua, es función de la Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos "Proponer normas en materia de establecimiento de caudales ecológicos";

Que, la citada Dirección, propone la aprobación de la metodologías para la determinación del caudal ecológico que tienen por objeto orientar el desarrollo de los estudios para la determinación de los caudales ecológicos en el marco del cumplimiento de las funciones de esta Autoridad;

Que, mediante Resolución Jefatural N° 117-2015-ANA, se prepublicó el proyecto de "Lineamientos para la Elaboración de Estudios sobre Caudales Ecológicos"; sin embargo estando a los aportes y sugerencias de las personas vinculadas en la materia, se estimó necesario elaborar una nueva propuesta de metodología para determinar caudales ecológicos, la misma que de igual forma se prepublicó mediante Resolución Jefatural N° 098-2016-ANA;

Que, asimismo, se han realizado las coordinaciones con el Ministerio del Ambiente conforme queda acreditado con el Oficio N° 505-2016-ANA-SG/DCPRH de la Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos, con el cual se solicitó opinión a la propuesta de metodología para determinar caudales ecológicos; por su parte la Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental del Ministerio del Ambiente ha remitido el Informe Técnico N° 0026-2016-MINAM/VMGA/DGPNIGA conteniendo sus aportes, los cuales han sido evaluados y recogidos;



Que, en ese contexto, habiéndose cumplido con las formalidades establecidas en el artículo 155° del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2010-AG resulta necesario aprobar la Metodología para Determinar Caudales Ecológicos;

Estando a lo opinado por la Dirección de Conservación y Planeamiento de los Recursos Hídricos, con los vistos de la Secretaría General y de la Oficina Asesoría Jurídica, en uso de la facultad conferida a este Despacho por el artículo 11 del Reglamento de Organización y Funciones de la Autoridad Nacional del Agua, aprobado por Decreto Supremo N° 006-2010-AG; y, en aplicación del artículo 14° del Decreto Supremo N° 001-2009-JUS y el artículo 39° del Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM.

**SE RESUELVE:**

**Artículo 1°.- Aprobación de Metodología para Determinar Caudales Ecológicos.**

Aprobar la Metodología para Determinar Caudales Ecológicos, la misma que consta de tres (03) títulos, catorce (14) artículos, una (01) disposición complementaria transitoria y tres (03) anexos y que forma parte integrante de la presente resolución.

**Artículo 2°.- Publicación**

Disponer la publicación de la presente resolución en el Diario Oficial El Peruano; así como de la Metodología para Determinar Caudales Ecológicos y sus anexos, en el portal web de la Autoridad Nacional del Agua.

**Regístrese, comuníquese y publíquese.**



**JUAN CARLOS SEVILLA GILDEMEISTER**

Jefe

Autoridad Nacional del Agua

*[A large, handwritten blue scribble or signature mark that spans across the right side of the page, partially overlapping the official stamp and signature area.]*



# “METODOLOGÍA PARA DETERMINAR CAUDALES ECOLÓGICOS”

## TITULO I DISPOSICIONES GENERALES

### Artículo 1º.- Objeto

La presente Resolución tiene por objeto establecer las metodologías y criterios aplicables para la determinación de los caudales ecológicos, con arreglo a las disposiciones establecidas en la Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338 y su Reglamento aprobado por Decreto Supremo N° 01-2010-AG.

### Artículo 2º.- Ámbito de aplicación

La presente norma es de aplicación a nivel nacional y de cumplimiento por todas las personas públicas o privadas que intervienen en la elaboración y aprobación de estudios de determinación de caudales ecológicos, sea para fines de planificación hídrica o para fines de acreditación disponibilidad hídrica de proyectos de inversión.

### Artículo 3.- Formalidad de aprobación de caudal ecológico

- 3.1 La Autoridad Administrativa del Agua determinara los caudales ecológicos en el mismo acto que otorga la acreditación de la disponibilidad hídrica para el desarrollo de proyectos de inversión.
- 3.2 La acreditación de disponibilidad hídrica se otorga mediante “Resolución de Aprobación de Disponibilidad Hídrica” o mediante la “Opinión Técnica Favorable a la Disponibilidad Hídrica” contenida en el Instrumento de Gestión Ambiental, ambas otorgadas por la Autoridad Administrativa del Agua.
- 3.3 Sin perjuicio de lo señalado en los numerales precedentes, la Autoridad Administrativa del Agua, de oficio, podrá aprobar los caudales ecológicos referenciales aplicando las reglas establecidas en el artículo 5 de la presente resolución.
- 3.4 En los casos señalados en el numeral 3.3, los caudales ecológicos referenciales podrán ser modificados a solicitud de los titulares de proyectos de inversión aplicando los estudios específicos de caudal ecológico conforme a la presente resolución.

