



**GOBIERNO DE CHILE  
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS  
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS Y PLANIFICACIÓN**

## **INFORME TÉCNICO**

# **La Huella Hídrica Como Instrumento para la Gestión de Recursos Hídricos**

**REALIZADO POR:**

**División de Estudios y Planificación**

**SDT N° 393**

**Santiago, diciembre de 2016**

## Contenido

1.	Introducción .....	3
2.	Objetivos.....	4
2.1	Objetivo General .....	4
2.2	Objetivos específicos .....	4
3.	Antecedentes generales de Huella Hídrica.....	5
3.1	Definiciones .....	5
3.2	Resumen resultados de revisión bibliográfica de HH.....	6
4.	Metodología de Cálculo de HH .....	8
4.1	Evaluación de Huella Hídrica en un Territorio .....	8
4.2	Metodología de evaluación de Huella Hídrica Directa .....	8
4.2.1	Metodología de cálculo de HH directa por sector productivo .....	9
4.2.2	Metodología de Análisis de sustentabilidad .....	12
5.	Estimación de HH para Macrozona Central (Regiones de Valparaíso al Maule) .....	16
5.1	Fase 1: Definición de metas y objetivos .....	16
5.2	Cálculo de huella Hídrica por sector .....	17
5.3	Resultados para Macrozona Centro .....	17
6.	Estimación HH para cuenca Río Rapel .....	20
7.	Brechas de información y limitaciones de la aplicación de la metodología de Huella Hídrica.....	24
7.1	Caracterización del territorio.....	24
7.2	Para el cálculo de las HH de cada uno de los sectores productivos .....	25
7.3	Información para el análisis de la HH .....	27
7.4	Información para el análisis de sustentabilidad e identificación de puntos críticos .....	27
8.	Uso de HH en políticas públicas y su posible uso en Chile .....	29
9.	Conclusiones.....	31
10.	Bibliografía .....	33

## 1. Introducción

Chile y el mundo ha incrementado de forma significativa su población, esto ha generado una mayor demanda de productos. En la elaboración de dichos productos el agua es un elemento fundamental, lo que significa un aumento creciente por la demanda de agua.

Este aumento del uso del recurso naturales, ha generado preocupación a nivel mundial lo que ha llevado a los investigadores a generar diversos indicadores y certificaciones para poder reflejar los impactos de este uso en el medio ambiente, entre ellos la huella de carbono (la totalidad de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos por efecto directo o indirecto), huella ecológica, etc. Dentro de este grupo, para el caso de los recursos hídricos, la Huella Hídrica es un indicador, desarrollado el año 2002 por el profesor Arjen Hoekstra de UNESCO-IHE como una forma cuantificar el “agua virtual” contenida en un producto (agua que se utiliza en el proceso de elaboración de un producto). Una de las utilizaciones principales de este indicador ha sido para identificar el comercio de “agua virtual” a través de la importación o exportación de productos entre distintos territorios (continentes, países, regiones, cuencas, etc.) e identificar estrategias para que el desarrollo de los productos sea acorde a las características de oferta de aguas en estos territorios (Hoekstra, A.Y., 2003).

Arjen Hoekstra funda el año 2008 la Water Footprint Network, en cooperación con líderes globales en negocios, sociedad civil, organizaciones multilaterales del mundo académico; con el objetivo de coordinar los esfuerzos para desarrollar y difundir el uso de herramientas de base científica, soluciones prácticas y visión estratégica en temas relacionados con el uso inteligente del agua y de esta forma superar los desafíos que trae el uso insostenible de la misma<sup>1</sup>.

El interés por la Huella Hídrica se origina en el reconocimiento de que los impactos humanos en los sistemas hídricos están relacionados, en última instancia, al consumo humano y que temas como la escasez o contaminación del agua pueden ser mejor entendidos y gestionados considerando la producción y cadenas de distribución en su totalidad.

El presente informe pretende revisar los resultados del estudio “Reporte Huella Hídrica en Chile, Sectores prioritarios de la cuenca del Río Rapel”, 2016, el cual fue financiado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), para la Dirección General de Aguas (DGA). El estudio fue desarrollado por Fundación Chile con la participación División de Estudios y Planificación de la DGA como contraparte técnica.

---

<sup>1</sup> Water Footprint Nertwork, <http://waterfootprint.org/en/about-us/aims-history/>

## **2. Objetivos**

### **2.1 Objetivo General**

Analizar la potencialidad de la Huella Hídrica como herramienta para la gestión de recursos hídricos a escala territorial, especialmente a nivel de cuenca..

### **2.2 Objetivos específicos**

Los objetivos específicos del presente informe se enmarcaron en lo siguiente:

- Resumir los principales pasos de la metodología de Huella Hídrica aplicada a nivel de macrozona central y en la cuenca del Río Rapel.
- Revisar las brechas de información y dificultades detectadas en la aplicación de la metodología de Huella Hídrica.
- Análisis del uso de Huella Hídrica en políticas públicas y su posible uso en Chile
- Análisis de resultados de huella hídrica.
- Análisis de conclusiones y recomendaciones

### **3. Antecedentes generales de Huella Hídrica**

En este capítulo se presentarán los resultados principales de la revisión bibliográfica del estudio "Reporte Huella Hídrica en Chile, Sectores prioritarios de la cuenca del Río Rapel", 2016.

#### **3.1 Definiciones**

Se define Huella Hídrica como *"el volumen de agua usada para producir un producto, medido a lo largo de toda la cadena de producción. Es un indicador multidimensional, que muestra los consumos de agua por fuente y volumen de agua contaminada por tipo de contaminación; todas las componentes de la Huella Hídrica total son especificados temporal y geográficamente"* (Hoekstra et al., 2011). Considera tanto el uso directo como indirecto de agua en la producción o consumo.

La Huella Hídrica (HH) está compuesta por tres subindicadores: la Huella Hídrica azul (HH azul), la Huella Hídrica verde (HH verde) y la Huella Hídrica gris (HH gris). Las diferentes HH, de acuerdo a Hoekstra et al., 2011, se definen como:

- HH azul: corresponde al consumo de aguas superficiales y subterráneas en la cadena de producción. El consumo se refiere a la pérdida de agua desde una fuente superficial o subterránea dentro del volumen de control especificado. Se considera como pérdida cuando el agua se evapora, sale del volumen de control o es incorporado al producto.
- HH verde: se refiere al consumo de aguas lluvias que no se convierten en escurrimiento.
- HH gris se define como el volumen de agua que es requerido para asimilar la carga de contaminantes hasta un nivel natural o un hasta cierto estándar de calidad.

Como indicador de uso del agua, la medición de Huella Hídrica se diferencia de la medición de extracción de agua en tres aspectos:

1. No incluye las pérdidas si éstas retornan a la fuente (caso acuíferos y agua superficial)
2. No considera sólo agua superficial y subterránea (agua azul) sino que incluye el agua lluvia (agua verde) y la contaminación (agua gris)
3. No incluye sólo uso directo de agua sino que considera también el uso indirecto

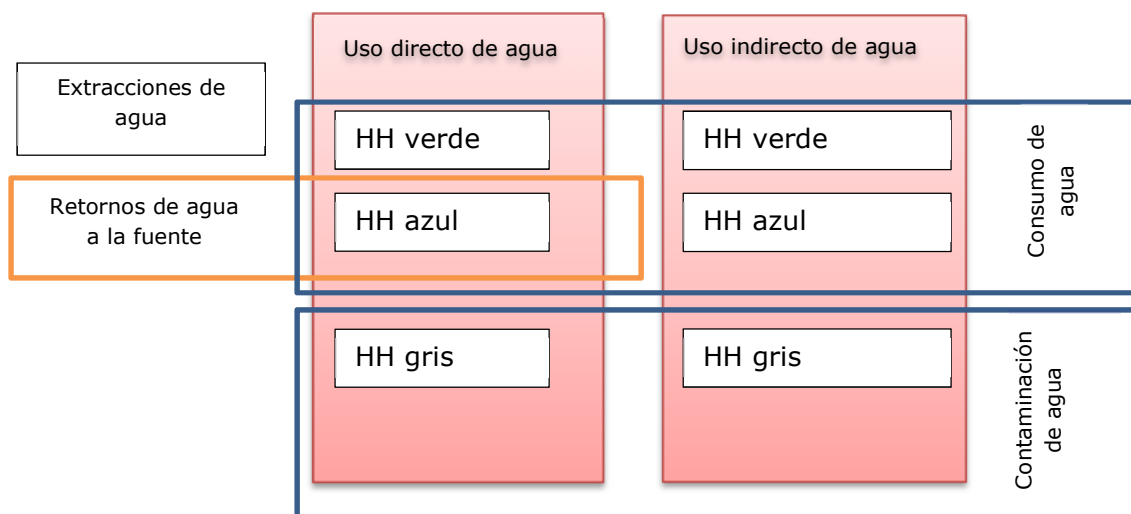


Figura 1. Representación esquemática de los componentes de la HH y su diferencia con las extracciones. Fuente: Hoekstra et al., 2011.

