



PERÚ

Ministerio  
de Agricultura y Riego

Autoridad Nacional  
del Agua

Dirección de Conservación  
y Planeamiento de  
Recursos Hídricos

**RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 007 -2015-ANA-DCPRH**

Lima, 23 DIC 2015

**VISTO:**

El Informe Técnico N° 031-2015-ANA-DCPRH-ERH-CLI/FCC, de fecha 13 de julio de 2015; y el Memorándum N° 1582-2015-ANA-DCPRH-ERH-CLI, de fecha 26 de noviembre de 2015; y,

**CONSIDERANDO:**

Que, conforme al literal b) del artículo 8° del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, aprobado por Decreto Supremo 01-2010-AG, el Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos tiene por finalidad promover el aprovechamiento sostenible, el uso eficiente, la conservación y el incremento de la disponibilidad del agua, así como la protección de la calidad de la misma y de sus bienes asociados;

Que, de acuerdo a lo señalado en el literal l) del artículo 6° del Reglamento de Organización y Funciones de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), aprobado por Decreto Supremo N° 006-2010-AG, es función de la ANA, promover y apoyar la formulación de proyectos y la ejecución de actividades que promuevan el uso eficiente, el ahorro, la conservación, la protección de la calidad e incremento de la disponibilidad de los recursos hídricos;

Que, asimismo, el artículo 33° del Reglamento de Organización y Funciones citado señala que es función de la Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos, organizar y conducir las acciones para la conservación, elaboración e implementación de los instrumentos de planificación del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos;

Que, según el documento denominado "Mandato de Ejecución" suscrito entre la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE) y la World Wildlife Fund Inc., se encargó a esta última la elaboración del Estudio Huella Hídrica, conforme a los términos de referencia elaborados por la Autoridad Nacional del Agua, con el objetivo de contribuir a la mejora de la sostenibilidad global del uso de agua mediante el conocimiento de la Huella Hídrica del Perú en el Sector Agropecuario;

Que, si bien la Directiva General N° 0010-2009-ANA-J-OPP "Normas y Procedimientos para la Elaboración, Entrega – Recepción, Revisión, Aprobación, Difusión y Cautela de los Estudios Financiados con Recursos de la Autoridad Nacional del Agua – ANA", señala que los estudios serán aprobados con Resolución Jefatural, esto se da siempre que los mismos hayan sido elaborados con financiamiento de la Autoridad Nacional del Agua; sin embargo, en el presente caso es COSUDE quien asume el pago del estudio, por lo que se ha visto por conveniente aprobar el citado documento mediante Resolución Directoral;



Que, mediante el Informe Técnico N° 031-2015-ANA-DCPRH-ERH-CLI/FCC, el Equipo Técnico de la Autoridad Nacional del Agua designado con Carta N° 143-2012-ANA-J/OPP, otorgó la conformidad al documento denominado "Estudio de Medición de la Huella Hídrica en el Perú en el Sector Agropecuario", el cual servirá como indicador para ser empleado en la planificación de los recursos hídricos y promover medidas de adaptación al cambio climático;

Con los vistos de la Oficina de Asesoría Jurídica, y de acuerdo al Reglamento de Organización y Funciones de la Autoridad Nacional del Agua, aprobado por Decreto Supremo N° 06-2010-AG;

**SE RESUELVE:**

**ARTÍCULO 1°.-** Aprobar el documento denominado "Estudio de Medición de la Huella Hídrica en el Perú en el Sector Agropecuario", elaborado por World Wildlife Fund Inc., por encargo de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), que como anexo forma parte integrante de la presente resolución.

**ARTÍCULO 2°.-** Disponer la publicación del estudio aprobado en el artículo precedente en el portal web institucional [www.ana.gob.pe](http://www.ana.gob.pe)



Regístrese y comuníquese,

**Ing. Wilfredo J. Echevarría Suárez**

Director

Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos  
Autoridad Nacional del Agua



# HUELLA HÍDRICA DEL SECTOR AGROPECUARIO DEL PERÚ



© DIEGO PÉREZ / WWF Perú

## Reporte # 1:

### ESTADO DEL ARTE DE LA MEDICIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL

**WWF Perú**  
Marzo, 2013

# CONTENIDO

1. Introducción
2. El Concepto de Huella Hídrica
  - 2.1 Desarrollo Histórico de las Huella Hídrica
    - 2.1.1 Huellas hídricas nacionales
    - 2.1.2 Huellas hídricas de productos y commodities
    - 2.1.3 Huellas hídricas de las cuencas
  - 2.2 Componentes y Metodologías de la Huella Hídrica
    - 2.2.1 Huellas Hídricas verde y azul
    - 2.2.2 Huella Hídrica gris
    - 2.2.3 Agua virtual
  - 2.3 Retos y limitaciones del análisis de Huella Hídrica
3. Estudios de Casos de Huella Hídrica
  - 3.1 Huella Hídrica de Países
    - 3.1.1 Reino Unido
    - 3.1.2 Holanda
    - 3.1.3 Suiza
    - 3.1.4 Otras Huellas Hídricas Europeas a Nivel País
    - 3.1.5 China
    - 3.1.6 México
    - 3.1.7 Colombia
    - 3.1.8 Turquía
  - 3.2 Huella Hídrica a nivel de cuencas
    - 3.2.1 Guadiana, España
    - 3.2.2 Lago Naivasha, Kenia
    - 3.2.3 El Agua del Cabo Occidental en la Economía
    - 3.2.4 El Río Breede en Sudáfrica
    - 3.2.5 La Cuenca del Nilo
    - 3.2.6 El Río Porce
  - 3.3 Huellas Hídricas Corporativas
    - 3.3.1 SABMiller
    - 3.3.2 Natura Cosméticos
    - 3.3.3 Unilever
    - 3.3.4 Levi & Strauss
    - 3.3.5 SuizAgua
  - 3.4 Huellas Hídricas de cultivos agrícolas en Perú
    - 3.4.1 Arroz
    - 3.4.2 Quinoa
    - 3.4.3 Esparrago
    - 3.4.4 Banano
    - 3.4.5 Otros cultivos agrícolas

4. La Huella Hídrica en un contexto gubernamental
  - 4.1 Gestión del agua en el sector público
    - 4.1.1 Naturaleza y escala de gestión del agua
    - 4.1.2. Decisiones gubernamentales y su afectación sobre el agua
  - 4.2 El Sector Público y las Huellas Hídricas
    - 4.2.1. La interpretación de las huellas hídricas en el sector público
    - 4.2.2. Enfoques para transmitir información de huella hídrica al gobierno
  - 4.3 Oportunidades para el compromiso del sector público con las Huellas Hídricas

## 5. Conclusión

## **ANEXOS**

Anexo A: Metodologías de Cálculo de Agua Azul, Verde y Gris

## **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

## **CONSULTAS ELECTRONICAS**

## **LISTA DE TABLAS**

Tabla 1: Comparación de características del agua azul y verde (Fuente: Chapagain et al., 2005)

Tabla 2: Escalas de gobierno y política de agua

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1: Esquema de Contabilidad de Huella Hídrica Nacional (Fuente: Mekonnen et al., 2011)

Figura 2: Componentes de una huella hídrica (en base al Manual de Evaluación de Huella Hídrica)

Figura 3: Pasos para calcular la huella hídrica de un cultivo

Figura 4: Ejemplo de requisitos de agua para cultivar un cultivo regado durante todo el periodo de crecimiento

Figura 5: Huella hídrica agrícola externa del Reino Unido

Figura 6: Huella hídrica del Reino Unido y zonas de producción con escasez de agua (Fuente: Reporte de Huella Hídrica del Reino Unido, 2008)

Figura 7: Catorce *hotspots*: las cuencas de los ríos a lo largo del planeta que enfrentan tanto la mayor huella hídrica agrícola de consumo suizo como periodos de severa escasez de agua (Fuente: Reporte de Huella Hídrica de Suiza, 2012)

Figura 8: La huella hídrica verde, azul y gris de producción nacional por región en Francia (mm<sup>3</sup>/año) (Fuente: L'Empriente Eau de la France, 2012)

Figura 9. Desglose de huellas hídricas por país (Fuente: La Huella Hídrica de México en el Contexto de Norteamérica, 2012)

Figura 10: Huella hídrica de producción dividida por país (Fuente: La Huella Hídrica de México en el Contexto de Norteamérica, 2012)

Figura 11. Huella hídrica de la producción agrícola dividida por producto y componente. (Fuente: Una mirada a la agricultura de Colombia desde su Huella Hídrica, 2012).

Figura 12: Frontera hidrológica de la Cuenca del Nilo en relación con sus estados ribereños (Fuente: Zeitoun et al. 2009 en WFN 2011)

Figura 13: Sectores gubernamentales que impactan en el agua

Figura 14. Esferas del gobierno y su conexión con las huellas hídricas

## 1. Introducción

La Autoridad Nacional del Agua – ANA en asociación con la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación – COSUDE y WWF organización implementadora, están desarrollando el estudio sobre la Huella Hídrica del Sector Agropecuario del Perú con la finalidad de contribuir a la mejora de la sostenibilidad global del uso de agua mediante su conocimiento y dinámica. El estudio también incluirá una evaluación de la factibilidad del cálculo de la Huella Hídrica en el Perú para los sectores doméstico, industrial y minero, y la identificación del potencial de estos resultados como herramienta de política pública para la gestión integral del recurso hídrico a partir de propuestas y recomendaciones.

En este contexto hemos elaborado un primer reporte que contiene la historia de la Huella Hídrica, componentes, metodologías y limitaciones de su estimación, principales usos, el nivel de difusión y apropiación del indicador, estudios de caso de países y empresas que la han implementado, las tendencias observadas sobre su uso, resultados obtenidos de su implementación, su inclusión como indicadores para la gestión, entre otros aspectos relacionados; sustentándose en fuentes bibliográficas de las principales instituciones dedicadas a su investigación e implementación.

Este recorrido por el Estado del Arte de la Medición de la Huella Hídrica a nivel nacional e internacional nos entrega una mirada rápida a las diferentes experiencias en la estimación de este indicador en diferentes niveles, sectores, cuencas e incluso productos que se han desarrollado y se vienen desarrollando a nivel mundial y como es que los resultados de estas experiencias se han venido integrando en acciones concretas que contribuyen a la gestión de los recursos hídricos y en los procesos de toma de decisión y acciones concretas para reducirla.

Otro aspecto que creemos importante resaltar es que este concepto de huella hídrica puede brindar una visión alternativa a la gestión tradicional del agua, con lo cual se podría enriquecer el diálogo y resaltar los vínculos entre distintos sectores sociales y económicos e involucrar al sector privado de manera más activa, sin embargo, la forma en el que la huella hídrica puede y debe transmitir información para alimentar diversos procesos de desarrollo de políticas y estrategias y en la propia gestión del agua, a diferentes niveles de gobierno y entre otros sectores, todavía está por definirse y su rol en estos procesos dependerá de las distintas realidades y enfoques políticos y otros arreglos institucionales dentro de los cuales cada gobierno funciona de forma regular.

Finalmente incluimos una breve discusión sobre los elementos, enfoques, interpretaciones y oportunidades a través de las cuales el sector público puede abordar los resultados de un estudio de Huella Hídrica en sus procesos de toma de decisiones y gestión del recurso.

## **2. El concepto de Huella Hídrica**

### **2.1 Desarrollo histórico de la huella hídrica**

El concepto de huella hídrica fue introducido por primera vez por Arjen Hoekstra en el Instituto para Educación en Agua de la UNESCO en el 2002, y fue luego desarrollado por la Universidad de Twente en los Países Bajos y por la Red de Huella Hídrica (*WFN por sus siglas en inglés*). El concepto de huella hídrica fue propuesto como un indicador alternativo a la medición de uso de agua. Como indicador, la huella hídrica es distinta a las estadísticas tradicionales de agua que sólo consideran el uso de agua de consumo y no la extracción de agua.

La huella hídrica se introdujo también como un concepto análogo a la huella ecológica y a la huella de carbono. Mientras que la huella de carbono es la cantidad de carbono emitido a lo largo de la cadena de suministro para producir un bien, la huella de agua es el volumen de agua requerido a través de la cadena de suministro para elaborar un producto. Sin embargo, una distinción fundamental entre huella hídrica y huella de carbono radica en que el agua es un recurso local mientras que el carbono puede considerarse de nivel global. Es decir, las emisiones de carbono tendrán implicancias similares, sin importar dónde ocurran dichas emisiones. Por el contrario, el uso de agua debe entenderse en su contexto local. El uso de agua en un lugar con abundancia de agua es muy distinto al uso de agua en un lugar con escasez de agua; igualmente, el uso del agua proveniente de lluvias en un lugar con escasez de agua es también muy distinto del uso del agua superficial en ese mismo lugar. Por lo tanto, a diferencia de lo que ocurre con la huella de carbono, es necesario entender muchos más temas locales y de contexto para entender lo que implica la huella hídrica.

Los primeros estudios sobre huella hídrica se centraron en ilustrar los flujos de agua entre países a través del comercio de productos industriales y agrícolas. Estos estudios fueron útiles para ilustrar los flujos virtuales de agua hacia dentro y fuera de los países

con el fin de comprender los requisitos directos y de suministro de agua necesarios para mantener el consumo de un país.