### Artículo 4.- Caudal Ecológico e Instrumento de Gestión Ambiental

El estudio para determinar el caudal ecológico se elaborará conforme los lineamientos de la presente resolución y podrá constituir parte integrante que se incorpora en el instrumento de Gestión Ambiental aplicable al proyecto de Inversión.

### Artículo 5.- Ejercicio de derechos de uso de agua

- 5.1 La determinación de caudales ecológicos efectuada a mérito de la presente resolución no afecta el ejercicio de los derechos de uso de agua otorgados con anterioridad a su entrada en vigencia.
- 5.2 La presente resolución no afecta a los caudales ecológicos ni a los estudios de aprovechamiento hídrico o acreditaciones de disponibilidad hídrica aprobados con anterioridad a su entrada en vigencia.
- 5.3 Los caudales ecológicos, estudios de aprovechamiento hídrico o acreditaciones de disponibilidad hídrica aprobados con anterioridad a la entrada en vigencia de la presente resolución mantendrán su validez.

## TITULO II

## METODOLOGÍA Y CRITERIOS GENERALES PARA DETERMINAR CAUDALES ECOLÓGICOS

### Artículo 6.- Caudal ecológico referencial

- 6.1 El caudal ecológico referencial será el equivalente al caudal determinado al 95% (noventa y cinco por ciento) de persistencia en el tramo de interés de la fuente natural de agua.
- 6.2 El estudio de determinación del caudal ecológico referencial se realiza utilizando información estadística de los últimos 20 años. A falta de información, esta será generada utilizando el modelamiento hidrológico o estocástico.

### Artículo 7.- Estudios específicos para determinar caudales ecológicos

- 7.1 Los titulares de proyectos de inversión que soliciten la aprobación de caudales ecológicos deberán presentar optativamente:



- a) Un estudio que determine el caudal ecológico referencial conforme a la regla establecida en el artículo 5; o,
- b) Un estudio específico de caudal ecológico que determine valores distintos al caudal ecológico referencial.

7.2 La complejidad de los estudios específicos señalados en el literal b) del numeral 6.1 estará en función a la naturaleza del instrumento de gestión ambiental aplicable al proyecto de inversión conforme al siguiente detalle:

- a) Proyectos con Declaración de Impacto Ambiental: Estudios aplicando el método hidrológico o hidráulico.
- b) Proyectos con Estudio de Impacto Ambiental Detallado o Semidetallado: Estudios aplicando el método de simulación de hábitat u Holístico.

#### Artículo 8.- Inaplicación de los caudales ecológicos referenciales

8.1 Los caudales ecológicos referenciales señalados en el artículo 5° no resultan de aplicación en cualquiera de los siguientes casos:

- a) Se amenaza la supervivencia de determinadas especies hidrobiológicas clave para el desarrollo de actividades preexistentes cuya conservación se pretende mantener.
- b) Se amenaza la supervivencia de determinadas especies hidrobiológicas endémicas o que resulten necesarias para el mantenimiento de los ecosistemas acuáticos según recomendación del Ministerio del Ambiente.
- c) En los casos que los proyectos de infraestructura ocasionen impactos irreversibles en el régimen hidrológico.

8.2 En los casos señalados en el numeral 8.1, la determinación del caudal ecológico se sustentará en un estudio específico cuya metodología permita acreditar la conservación de los procesos que se pretenden mantener.

#### Artículo 9.- Contenido mínimo de los estudios para determinar los caudales ecológicos

Los estudios para determinar el caudal ecológico se elaboran conforme al contenido mínimo que se detalla en los siguientes anexos que forman parte integrante de la presente resolución:

- a) **ANEXO 1** Caudal ecológico Referencial
- b) **ANEXO 2** Caudal ecológico específico para Proyectos con Declaración de Impacto Ambiental
- c) **ANEXO 3** Caudal ecológico específico para Proyectos con Estudio de Impacto Ambiental Detallado o Semidetallado

### TITULO III

#### CAUDALES ECOLÓGICOS Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS HÍDRICOS

##### Artículo 10.- Caudales Ecológicos y Planes de Gestión de Recursos Hídricos de Cuenca

Los caudales ecológicos referenciales o específicos aprobados conforme a las disposiciones de la presente resolución se incorporan en los Planes de Gestión de Recursos Hídricos de Cuenca.

##### Artículo 11.- Caudales Ecológicos y Planes aprovechamiento Hídrico

Los planes de aprovechamiento hídrico y demás instrumentos en base a los cuales se efectúa la distribución de recursos hídricos deberán considerar los caudales ecológicos.