### 3.2 Resumen resultados de revisión bibliográfica de HH

De la revisión de literatura desarrollada internacionalmente se tiene que los estudios globales (nivel país) están orientados para generar lineamientos para apoyar a los tomadores de decisión en la formulación de medidas que permitan regular el comercio, evaluar patrones de consumo y producción y generar medidas en torno a la planificación agronómica. Estudios que comparan la HH a nivel de cuenca y de sectores productivos, muestran la diferencia del indicador HH al cambiar la escala de análisis, sobre todo cuando los territorios analizados no son homogéneos o las realidades climáticas son muy disímiles dentro del área analizada. Mientras más pequeña la escala se puede enfocar mejor hacia las realidades locales, pero es más difícil obtener información precisa y que exista un tomador de decisión que se puedan enfocar a ese nivel.

La temática de los estudios, tanto a nivel internacional como nacional se relacionan principalmente a la evaluación de HH en productos silvoagropecuarios. Las temáticas menos abordadas se relacionan con la industria y productos específicos de ellas.

La principal limitante para el desarrollo del indicador de HH, identificada a todo nivel, es la disponibilidad y resolución (escala) de la información requerida para la construcción del indicador de HH. Otra limitante es el desconocimiento en cuanto a la incertidumbre involucrada en supuestos que se realizan en los cálculos y la incertidumbre propia de los datos utilizados en el cálculo.

A nivel nacional se han desarrollado diversos estudios de HH, enfocados principalmente en productos agrícolas específicos (estudios Osorio (2013) y Donoso et al. (2012)). Las limitantes para poder comparar estos estudios son:

- La distinta escala en que se trabaja (tanto territorial como temporal)
- los supuestos que se utilizan para el trabajo con los datos climáticos
- los distintos productos analizados (no siempre coinciden).

Como en general, en los estudios no se muestra los antecedentes de base que se usaron para los cálculos, resulta difícil identificar el origen de las diferencias entre los distintos resultados de HH obtenidos para los mismos productos.

## 4. Metodología de Cálculo de HH

De acuerdo al estudio "Reporte Huella Hídrica en Chile, Sectores prioritarios de la cuenca del Río Rapel", 2016, la metodología para la evaluación de Huella Hídrica (HH) se desarrolla de acuerdo a como se detalla a continuación.

### 4.1 Evaluación de Huella Hídrica en un Territorio

La HH a nivel territorial puede ser vista desde distintas perspectivas, donde cada una permite obtener distintos tipos de análisis. La HH total de un área estudiada es la suma de las HH sobre los recursos del área estudiada y la huella de los productos importados y consumidos por ésta.

La HH sobre los recursos de la cuenca es el resultado de los consumos de las distintas actividades que ocurren dentro del territorio estudiado más los productos que son importados y consumidos por éste.

Para el estudio desarrollado se dio prioridad a la evaluación del uso directo de agua o agua consumida por cada uno de los sectores priorizados presentes en las respectivas cuencas, no se consideró la huella de los productos importados y consumidos por éstas. Esto se debe tanto a la falta de información específica con respecto a la distribución en el territorio nacional de los insumos importados desde fuera del país, como a la falta de información del movimiento de los productos producidos dentro del país entre las distintas cuencas.

### 4.2 Metodología de evaluación de Huella Hídrica Directa

La evaluación de la HH para el estudio "Reporte Huella Hídrica en Chile, Sectores prioritarios de la cuenca del Río Rapel", 2016, se realizó de acuerdo a la metodología desarrollada por la Water Footprint Network (WFN) en su manual (Hoekstra et al., 2011). La metodología desarrollada considera cuatro fases generales:

- Fase 1: Planteamiento de objetivos y alcances
- Fase 2: Cálculo de Huella Hídrica
- Fase 3: Evaluación de sustentabilidad
- Fase 4: Formulación de respuesta



Figura 2. Esquema de fases de análisis de HH. Fuente: COSUDE-DGA (2016)



Dentro de la fase 1 se definió el objetivo: “evaluar la herramienta de huella Hídrica (HH) en el diagnóstico de la situación hídrica dentro de un territorio definido (cuenca) y la relevancia de la información generada como apoyo en la toma de decisiones sobre gestión del recurso”. Como ya se mencionó se evaluará solo el uso directo.

En la fase 2 se realiza la estimación de la Huella Hídrica desde un punto de vista geográfico. Para ello debe hacer la identificación, inventario y categorización de los diferentes sectores usuarios del agua que se presentan en el área de estudio (usos doméstico urbano y rural, industriales, agrícolas, ganaderos, silvícolas, mineros, eléctricos, etc.). En esta fase se debe evaluar qué usos son relevantes para el territorio analizado (priorizar), evaluar la información existente sobre cada sector-uso y hasta qué nivel territorial es posible asignar esta información (región-cuenca-comuna), categorizar cada sector-uso en función de su consumo y contaminación de agua, para trabajar con categorías más amplias y por tanto fáciles de manejar siempre dependiendo de la escala a que se quiere trabajar.

La metodología aplicada propone una aproximación “bottom-up”, ya que el cálculo se estima desde el proceso particular donde se usa el agua y luego al agregar las HH de los distintos procesos que ocurren en el mismo territorio se obtiene la HH de la cuenca o territorio estudiado.

En términos generales la HH de la cuenca, se estima como la suma de las HH individuales de los sectores presentes en la cuenca:

$$HH_{total_{ry}} = HH_{doméstica_{ry}} + HH_{minería_{ry}} + HH_{energía_{ry}} + HH_{agrícola_{ry}} + HH_{industrial_{ry}}$$

Para r= área e y= año

Las diferentes HH son la sumatoria de las respectivas HH azul, verde y gris de cada sector.

#### **4.2.1 Metodología de cálculo de HH directa por sector productivo**

Las metodologías propuestas para la estimación de HH directa de cada sector-uso, son resultado del análisis de otras experiencias desarrolladas en Chile y el mundo para el análisis de la HH en un contexto territorial. Es importante destacar que para cada sector el cálculo estimativo de la HH se basó en la mejor información disponible y que en el caso de la cuenca del Río Rapel los supuestos fueron ajustados y validados.

##### **4.2.1.1 Sector Agrícola**

La HH del sector agrícola incluye la medición de las huellas individuales de los distintos cultivos que se desarrollan en el área de estudio, para ello se necesita información de:

Superficies agrícolas (hás/año) y su representación espacial (shape, coordenadas):

- Por cultivo y superficie regada dentro del territorio estudiado.
- Rendimiento por superficie regada (t/hás) a nivel de cultivo y distinguiendo entre producción irrigada o no.
- Evapotranspiración (ET, m<sup>3</sup>/hás, mm)
- Precipitaciones efectivas y métodos de riego asociadas a las áreas de cultivos identificadas en el territorio estudiado (HHverde y HHazul).
- Cargas contaminantes resultantes de la actividad agraria en el territorio estudiado

Cuando esta información no es posible medirla en algún punto, es necesario hacer alguna estimación de ésta, lo cual debe quedar registrado en el análisis, así como los supuestos que se tomaron para las distintas estimaciones.

Una vez que se tiene la información mencionada, se estima el requerimiento hídrico de la planta y se asigna cuánto de este requerimiento corresponde a HH verde o HH azul, de acuerdo al aporte que realizan las precipitaciones (componente verde) a esta demanda y cuánto debe ser suplementado por riego (componente azul), asumiendo que las demandas de aguas de los cultivos son cubiertas en su totalidad.

De esta manera la HH verde es la cantidad de agua evapotranspirada proveniente de la humedad del suelo producida por las precipitaciones durante el período de crecimiento del cultivo hasta su término.

La HH gris se definió por el contaminante que requiere mayor cantidad de agua para su asimilación hasta niveles seguros y se calcula con la siguiente fórmula:

$$HH_{gris} = \frac{C_{cont} * Q}{C_{max} - C_{nat}}$$

Donde  $C_{cont}$  es la concentración del contaminante evaluado (masa/volumen)

Q caudal de la descarga (volumen/tiempo)

$C_{max}$  es la concentración máxima permitida (masa/volumen)

$C_{nat}$  es la concentración natural del contaminante en el cuerpo receptor.

La HH del sector agrícola es la sumatoria de HH azul, HH verde y HH gris de cada cultivo por la superficie del mismo.

#### 4.2.1.2 Sector Forestal

La estimación de la HH del sector forestal se basa en los mismos fundamentos del cálculo de la Huella Hídrica de los cultivos.

La HH del sector forestal es la sumatoria de HH azul, HH verde y HH gris de cada cultivo por la superficie del mismo.

#### 4.2.1.3 Sector Pecuario

La HH directa del sector pecuario debe considerar el requerimiento directo del agua del animal, el que incluye el agua necesaria para la vida del animal ( $HH_{\text{bebida}}$ , unidad  $\text{m}^3/\text{animal}$ ) más el agua utilizada en el proceso productivo ( $HH_{\text{servicio}}$ , unidad  $\text{m}^3/\text{animal}$ ), como la limpieza de establos. A esto se le debe descontar el agua contenida en los purines de los animales por una unidad de tiempo definido, ya que se considera que ésta vuelve al sistema. No se cuenta el agua del alimento ya que ésta es indirecta y en este estudio sólo se considerará el agua directamente consumida.