Desde los primeros análisis de huella hídrica nacionales, las huellas hídricas han ganado terreno en otras áreas, incluyendo el sector privado para productos y empresas, así como también para *commodities* con el fin de ayudar a las empresas a entender el mercado de suministro. Asimismo, se han calculado huellas hídricas de las cuencas en un esfuerzo por influenciar políticas. En cualquier región, y en particular en aquellas con escasez de agua, resulta sumamente útil contar con herramientas que pueden informar de manera eficiente, generar conciencia y crear diálogo con sectores de la población que no han estado previamente involucrados en debates relacionados con el agua.

En la comprensión de la huella hídrica como indicador es importante tener en cuenta estos distintos enfoques pues la aproximación y aplicabilidad de una huella hídrica es muy distinta, dependiendo del uso que se le pretende dar. Por ejemplo, en el sector privado, la huella hídrica crea oportunidades para que las empresas se unan al proceso global de transparentar información sobre procesos, entiendan sus riesgos asociados a su operación y su cadena de suministros e integren la comprensión del agua en sus decisiones de planificación. Mientras el sector público estaría utilizando la información de huellas hídricas para la creación de políticas, estrategia, planes u operaciones del sector público, atrayendo a nuevos tomadores de decisiones en el debate sobre el agua de manera intuitiva y que trasciende sectores. Se necesitan pues diferentes tipos de análisis e información para lograr estas metas distintas.

Con este potencial, el concepto de huella hídrica ha ganado un importante reconocimiento en los últimos diez años, tanto en la esfera pública como en la privada en una variedad de sectores. Sin embargo, la huella hídrica es una herramienta aún en desarrollo y todavía quedan muchas preguntas conceptuales y metodológicas por resolver.

### **2.1.1 Huellas hídricas nacionales**

Como se indicó anteriormente, los primeros estudios de huella hídrica se centraron en ilustrar los flujos de agua entre países a través del comercio. Estos estudios fueron útiles para ilustrar los flujos virtuales de agua hacia dentro y fuera de los países. Sin embargo, luego de los primeros estudios quedó claro que debía incluirse el contexto local del uso de agua para entender los impactos y retos que surgen al enmarcar la

huella hídrica como uno de los muchos indicadores ambientales, sociales y económicos que deben considerarse en el contexto del comercio.

El marco teórico para la contabilidad de la huella hídrica nacional se muestra en la Figura 1, de ello resulta claro que la huella hídrica de consumo nacional es distinta a la huella hídrica al interior del área de un país. Esta última es la huella hídrica de producción nacional, definida como el volumen de agua dulce total consumida o contaminada al interior del territorio nacional, como resultado de las actividades de los diferentes sectores de la economía. Puede ser calculada sumando las huellas hídricas de todos los procesos que implican consumo o contaminación del agua que tienen lugar al interior del país.

La huella hídrica de consumo nacional, sin embargo, se define como el volumen total de agua dulce que se usa para producir bienes y servicios consumidos por los habitantes de un país. Consiste en dos componentes: la huella hídrica interna y externa del consumo nacional. La huella hídrica interna se define como el uso de recursos hídricos nacionales para producir bienes y servicios consumidos por la población del país. Es el resultado de la huella hídrica dentro del país, menos el volumen de la exportación de agua virtual a otros países relacionados con la exportación de productos producidos con recursos hídricos nacionales.

La huella hídrica externa se define como el volumen de recursos hídricos usado en otros países para producir bienes y servicios consumidos por la población en el país que está bajo consideración. Es igual a la importación de agua virtual al país menos el volumen de exportación de agua virtual a otros países como resultado de la reexportación de productos importados. La exportación de agua virtual de un país consiste en agua exportada de origen doméstico y agua reexportada de origen extranjero. El agua virtual importada a un país será consumida en parte, por lo cual constituye la huella hídrica externa de consumo nacional, y puede ser reexportada en parte. La suma del agua virtual importada a un país y la huella hídrica dentro del área del país es igual a la suma de la exportación del agua virtual del país y la huella hídrica de consumo nacional. Esta suma se conoce como presupuesto de agua virtual de un país.

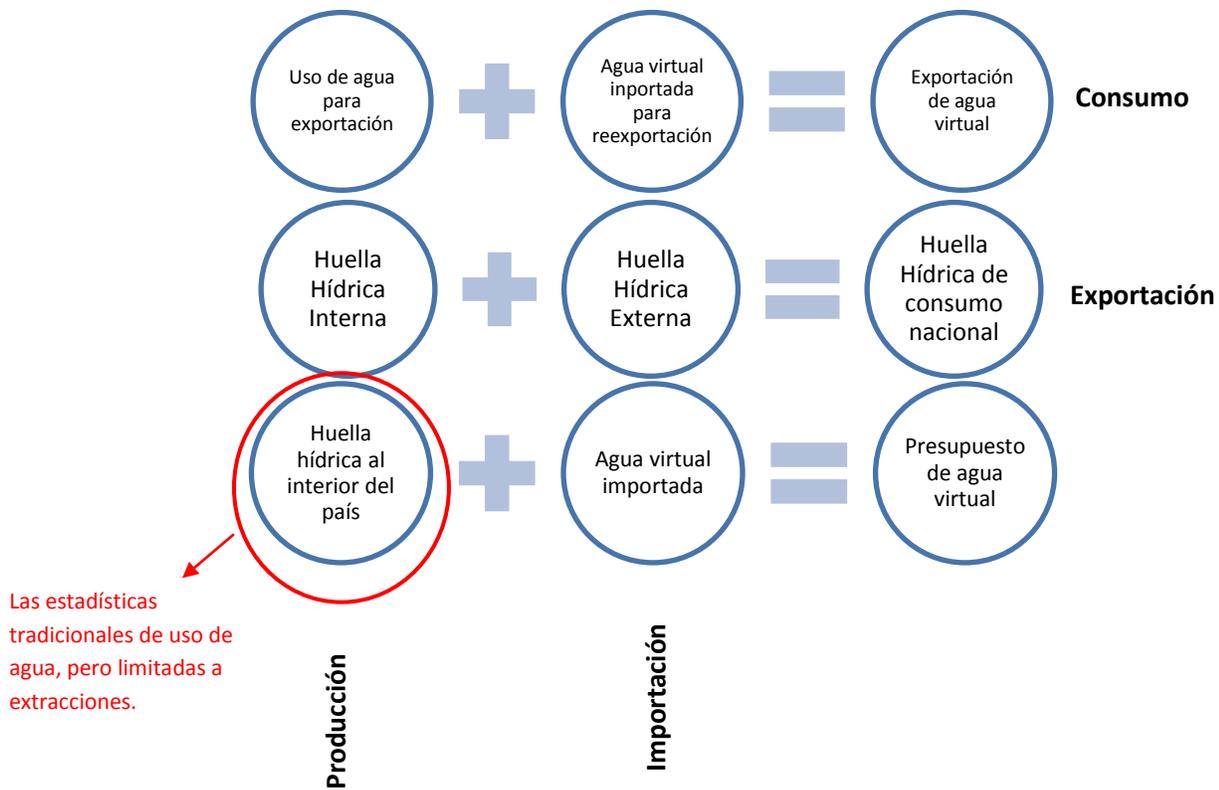


Figura 1. Esquema de Contabilidad de la Huella Hídrica Nacional (Fuente: Mekonnen et al., 2011).

### 2.1.2 Huellas hídricas de productos y *commodities*

Siguiendo las huellas hídricas a nivel país, las empresas comenzaron a usar el concepto de huella hídrica para entender la huella de productos tales como una botella de Coca-Cola o un producto cosmético. El concepto de huella hídrica tiene diferentes niveles de interés para las distintas industrias. El sector de alimentos y bebidas y el textil son los más activos en el tema de la huella hídrica, ya que la herramienta les ayuda a entender importantes riesgos al remontarse en su cadena de suministro.

Los productores de productos de consumo y productos cosméticos, cuyas operaciones tienen importantes implicancias para los consumidores, se interesan cada vez más en la medición de su huella hídrica. Las industrias química y minera, por otro lado, han sido las menos activas con respecto a la medición de su huella hídrica.

También se ha estudiado huellas hídricas para diversos *commodities* y sus mercados globales, tal es el caso del trigo, el algodón o los biocombustibles. Las huellas hídricas de los *commodities* son útiles para ilustrar los flujos de agua virtual a través del

comercio entre países, y pueden ayudar a las empresas a entender los riesgos en la cadena de suministro y tomar decisiones más informadas. Adicionalmente, las huellas hídricas de los *commodities* pueden facilitar la transparencia y brindar información que permita al público exigir responsabilidad a las empresas en relación a las decisiones de la cadena de suministro. Una vez más, resulta fundamental entender el contexto local, incluyendo factores económicos y sociales para entender los impactos de la producción en relación al agua.

### **2.1.3 Huellas hídricas de cuencas**

El análisis de huella hídrica a nivel de cuenca también ha comenzado a ganar interés en los últimos años. Entre los ejemplos de estudios de huella hídrica a nivel de cuenca completados hasta el momento figuran la cuenca del Nilo, la cuenca del Río Breede-Overberg, una selección de cuencas en México y numerosas cuencas fluviales en España. El análisis de la huella hídrica de una cuenca está dirigido por lo general al sector público, con la intención de promover el diálogo estratégico, transmitir información para crear políticas sectoriales y planificar, o informar las decisiones sobre la distribución del agua. Sin embargo, los casos desarrollados han probado que resulta difícil contextualizar suficientemente la huella hídrica e integrarla al amplio espectro de intereses públicos o al complejo proceso político de toma de decisiones. Las huellas hídricas a nivel de cuenca han sido herramientas de comunicación útiles para promover el diálogo entre diversos sectores.

En resumen, las huellas del país y de las cuencas fluviales por lo general se enfocan en transmitir información para crear políticas, mientras que las huellas hídricas de productos y *commodities* suelen enfocarse en entender los riesgos de la cadena de suministro. Existen distintos usos y retos potenciales para cada tipo de estudio.

## **2.2 Componentes y metodologías de la Huella Hídrica**

El *Manual de Evaluación de Huella Hídrica* de la Red de Huella Hídrica (WFN) presenta el enfoque predominante para realizar evaluaciones de huella hídrica. Como la WFN es una gran red de socios internacionales, la metodología de la WFN ha guiado el enfoque de huella hídrica utilizado por muchas de las organizaciones que han realizado evaluaciones de huella hídrica. Sin embargo, si bien los conceptos básicos son seguidos ampliamente, han surgido muchos matices y retos en relación a la metodología.

El creciente interés en el análisis de huella hídrica ha traído consigo varios esfuerzos impulsados por la WFN por estandarizar la metodología básica, mejorar el concepto y disminuir algunas de las incertidumbres asociadas a ello.

Los siguientes conceptos son básicos para entender la noción de huella hídrica tal como la define la WFN:

- **Uso directo e indirecto de agua:** La huella hídrica representa el volumen de agua dulce usado para producir un producto, medido a lo largo de toda la cadena de suministro. Por lo tanto, se refiere al uso directo de agua, por ejemplo, el agua que se usa en los procesos de fabricación cuando se elabora un producto de algodón. Pero también se refiere al uso indirecto de agua a lo largo de toda la cadena de suministro, por ejemplo, el agua que se necesita para hacer crecer el algodón usado en la fabricación del producto. Por lo general, estos requisitos indirectos de agua son mucho mayores que los requisitos de agua directos.
- **Extracción consuntiva y no consuntiva de agua:** La huella hídrica considera el uso consuntivo de agua, que es el agua evapotranspirada, incorporada en un producto, o devuelta a una cuenca distinta o en un momento distinto del cual fue extraída. La huella hídrica, sin embargo, excluye el uso no consuntivo de agua o agua que regresa a la misma cuenca y que se encuentra disponible para usos de otros consumidores en la parte más baja de la cuenca.
- **Agua azul, verde y gris:** La huella hídrica distingue entre el consumo de agua azul, verde y gris. En las secciones 2.3 y 2.4 se brinda información más detallada acerca de las diferencias entre estos tipos de agua.

La combinación de los componentes clave de la huella hídrica se ilustra en la Figura 2



Figura 2. Componentes de una huella hídrica (en base al Manual de Evaluación de Huella Hídrica).

Cada sector, doméstico, industrial y agrícola, tiene distintos índices de uso de agua, por tipo y en total. En los sectores doméstico e industrial, destaca el uso de agua azul y gris, y si bien el agua verde puede estar presente dentro del uso total de agua en estos sectores, suele resultar insignificante.

Por lo general, el sector agrícola es el que más agua usa, con grandes volúmenes de uso de agua verde y azul, dependiendo de la disponibilidad de agua y patrones de precipitación. Siendo el mayor contribuyente a la huella hídrica de este sector la producción de cultivos. La huella hídrica de un cultivo principal se calcula como el índice del volumen de agua requerido para hacer crecer el cultivo hasta su cosecha:

$$HH \text{ (m}^3\text{/ton)} = \frac{\text{Uso de agua para el cultivo (m}^3\text{/ha)}}{\text{Rendimiento del cultivo (ton/ha)}}$$

La huella hídrica azul y verde total de un cultivo se define como sigue:

- Uso de agua verde (m<sup>3</sup>/ha) es la evapotranspiración de agua del suelo derivada de la lluvia (agua utilizada por la planta que deriva de agua del suelo y que es devuelta a la atmósfera a través de la evapotranspiración).
- Uso de agua azul (m<sup>3</sup>/ha) es la evaporación del agua de riego de la tierra de cultivo.