##### Artículo 12.- Caudales Ecológicos y declaratoria de agotamiento de fuente natural

Cuando el caudal resultante de la fuente natural, luego de descontar los caudales aplicables en los usos actuales, resulta igual o inferior al caudal ecológico referencial o al caudal ecológico específico aprobado, se procederá a declaratoria de fuente natural de agua agotada quedando prohibido el otorgamiento de nuevos derechos de agua

##### Artículo 13.- Pequeñas obras que involucran fuentes naturales de agua

- 13.1 Se podrá otorgar la acreditación de disponibilidad prescindiendo la aprobación del caudal ecológico para pequeñas obras que no alteren los cursos o cuerpos naturales de agua, el volumen ni la calidad de los recursos hídricos.
- 13.2 No podrán acogerse a los beneficios de esta norma las obras susceptibles de causar impacto ambiental



contenidos en el Anexo II del Reglamento de la Ley del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental aprobado por Decreto Supremo N° 09-2009-MINAM.

**Artículo 14.- Publicidad**

Disponer la publicación de la presente resolución y de los Anexos que forman parte integrante en el portal institucional de la Autoridad Nacional del Agua: [www.ana.gob.pe](http://www.ana.gob.pe).

**DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA TRANSITORIA**

**Procedimientos en Trámite**

Los procedimientos en trámite sobre acreditación de disponibilidad hídrica o determinación de caudal ecológico seguirán rigiéndose por las disposiciones vigentes hasta el momento de la expedición de la presente resolución.



## ANEXO 1 CAUDAL ECOLÓGICO REFERENCIAL

Para la presentación del estudio de caudal ecológico referencial, se realizara tomando en cuenta el siguiente contenido:

### Introducción

Deberá presentar de forma resumida los antecedentes y la motivación para el desarrollo del estudio.

### Objetivo

Señalar claramente el propósito del estudio.

### Ubicación del tramo de río

Presentará un mapa del tramo de río en el cuál se determinará el caudal ecológico de referencia.

### Descripción general del río

Presentará una descripción general del río, señalando la presencia de flora o fauna, procesos de erosión y sedimentación, actividades económicas, calidad, usos del agua, etc.

### Presentación de cálculos

El caudal ecológico referencial se define como el caudal al 95% de persistencia; este se obtiene a partir de las curvas de duración para cada serie de datos medios mensuales, de una serie histórica de por lo menos 20 años. El procedimiento de cálculo se detalla a continuación:

1. Ordenar la serie de datos de caudales medios en columnas, donde cada columna, representa los datos correspondientes a un mes específico.
2. En una columna a la izquierda de las series de datos, se coloca el número de orden de cada dato (m), empezando desde 1 hasta N, donde N es el número de datos de caudales medios. Ver Tabla 1.
3. En otra columna a la derecha de la columna con el orden de cada dato, calcular la probabilidad  $p = m/N*100$ . Ver Tabla 1.
4. En las siguientes columnas, colocar los datos de caudales medios. Una columna por mes.
5. Ordenar cada columna con datos de caudales medios de mayor a menor. Ver Tabla 1.
6. Calcular los datos que corresponden a  $p = 95\%$ . Si en la columna de probabilidades, no se encuentra un valor exacto de  $p = 95\%$ , se deberá interpolar los valores adyacentes (interpolación lineal) para calcular el valor. Ver Tabla 2.

### Conclusiones

Presentar las conclusiones a partir de los resultados obtenidos en el cálculo.

### Anexos

Presentar la información hidrometeorológica e hidrométrica histórica, completada y sintética