La HH gris está determinada por el compuesto presente en las aguas de desecho que requiera mayor cantidad de agua para su dilución hasta niveles aceptados/seguros y se calcula dependiendo de las condiciones e información disponible. Para calcular el HH gris es necesario definir los contaminantes a considerar, el destino de los desechos (reemplazo en agricultura, tratamiento en la explotación y posterior vertimiento), la tasa de degradación del contaminante en caso de existir procesos de tratamiento del mismo, forma de disposición final del contaminante y cantidad natural del contaminante.

No hay cálculo de HH verde para este caso.

La HH del sector pecuario es la sumatoria de HH azul y HH gris de cada tipo de animal por el número de animales.

#### 4.2.1.4 Sector Industrial

Para el cálculo de HH directa del sector industrial se considera el HH azul y HH gris, no se considera HH verde.

La HH azul del sector industrial es el agua consumida por las industrias. Se considera consumo el agua evaporada, incorporada al producto y/o no devuelta al territorio analizado dentro del período considerado de estudio. El cálculo de la HH azul del sector considera el volumen extraído por cada industria desde las diferentes fuentes (superficiales y/o subterráneas) menos el volumen devuelto como efluente dentro del territorio analizado.

La HH gris está determinada por el compuesto presente en las aguas de desecho que requiera mayor cantidad de agua para su dilución hasta niveles aceptados/seguros y se calcula dependiendo de las condiciones e información disponible.

Para el cálculo de la HH azul y la HH gris es necesario definir las industrias existentes en el territorio de estudio y el consumo asociado a ellas (inventario y/o industria representativa).

#### 4.2.1.5 Sector Energía

La HH del sector energía va a variar dependiendo de la tecnología que se utilice en la generación de la energía. En Chile, en base al último catastro de generación energético, el 27% de producción neta del sistema interconectado central SIC es producida por centrales hidroeléctricas con embalse. La HH en estos casos se calcula dividiendo la cantidad de agua evaporada desde el embalse por la producción de energía generada.

Otras tecnologías deben ser analizadas caso a caso y deben ser consideradas como un proceso industrial en el cual la Huella Hídrica es el agua consumida y no devuelta al sistema dentro del período de estudio.

Dependiendo de la fuente de datos y en caso de usos mixtos de agua se debe tener cuidado con la doble contabilidad.

#### 4.2.1.6 Sector Doméstico

La HH del sector doméstico (consumo urbano y rural) considera en el análisis los procesos de extracción, potabilización, uso, tratamiento y descarga del agua a curso superficial y/o subterráneo. Se considera para este caso la HH azul y HH gris.

### **4.2.2 Metodología de Análisis de sustentabilidad**

En este punto Fundación Chile, como resultado de los talleres realizados con la DGA, hizo algunas modificaciones a los indicadores originales planteados por el manual de la WFN (Hoekstra et al., 2011) para adaptarla a la realidad chilena. En el estudio COSUDE-DGA (2016) se recomienda realizar el análisis a la escala donde pueda ser asociado a una fuente de agua y que se releven problemas específicos de interés dentro de esta área. En el caso del estudio COSUDE-DGA (2016) se realiza un análisis a nivel regional en la macrozona central (por región) y el análisis específico en la cuenca del Río Rapel se realiza a nivel de subcuencas. La escala temporal es a nivel mensual.

El análisis de sustentabilidad consta de dos pasos, el primero consiste en conocer los antecedentes del territorio que se está evaluando. Hay que recopilar y analizar información ambiental, social y económica. En el estudio COSUDE-DGA (2016) se analizaron los antecedentes recopilados y se seleccionaron para la base de datos con que se realiza el cálculo de HH aquellos que pudieran ser medibles y que la información contenido en ellos estuviera disponible para todas las regiones de Chile. La base de datos generada permite incluir nuevos antecedentes de ser necesario.

El segundo paso consiste en el análisis territorial de huella hídrica. El análisis territorial se divide en dos partes, la primera de ellas es la evaluación de la situación del territorio en cuanto a HH, cómo se distribuyen la HH azul, verde y gris en el territorio. La segunda parte consiste en evaluar si las respectivas huellas ejercen una presión en el territorio, para ello WFN propone dos índices para evaluar el territorio:

**Índice de estrés:** el cual compara la HH azul total del territorio con la cantidad/volumen de agua disponible para el consumo. En el manual WFN el caudal disponible se define como la diferencia entre la escorrentía natural del río y el requerimiento ambiental (caudal ecológico). Por posibles confusiones en la definición de disponibilidad, con lo que se entiende en Chile bajo este concepto, en el estudio COSUDE-DGA (2016) se sugiere llamar a esto el caudal pasante. Este indicador se mide preferentemente en una escala mensual para evaluar las variaciones, de la demanda y la oferta, que ocurren durante el año.

Índice de Estrés Azul (Hoekstra, et al. 2011, adaptada COSUDE-DGA, 2016).

$$Indice\ de\ Estrés_{azul} = \frac{\sum HH_{azul} [x, t]}{Caudal\ pasante[x, t]}$$

Dónde:

Índice de estrés azul: Ratio entre la HH Azul y caudal pasante de agua en un punto de la cuenca (Adimensional)

HH azul: Sumatoria de las huellas azules que ocurren en la cuenca

Caudal pasante (x, t): Es la diferencia escorrentía menos el caudal ecológico en un punto (x) en un período de tiempo (t)

Para fines de este estudio el caudal pasante se definirá como: el caudal mensual (t: mes) de 85% probabilidad de excedencia menos el caudal ecológico en un punto (x), todo en m<sup>3</sup>/s.

El caudal 85% de probabilidad de excedencia corresponde al caudal que es superado el 85% del tiempo. El caudal ecológico mínimo se define de acuerdo a al Decreto Supremo N° 71 de la fecha del 30 de septiembre del 2016, que modificó el Decreto Supremo N° 14 de fecha 22 de mayo de 2013, que aprobó el reglamento para su determinación.

**Índice de contaminación:** evalúa la capacidad de asimilación de contaminantes del ambiente mediante la comparación entre la HH gris total y la esorrentía

Índice de Contaminación (Hoekstra, Chapangain, Aldaya, & Mekonnen, 2011)

$$\text{Índice de Contaminación}_{gris} = \frac{\sum HH_{gris} [x, t]}{\text{Caudal 85\%} [x, t]}$$

Dónde:

Nivel de contaminación: Ratio entre la HH Gris y la disponibilidad de agua en la Cuenca (Adimensional)

HH Gris: Sumatoria de las huellas azules que ocurren en la cuenca

Caudal 85%: Caudal mensual 85% probabilidad de excedencia (m<sup>3</sup>/mes)

Del cruce entre los resultados del análisis territorial (incluidos los índices respectivos) con los antecedentes del territorio se identifican zonas críticas que contienen a los puntos críticos identificados.

Los puntos críticos se agrupan en tres categorías

- Impactos primarios: son aquellos que se pueden relacionar directamente en la disponibilidad y calidad del recurso
- Impactos secundarios: son aquellos impactos que no pueden ser atribuibles en un 100% a una causa, siendo multicausales. Por su parte, los impactos potenciales describen situaciones que se han identificado como puntos críticos, y que pueden eventualmente producir impactos. En este caso las medidas que se sugieran deben velar por disminuir el potencial riesgo identificado.

Una vez identificados y jerarquizados los impactos, esta información puede servir a los tomadores de decisiones para generar soluciones o respuestas. Estas respuestas deben buscar reducir los impactos mediante el desarrollo de políticas o instrumentos que permitan mantener y/o recuperar el estado del sistema territorial analizado.

Los puntos críticos deben ser priorizados, de acuerdo a su implicancia para el territorio y de acuerdo a la capacidad de las instituciones para atender y dar solución a las distintas problemáticas que se presenten. La última etapa depende de aquellas situaciones identificadas que necesitan soluciones aplicadas.

En estudio (COSUDE –DGA, 2007), los puntos críticos han sido agrupados en tres tipos de soluciones posibles, buscando tomar una perspectiva desde el Estado:

I. Prioritarios: Son aquellos puntos críticos que afectan el cumplimiento de las metas estratégicas regionales y donde el Estado tiene facultades para aportar en sus soluciones.

II. No prioritarios: Son aquellos puntos críticos que no son prioritarios para la región por que no afectan en forma inmediata el crecimiento de ésta, sin embargo, el Estado tiene facultades para aportar en soluciones concretas.

III. Desafíos: Son aquellos puntos críticos que están afectando el cumplimiento de las metas estratégicas regionales, pero el Estado no tiene facultades para aportar en soluciones concretas. Por ello, el desafío es lograr coordinar a los distintos usuarios del agua (sociedad civil, Estado y privados principalmente), para buscar soluciones conjuntas de carácter voluntario y asegurar la disponibilidad del recurso para todos.

## **5. Estimación de HH para Macrozona Central (Regiones de Valparaíso al Maule)**

En La macrozona central, que incluye las regiones de Valparaíso, Metropolitana, O'Higgins y Maule, se analizaron las fases 1 y 2 de la metodología sugerida por la WFN.