El uso de agua para el cultivo (el numerador en la fórmula) está influenciado por el tipo de cultivo que se ha plantado y el entorno climático donde se cultiva. Estos dos factores pueden ser agrupados de manera general en *Parámetros de Cultivo* y *Parámetros*

*Climáticos.* Una vez que se conoce el tipo de cultivo y el lugar donde se está cultivando se puede calcular los requisitos de agua (por ej., el volumen óptimo de agua requerido por el cultivo, que consumirá a través de evapotranspiración a medida que crece). El agua para el cultivo se obtiene ya sea de la lluvia o por riego. Si se sabe dónde se da el cultivo se puede conocer el promedio de lluvia en ese lugar, al mismo tiempo que se puede calcular el volumen complementario de agua de riego (si fuese necesario) que requiere el cultivo y compararlo con el volumen de agua de riego que recibe. Una vez que se conoce la cantidad de lluvia y de riego, puede calcularse el uso de agua verde y azul que requerirá el cultivo.

La cosecha (el denominador en la fórmula) está influenciada por factores tales como fertilizantes, estructura del suelo y otros, así como por el riego (si fuese el caso) y la eficiencia del mismo. Al ser la huella hídrica el ratio de uso de agua para el cultivo hasta la cosecha, es, por lo tanto, una medida de la eficiencia productiva del agua. Sin embargo, permite diferenciar entre uso de agua verde (uso de agua de lluvia) y uso de agua azul (uso de agua superficial).

Como resultado, por lo general se observa una mayor huella hídrica en zonas más calientes (donde la evapotranspiración es mayor) y cuando las cosechas de cultivos son menores. En zonas más frías y cosechas más altas se obtendrán huellas hídricas menores.

La Figura 3 detalla la información requerida y los pasos para calcular la huella hídrica de un cultivo.

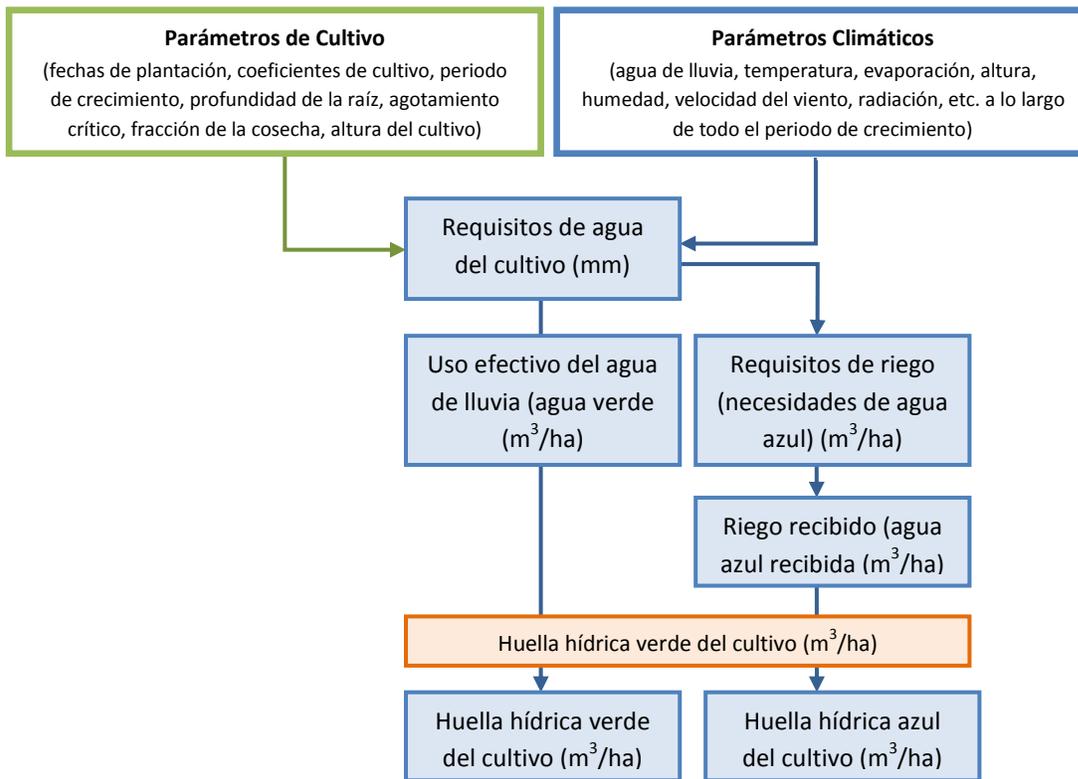


Figura 3. Pasos para calcular la huella hídrica de un cultivo

La Figura 4 ilustra cómo se calcula el uso de agua azul y verde de un cultivo bajo riego durante todo el periodo de crecimiento. Debido a que el uso de agua verde es la evapotranspiración del agua de lluvia y el uso de agua azul es la evapotranspiración del agua superficial, se asume que cualquier agua que no es 'usada' por un cultivo y evapotranspirada regresa a su ciclo hidrológico. Por lo tanto, se toma la menor cantidad de agua de lluvia y evapotranspiración, y la menor cantidad de los requisitos de riego y de riego actual.

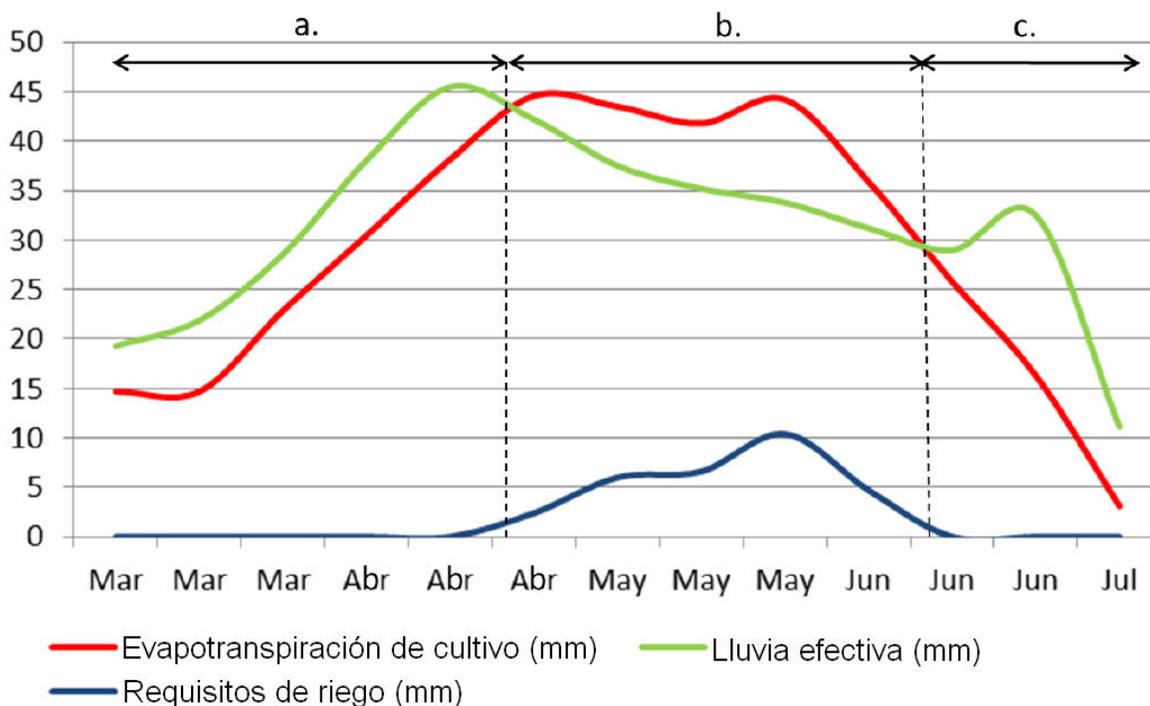


Figura 4. Ejemplo de los requisitos de agua para un cultivo regado durante todo el periodo de crecimiento.

Este gráfico muestra un ejemplo de la evapotranspiración de un cultivo, el agua de lluvia efectiva y el requisito de riego a lo largo de todo el periodo de crecimiento (marzo a julio). A lo largo del periodo “a”, el uso de agua verde es igual a la suma acumulativa de evapotranspiración del cultivo (menor que la lluvia efectiva), y el uso de agua azul es cero. A lo largo del periodo “b”, el uso de agua verde es igual a la suma acumulativa de lluvia efectiva, y el uso de agua azul es igual a la suma acumulativa de riego. A lo largo del periodo “c”, el uso de agua verde es igual a la suma acumulativa de evapotranspiración del cultivo (menor que la lluvia efectiva) y el uso de agua azul es igual a cero.

Como es común en los análisis de huella hídrica de cultivos bajo riego, el agua de riego consumida se considera igual a los requisitos de riego, es decir, se asume que los requisitos de agua del cultivo han sido cubiertos por el riego.

Tanto la huella hídrica verde como azul (así como los volúmenes de agua por área) se calculan por estación meteorológica (los datos climáticos pueden obtenerse a través de CLIMWAT, un programa provisto por la FAO). Según esto, el promedio nacional de huellas hídricas verde y azul se calculan como un promedio de las diferentes estaciones meteorológica dentro de las regiones que producen cultivos. (Para calcular valores

absolutos de huella hídrica se requiere información sobre el promedio de cosecha y producción por cultivo por región).

### 2.2.1 Huellas Hídricas verde y azul

El agua verde y el agua azul tienen distintas características, que llevan a diferentes costos de oportunidad en el uso de estos recursos. Una de las contribuciones que ofrece la huella hídrica es que diferencia entre el uso de agua verde y azul para producir el mismo producto. Esto puede tener importantes implicancias en la planificación de recursos hídricos y el entendimiento del uso eficiente de agua. El siguiente cuadro resume algunas de las características del agua verde y el agua azul.

Cuadro 1. Comparación de las características del agua azul y verde (Fuente: Chapagain et al., 2005)

Característica	Agua azul	Agua verde
Fuentes	Ríos, lagos, reservorios, represas, estanques, acuíferos	Agua que se almacena en suelos no saturados y que puede ser absorbida por las raíces de las plantas.
Movilidad	Altamente móvil	Altamente inmóvil
Sustitución de fuentes	Posible	Imposible
Usos competitivos	Muchos	Pocos
Estructura para almacenamiento y transporte	Requerida	No requerida
Costo de uso	Alto	Bajo

El agua verde proviene de la lluvia y podría decirse que el costo de abastecimiento es nulo. El principal usuario competitivo del agua de lluvia, además de los cultivos comestibles, es únicamente la vegetación natural. La vegetación natural, como se sabe, tiene un valor directo de uso de agua económicamente menor. El costo de oportunidad de uso de agua verde es, por lo tanto, mucho menor que el de agua azul.

Por el contrario, el agua azul tiene muchas funciones y a menudo hay un costo de oportunidad o *trade-off* por el uso de agua azul entre uno u otro propósito. También existe un costo de oportunidad entre los usuarios aguas arriba y aguas debajo de la cuenca. Muchas veces, el agua azul requiere instalaciones de almacenamiento y distribución para poder ser entregada a los usuarios, por lo cual su suministro tiene un

costo; más aún, el riego excesivo puede causar salinización severa, inundaciones y degradación de suelos.

Por todo ello, el costo de oportunidad del agua azul es mucho mayor que el del agua verde. Desde el punto de vista del costo de oportunidad del uso de recursos hídricos, usar agua verde en producción es más eficiente que usar agua azul, ya que otros factores se mantienen constantes.

### 2.2.2 Huella Hídrica gris

En contraste con las huellas hídricas verde y azul, la huella hídrica gris es un indicador de implicaciones de la calidad del agua y no representan cantidades físicas de agua. En ese sentido, la huella hídrica gris es el volumen teórico de agua dulce que se requerirían para diluir o asimilar una carga de contaminantes en base a concentraciones en el entorno natural y estándares de calidad de agua del ambiente.

La huella gris se calcula, por lo general, dividiendo la carga contaminada,  $L$ , entre la diferencia del estándar de calidad de agua del ambiente para el contaminante (la máxima concentración aceptable  $C_{max}$ , en masa/volumen) y su concentración natural en el cuerpo de agua que recibe ( $C_{nat}$ , en masa/volumen).

$$WF_{proc.grey} = \frac{L}{C_{max} - C_{nat}} \left[ \frac{volume}{time} \right]$$

Para las sustancias de origen humano que no se dan naturalmente en el agua,  $C_{nat}=0$ . Si no se conoce la concentración natural, puede asumirse que es 0, si bien esto subestimaré la huella hídrica gris si la concentración natural no es en realidad 0.

Dada su naturaleza teórica, existen numerosos retos asociados a la medición de la huella hídrica gris (algunos de los cuales se discuten en la sección 2.3). Sin embargo, generalmente la huella hídrica gris debe tomarse como un indicador y los impactos de ello deben entenderse y usarse con propósitos de planificación futura.