Tabla 1.- Plantilla de cálculo

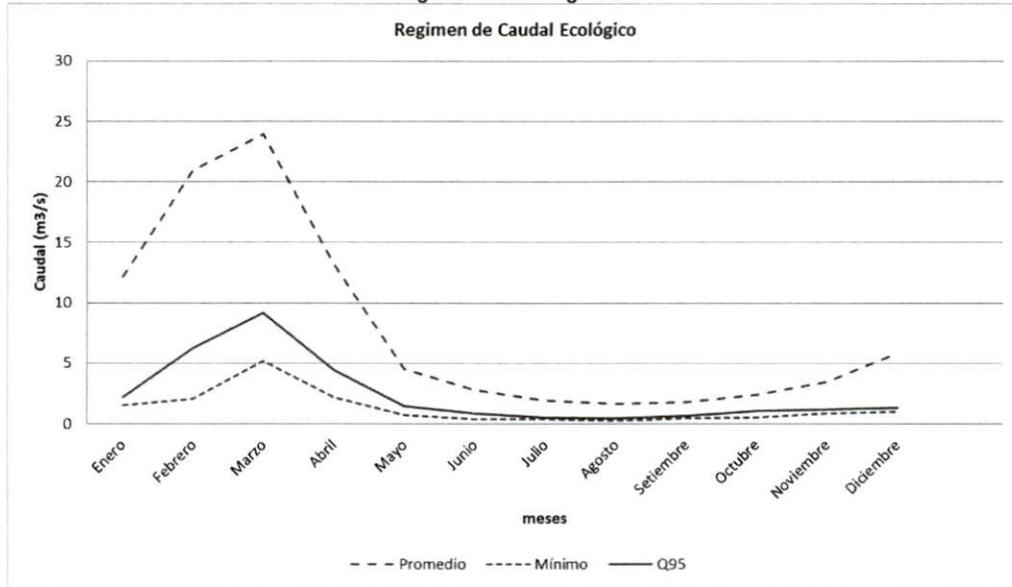
m	p (%)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	1.96	48.01	88.46	96.97	64.31	37.19	15.52	8.21	7.33	9.02	15.31	11.38	8.48
2	3.92	25.05	33.45	64.20	43.59	31.07	10.85	8.18	5.14	7.67	10.42	9.95	8.11
3	5.88	19.71	27.07	48.13	41.43	19.55	9.75	8.13	4.62	5.56	7.41	8.35	7.77
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
38	93.65	2.17	6.18	9.03	4.37	1.47	0.86	0.52	0.43	0.65	1.00	1.21	1.34
39	95.24	1.99	5.21	8.09	3.33	1.31	0.77	0.51	0.37	0.65	0.90	1.17	1.31
N-1	$(N-1)/N*100$	1.46	1.41	3.69	3.54	2.40	2.12	1.48	0.89	0.81	1.25	1.34	1.43
N	$N/N*100$	1.25	1.32	2.51	3.43	1.70	1.39	1.42	0.85	0.70	1.22	1.12	1.07



Tabla 2.- Determinación del caudal ecológico

p (%)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
95	2.02	5.36	8.23	3.48	1.34	0.79	0.51	0.38	0.65	0.92	1.17	1.31

Figura 1.- Hidrograma



## ANEXO 2 CAUDAL ECOLÓGICO ESPECÍFICO PARA PROYECTOS CON DECLARACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Los lineamientos tienen el propósito de servir de guía para la preparación de los estudios de caudal ecológico para la determinación de la disponibilidad hídrica en ríos. La elaboración de dicho estudio debe considerar al menos la estructura siguiente:

### 1. Introducción

Deberá presentar de forma resumida los antecedentes y la motivación para el desarrollo del estudio.

### 2. Objetivos

Ante la propuesta de desarrollar un proyecto o actividad que alterará las condiciones hidrológicas y/o la conectividad longitudinal y lateral natural de un río; deberá señalarse con claridad, cuales son los objetivos ecológicos, hidrológicos y/o geomorfológicos que se propone alcanzar con el caudal ecológico.

En los caso de haber instrumentos de gestión ambientales aprobados para el tramo del proyecto o planes de gestión de recursos hídricos aprobados para la cuenca, deberá haber coherencia los objetivos que estén previstos en estos.

### 3. Descripción del río

Se describirá de forma general el río que será estudiado, el área de evaluación será el área de influencia del proyecto aguas arriba y aguas abajo de este. Se presentará el mapa general del área de estudio, mostrando claramente el cauce del río, afluentes y la ubicación de infraestructura hidráulica si existiera. Esto con la finalidad de poder evaluar la zona en estudio en el contexto de una mayor longitud del río.

Para el tramo del río en estudio se debe describir los procesos ecológicos, hidrológicos y geomorfológicos, que se identifiquen al momento de la elaboración del estudio.

Deberá acompañarse de un registro fotográfico que acompañe todas las descripciones realizadas para la descripción del río.

#### 3.1. Descripción del tramo del río

El área de influencia debe determinarse considerando los siguientes criterios:

- Si por efecto de la infraestructura a construir se realizará un represamiento del río, el área de influencia hacia aguas arriba es hasta donde el efecto de la alteración del nivel y velocidad del agua se calcule (remanso).
- Si el proyecto alterará la cantidad de agua que discurre por el río, el área de influencia hacia aguas abajo, será hasta el punto en el que esta reducción de caudal sea observable y significativa.
- Si el proyecto alterará la variabilidad estacional, mensual, diaria u horaria de los caudales el área de influencia hacia aguas abajo, será hasta el punto en el que esta variabilidad de caudales sea observable y significativa.

#### 3.2. Evaluación del régimen hidrológico y la hidráulica del río

En la evaluación debe describirse todos los componentes que caracterizan el régimen hidrológico del río, en su estado natural y estado actual (en caso de encontrarse alterado) y la información será sistematizada en varias escalas de tiempo (diaria, mensual o interanual), dependiendo de la escala de tiempo de la información. Se analizará el comportamiento interanual y estacional de



los caudales. Deberá ponerse énfasis en evaluar los caudales base existentes en periodos de estiaje.