### **5.1 Fase 1: Definición de metas y objetivos**

Se proyectaron, a partir de la información de la cuenca del río Rapel, los resultados al resto de la macrozona, de acuerdo con la información disponible a nivel regional. A nivel de macrozona se intenta evaluar:

- La posibilidad de medir HH verde, azul y gris de acuerdo a la información existente
- La posibilidad de medir HH directa e indirecta
- Las principales limitantes en los cálculos
- La posibilidad de tener un análisis relevante a partir de los resultados obtenidos.

En el alcance del análisis se tienen las siguientes definiciones:

Resolución espacial: El territorio comprendido fueron las regiones de Valparaíso, Metropolitana, O'Higgins y Maule.

Resolución temporal: De acuerdo a la información existente en distintas bases de datos con distinta temporalidad, se toman los datos más recientes con información a nivel nacional.

Incertidumbre: El grado de incertidumbre de la información es variable. En la estimación del uso de agua de los sectores se utilizaron fuentes secundarias de información que alimentó la base de datos y con las cuales se calcularon las diferentes huellas.

Dada la escala del estudio la información que se utilizó fue a nivel regional lo que se debe tomar en consideración al momento del análisis. En este caso el estudio solo se llevó a cabo hasta la fase de contabilización de la HH por lo se analizaron sólo los resultados obtenidos a partir del cálculo de la misma.

Indicadores que se van a evaluar: El objetivo del estudio fue realizar una medición de los tres parámetros de Huella Hídrica (azul, verde y gris) y considerar el uso directo de la misma.

Límites: En este caso se van a evaluar 5 sectores (Agroforestal y Pecuario, Doméstico, Energía, Minería e Industria)



## **5.2 Cálculo de huella Hídrica por sector**

En base a los datos recopilados a nivel nacional y a las HH calculadas para la Cuenca del río Rapel se realizó la estimación de HH para la macrozona central.

La selección de algunos procesos sobre otros se basó principalmente por su importancia nacional /regional en cuanto a los volúmenes de agua utilizados en ellos.

En la evaluación del sector minero solo se consideró la producción de cobre, debido a que éste es el principal mineral producido a nivel nacional, así como en las regiones de Valparaíso, Región Metropolitana y la Región de O'Higgins, además de la disponibilidad de información existente.

El sector industrial, es el más complicado de analizar debido a la gran diversificación de éste. Para la selección de las industrias primero se evaluaron el número de industrias por actividad tanto a nivel nacional como regional y posteriormente se evaluó el volumen de agua que era requerido por cada una de éstas. De este análisis se determinó que las industrias principales eran: las agroindustrias (Congelados-deshidratados-Jugos-Conservas-Mermeladas), la producción de vino, faena de animales y producción de celulosa.

Del sector energía se evaluaron principalmente las centrales hidroeléctricas de embalse y pasada ya que son aquellas donde hay una mayor pérdida de agua.

Para el sector doméstico se evaluó la HH de abastecimientos tanto del sector urbano como del sector rural. Para ello se creó una base de cálculo dónde se tomó en cuenta la situación de la región de O'Higgins como base para el resto de las regiones.

## **5.3 Resultados para Macrozona Centro**

De acuerdo a los resultados obtenidos, el aporte de las diferentes regiones a las distintas huellas de la macrozona muestra que para la HH azul las regiones de O'Higgins (VI) y del Maule (VII) en conjunto contribuyen en un 74%, seguido de la región de Valparaíso (V) (17%). La Región Metropolitana es aquella que menos aporta a la HH azul con solo un 9%.

En cambio, la HH verde de la macrozona está determinada por la región del Maule (54%), aportando las demás regiones un 46%. La HH gris está determinada por el aporte de la Región Metropolitana (48%), seguida de la región de O'Higgins (27%).

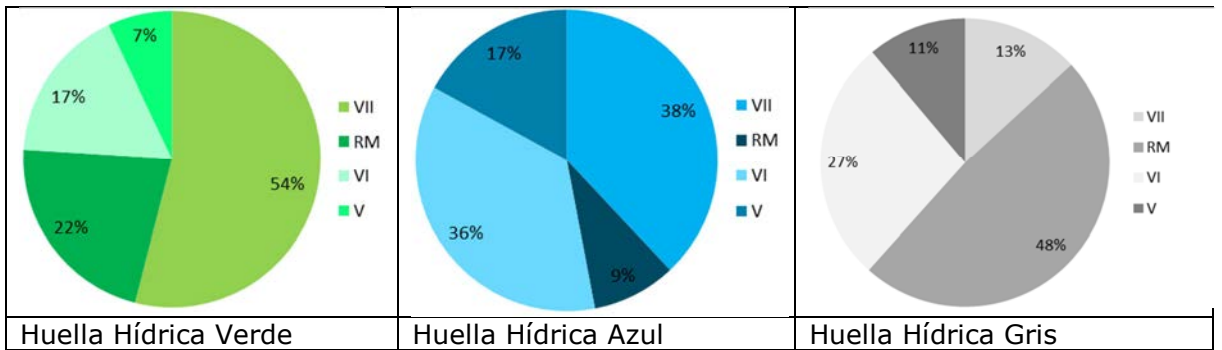


Figura 3: Huella Hídrica por Región de la Macrozona Centro. Fuente: elaboración propia en base a información de estudio COSUDE-DGA (2016)

En cuanto a la HH por sector se tiene que la macrozona centro consume como mínimo 91,8 m<sup>3</sup> /s, de los cuales su mayoría (83%) son requeridos por el sector Silvoagropecuario, seguido por la Industria (8%), el sector doméstico (6%) y Minería (4%). El sector energía, donde solo se consideró el agua evaporada por las hidroeléctricas es <1% por lo que puede ser considerado despreciable en comparación con los otros sectores.

La HH verde es 100% atribuida al Sector Silvoagropecuario, es interesante ver que para las regiones del Biobío y del Maule, las cuales son principalmente silvícolas, definen la HH verde de la macrozona.

Al contrario de las HH azul y verde, la HH gris está determinada principalmente por el sector doméstico. Es importante tomar en cuenta que el resultado de este sector está calculado sobre la base de la modelación realizada por Fundación Chile para la región de O´Higgins por lo que puede que los valores de las otras regiones presenten algún error. Después del sector doméstico, el sector industria es el segundo en importancia. Especial, es el caso de la región de O´Higgins, donde el sector minero contribuye al 60% de la HH Gris, esto se debe a que se consideró que en la modelación de la producción de cobre había descarga desde el relave Carén al estero produciendo una importante HH Gris.

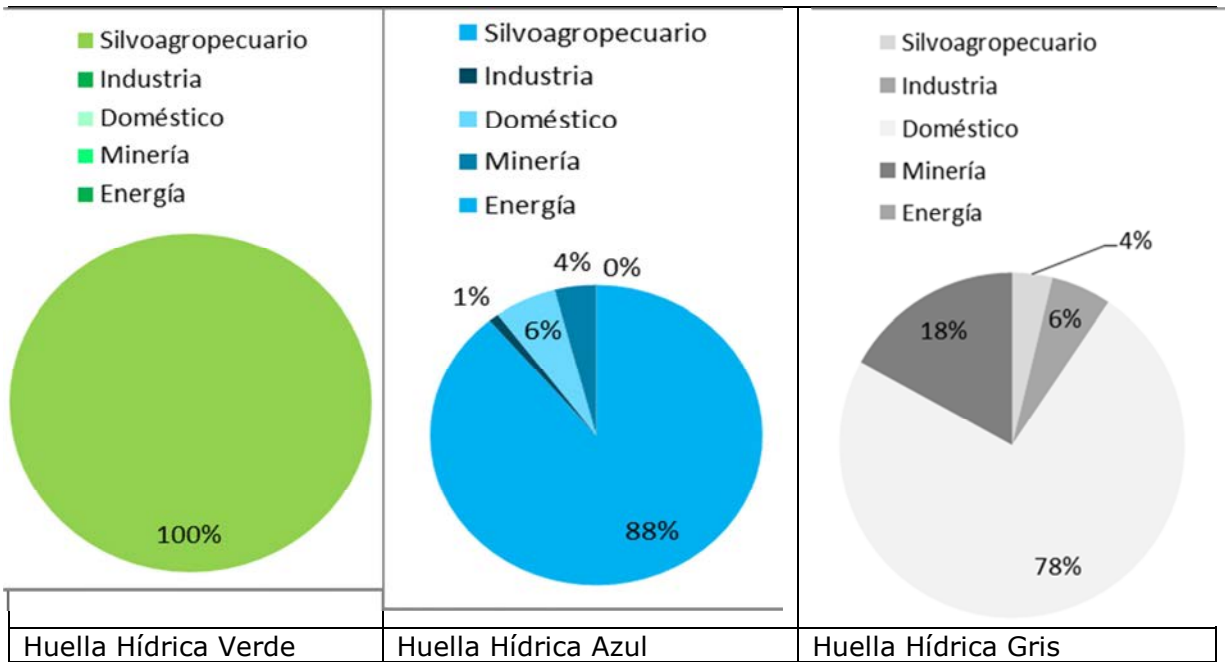


Figura 4. Huella Hídrica por Sector de la Macrozona Centro. Fuente: elaboración propia en base a información de estudio COSUDE-DGA (2016).