### 2.2.3 Agua virtual

Muy ligado al concepto de huella hídrica está el concepto de flujo de agua virtual o comercio de agua virtual, que representa la cantidad de agua incorporada en los productos comercializados. El concepto de agua virtual se desarrolló específicamente para abordar el comercio y la escasez de agua, más que los impactos ambientales. Ha sido usada principalmente para ilustrar el flujo de agua entre países a través del comercio de productos comestibles y, por lo tanto, es un concepto que vincula agua, alimentos y comercio de una forma accesible. Esto puede mejorar la comprensión sobre las ventajas comparativas de la producción entre países e informar el debate acerca de la seguridad hídrica.

Un país con escasez de agua puede resguardar sus recursos hídricos importando productos que hacen un uso intensivo del agua en lugar de producirlos al interior del país. Estos “ahorros de agua” en el país pueden destinarse a la producción de cultivos alternativos de mayor valor, a mantener los servicios ambientales o a otras necesidades nacionales.

A nivel regional o global, el agua virtual incorporada en los *commodities* agrícolas puede exportarse de zonas donde hay agua en abundancia a zonas donde el agua es escasa, esto promovido por los bajos costos y la rapidez en la distribución de alimentos. Esto podría ayudar a mejorar el uso productivo del agua en la región, mejorando al mismo tiempo la seguridad alimentaria.

La huella hídrica de un país se define como el volumen total de agua dulce usada para producir los bienes y servicios consumidos por la población de dicho país. Como no todos los bienes consumidos por un país determinado se producen en ese país, la huella hídrica consiste en dos partes: el uso de recursos hídricos domésticos y el uso de agua fuera de las fronteras del país. En ese sentido, al evaluar la huella hídrica de un país, resulta esencial cuantificar los flujos de agua virtual que salen y entran al país. Si se toma en cuenta el uso de recursos hídricos nacionales como punto de partida para la evaluación de la huella hídrica de un país, deberían restarse los flujos de agua virtual que dejan el país y sumarse los flujos de agua virtual que ingresan al país.

Finalmente, para los países en desarrollo con recursos hídricos relativamente abundantes, debe señalarse que considerar la importación de alimentos desde una perspectiva de ahorro de agua por lo general carece de significado si no se reconoce el valor económico de dichas importaciones. A lo cual hay que agregar como consideración que la agricultura es un sector económico importante en los países en desarrollo y una gran proporción de la población depende de esta para subsistir.

### **2.3 Retos y limitaciones del análisis de Huella Hídrica**

La huella hídrica es un indicador muy útil sobre cuándo, dónde y cómo los consumidores, productores y los procesos y productos individuales exigen recursos hídricos. En condiciones de escasez de agua (incluyendo escasez de agua a nivel global) esta información es importante para los consumidores, productores y las personas responsables de formular políticas. La evaluación de la huella hídrica es una herramienta útil para cuantificar y localizar el uso del agua y para evaluar si este es sostenible de modo que, en casos necesarios, se evalúen opciones alternativas para una utilización adecuada de los recursos hídricos.

Sin embargo, la huella hídrica no es sino un indicador relevante dentro del amplio tema de la asignación y uso sostenible, justo y eficiente de los recursos naturales. Es por ello que este tipo de análisis necesita ser complementado con una amplia gama de otros indicadores relevantes para lograr una comprensión integral de la problemática de los recursos hídricos en una situación específica. Por ejemplo, para adoptar un enfoque de huella hídrica en el análisis de la producción agrícola en un país es necesario también comprender correctamente las condiciones socio-culturales, económicas y ambientales en que se desarrolla la actividad. El agua no es el único factor involucrado en la producción agrícola y otros factores como la tierra, el acceso a los mercados o la energía juegan un papel cada vez más importante en la determinación del uso eficiente del agua. Por ello es crucial, para el análisis de la huella hídrica alejarse de una interpretación meramente centrada en el agua, que no tome en cuenta las consideraciones más amplias del contexto de producción y comercio.

En ese sentido, la evaluación de la huella hídrica es una herramienta parcial, que puede usarse en combinación con otros medios de análisis para una mejor comprensión sobre el rango de temas relevantes al momento de tomar decisiones para la gestión de los recursos hídricos o sobre un sector productivo. La rápida adopción de la huella hídrica como indicador de la apropiación de agua dulce por parte del ser humano resulta muy útil para ubicar la escasez de agua dulce en un lugar prioritario en las agendas de gobiernos y en la mentalidad de los consumidores, pero es necesario tomar conciencia del riesgo de la simplificación excesiva y la tentación de reducir la compleja realidad a un número limitado de indicadores.

A continuación se muestran algunas limitaciones, retos y preguntas acerca de la aproximación y metodología de medición de la huella hídrica.

- **No es un indicador único para la gestión del recurso**

Uno de los retos más importantes relacionados a la medición de la huella hídrica gira en torno a la pregunta del valor real de la huella hídrica, y si una huella es capaz de contribuir mejorar herramientas disponibles actualmente. Como una huella hídrica no describe impactos ambientales, sociales o económicos –y, por lo tanto, no vincula al agua con ninguna de estas consideraciones–, no puede usarse adecuadamente como único indicador para la gestión del agua ni para garantizar la seguridad alimentaria.

Una medida de huella hídrica, además, no es lo suficientemente específica para brindar información que permita pasar a la acción, ya sea en términos de comprender el impacto local del uso de agua o para identificar oportunidades para usar agua de manera más eficiente o efectiva.

- **Debe vincularse a un contexto local**

Como el agua es un recurso local, para entender la huella hídrica debe entenderse el contexto local. Sin embargo, enraizar una huella hídrica de manera adecuada a un contexto local resulta una tarea difícil que puede requerir consideraciones de indicadores hidrológicos, ambientales, sociales y económicos (además de los costos de oportunidad del uso de agua), y debe dejar espacio para el diálogo acerca de compensaciones por ganancias o pérdidas.

Para enfrentar esta limitación, la WFN ha desarrollado pasos adicionales que van más allá de la contabilidad de la huella hídrica. Estos pasos incluyen una “evaluación de sostenibilidad” y la “formulación de respuestas”. La evaluación y la formulación de respuestas dependerán de si la huella hídrica tiene un enfoque geográfico o un enfoque de producto, proceso, consumidor o productor. En el caso de una perspectiva geográfica, la sostenibilidad de la huella hídrica se medirá de forma agregada para una cuenca o área de captación hídrica, pues aquí se puede comparar fácilmente la huella hídrica con la disponibilidad de agua y determinar donde la asignación de los recursos hídricos genera potenciales conflictos. Igualmente, la formulación de respuestas estará en función de qué se puede hacer para reducir la huella hídrica dentro de dicha área y quien debe hacerlo, con un costo y tiempos razonables.

Por el contrario, cuando el interés está en la sostenibilidad de la huella hídrica de un producto, proceso, consumidor o productor, la evaluación de la sostenibilidad estará enfocada en explorar si la huella hídrica contribuye de forma innecesaria a la huella

hídrica global de la humanidad o a la huella hídrica de lugares críticos específicos. De acuerdo a ello, las respuestas estarán referidas a lo que el consumidor puede hacer en cuanto a mejorar sus hábitos de consumo o cómo el productor puede actuar mejor a nivel de la cuenca sobre la que está generando su huella.

- **Es mucho más que un número**

Una huella hídrica puede ser engañosa porque representa una ilustración atractiva y conveniente del agua requerida para producir un bien, pero no brinda suficiente contexto en relación con el agua usada. Un consumidor puede muy rápidamente ver la huella hídrica numérica y asumir que una huella grande es mala y que una huella pequeña es buena. Sin embargo, una huella hídrica numérica, sin un entendimiento del contexto local del agua, carece de significado. Una huella de agua grande que se origina en un área donde abunda el agua puede tener impactos aceptables, particularmente si de aquella producción se derivan beneficios sociales y económicos significativos.

- **Mide los impactos de la contaminación en términos de cantidad de agua**

Un aspecto bastante criticado de la medición de la huella hídrica ha sido la representación de los impactos de la contaminación del agua transformando la calidad de agua en cantidad de agua, pues se alega que se pierde información y distinciones importantes, sin brindar ninguna información a cambio. Al cambiar una medida de calidad de agua por una medida de cantidad, se pierde información acerca del daño que en realidad puede causar un elemento contaminante, y no es posible entender los impactos ambientales. No se consideran factores tales como la eco-toxicidad, biodegradabilidad o tratamiento de aguas. Expresada como cantidad de agua, la huella hídrica gris no provee información acerca de cuáles políticas podrían desarrollarse o qué intervenciones deberían realizarse. Más aún, la disponibilidad de datos e información constituye por lo general, un reto al momento de calificar los impactos del agua gris.

- **Uso de la evaporación bruta versus la evaporación neta**

La medición de la huella hídrica asigna la evaporación o evapotranspiración bruta o total a la huella hídrica de un producto o proceso, sin embargo, una alternativa podría ser optar por un enfoque neto, que podría comparar la evaporación o evapotranspiración resultante de un producto a lo que habría pasado en un estado de referencia natural. Algunos ejemplos de evaluaciones de huella hídrica, como la energía hidroeléctrica o los

biocombustibles, expresan que un enfoque neto en lugar de uno bruto reflejaría mejor el impacto del uso del agua.

- **Disponibilidad y confiabilidad de datos**

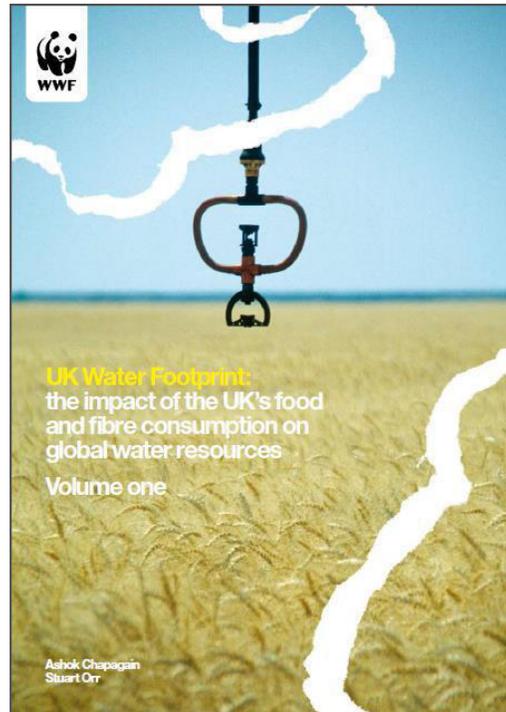
Completar una evaluación de huella hídrica en la práctica puede resultar difícil debido a la disponibilidad y confiabilidad de la información y el número de recursos que deben considerarse para productos u organizaciones complejas. Si bien los datos agrícolas e hídricos se encuentran disponibles a través de bases de datos internacionales como CROPWAT o FAOSTAT, la información es promedio y podría no concordar con los límites de tiempo o geográficos deseados en un estudio. En este caso, la información debe adaptarse para que corresponda a una circunstancia dada, con lo cual se introducen errores e incertidumbre. Para productos u organizaciones complejos, debe tomarse en consideración cientos de miles de datos de lugares por todo el mundo, introduciendo muchas oportunidades de error y vacíos o disparidad en los datos. Luego de estas complejidades, las comparaciones entre las huellas hídricas de dos productos o dos países, que no sean a un nivel general, tendrán un valor cuestionable, ya que deben de hacerse muchas suposiciones durante el proceso.

### 3. Estudios de casos de Huella Hídrica

#### 3.1 A nivel de país

##### 3.1.1 Reino Unido

En el año 2008, el Reino Unido publicó el primer análisis de huella hídrica nacional en un reporte titulado “Huella hídrica del Reino Unido: El impacto de los alimentos y consumo de fibra del Reino Unido en los recursos hídricos globales”. Tal como sugiere el título, el objetivo del análisis era examinar el efecto del Reino Unido en los recursos hídricos globales para determinar o evaluar tanto los requisitos de agua directos e indirectos de consumo del Reino Unido, como el grado en el cual este está impulsando la captación excesiva y contaminación de ecosistemas de agua dulce.



El informe presenta la huella hídrica total del Reino Unido, desglosada según productos agrícolas e industriales, y el uso de agua a nivel doméstico. También se incluye de manera separada una descripción detallada de la huella hídrica de uso agrícola. Se analiza el impacto de la huella hídrica del Reino Unido en regiones específicas del mundo, resaltando aquellos países donde el impacto en las fuentes hídricas locales es mayor.

La huella hídrica externa proporcionada por el informe se presenta en la Figura 5. Las flechas en la figura representan las principales fuentes de la huella hídrica agrícola externa del Reino Unido, es decir, los países de los que más depende para su producción agrícola.