Basado en el principio de que la integridad de los sistemas hídricos dependen largamente del carácter de su dinámica natural, son cinco componentes críticos del régimen de flujo que regulan los procesos ecológicos en los ecosistemas fluviales: la magnitud, frecuencia, duración, momento y velocidad de cambio de las condiciones hidrológicas (Poff et al., 1997; Richter et al., 1996). Estos componentes son el vínculo teórico entre la hidrología y los procesos ecológicos.

Por ejemplo la magnitud de los caudales en cualquier tiempo dado, es una medida de la disponibilidad o la idoneidad del hábitat y define atributos del hábitat tales como el área mojada o volumen del hábitat, o la posición del espejo de agua relacionado a humedales o zonas radicales de plantas ribereñas; mientras que el momento de ocurrencia de una condición natural particular del flujo (estiaje o avenidas) puede determinar, que ciertos requerimientos del ciclo de vida sean alcanzados o influenciar el grado de stress o mortalidad para varias especies.

En el caso de caudales alterados (por regulación o trasvase), se caracterizará conforme a lo ya señalado y además se realizará el análisis de cuáles son las variaciones hidrológicas respecto a la condición natural en el río. Esto permitirá sustentar el nivel de alteración ya existente.

### 3.3. **Evaluación de la geomorfología fluvial**

Se describirá los procesos de erosión y sedimentación en el tramo del río.

### 3.4. **Evaluación del estado de las condiciones hidrobiológicas**

Se describirá las especies de flora y fauna en el tramo del río.

### 3.5. **Evaluación de la calidad del agua**

Describirá la calidad del agua en el tramo del río.

### 3.6. **Identificación de la importancia social, económica y ecológica del ecosistema acuático y de las planicies de inundación**

Se deberá describir si en el tramo del río se realizan actividades económicas o sociales, donde el río sea parte de la actividad.

## 4. **Descripción de la infraestructura hidráulica del proyecto**

Presentará una descripción de la infraestructura hidráulica emplazada en los cuerpos de agua y sus bienes asociados, con planos a escala adecuada y memorias descriptivas con el detalle de sus características.

En el caso de los proyectos de aprovechamiento hídrico se describirá también cuál será la forma de operación del sistema hidráulico y detallar las características de la infraestructura que permitirá la continuidad del flujo del agua y la conservación del ecosistema, en los casos que corresponda.

De ser el caso describirá la infraestructura diseñada para mantener la conectividad longitudinal y/o transversal del río.

## 5. **Estimación del Caudal Ecológico**

Se pueden emplear metodologías hidrológicas o hidráulicas. Deberá sustentarse los valores obtenidos, analizando como contribuyen al logro de los objetivos definidos.

## 6. **Reglas de Operación**

Se presentará cuáles serán las reglas de operación de la infraestructura para permitir proveer del caudal ecológico que se haya estimado.



## 7. Programa de Monitoreo

Se presentará el plan de monitoreo y los indicadores que permitan conocer si en el tramo del río en el área de influencia del proyecto se están alcanzando las metas planteadas para los objetivos definidos en el estudio de caudal ecológico. Estos monitoreos se corresponden con los presentados a la autoridad competente según el instrumento de gestión ambiental aprobado.

Así mismo, se debe establecer la relación entre estos indicadores y los caudales ecológicos propuestos.

## 8. Plan de Manejo Adaptativo

Se planteará cuáles serían las acciones a implementar en caso los indicadores muestren que no se estén alcanzando los objetivos de conservación planteados. Las acciones planteadas deben ser concordantes con los existentes en los instrumentos ambientales, de ser el caso.



## ANEXO 3

### CAUDAL ECOLÓGICO ESPECÍFICO PARA PROYECTOS CON ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DETALLADO O SEMIDETALLADO

Los lineamientos tienen el propósito de servir de guía para la preparación de los estudios de caudal ecológico para la determinación de la disponibilidad hídrica en ríos. La elaboración de dicho estudio debe considerar al menos la estructura siguiente:

#### 9. Introducción

Deberá presentar de forma resumida los antecedentes y la motivación para el desarrollo del estudio.

#### 10. Objetivos

Ante la propuesta de desarrollar un proyecto o actividad que alterará las condiciones hidrológicas y/o la conectividad longitudinal y lateral natural de un río; deberá señalarse con claridad, cuales son los objetivos ecológicos, hidrológicos y geomorfológicos que se propone alcanzar con el caudal ecológico.