## 6. Estimación HH para cuenca Río Rapel

Del estudio COSUDE – DGA (2016) se tienen las principales conclusiones para la cuenca del Río Rapel:

- El mayor consumo hídrico en la cuenca está determinado por el sector agrícola, el cual absorbe más del 90% de la oferta hídrica de la cuenca.

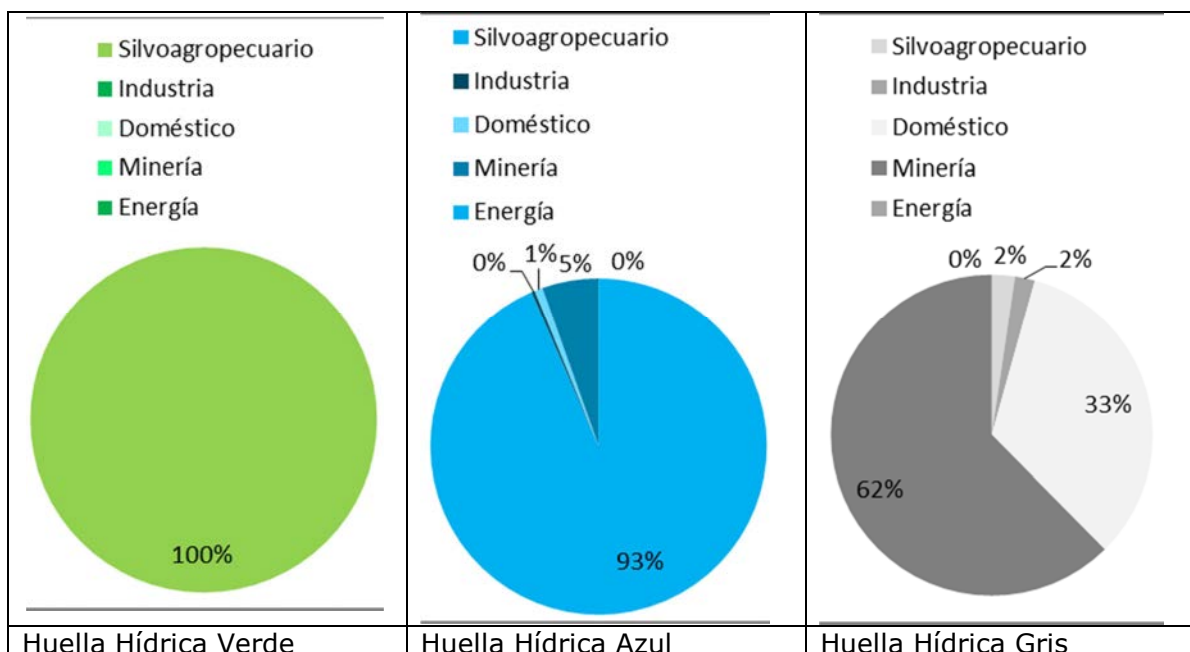


Figura 5. Huella Hídrica por Sector de la cuenca del Río Rapel. Fuente: elaboración propia en base a información de estudio COSUDE-DGA (2016).

- Dado los resultados de los Índices de estrés y contaminación, estimados para la realidad de la cuenca, es posible visualizar que no presenta estrés hídrico durante gran parte del año. Solo en los meses de Noviembre, Diciembre, Enero y Febrero (que coinciden con los meses de mayor consumo agrícola) la demanda podría superar a la oferta en los sectores bajos de la cuenca.
- En base a este análisis, los problemas que puedan presentarse con respecto a la disponibilidad hídrica, están relacionado a la distribución y no necesariamente a la disponibilidad.
- Asumiendo un caudal constante durante todo el año, la capacidad de asimilación de contaminantes de la cuenca no ha sido sobrepasada. Ahora bien, si los caudales disminuyeran o las cargas aumentaran con respecto a las estimadas en el estudio, podría presentarse un impacto negativo sobre la calidad de agua.
- En cuanto la HH gris, existe un impacto puntual en el estero Alhué, debido a la descarga del embalse Carén proveniente del sector minero. Sin embargo, al analizar la HH gris a nivel de la cuenca, el mayor impacto es producido por las descargas domésticas rurales. Hay que tener en consideración que un supuesto en

el caso del sector Industrial fue que las descargas de este sector cumplían el decreto 90.

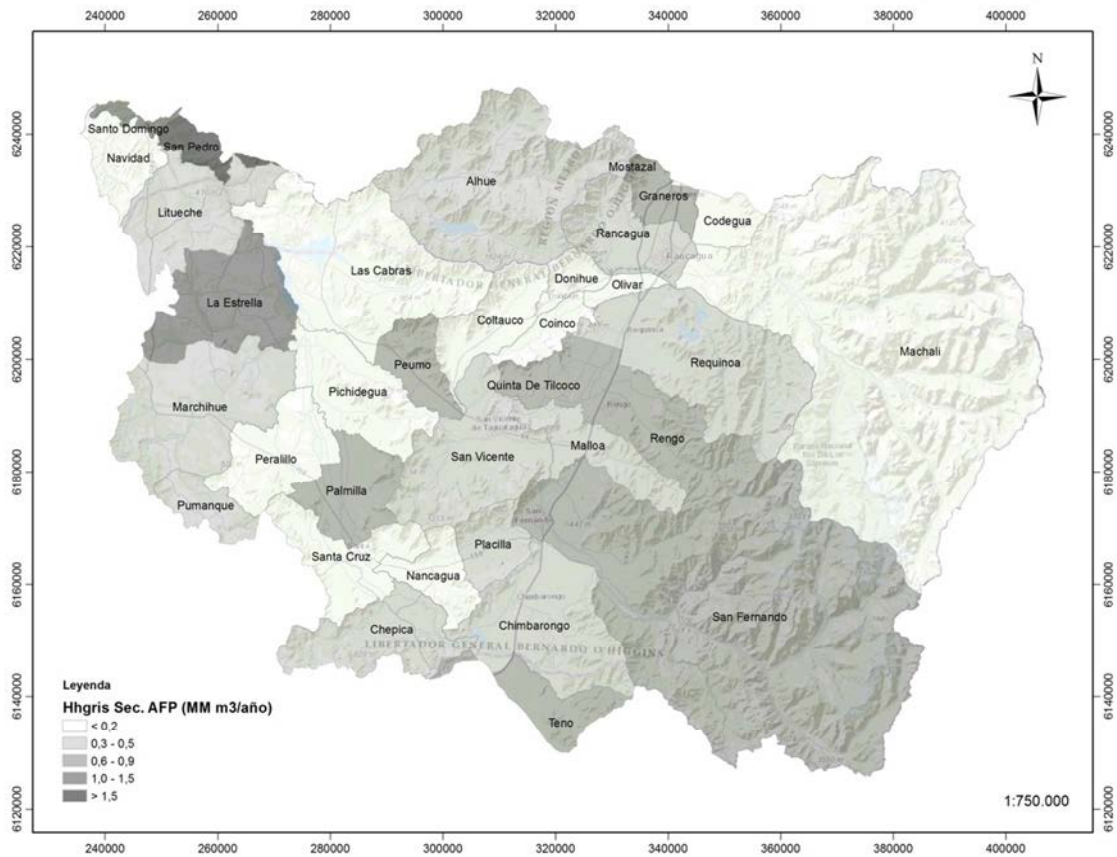


Figura 6. Distribución de HH gris en cuenca del Río Rapel. Fuente: COSUDE-DGA (2016)

- De acuerdo a los datos recogidos y los resultados de HH para el sector rural, el déficit en saneamiento tendría un impacto directo en los valores de HH gris doméstica. Así, mejorar la cobertura y calidad del tratamiento de aguas servidas produciría un impacto positivo en la HH gris doméstica, en este caso rural.
- Del análisis de sustentabilidad al cruzar los antecedentes del territorio con el análisis territorial de los distintos componentes de HH se releva el impacto, aunque indirecto, entre la HH azul silvo-agropecuaria y el empleo en dicho sector, ya que podría implicar un riesgo asociado a la escases del recurso hídricos en los casos de aquellas comunas de la cuenca en que la dependencia de esta fuente de trabajo es alta.
- De acuerdo a los volúmenes de extracciones, según derechos otorgados en la comuna de Machalí y a sus resultados de HH azul total, se evidencia que existe un riesgo ya que en el caso de que el consumo sea 100% efectivo, podría poner en riesgo la disponibilidad de los usuarios aguas abajo.