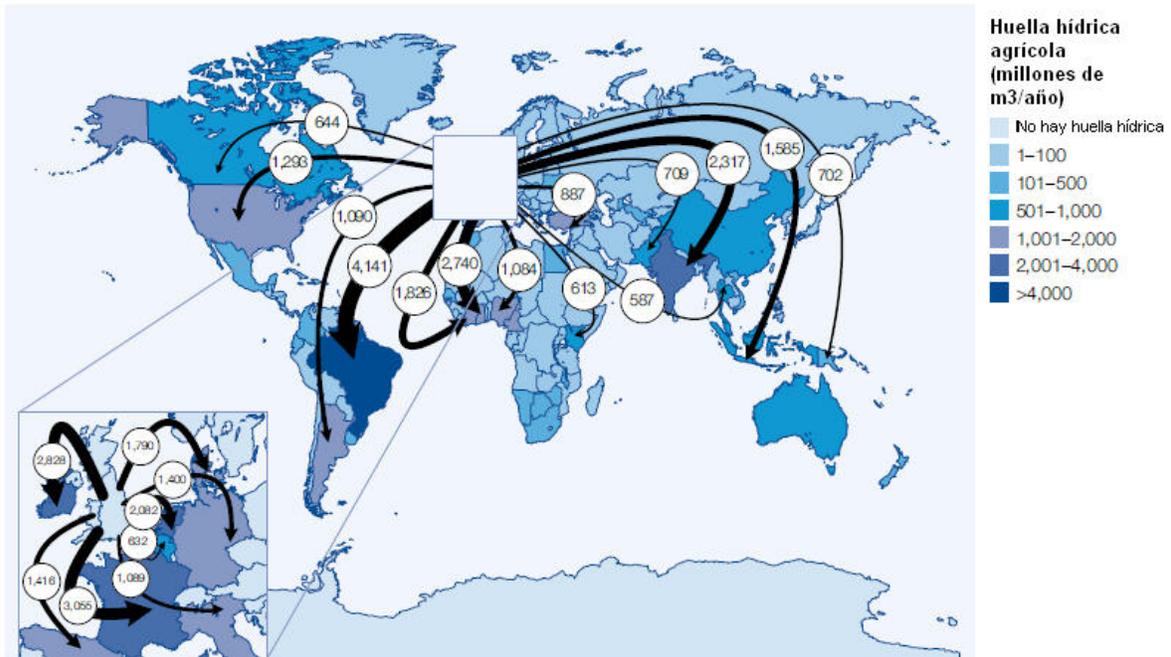


Figura 5: La huella hídrica agrícola externa del Reino Unido (Fuente: Reporte de Huella Hídrica del RU, 2008).

Para evaluar el impacto externo de la huella hídrica del Reino Unido, se analizaron los contextos hídricos de estos países. El estrés hídrico se definió por medio de indicadores de estrés hídrico (*WSI por sus siglas en inglés*) que reflejan la escasez de agua para uso humano, tomando en cuenta los requisitos ambientales de los sistemas. Los resultados se compararon con los componentes de la huella hídrica externa del Reino Unido y la extracción de agua por unidad de producto. Los países fueron mapeados de acuerdo con su contribución a la huella hídrica externa y con el estrés hídrico del Reino Unido. La Figura 6 muestra los resultados del mapeo; en el grupo D se representan a los países en principal riesgo.

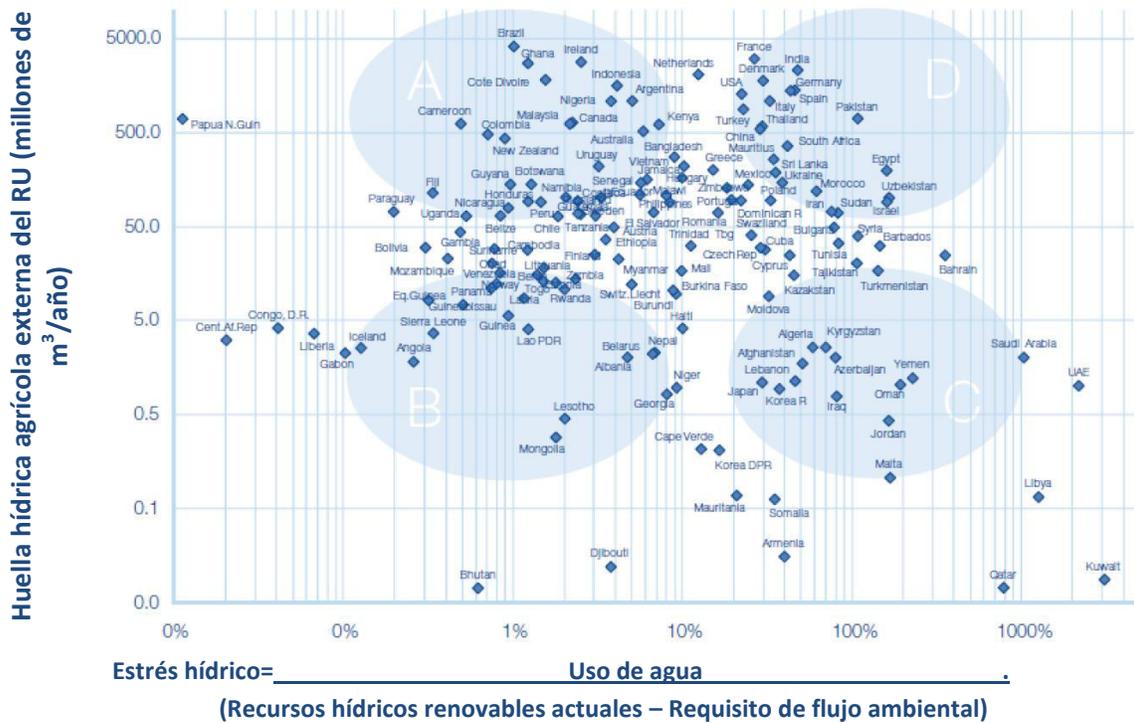


Figura 6: Huellas Hídricas del RU y áreas de producción con escasez de agua (Fuente: Reporte de Huella Hídrica del RU, 2008)

El análisis de huella hídrica presentado en el documento atrajo la atención hacia la importancia del estado de los recursos hídricos en países extranjeros en relación con el desarrollo económico del Reino Unido y sus estrategias de subsistencia. Resaltaba la importancia de que el Reino Unido considerara la sostenibilidad a largo plazo del uso de agua en otros países, dada la creciente alza de los patrones de consumo y los impactos del cambio climático.

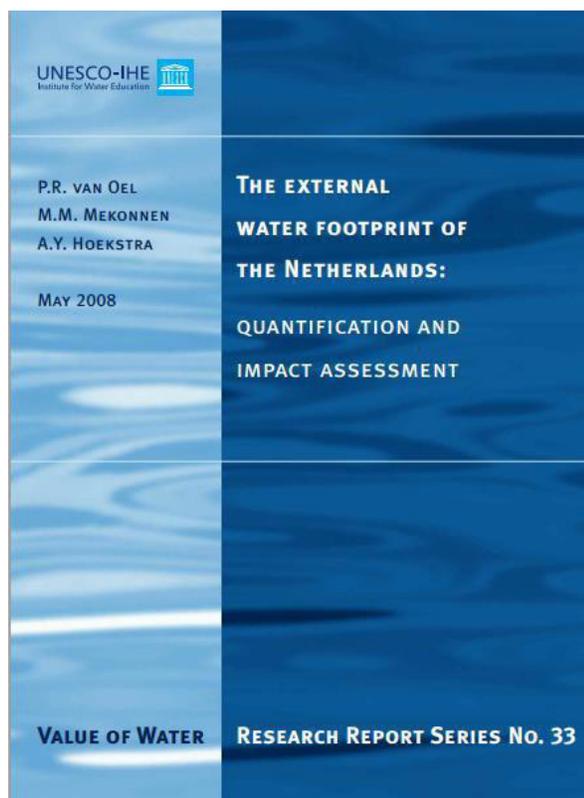
Asimismo, para generar conciencia sobre los temas relacionados al agua en los países donde se producen los productos consumidos en el Reino Unido, el análisis de la huella hídrica resaltó los roles y responsabilidades de los consumidores/ciudadanos, el sector privado y los encargados de generar políticas gubernamentales en términos de deficiencias y oportunidades. Al abordar directamente el involucramiento de estos tres sectores en el uso del agua, el informe sobre huella hídrica del Reino Unido finalmente logró un importante impacto en la comprensión que grupos de interés clave tenían de este recurso, así como de los riesgos y oportunidades asociados con el mismo. En el campo corporativo, particularmente, puso en marcha una nueva era de mayor conciencia sobre la custodia del agua.

En resumen, el informe de huella hídrica del Reino Unido fue el primer estudio de huella hídrica en usar el concepto de evaluación de impacto en las evaluaciones de huella hídrica. El objetivo del informe fue generar conciencia acerca de las inquietudes relacionadas con el agua en torno al comercio y la producción, y crear un espacio de debate al interior del país y sus grupos de interés. Si bien los consumidores no fueron el público principal a quien estuvo dirigido el informe, este atrajo la atención de los medios de comunicación británicos y de las ONG que trabajan en áreas relacionadas con alimentación y equidad.

Luego de su publicación, el WWF, que produjo el informe, comenzó a usar el concepto de huella hídrica como narrativa en debates sobre política y desarrollo en torno al 'agua y la economía'. El Departamento para el Desarrollo Internacional (DFID *por sus siglas en inglés*) y el Departamento para el Desarrollo, Alimentos y Asuntos Rurales (DEFRA *por sus siglas en inglés*) siguieron su ejemplo, usando el concepto de huella hídrica para crear oportunidades de compromiso con el sector privado, particularmente en temas concernientes al comercio y la economía, y para generar oportunidades para transmitir información para generar políticas sectoriales. La comunidad empresarial también ha obtenido beneficios del informe, en la medida que ha usado el análisis de la huella hídrica como un medio para facilitar la discusión con empresas especializadas en comercialización masiva acerca de los temas relacionados con el agua.

### 3.1.2 Holanda

Desarrollado también en el 2008 y siguiendo un enfoque similar y casi paralelo al análisis de huella hídrica realizado por en el Reino Unido, se publicó un informe sobre huella hídrica nacional para Holanda. Dada la alta dependencia de Holanda en el agua proveniente del extranjero (cerca del 89% de la huella hídrica de Holanda es externa), el informe se centró sobre todo en la huella hídrica externa del país, detallando el origen de la misma, así como las áreas identificadas como críticas en términos de agua (debido a la escasez de agua).



Siguiendo lineamientos similares a los del análisis del Reino Unido, el análisis de huella hídrica para Holanda cuantificó el agua externa del país por país socio y producto importado, y evaluó el impacto de esta huella contrastando la huella hídrica geográficamente explícita con la escasez de agua en diferentes partes del mundo. El análisis encontró que el impacto de la huella externa de los consumidores holandeses es más alto en países con severa escasez de agua, incluyendo China, India, España, Turquía, Paquistán, Sudán, Sudáfrica y México, a raíz de lo cual exhortó a que se ponga atención urgente en los efectos negativos del consumo holandés en estas regiones.

Anteriormente en el año 2006 ya un estudio desarrollado por la Universidad de Twente (Holanda) atrajo especial atención al comercio de agua virtual entre Holanda y Marruecos, e ilustró el concepto de ahorro hídrico. Según dicho estudio en ese momento Marruecos usaba 50 Mm<sup>3</sup> de agua al año para producir bienes agrícolas exportados a Holanda, mientras que el flujo de agua virtual de Holanda a Marruecos se estimó en 140 Mm<sup>3</sup>/año. El estudio indicaba que si Marruecos tuviera que producir internamente los bienes que importaba de Holanda, requeriría 780 Mm<sup>3</sup>/año. La diferencia se basaba ampliamente en los mayores índices de evaporación y las menores cosechas agrícolas de Marruecos respecto a Holanda. Se determinó entonces que los “ahorros hídricos” fueron de 640 Mm<sup>3</sup>/año. Si bien el estudio no sugiere que este patrón de comercio se ha desarrollado como resultado de consideraciones acerca del agua, lo cierto es que resalta que los patrones de comercio pueden tener importantes implicancias en el uso y asignación del agua al interior de un país.

A la larga, el informe holandés recibió críticas significativas debido a su enfoque mayormente cuantitativo y limitado en términos cualitativos e interpretativos. Si bien el informe ofrece a los lectores una evaluación técnica relevante, no abarca la pregunta de “¿entonces qué?”. Como resultado de esta crítica, países que desarrollaron evaluaciones de huella hídrica en los años siguientes dieron una mayor importancia a las implicancias de sus hallazgos técnicos.

### **3.1.3 Suiza**

El análisis de huella hídrica de Suiza fue conducido por WWF-Suiza en asociación con la sección de Iniciativas para el Agua de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), buscando explorar la relación entre la huella hídrica de Suiza y su economía altamente globalizada.

El estudio encontró que gran parte de la huella hídrica de Suiza consiste en agua usada en otras naciones para producir *commodities*, lo que asciende a más del 80% de los bienes y servicios importados, y con frecuencia en regiones donde los recursos hídricos son escasos.

Los hallazgos de la evaluación técnica - es decir, la excesiva dependencia de los consumidores suizos en economías externas - resaltó la necesidad importante de prestar atención no solo a las cuencas fluviales locales, sino también a las cuencas fluviales relevantes para Suiza en alrededor del mundo. El análisis resultante listó la cuenca del Mar de Aral, la cuenca del Indo, la cuenca del Ganges, la cuenca del Éufrates y del Tigris y la cuenca del Nilo como las más cuencas fluviales más críticas. Todas estas cuencas producen productos agrícolas importados por Suiza en lugares y momentos de escasez de agua.