En los caso de haber instrumentos de gestión ambientales aprobados para el tramo del proyecto o planes de gestión de recursos hídricos aprobados para la cuenca, deberá haber coherencia los objetivos que estén previstos en estos.

#### 11. Descripción del río

Se describirá de forma general el río que será estudiado, el área de evaluación será el área de influencia del proyecto aguas arriba y aguas abajo de este. Se presentará el mapa general del área de estudio, mostrando claramente el cauce del río, afluentes y la ubicación de infraestructura hidráulica si existiera. Esto con la finalidad de poder evaluar la zona en estudio en el contexto de una mayor longitud del río.

Para los tramos específicos del río en estudio se deben detallar los procesos ecológicos, hidrológicos y geomorfológicos, que se identifiquen al momento de la elaboración del estudio.

El alcance y complejidad del estudio estará en función de la realidad y el nivel de intervención que exista en el río. Así mismo deberá acompañarse de un registro fotográfico que acompañe todas las descripciones realizadas para la descripción del río.

##### 11.1. Definición de tramos y secciones del río

Para el estudio de las características del río, no es necesario hacer el estudio detallado del río en su totalidad, para ello es posible hacerlo seleccionando secciones que representen las diferentes características observadas en los diferentes tramos del río.

En los casos de los proyectos sujetos al Sistema Nacional de Evaluación Ambiental los tramos en estudio estarán en función al área de influencia establecida en el Instrumento de Gestión Ambiental.

El área de influencia debe determinarse considerando los siguientes criterios:

- Si por efecto de la infraestructura a construir se realizará un represamiento del río, el área de influencia hacia aguas arriba es hasta donde el efecto de la alteración del nivel y velocidad del agua se calcule (remanso).
- Si el proyecto alterará la cantidad de agua que discurre por el río, el área de influencia hacia aguas abajo, será hasta el punto en el que esta reducción de caudal sea observable y significativa.



- Si el proyecto alterará la variabilidad estacional, mensual, diaria u horaria de los caudales el área de influencia hacia aguas abajo, será hasta el punto en el que esta variabilidad de caudales sea observable y significativa.

El río en el área de estudio, se dividirá en tramos que tengan características homogéneas o similares con respecto a la hidrología, geomorfología, ecología, tipo y grado de impacto esperado del proyecto sobre el río.

La cantidad de tramos, dependerá de la homogeneidad del cauce. En sistemas homogéneos se dividirá en pocos tramos, mientras que en sistemas heterogéneos se necesitará dividir en más tramos.

Típicamente, los tramos son identificados considerando: ubicación de tributarios principales, morfología y estructura del cauce, estructura y morfología de las planicies de inundación, presencia de hábitats importantes, ubicación y operación del sistema hidráulico, composición y estructura de la flora y fauna, etc.

Por ejemplo: en los casos en que los proyectos implican la construcción de infraestructura en el cauce del río que generen un área de inundación, el río podría dividirse en dos tramos, uno aguas arriba de la infraestructura y otra aguas abajo. Otros casos en el que deriva el agua fuera del cauce y se retorna en un punto aguas abajo del mismo cauce, podría dividirse el río en tres tramos uno aguas arriba de la derivación, otro en el tramo donde se desvía el caudal y otras aguas abajo de la descarga de agua al cauce.

Dentro de cada tramo identificado, se seleccionarán secciones representativas; estas secciones deben en conjunto representar las diferentes características del río en ese tramo. Las características mínimas que deben ser consideradas en la selección de las secciones incluyen: representatividad de todas las características del tramo, proximidad a una estación de medición de caudales, disponibilidad de información sobre aspectos ambientales, accesibilidad y disponibilidad de información biológica.

## 11.2. Evaluación del régimen hidrológico y la hidráulica del río

En la evaluación debe describirse todos los componentes que caracterizan el régimen hidrológico del río, en su estado natural y estado actual (en caso de encontrarse alterado) y la información será sistematizada en varias escalas de tiempo (diaria, mensual o interanual). Se analizará el comportamiento interanual y estacional de los caudales. Deberá ponerse énfasis en evaluar los caudales base existentes en periodos de estiaje.

Basado en el principio de que la integridad de los sistemas hídricos dependen largamente del carácter de su dinámica natural, son cinco componentes críticos del régimen de flujo que regulan los procesos ecológicos en los ecosistemas fluviales: la magnitud, frecuencia, duración, momento y velocidad de cambio de las condiciones hidrológicas (Poff et al., 1997; Richter et al., 1996). Estos componentes son el vínculo teórico entre la hidrología y los procesos ecológicos.