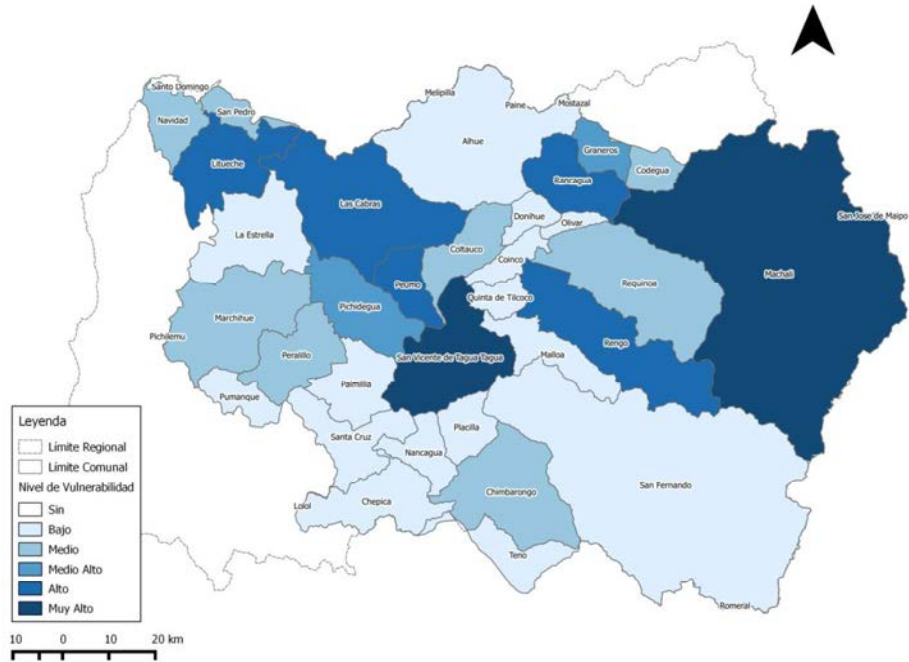


Figura 7. Distribución vulnerabilidad por extracciones de agua dulce en cuenca del Río Rapel. Fuente: COSUDE-DGA (2016)

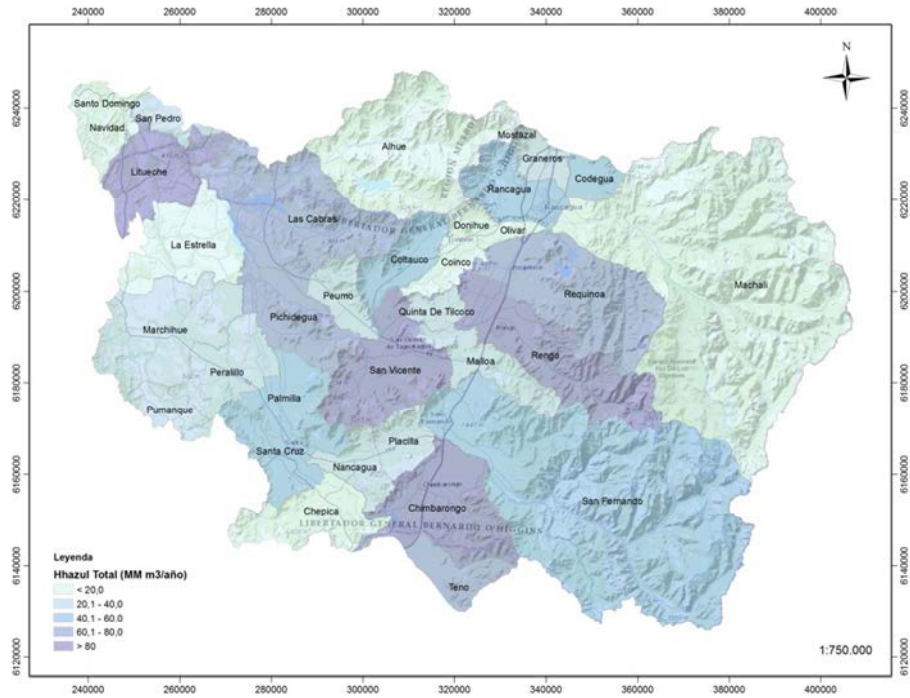


Figura 8. Distribución de HH azul en cuenca del Río Rapel. Fuente: COSUDE-DGA (2016)

- Por otro lado, las comunas de San Fernando, Rengo y Rancagua presentan especies dulce acuícolas en categorías de conservación "vulnerables y en peligro", destacando la presencia de la especie *Diplomystes chilensis*, que es endémica de Chile y aparentemente extinta en toda su distribución. Estas podrían representar un punto crítico ya que al compararlas con las HH azules y HH Grises totales, estas comunas presentan una alta demanda física del recurso. Analizando los índices de contaminación y estrés, estos muestran al sector alto del río Tinguiririca con valores más críticos en algunos periodos del año.

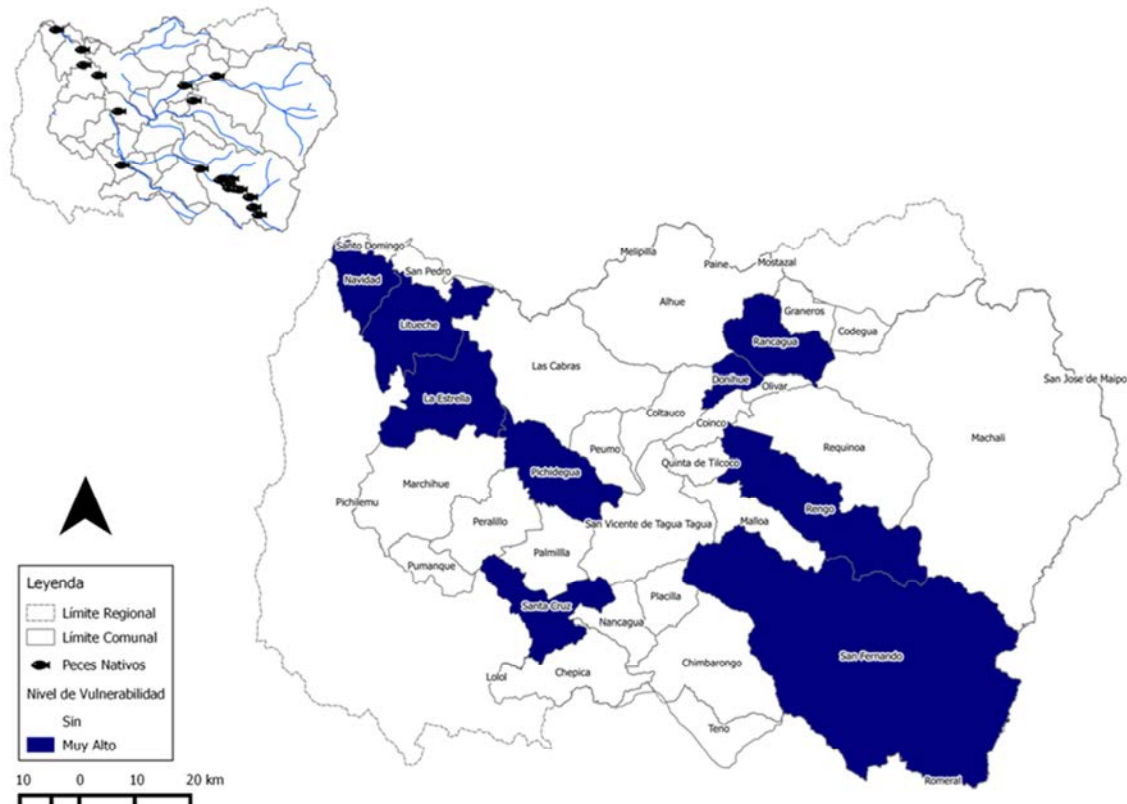


Figura 9. Distribución de especies dulceacuícolas protegidas en cuenca del Río Rapel. Fuente: COSUDE-DGA (2016)

## **7. Brechas de información y limitaciones de la aplicación de la metodología de Huella Hídrica.**

Del estudio COSUDE – DGA (2016) se describen a continuación las principales brechas de información y limitaciones para la aplicación de la metodología de HH.

### **7.1 Caracterización del territorio**

La principal brecha en este aspecto, corresponde a la escala en que se publica la información. Salvo en el caso de los censos, la información productiva está referida a una escala regional. En reuniones con INE, que es la institución que provee de gran parte de la información necesaria para la caracterización productiva del país, se informó que esto se debe a temas de representatividad de los datos. En la práctica, el tema de la escala significa una brecha importante cuando se evalúa una cuenca ya que implica que se deben hacer asignaciones tanto territoriales como productivas.

En el caso del estudio piloto, la cuenca estudiada coincide en gran parte con la región de O'Higgins, lo que facilitó que fuera representativa de la cuenca, para aquellos casos en que solo existía información regional. Para el caso de las comunas borde se tomó la decisión de considerarlas como parte de la cuenca, salvo aquellas que representaran menos del 1 % de la cuenca.

Esta asignación puede variar caso a caso, pero en la medida que la información productiva esté geo referenciada, esto dejaría de ser una brecha importante.

Otro problema identificado es la dispersión de la información relativa a algunos sectores específicos como son energía, agropecuario, minería e industria. En este sentido se puede decir que la información:

- No está agrupada ni sistematizada en un solo sitio.
- La forma en que la información es publicada no es consistente entre un año y otro (en algunos casos).
- Todos los catastros y censos publicados de los sectores son de años diferentes.
- Los datos disponibles para consumos de agua y descargas de RILes en el sector industrial se encuentra en diferentes unidades dependiendo de la fuente de información.
- La unidad territorial que se utiliza en general es la región lo que dificulta un análisis a escala de cuenca.