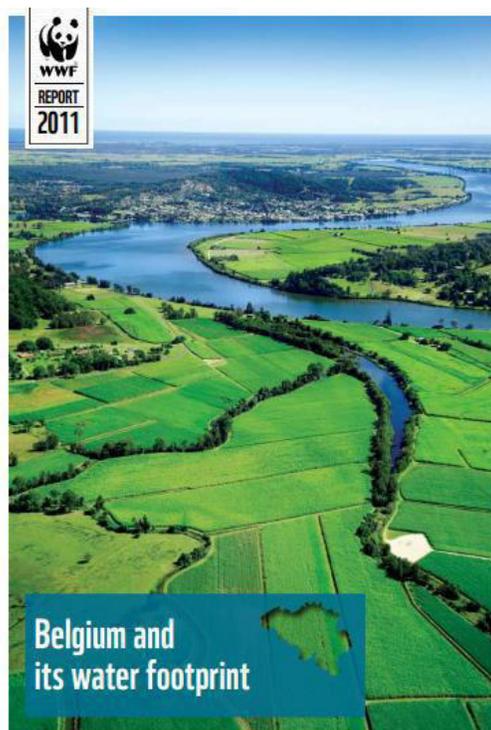
Figura 7. Catorce *hotspots*: cuencas en el mundo que enfrentan tanto la mayor huella hídrica agrícola de consumo suizo como periodos de severa escasez de agua. (Fuente: Reporte de Huella Hídrica de Suiza, 2012).

El informe de huella hídrica de Suiza significó un importante giro en la manera de considerar los análisis de huella hídrica en general. Fue el primer análisis que se enfocó en cuencas específicas a escala internacional. Los españoles asumieron este enfoque, pero desde un ángulo ligeramente distinto, viendo cómo las evaluaciones de huella hídrica de las cuencas locales pueden usarse para informar políticas de gestión del agua (ver información más adelante).

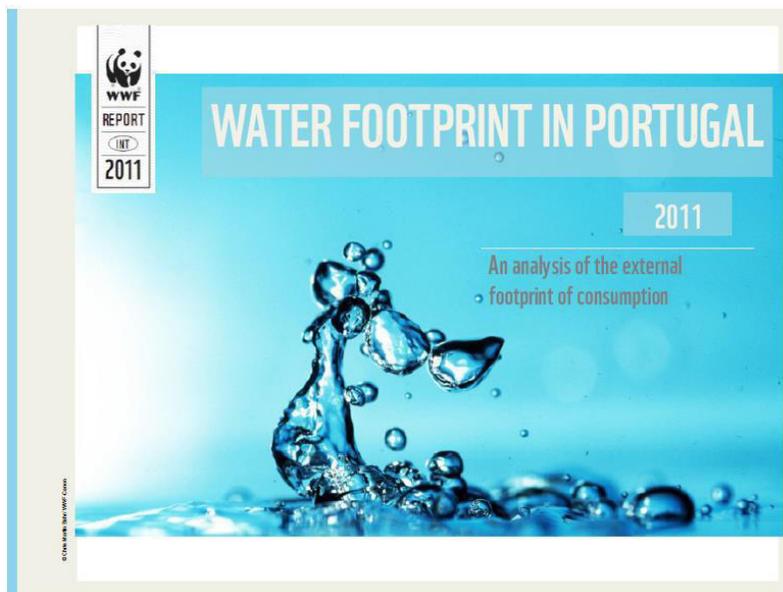
### 3.1.4 Otras Huellas Hídricas europeas a nivel de país

Luego de los informes iniciales de huella hídrica a nivel de país, siguió una serie de análisis europeos, incluyendo los análisis para Bélgica (2011), Portugal (2011), Alemania (2012) y Francia (2012). Las metodologías usadas para los cálculos de huella hídrica fueron consistentes y basadas en la metodología desarrollada por la Universidad de Twente y la Red de Huella Hídrica (WFN). A continuación se ofrecen breves descripciones de estas evaluaciones.

El informe belga brinda un resumen de la producción y consumo de huella hídrica del país y, al igual que el informe holandés, enfatiza el alcance de la dependencia del país en el suministro de agua proveniente del extranjero para satisfacer sus necesidades de consumo interno, e identifica aquellos países donde la huella hídrica belga tiene un gran impacto. El informe alienta a los sectores público y privado a tomar en cuenta las huellas hídricas y la gestión sostenible del agua, así como prácticas y políticas para una mejor gestión. En línea con sus recomendaciones para el sector privado y público, brinda además ejemplos de compañías que han tenido un rol clave en la mejora de la gestión de los recursos hídricos y en la reducción del riesgo de daño ambiental en áreas en las que operan, así como recomendaciones específicas para el gobierno.



El informe para Portugal se centra en un análisis de la huella hídrica externa de consumo del país, con estudios de casos específicos para el algodón, soya, ganado y aceitunas, así como la relación comercial y de agua altamente entrelazada entre Portugal y España. En base a los análisis y estudios de casos, el informe concluye en un



conjunto de recomendaciones en torno a la sostenibilidad del agua dirigidas al gobierno y a los ciudadanos.

El análisis alemán de huella hídrica gira en torno a un análisis de alto nivel de productos alimenticios en Alemania (específicamente, consumo de agua para la producción nacional de cultivos y productos derivados de cultivos, animales y consumo de agua para bienes importados y exportados).



El informe francés se enfocó principalmente en la producción agrícola nacional y el grado en que el uso de agua en este sector resulta sostenible. También resalta las cuencas internacionales clave de las que Francia depende para el consumo nacional y contrasta su dependencia con la escasez de agua en cada una de dichas las cuencas.

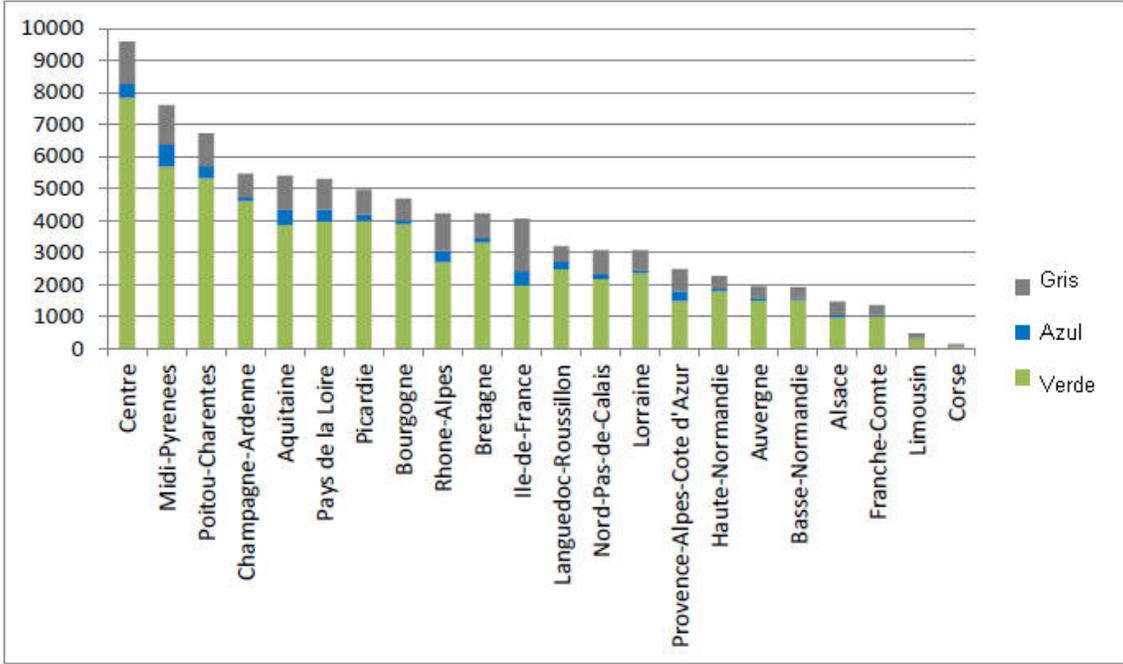


Figura 8. Las huellas hídricas verde, azul y gris de la producción nacional por región en Francia (Mm3/año). (Fuente: L'Empreinte Eua de la France, 2012).

### 3.1.5 China

La escasez de agua es una gran preocupación en el norte de China, es por ello que el gobierno ha establecido un proyecto de infraestructura de varias décadas llamado “Proyecto de Transferencia de Agua de Sur a Norte”. Este ambicioso proyecto, iniciado en el 2020, busca transferir agua del sur a la árida región del norte, incluyendo la capital, Beijing.

Para apoyar este proyecto, se realizó un análisis de huella hídrica, que se enfocó en la conectividad entre las cuencas del norte y del sur, con el fin de comprender las ventajas comparativas de la conexión. El análisis encontró que cerca del 10% del agua que estaba usándose en agricultura en el norte es usada en productos alimenticios que se exportan al sur. El norte de China también exporta grandes volúmenes de agua de manera virtual hacia el sur de China, más del volumen de agua que se proponía transferir a lo largo de la ruta del proyecto de transferencia de agua. Estos hallazgos llevaron a observar la paradoja, que es la transferencia de una gran cantidad de agua real del sur de China, donde abunda el agua, hacia el norte, donde escasea, versus la transferencia de una gran cantidad de agua virtual (en forma de alimentos) del norte hacia el sur.

El estudio generó una serie de preguntas pertinentes, incluyendo si valía la pena el riesgo ambiental de transferir agua virtual de norte a sur; cómo podían justificarse las transferencias de agua virtual vs real; y cuáles eran los factores determinantes para justificar la estrategia. El estudio concluyó que se necesitaría una evaluación de huella hídrica (agua virtual) completa, que tome en cuenta análisis ambientales y de compensación socioeconómica para entender mejor las implicancias estratégicas del proyecto.

Desde entonces, China ha realizado numerosos estudios de análisis de huella hídrica. En algunos de estos estudios se han identificado opciones de políticas para impactos identificados por los análisis de huella hídrica que incluyen opciones, tales como mejorar la tecnología para el uso del agua y reducir las pérdidas de agua. Igualmente, otros estudios han intentado llevar el análisis de huella hídrica hacia la evaluación de recursos hídricos, que es un proceso fundamental para la planificación, desarrollo y gestión a nivel de cuencas y provincias en China.

Finalmente, el estudio de huella hídrica nacional se usó como una métrica de comunicación y concientización para cuestionar el flujo de agua virtual y real entre el norte y el sur. El estudio generó conciencia, pero no llevó a respuestas en términos de políticas al necesitarse una mayor contextualización que considere factores

socioeconómicos y ambientales, así como también una mejor comprensión de las compensaciones requeridas por ganancias y pérdidas.

### 3.1.6 México

En el 2007 se publicó la evaluación de huella hídrica de México, en el contexto de Norteamérica y el Tratado de Libre Comercio con Norteamérica (NAFTA *por sus siglas en inglés*). Este informe representó una de las primeras evaluaciones regionales de huella hídrica realizadas a profundidad.

De los tres países analizados (México, EE.UU. y Canadá), se determinó que México era el que más dependía de suministros de agua del extranjero, y debido a su clima relativamente más seco, usa una porción relativamente mayor de agua azul para producción agrícola (Figuras 9 y 10). También se encontró que el acuerdo del NAFTA había tenido un impacto significativo en los flujos de agua virtual desde su inicio, aumentando drásticamente los volúmenes de agua virtual comercializados entre los países.

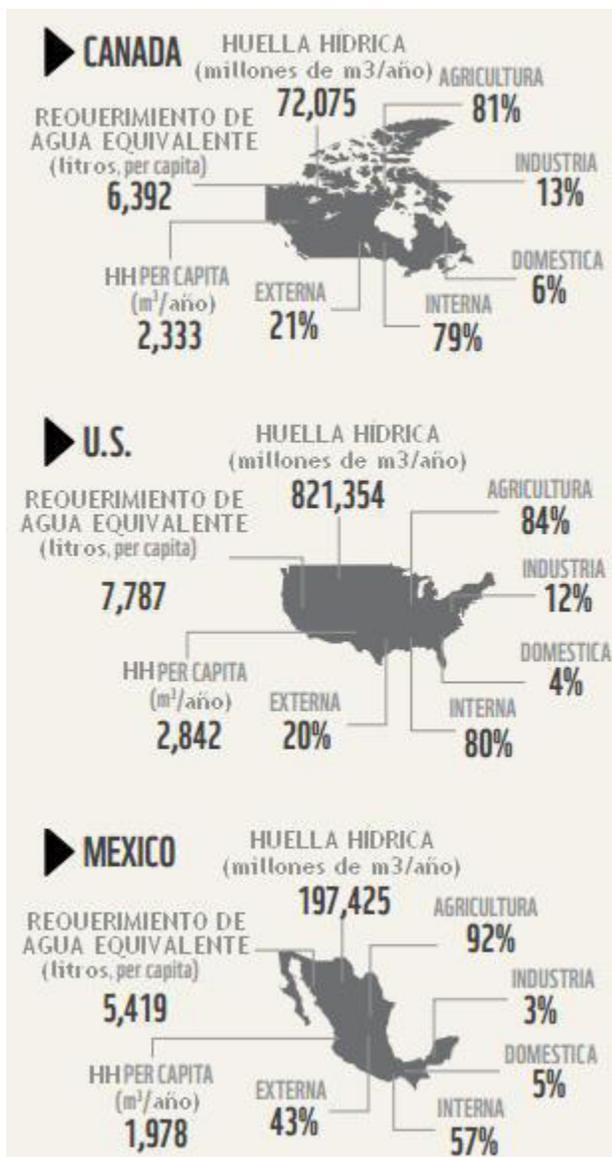


Figura 9. Detalle de la huella hídrica por país. (Fuente: La Huella Hídrica de México en el Contexto de Norteamérica, 2012).