Por ejemplo la magnitud de los caudales en cualquier tiempo dado, es una medida de la disponibilidad o la idoneidad del hábitat y define atributos del hábitat tales como el área mojada o volumen del hábitat, o la posición del espejo de agua relacionado a humedales o zonas radicales de plantas ribereñas; mientras que el momento de ocurrencia de una condición natural particular del flujo (estiaje o avenidas) puede determinar, que ciertos requerimientos del ciclo de vida sean alcanzados o influenciar el grado de stress o mortalidad para varias especies.



Se presentará las características hidráulicas del cauce del río, como resultado de mediciones para evaluar parámetros como tirante de agua, velocidad del flujo, perímetro mojado y ancho del espejo de agua. Esta evaluación debe permitir conocer como varían las condiciones hidráulicas.

En el caso de caudales alterados (por regulación o trasvase), se caracterizará conforme a lo ya señalado y además se realizará el análisis de cuáles son las variaciones hidráulicas e hidrológicas respecto a la condición natural en el río. Esto permitirá sustentar el nivel de alteración ya existente.

### 11.3. Evaluación de la geomorfología fluvial

Deberá identificarse los procesos geomorfológicos que tienen un rol importante en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas asociados al río. Estos pueden ser: (i) Los procesos y dinámicas del transporte, deposición y almacenamiento de sedimentos en el cauce; (ii) las formas y procesos del cauce y (iii) las formas y procesos de las planicies de inundación. Estas son tres categorías que influyen las interacciones ecohidromorfológicas a través de un rango de escalas temporales y espaciales e inherentemente involucran consideraciones para otros temas geomorfológicos, como la variabilidad fisiográfica a escala de cuenca y los impactos humanos a los ríos y las subsecuentes respuestas del sistema (Meitzen et al, 2013).

Los procesos que deben ser evaluados son aquellos relacionados con: la disponibilidad temporal y espacial del hábitat físico; el mantenimiento de las características del sustrato (condiciones del lecho), el mantenimiento de la forma del cauce y la conexión con las planicies de inundación.

En las secciones de cada tramo del río, se describirá la morfología, la geología, forma del cauce, composición del sustrato, sedimentos (transporte), dimensiones (ancho, pendiente, longitud de las secciones) y como estos varían estacionalmente; así como los procesos relacionados a esos componentes que hayan sido identificados al momento de la elaboración del estudio. Se presentará en mapas y cuadros las características correspondientes a los aspectos señalados.

### 11.4. Evaluación del estado de las condiciones hidrobiológicas

Para cada sección del río en los tramos de estudio, se realizará el estudio de especies del ecosistema (perifiton, macroinvertebrados bentónicos, neuston, vertebrados mayores, macrófitas y vegetación ribereña). Luego de realizado el estudio de las especies del ecosistema; así como, sus parámetros comunitarios y/o poblacionales, se deberá desarrollar un análisis sobre la elección de las especies a evaluarse en la estimación de los caudales ecológicos, por razones ecológicas, sociales y/o económicas. En el caso de métodos de simulación de hábitat, serán necesarias la evaluaciones de distribución de las especies en los diferentes tipos de hábitats (meso hábitats) y su uso, selección y preferencias de hábitat de las especies acuáticas; ya que estas relaciones, en especial la de preferencias de hábitat, es insumo indispensable del método de simulación de hábitat para estimar el caudal ecológico. Además, si el método lo exige, se elaborará el modelamiento de la relación de la especie y el hábitat físico, a través dos o más modelos estadísticos. En el caso de los métodos holísticos, también se obtendrán las preferencias de hábitat como evidencia de la relación que existe entre las especies elegidas y su medio físico.

Se realizará la evaluación detallada de las condiciones hidrobiológicas en las secciones del río; para ello se efectuarán estudios cualitativos y cuantitativos detallados aplicando metodologías replicables de las especies de flora y fauna acuática, identificando si hay o no especies endémicas, de importancia ecológica y social; descripción del ciclo de vida de las especies, construcción de la cadena trófica, evaluación de aspectos biológicos claves (migración, reproducción, etc.) y evaluar la potencial capacidad de supervivencia de la fauna acuática. Se



describirá la metodología empleada para evaluar las condiciones hidrobiológicas y de preferencia de hábitat –y de selección y uso de hábitat, por defecto previstas en el presente numeral.

En base a la información hidrobiológica, comunitaria y de relación especies-hábitat (preferencias de hábitat) recogida se elaborará un acoplamiento de la información de preferencias de hábitat con el modelado hidráulico de las secciones elegidas en los tramos determinados.

Así mismo deberá evaluarse las condiciones del hábitat en el río al momento de la elaboración del estudio.

#### **11.5. Evaluación de la calidad del agua**

Describirá la calidad del agua en el área de influencia del proyecto; debiendo señalar las fuentes que pudieran estar generando un cambio en la calidad del agua, para conocer cuales impactos sobre la calidad no están influenciados por el proyecto propuesto.