Estas brechas dificultan la determinación de HH de las zonas en estudio.

Finalmente, no se dispone de información acerca de los traslados de insumos producidos en una zona a otra lo que impediría evaluar los flujos de agua virtual dentro del país.



## **7.2 Para el cálculo de las HH de cada uno de los sectores productivos**

Las brechas de información difieren dependiendo del sector y el producto sobre el cual se está estimando la HH.

Para el cálculo de la HH del sector silvo-agroforestal, se identificaron brechas específicas de acuerdo al subsector que se esté evaluando.

Para el sector agrícola, la principal brecha es la misma estimación del requerimiento hídrico. Este es un tema ampliamente estudiado y es por ello que existen una gran cantidad de metodologías para determinar el consumo o necesidades hídricas de los cultivos. Cada uno requiere distinta información de entrada la cual va a estar sujeta a supuestos.

La información climática requerida para aplicar las metodologías de cálculo es complicada de obtener. Es por ello que se debe definir datos de entrada estandarizados para que los resultados sean comparables y las mediciones replicables. En este sentido la DGA posee una serie de estaciones que pueden ser tomadas como referencia. También existen estudios desarrollados por la CNR junto a otras estimaciones donde ya se han estimado valores de ETo y valores de Kc que permitirían estimar un requerimiento hídrico potencial.

Otra brecha que se identificó, es que pese a que el requerimiento hídrico puede ser estimado, este corresponde a un requerimiento potencial y no necesariamente corresponde al real. Este valor puede ser corregido, por ejemplo, en base a la pérdida del rendimiento.

Para llevar a cabo esta corrección se requiere determinar:

- Rendimiento potencial de cada especie
- Rendimiento real de cada especie
- Coeficiente de estrés (Ky)
- Evapotranspiración potencial

En el estudio COSUDE-DGA (2016) se evaluó realizar este ajuste a los valores de requerimiento hídrico ya calculado, a partir de este ejercicio se encontraron brechas de información como:

- La obtención de los rendimientos potenciales no están definidos por una sola fuente, por lo que no están definidos para las condiciones específicas de cada región
- En algunos casos el rendimiento potencial publicado fue más alto que el rendimiento real esto implica que la evapotranspiración resulta más alta que la potencial, lo que podría ser considerado como un error.
- Rendimientos anuales reales se tomaron desde distintos años en ton/hás. Para el caso de las especies hortícolas como el choclo fresco, las lechugas,

alcachofas, etc., estas son contabilizadas en los catastros por unidades y no por el peso, por lo que no pudieron ser incluidas en el análisis.

- La producción vitivinícola no pudo ser considerada, ya que no existen catastros de rendimientos reales y potenciales oficiales.
- Esta metodología no se puede aplicar para especies forestales, y algo parecido ocurre con las especies frutales. Las especies frutales y forestales son más complejas que las especies vegetales anuales, por lo que FAO recomienda metodologías a su vez más complejas (Aquacrop).
- Los coeficientes de estrés (ky) utilizados son aquellos calculados por FAO para algunas especies, los que se complementaron con los coeficientes presentes en la Bases de Datos Climwat (bases de datos del modelo CROPWAT). En el caso de que el ky no existiese, como por ejemplo los frutales, se les asignó el ky de la especie más cercana ya que no hay estudios que entreguen esa información más ajustada.
- Para el caso del sector forestal no se aplicó este ajuste, ya que como se mencionó la metodología no fue hecho para estas especies.
- También es importante mencionar que un correcto uso de esta metodología requiere evaluar cuándo, durante el desarrollo de la planta, ocurre la disminución en la disponibilidad de agua, ya que la producción se ve afectada de manera distinta a lo largo de su desarrollo, y por lo que se requiere aplicar diferentes ky a lo largo del periodo de crecimiento. Esto no fue posible ya que no hay información suficiente para llevar a cabo este análisis, por ello se evaluó el ky promedio para todas las etapas del desarrollo, entendiendo que estos valores, deben ser validados para Chile.

Para el caso del sector silvícola, se aplican las mismas brechas que para el sector agrícola, pero se suma el hecho de que, dado que no se realiza riego se asume que las precipitaciones son la única fuente de agua del sector forestal, asociando la mayor parte de la HH a la HH verde. En teoría, los árboles por estar más tiempo establecidos en el suelo tienen un sistema radicular más desarrollado lo que les permitiría obtener agua desde fuentes subterráneas. Ya que no hay estudios que lo confirmen, no es posible asumir este hecho. Sería necesario realizar estudios que analicen el impacto de las áreas forestales en los volúmenes de aguas subterráneas. En la posibilidad de extracción de agua desde las aguas subterráneas por parte de las plantaciones forestales sería necesario incorporar la estimación de HH azul para el sector silvícola.

Con respecto al sector pecuario, la principal brecha de información hace referencia al impacto de los efluentes en las aguas subterráneas. Los efluentes no son descargados a cursos superficiales si no que utilizados en riego. Se requieren estudios que evalúen el estado de calidad de las aguas subterráneas para poder calcular el real impacto de estos efluentes.

Para los sectores minería e industria una de las principales brechas se refiere a la dificultad en el acceso a la información. No existe una base de datos con los caudales reales utilizados por las diferentes industrias y faenas mineras, ni menos de las calidades de sus RILes. Tampoco se cuenta con información sobre volúmenes de extracción por empresa, sino que sólo se accede a un valor de uso a nivel sectorial.

Por otro lado, pese a que en este estudio se realizaron modelos conceptuales de los principales procesos productivos, estos modelos asumen que los procesos dan como resultado un solo tipo de producto, lo que en la realidad no siempre es así.

Para disminuir esta brecha se recomienda que se apoye y se solicite que, al menos en las áreas identificadas como críticas en el territorio estudiado, las industrias transparenten su consumo, descargas y la calidad de las mismas.

La información respecto al sector doméstico presenta grandes brechas en el sector rural. De hecho, el sector rural no cuenta con una base de datos que organice y permita identificar los caudales utilizados ni las calidades con las que se descargan los efluentes. Todos los cálculos se deben realizar con supuestos, a diferencia del sector urbano, donde se cuenta (por parte de la SISS) con el detalle de los caudales utilizados a nivel comunal y una base de datos con las calidades descargadas periódicamente.

También generó un vacío de información el porcentaje de la población sin acceso al alcantarillado, ya que los sistemas de tratamiento del tipo fosas sépticas y pozos negros tienen diferentes comportamientos y resulta complejo establecer un supuesto para generalizar su funcionamiento.

En cuanto a las plantas de tratamiento de aguas servidas (PTAS), a nivel urbano está prácticamente todo catastrado. Por el contrario, a nivel rural se presentan falencias de información. Además de no contar con medidores de caudal, los monitoreos que realiza la autoridad de salud son esporádicos y no tiene una base de datos digital donde se almacene esta información, con lo cual resulta más difícil contar con información acerca del funcionamiento de cada una de ellas.

### **7.3 Información para el análisis de la HH a nivel territorial**

Para la evaluación territorial de la HH, las principales brechas se refieren a:

- Las mediciones de caudal de encuentran incompletas, de manera que para comparar los resultados, estos valores deberían estandarizarse por la DGA al igual que:
  - Los caudales ecológicos para cada uno de los sectores
  - Los valores de calidad de aguas subterráneas
  - Los caudales de extracción de los pozos

### **7.4 Información para el análisis de sustentabilidad e identificación de puntos críticos**

a) Caracterización medioambiental

Una de las principales brechas se relaciona con la falta de disponibilidad de información, que implica que ciertas variables ambientales no hayan podido ser

incluidas en el estudio. Un ejemplo de ello puede verse en el caso de los cambios de precipitación y temperatura derivados del cambio climático, para los que hay estudios sólo a nivel nacional que no se ajustan cuando se trabaja con una cuenca. Por otro lado, se dan casos en que si bien la información existe al nivel que se necesita, ésta no está disponible de forma pública.

Por otro lado, la recopilación de información resulta compleja, ya que se encuentra muy dispersa entre instituciones y fuentes. Esto además lleva a que la información esté en distintos formatos, tomando un tiempo considerable su estandarización y homogeneización.

En el caso particular de la información de caudal y contaminación hídrica, se hace dificultoso el análisis ya que no hay continuidad en la toma de datos. Para este tipo de variables es necesaria información de alrededor de 30 años, lo que en muchas estaciones oficiales (de acceso público a la información) no está disponible o existen datos intermitentes.

## b) Caracterización socio-económica

### Generales

Datos poblacionales no actualizados. Dado que el último censo válido fue en 2002, los datos provenientes del INE podrían no ser del todo precisos. Lo mismo ocurre con la Encuesta CASEN, cuyos resultados 2013 no estaban disponibles a nivel comunal en la fecha en que se realizó la recopilación.

Al igual que en otros casos existe una dispersión y falta de sistematización de las fuentes de datos estadísticos. El hecho de que los datos de tipo socioeconómico provengan de tan diversas fuentes, muchas veces puede dificultar su recolección.