Figura 10. Huella hídrica de producción dividida por país. (Fuente: La Huella Hídrica de México en el Contexto de Norteamérica, 2012).

El informe observa que en una cantidad de instancias, el rápido aumento del comercio regional ha dado como resultado beneficios económicos de corto plazo que se priorizan sobre la producción agrícola sostenible. Más aún, la promoción que hace el NAFTA de la producción industrial ha resultado en mercados o industrias que no siempre toman en cuenta el origen del agua usada para producir sus insumos ni consideran su eficiencia.

Al explorar el caso de la huella hídrica en Norteamérica, con un foco especial en México, el informe busca enfatizar cómo contextos distintos dentro de diferentes países requieren ser analizados por separado, lo que a su vez implica que establecer políticas de gestión de agua estandarizadas como un bloque económico conlleva ciertos retos. La evaluación, por lo tanto, fue tomada como un medio para habilitar el desarrollo de políticas y normas de gestión de agua que son apropiadas y específicas para, México, y como una fuente de información para los consumidores respecto a la distribución de agua entre usuarios y las responsabilidades ambientales de sus proveedores.

### 3.1.7 Colombia

En el 2012 se publicó la evaluación de la huella hídrica de Colombia, en el contexto de su agricultura debido a que este sector es el de mayor consumo del agua sobre otros seis sectores analizados como son el de Energía, Domestico, Acuícola, Pecuario, Industrial y Servicios.



El año base del estudio fue el año 2008 y los resultados en términos generales determinaron que la distribución de los componentes de la huella hídrica para este sector resultó en 88% huella verde, 7% huella azul y 5% huella gris.

De manera específica los resultados se muestran en 2 grandes bloques, por productos cultivados que considera los productos agrícolas más relevantes cultivados en Colombia para los que se ha estimado todos los componentes de la huella (Figura 11) y por escala geográfica a nivel de departamentos, municipios y cuencas de orden 3.

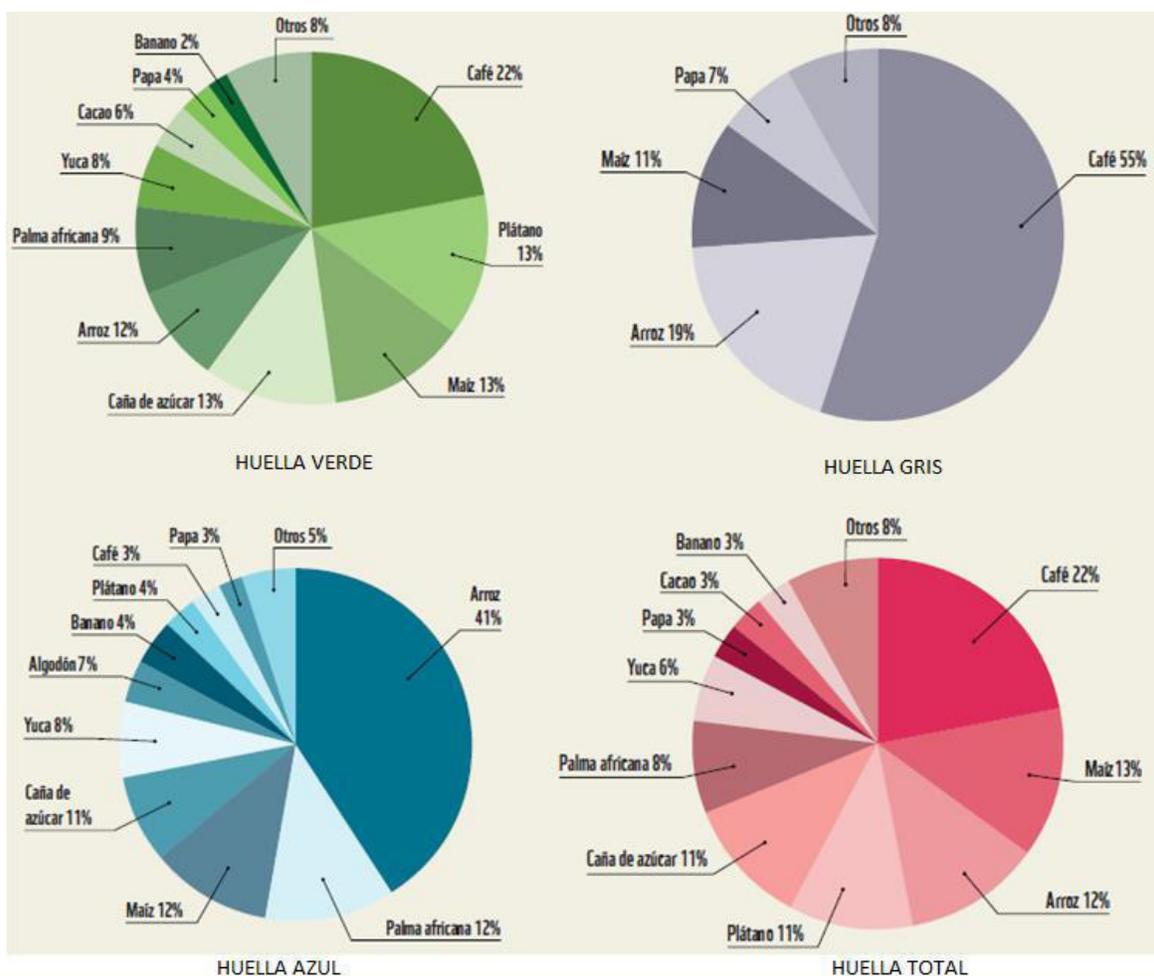


Figura 11. Huella hídrica de la producción agrícola dividida por producto y componente. (Fuente: Una mirada a la agricultura de Colombia desde su Huella Hídrica, 2012).

A partir de estos resultados se identificó la necesidad de emprender estudios que analicen con mayor detalle productos con alto grado de productividad como café, palma africana; productos con alto consumos de agua como arroz, maíz, caña de azúcar y

productos agrícolas altamente demandantes de agroquímicos por su potencial contaminación de los cuerpos de agua.

El café que además de ser el principal cultivo en cuanto superficie sembrada y exportación, presenta un alto porcentaje de huella gris frente a otros productos, del mismo modo la palma africana cuya tendencia de crecimiento de producción permite estimar que su participación en los diferentes componentes de la huella hídrica del sector seguirá en aumento; son los cultivos que se presentan como altamente relevantes para profundizar en el estudio de sus huellas hídricas.

La evaluación del flujo de agua virtual para este estudio se basó en 4 productos agrícolas primarios, elegidos por su implicación relativa al flujo de agua virtual por comercio internacional:

1. Café que representa cerca del 4% del volumen total de agua virtual circulante por comercio internacional de productos agrícolas, el volumen exportado para el 2008 ascendió a 604 692 toneladas y los principales países de destino fueron Estados Unidos, Japón, Alemania, Bélgica y Canadá, con una exportación de agua virtual por comercio de café que asciende a 6 631 Mm<sup>3</sup>/año.
2. Palma africana que representa cerca del 3% del volumen total de agua virtual circulante por comercio internacional de productos agrícolas, para el 2008 el volumen exportado desde Colombia fue de 292 137 t, con una exportación de agua virtual de 1 067 Mm<sup>3</sup>/año.
3. Banano que representa menos de 0.3% el volumen total de agua virtual circulante por comercio internacional de productos agrícolas, con un volumen de exportación de 1 798 283 t, con una exportación de agua virtual de 869 Mm<sup>3</sup>/año.
4. Flores el único producto agrícola no alimenticio incluido en este estudio dada su importancia comercial ubica a Colombia como el segundo exportador de flores del mundo lo que implica que el agua virtual involucrada en el comercio de este producto asciende a cerca de 190 Mm<sup>3</sup>/año.

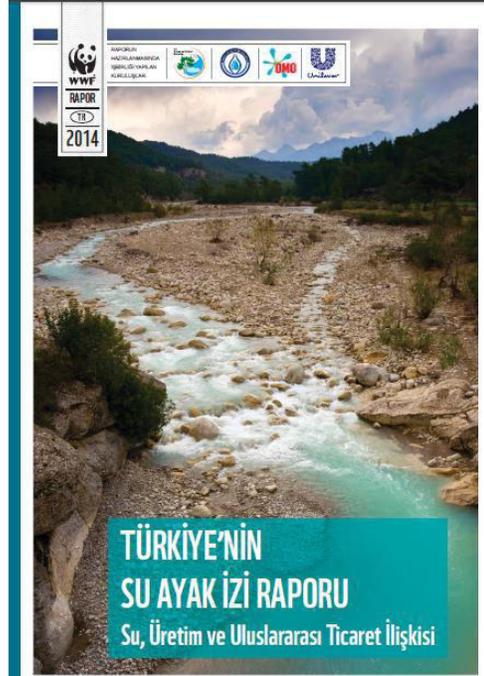
Finalmente se presentan una serie de propuestas y recomendaciones para diferentes grupos de interés que incluyen el sector público, privado y la sociedad civil, para abordar el tema, comprender y utilizar los valores encontrados para los diferentes componentes de este indicador según los resultados del estudio, despertando por ejemplo el interés del sector público quienes han emprendido un proyecto para profundizar el estudio en la cuenca del río Porce (Antioquia).

### 3.1.8 Turquía

En el año 2014 Turquía publicó su informe de evaluación de huella hídrica nacional. Mientras que muchos de los informes de países que lo precedieron se enfocaron en los riesgos del agua en relación a sus huellas hídricas externas, el enfoque adoptado por Turquía fue ligeramente diferente. Este estudio se centró en las huellas hídricas de la producción, consumo, importación y exportación desde una perspectiva económica.

Como en la mayoría de países, la mayor proporción de la huella hídrica nacional de producción (y consumo) de Turquía está constituida por su huella hídrica agrícola. Se hicieron análisis para identificar los principales productos que contribuían a la huella hídrica agrícola de producción, con el fin de determinar si el agua estaba siendo utilizada en cultivos de alto o bajo valor (sin perder de vista el hecho de que ciertos cultivos de bajo valor son esenciales para cubrir necesidades humanas básicas).

El informe identificó áreas clave de producción y determinó el grado en el cual estas áreas están experimentando estrés hídrico y donde la producción está compitiendo en demanda de agua con otros sectores (como la producción de energía hidráulica).

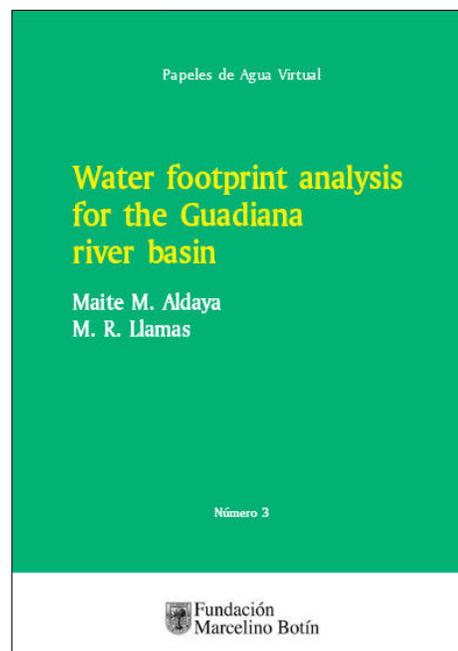


Un elemento importante para la evaluación de huella hídrica de Turquía fue el involucramiento del Ministerio de Asuntos Forestales y del Agua. El Ministerio estuvo activamente comprometido a lo largo de todo el proceso, con el fin de usar los resultados como soporte para su trabajo en la gestión integrada del agua a nivel de cuencas. El Ministerio además identificó la huella hídrica como una herramienta de soporte para la toma de decisiones, planificación y gestión a todo nivel a través de las autoridades públicas y del sector privado. Como resultado, el Ministerio fue un participante activo en el posicionamiento de argumentos y la orientación del análisis según intereses específicos.

## 3.2 A nivel de cuenca

### 3.2.1 Guadiana, España

España es uno de los primeros países en haber realizado un análisis de huella hídrica específico para cuencas, específicamente para la cuenca del río Guadiana en el 2008, a través de la Fundación Marcelino Botín y la Universidad Complutense de Madrid. El objetivo del estudio fue analizar el agua virtual y la huella hídrica de la cuenca, tanto desde una perspectiva hidrológica y ecológica como económica. La cuenca del río Guadiana es una cuenca transfronteriza, con el 17% de su superficie total en Portugal, sin embargo, el análisis fue llevado a cabo solo en el lado español de la cuenca, que fue dividida en secciones, en las cuales se calculó el uso de agua verde y azul de manera independiente.