#### **11.6. Identificación de la importancia social, económica y ecológica del ecosistema acuático y de las planicies de inundación**

Se deberá evaluar y determinar la importancia social, económica y ambiental del ecosistema. Se debe identificar que bienes del ecosistema deben ser conservados en un nivel determinado por su importancia social, económica o ecológica; incluyendo aspectos paisajísticos, científicos y culturales de importancia.

### **12. Descripción de la infraestructura hidráulica del proyecto**

Presentará una descripción de la infraestructura hidráulica emplazada en los cuerpos de agua y sus bienes asociados, con planos a escala adecuada y memorias descriptivas con el detalle de sus características.

En el caso de los proyectos de aprovechamiento hídrico se describirá también cuál será la forma de operación del sistema hidráulico y detallar las características de la infraestructura que permitirá la continuidad del flujo del agua y la conservación del ecosistema, en los casos que corresponda.

De ser el caso describirá la infraestructura diseñada para mantener la conectividad longitudinal y/o transversal del río.

### **13. Estimación del Caudal Ecológico**

Con el conocimiento de los procesos físicos y biológicos en el río, se fijarán los objetivos específicos para la conservación del ecosistema (será necesario definir el nivel de conservación) de los bienes del ecosistema identificados. En esta etapa debe realizarse la integración de todas las evaluaciones realizadas previamente, para lo cual debe construirse un modelo conceptual, que vincule los diferentes componentes del régimen hidrológico con los componentes de los procesos ecológicos, los cuales pueden ser explicados a través de procesos geomorfológicos o las relaciones hidráulicas y de calidad que deben darse.

El caudal ecológico en el río debe considerar los componentes de flujo necesarios (magnitud, momento, frecuencia, duración y tasa de cambio) para mantener los procesos físicos y biológicos en el nivel definido. Así mismo incluirá los patrones de variaciones estacionales y diarias que se consideren importantes para alcanzar los objetivos de conservación en el ecosistema.

Los métodos o criterios que se propongan para la determinación del caudal ecológico, deberán contar con un sustento técnico adecuado y responder a las condiciones del río y del ecosistema. Las relaciones entre caudal y los bienes del ecosistema identificados, deberán ser elaboradas en base a indicadores apropiados. De emplearse programas de cómputo para el cálculo del caudal ecológico, se deberá



explicar los criterios, factores, resultados y validación de los modelamientos a fin de verificar los resultados obtenidos.

La complejidad de las metodologías estará en función a la complejidad de la realidad del río. En ríos con ecosistemas importantes será necesario emplear metodologías más completas que integren diferentes aspectos físicos y biológicos, mientras que en ríos altamente intervenidos, las metodologías a emplear serán menos complejas, por tener menos factores que evaluar.

Los resultados deberán mostrarse en forma de cuadros, hidrogramas y esquemas de las secciones transversales del tramo de río evaluado.

No se recomienda el empleo de métodos que no se sustenten en relaciones entre caudal y ecosistemas o aquellos que no se encuentren documentados, tanto su desarrollo como los resultados de su implementación.

Se sugieren métodos de simulación de hábitat en quebradas y ríos vadeables, donde se puedan realizar las técnicas correspondientes a la toma de datos para el desarrollo del método de simulación de hábitat; en tanto que, se sugieren métodos holísticos en ríos con caudales mayores y con accesibilidad restringida, como aquellos ubicados en regiones de selva.

#### 14. Reglas de Operación

Se presentará cuáles serán las reglas de operación de la infraestructura para permitir proveer del caudal ecológico que se haya estimado.

#### 15. Programa de Monitoreo

Se presentará el plan de monitoreo y los indicadores que permitan conocer si en el tramo del río en el área de influencia del proyecto se están alcanzando las metas planteadas para los objetivos definidos en el estudio de caudal ecológico. Estos monitoreos se corresponden con los presentados a la autoridad competente según el instrumento de gestión ambiental aprobado.

Los indicadores deben permitir medir las condiciones hidrológicas, geomorfológicas, de calidad del agua y biológicas del río, que fueron identificadas como importantes para el mantenimiento de los ecosistemas dependientes del río, sobre todo en la meses hidrológicamente más críticos (usualmente la época de estiaje).

Así mismo, se debe establecer la relación entre estos indicadores y los caudales ecológicos propuestos.

#### 16. Plan de Manejo Adaptativo

Se planteará cuáles serían las acciones a implementar en caso los indicadores muestren que no se estén alcanzando los objetivos de conservación planteados. Las acciones planteadas deben ser concordantes con los existentes en los instrumentos ambientales, de ser el caso.