Datos económicos por cuenca no pueden obtenerse ya que mucha de la información productiva no se encuentra por volumen producido si no que por el total de la venta. Este análisis se complica cuando se analiza los productos procesados donde se desconoce el origen de la materia prima.

### Específicas

Gran parte de los datos no se encuentra a nivel comunal. Para algunos indicadores no se encuentran datos para el nivel de análisis que se requiere. Por ejemplo, en el caso de distribución del ingreso, se pueden encontrar los resultados a nivel regional pero no para cada comuna.

Existen casos en donde hay datos que son tomados de una misma fuente y aun así pueden presentar diferencias. Por ejemplo, en el caso de número de empresas por tamaño y número de empresas por sector, al hacer la sumatoria en cada caso no coinciden los totales.

Datos no coinciden entre fuentes distintas. Por ejemplo en el caso de los empleos permanentes y totales para el sector agropecuario, si se compara entre lo registrado

por el SII (contenido en los reportes comunales de la página de la Biblioteca del Congreso Nacional) y el censo agropecuario, aparecen disparidades.

## **8. Propuesta de uso de HH en políticas públicas y su posible uso en Chile del reporte**

De acuerdo a la propuesta del estudio COSUDE-DGA (2016), la Huella Hídrica se puede utilizar como herramienta de mejora técnica al interior de la DGA y como "instrumento de coordinación" con otras instituciones públicas sectoriales vinculadas a la sustentabilidad del recurso hídrico.

En el estudio COSUDE-DGA (2016) el análisis de Huella Hídrica en políticas públicas identifica 7 espacios técnicos/estratégicos donde la DGA puede generar acciones:

**1. Ajuste D.S. N°743/2005:** La aplicación de la Huella Hídrica, podría entregar una base de datos nacional para determinar los consumos de agua por cada sector productivo, el cual se debe ir ajustando en el tiempo. Esta información podría ser utilizada para ajustar el D.S. N°743/2005. El cual fija tabla de equivalencias entre caudales de agua y usos, que refleja las prácticas habituales en el país en materia de aprovechamiento de aguas.

Es importante destacar que el D.S. N°743 fue elaborado en el año 2005, considerando diversos criterios para establecer sus valores, en algunos casos se considera el consumo y en otros casos el nivel de extracción.

**2. Incorporar al manual de normas y procedimientos del Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos:** El estudio recomienda analizar la incorporación de Huella Hídrica dentro del manual interno del departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos de la DGA, como un análisis deseable de realizar por parte de los titulares para mostrar su "buena gestión del agua", establecer medidas voluntarias de reducción y/o compensación de agua, así como un indicador que permita medir el impacto en el tiempo. Si se busca medir el impacto de un proyecto en su área de influencia, se recomienda utilizar la Huella Hídrica a nivel de territorio (cuenca). Por otro lado, para medir el consumo hídrico internamente en la empresa, se recomienda utilizar la metodología ISO 14.046 (análisis de ciclo de vida). La metodología ISO podría transformarse en una herramienta de gestión, a través de una Norma Chilena oficializada por un Ministerio competente.

**3. Incorporar en Planes Maestros de Recursos Hídricos Regionales:** La DGA podría incorporar la Huella Hídrica en estos Planes, dado que aporta información adicional sobre el consumo de agua, incorporando la mirada de territorio compartido por diversos usuarios en el diagnóstico, lo cual servirá para determinar las presiones sobre los recursos hídricos a escala de cuenca (demanda), identificadas como los mayores consumos de agua y sus impactos. La integración de la Huella Hídrica dentro del ciclo hidrológico y su balance a escala de cuenca, podría permitir la identificación a nivel territorial de los sobreconsumos y las áreas donde la escasez hídrica en la cuenca

puede ser una amenaza. Esta información podría utilizarse para determinar la orientación de la política del agua, teniendo en cuenta la inclusión de criterios no solo de oferta sino también de demanda, siendo necesario incorporar aspectos económicos, sociales y ambientales, determinando los espacios territoriales prioritarios de intervenir.

**4. Herramienta para la coordinación sectorial:** La Huella Hídrica entrega una base técnica que podría permitir la coordinación con otros organismos de Estado y sectores productivos. Gran parte del manejo de los recursos hídricos en un territorio compartido por diversos usuarios (cuenca), dependerá del manejo de las intervenciones correspondientes al rubro que tenga un mayor consumo de agua.

**5. Identificación de mayores consumos de agua:** Cuando un derecho de agua otorgado es menor al nivel de producción que mantiene un rubro productivo, podría ser un indicio de uso de fuentes no autorizadas. En estos casos se podría recomendar el control de extracciones selectivas enfocados a estos casos.

**6. Evaluación y Seguimiento:** La Huella Hídrica es un indicador multipropósito que sirve de base para cuantificar los impactos de las intervenciones sobre el recurso hídrico en el tiempo.

**7. Toma de decisiones:** Permite visualizar los Puntos Críticos de consumo hídrico en el territorio compartido por diversos usuarios y así focalizar los estudios e intervenciones a realizar para la sustentabilidad del recurso en el tiempo y espacio.

## 9. Conclusiones

Una de las bondades de los indicadores es la posibilidad de que de una forma sencilla (1 o más variables) permita conocer o valorar las características y la intensidad de un hecho o su evolución futura. Otra ventaja es la objetividad y comparabilidad, establecida mediante una metodología a seguir, así como la posibilidad de que los indicadores den cuenta de todas las dimensiones sobre las cuales se desea intervenir.

De acuerdo a lo observado en el estudio COSUDE-DGA 2016, la Huella Hídrica es un indicador orientado principalmente al tema productivo, para una empresa que conoce todos sus insumos y procesos es de fácil aplicación.

Usar Huella Hídrica como un indicador a nivel de cuenca para enfocarse a las realidades locales requiere de una gran cantidad de información tanto espacial como temporal, no solo de usos de aguas sino también de importación y exportación de productos del territorio analizado y características específicas de cada sector productivo que se quiere incorporar el análisis. A esta escala mucha de la información no está disponible y no es lo suficientemente precisa. Así también hay dificultades en la comparación de los distintos resultados de Huella Hídrica, sobre todo cuando los territorios analizados no son homogéneos, tanto en su realidad productiva como en su realidad climática.

Se dificulta la aplicación de Huella Hídrica por la alta demanda de información, en la escala y resolución requerida. Con la introducción de supuestos cuando no hay información suficiente, se introduce una fuente de incertidumbre dentro de la metodología difícil de cuantificar lo que limita la objetividad y credibilidad de los resultados obtenidos.

Para determinar rubros y mayores consumos de agua no es necesario hacer un análisis de huella hídrica, es mucho mejor tener las extracciones directas que tiene cada usuario o en su defecto algún índice simplificado que reaccione correctamente en la identificación de problemas relevantes dentro de la cuenca.

En cuanto a la aplicación de Huella Hídrica en políticas públicas:

- Ajuste D.S. N°743/2005: Se puede tomar como referencia el análisis de huella hídrica aplicado a la producción en el caso que se necesite modificar este Decreto, pero actualmente no es una tema urgente para la DGA.
- Incorporar al manual de normas y procedimientos del Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos: Por las limitaciones anteriormente señaladas del indicador de Huella Hídrica, en cuanto a los supuestos y la falta de objetividad que esto genera, no sería recomendable incluir este análisis en detrimento de otras actividades consideradas por la DGA como relevantes de revisar en los proyectos. La sugerencia de indicadores para

el SEIA deben ser definidos en el reglamento respectivo por la autoridad competente.

- Incorporar en Planes Maestros de Recursos Hídricos Regionales: Al igual que en acápite anterior, dadas las limitaciones de información y la heterogeneidad de los territorios analizados en los Planes de cuenca y regionales, no se considera la Huella Hídrica como la herramienta adecuada para el análisis de las políticas a desarrollar.

En el caso de herramienta para la coordinación sectorial, identificación de mayores consumos de agua, evaluación y seguimiento y toma de decisiones, por las mismas razones descritas anteriormente en cuanto a las dificultades por el alto requerimiento de información, incertidumbre por la cantidad de supuestos y la heterogeneidad de los territorios que se requiere analizar, no se considera el indicador de Huella Hídrica como la mejor alternativa para la realización de dichos análisis.



## **10. Bibliografía**

COSUDE-DGA (2016). Reporte Huella Hídrica en Chile, Sectores prioritarios de la cuenca del Río Rapel. Realizado por FCH.

DONOSO, G., & AL., E. (2012). Seguridad Hídrica y Alimentaria en América Latina y España: El caso de Chile. Santiago, Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.

Hoekstra, A.Y. (2003). Virtual water trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade, IHE Delft, the Netherlands.

Hoekstra, A., Chapagain, A. K., Aldaya, M. & Mekonnen, M. (2011). The water footprint assessment manual: Setting the global standard. London, UK: Earthscan.

OSORIO, U. (2013). Huella Hídrica Determinación de la Huella del Agua y estrategias de manejo de recursos hídricos, Serie Actas n°50. La Serena: INIA.