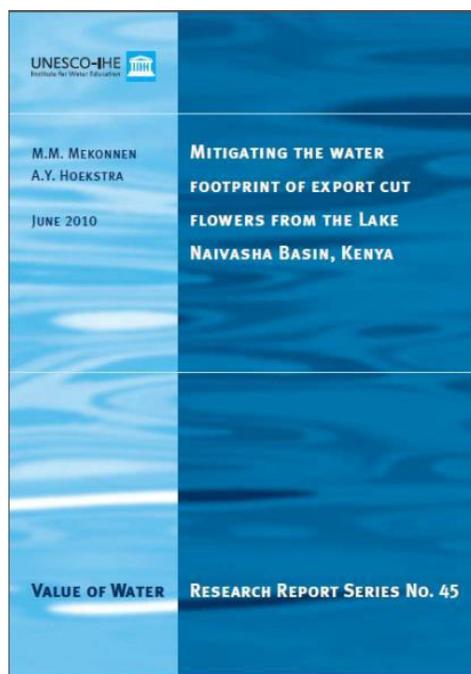
En cada sección se contrastó el valor de los cultivos con el uso de agua, con la finalidad de orientar la política asociada a la cuenca hacia “más dinero y naturaleza por gota” en lugar de “más cultivos y empleos por gota”. El estudio se hizo también con la intención de implementar la Directiva Marco del Agua, que demanda que los países europeos alcancen un buen estatus de agua subterránea y de agua superficial para el 2015.

Por último, el objetivo de la evaluación de la huella hídrica de la Guadiana fue analizar el agua virtual y la huella hídrica de la cuenca, tanto desde una perspectiva hidrológica como económica, con el fin de lograr una asignación y un uso más eficientes de los recursos hídricos en regiones con alta escasez de agua. Esto, a su vez, brinda un marco interdisciplinario transparente para la formulación de políticas. Sin embargo, a lo largo del proceso de investigación fueron apareciendo numerosos retos relacionados con la inclusión de indicadores socioeconómicos, hidrológicos y ambientales adicionales, que resultan cruciales para la formulación de respuestas y para el proceso de toma de decisiones. La evaluación española, por lo tanto, introdujo una serie de dimensiones nuevas al mundo de las huellas hídricas: introdujo la noción del uso de huellas hídricas para transmitir información para crear políticas de gestión, pero también introdujo al debate muchos de los retos asociados a cómo hacer esto.

### 3.2.2 Lago Naivasha, Kenia

En el 2010, la UNESCO-IHE realizó un estudio con el objetivo de cuantificar la huella hídrica en la cuenca del río Naivasha en relación a la cosecha de flores para analizar la posibilidad de mitigar esta huella, involucrando a los comerciantes de flores, empresas especializadas en comercialización masiva y consumidores en el extranjero.

El lago Naivasha está ubicado a 80 km al noroeste de Nairobi en el valle del Rift, en Kenia, y es el segundo lago de agua dulce más grande de Kenia sin salida en la superficie; el lago se mantiene fresco debido a un importante intercambio de aguas subterráneas. En las últimas tres décadas, la zona que rodea al lago Naivasha ha crecido hasta convertirse en el principal enclave de la industria de horticultura (principalmente flores) de Kenia, que constituye la tercera fuente de divisas más importante del país después del té y el turismo. Los haciendas agrícolas comerciales brindan además empleo, alojamiento, escuelas y hospitales a sus empleados.



La región ha atraído la atención nacional e internacional de grupos de interés preocupados por la salud del lago, sobre todo en relación al descenso del nivel de agua, deterioro de la calidad del agua y reducción de la biodiversidad. Según el informe, el marcado descenso del nivel de agua del lago y el deterioro de la biodiversidad requieren una gestión sostenible de la cuenca, partiendo de la asignación del precio del agua a su costo total y otras medidas regulatorias. Sin embargo, a pesar del amplio acuerdo internacional sobre la necesidad de establecer el precio del agua a su costo total, los esfuerzos unilaterales para implementar esto en el sector agrícola son políticamente difíciles, debido al rechazo de los agricultores locales que temen que se reduzca su competitividad, así como al hecho de que el gobierno no cuenta con medidas adecuadas para hacer cumplir las normas.

El informe propone un acuerdo para la sostenibilidad del agua entre los principales agentes a lo largo de la cadena de suministro de las flores, e incluye un estímulo (*premium*) para el producto final en el extremo de las empresas especializadas en comercialización masiva de la cadena de suministro. Tal 'prima por la sostenibilidad del

agua' elevaría la conciencia entre los consumidores de flores y alentaría a las empresas agrícolas de flores a usar el agua de manera sostenible.

Desde el 2002 ha habido una serie de iniciativas en la región, encabezadas tanto por el sector privado como por ONG. Entre las iniciativas se incluye el trabajo hecho por WWF, la Asociación de Usuarios de Recursos Hídricos de Lago Naivasha (LANAWRA), el Grupo de Productores del Lago Naivasha (LNGG) y otros. Si bien alineados pero en distintas corrientes, estas iniciativas no fueron coordinadas y, por lo tanto, no derivaron en el máximo beneficio colectivo consistente en mitigar las preocupaciones de seguridad hídrica de la región.

En el 2009 una sequía en la región catalizó una mayor acción colectiva a medida que los niveles de agua del lago, agravados por la dinámica de la población y la economía de la zona, disminuyeron a valores que no se veían desde 1941. Junto con la Unidad Internacional de la Sostenibilidad del Príncipe de Gales y otros, la oficina del Primer Ministro preparó la Iniciativa Naivasha Imarisha, que dio apoyo a las corporaciones que ya estaban involucradas en la zona de influencia. El Directorio de la Iniciativa Naivasha Imarisha es responsable de coordinar las actividades que contribuyan a lograr la visión del Plan de Gestión Integrada de la Cuenca del Lago Naivasha en 10 Años (LNBIMP), un proceso consultivo integral con los grupos de interés, que resultó en su adopción por parte de los grupos de interés, lo que fue llevado a cabo por los Servicios de Vida Silvestre de Kenia (KWS). El objetivo fue promover la conservación ambiental, el desarrollo sostenible y la mejora de la subsistencia de los grupos de interés de la cuenca del Naivasha. El desarrollo del Directorio Imarisha trajo consigo las estructuras regulatorias que ayudaron a formalizar y reestructurar las iniciativas de acción colectiva, el desarrollo de capacidades y la generación de una mayor conciencia; por lo tanto, el interés que ha generado la salud del ecosistema del Lago Naivasha ha contribuido a desarrollar una forma de acción colectiva más poderosa e integradora.

### **3.2.3 El agua de la Provincia Occidental del Cabo de Sudáfrica en la Economía**

El proyecto "El Agua en la Economía de la Provincia Occidental del Cabo", encargado por la Comisión de Investigación de Agua de Sudáfrica, se centró en una investigación sobre las formas posibles de evaluar los recursos hídricos regionales en el Sistema del Cabo Occidental (Áreas de Gestión del Agua Berg y Breede-Overberg) desde una perspectiva política y de desarrollo. El proyecto consideró los bienes y servicios producidos en el Cabo Occidental desde una perspectiva integral hídrica, económica y social, a través de un análisis del escenario actual y escenarios de desarrollo plausibles dadas las distintas

tendencias políticas y de crecimiento económico. El propósito de esta evaluación fue seguir la trayectoria del agua requerida para sostener diferentes aspectos de la economía y de la sociedad, e identificar cómo el agua incorporada se mueve dentro de la Provincia Occidental del Cabo y a nivel nacional e internacionalmente, con el objetivo de:

- Enmarcar posibles respuestas gubernamentales y corporativas a nivel de cuenca, que reflejen el paradigma de riesgo compartido, la economía política del uso del agua y los retos de futuras incertidumbres climáticas y de desarrollo.
- Mejorar la comprensión de la economía vinculada al uso del agua en una cuenca fluvial en función al uso y movimiento del agua incorporada en bienes y servicios, a nivel de comercio local, regional e internacional.
- Desarrollar y mejorar herramientas y enfoques para evaluar de manera cuantitativa y cualitativa el uso de agua de la cuenca y sus implicancias político-económicas bajo las futuras incertidumbres climáticas y de desarrollo.
- Promover el diálogo entre los representantes del sector gubernamental, corporativo y la sociedad civil acerca del uso, protección y desarrollo de los recursos hídricos de la cuenca para garantizar el exigente desarrollo político, económico, social y ecológico.

El proyecto encontró que, a través del proceso de comprensión del rol del agua en la economía y del impacto del agua en la economía y viceversa, es posible lograr avances hacia toma de decisiones más sólidas con respecto tanto a la asignación del agua como a la planificación del desarrollo económico. Esto resultó útil en una serie de plataformas, tanto para la planificación del desarrollo del gobierno y la construcción de alianzas, como durante el proceso de desarrollo de la Estrategia de Gestión de la Zona de Captación.

### **3.2.4 El Río Breede en Sudáfrica**

El área de gestión del agua del Breede-Overberg está ubicada en la provincia de Cabo Occidental en Sudáfrica. Como parte del desarrollo de una estrategia de gestión de la zona de captación por parte de la Agencia de Gestión de la zona de captación Breede-Overberg (BOCMA), se realizó la evaluación de la huella hídrica tanto de la zona de captación como de la zona de sub-captación en el 2011.

La intención de la huella hídrica fue proveer de insumos para informar la estrategia y la planificación del sector hídrico al relacionar los indicadores económicos con las métricas productivas del uso de agua. La huella hídrica tomó en cuenta a los sectores económico y

agrícola, las zonas de sub-captación, el uso de agua verde y azul, y el vínculo entre el uso de agua y las contribuciones económicas de los ingresos y el empleo.

El análisis de la huella hídrica generó la expectativa de que el consumo de agua por área geográfica estaba altamente relacionado con la actividad económica, particularmente cuando se tomaba en consideración el agua azul. Hubo claras diferencias entre el valor y el empleo creado entre los distintos tipos de cultivos en el sector agrícola. Esto permitió entender qué cultivos desarrollados en qué lugares generan mayores beneficios económicos por unidad de agua usada, y se generó la oportunidad para dialogar acerca de cómo usar el agua de manera eficiente para un crecimiento económico.

A pesar de que la huella hídrica finalmente no tuvo un rol significativo en la generación de la estrategia o en las decisiones de planificación o asignación por parte de la agencia de gestión de la zona de captación, los usuarios del agua de otros sectores, particularmente del agrícola, se involucraron en la medición de la huella hídrica, considerándola como un punto de partida útil para las discusiones sobre el tema agrícola y para entender los roles de otros sectores. El principal beneficio de la huella hídrica fue el ser un instrumento de comunicación y discusión, en lugar de un instrumento para transmitir información de manera directa para la toma de decisiones vinculadas con la estrategia, planificación y asignación. La huella hídrica brindó una descripción útil del uso del agua azul y verde en diferentes lugares, y una descripción comprensible del valor añadido económico por gota de agua. Esto promovió un diálogo con una ventaja comparativa, enfocado en el producto doméstico bruto y el empleo. Además, la huella hídrica brindó información en relación a suposiciones previamente aceptadas acerca del valor de los cultivos.

### **2.2.5 La Cuenca del Nilo**

El Programa de Acción Subsidiaria de los Lagos Ecuatoriales del Nilo (NELSAP) es un programa de acción subsidiaria de la iniciativa de la Cuenca del Nilo (NBI). La iniciativa busca promover el comercio agrícola regional como un medio para mejorar la eficiencia del uso del agua para la agricultura productiva dentro de la cuenca. El NELSAP ha identificado que una dimensión clave para mejorar la eficiencia del uso del agua para la producción es a través de la aplicación de herramientas de huellas hídricas que brinden información para políticas y estrategias de comercio.



Figura 12. Frontera hidrológica de la Cuenca del Nilo en relación a sus estados ribereños. (Fuente: Zeitoun et al. 2009 en WFV 2011).

La evaluación de la huella hídrica en los países de la región de la Cuenca del Nilo fue considerada beneficiosa ya que generó información para el diálogo de políticas comerciales para promover el uso eficiente de agua, tomando en cuenta la ventaja comparativa de cada país de la región. De manera similar, tomar en cuenta el valor de escasez (costo de oportunidad) del agua usada en la producción de productos agrícolas y comparar esto con el valor de dichos productos puede llevar a un uso del agua más eficiente en términos técnicos. Por ejemplo, un país que tiene escasez de agua puede buscar exportar bienes con menor contenido virtual de agua e importar bienes con un mayor contenido virtual de agua; los países o regiones que tienen agua en abundancia tienen mayor capacidad de producir y exportar más cultivos con alta intensidad de agua. La huella hídrica puede permitir que los encargados de crear políticas consideren la escasez y la seguridad del agua dentro de una base política, ambiental, social y económica, particularmente cuando se considera la seguridad alimentaria a largo plazo.

El NELSAP encargó un proyecto para desarrollar capacidades y generar conciencia sobre la huella hídrica como una ventaja comparativa en nueve países de la cuenca del Nilo (Burundi, República Democrática del Congo, Egipto, Etiopía, Kenia, Ruanda, Sudán, Tanzania y Uganda), cuyos resultados estuvieron dirigidos a los representantes de cada país, incluyendo analistas técnicos y encargados de tomar decisiones políticas. El desarrollo de capacidades buscaba mejorar la comprensión sobre el uso del agua virtual o conceptos de huella hídrica para tomar decisiones, generar capacidades para la contabilidad del agua, transmitir información para la toma de decisiones y facilitar a los representantes de los países el involucrarse con las empresas que operan en la región. Una intención adicional del desarrollo de capacidades fue promover la reflexión acerca de los factores que contribuyen con una economía resiliente.

Los objetivos finales del proyecto fueron que las personas encargadas de generar políticas usaran la herramienta de la huella hídrica para poder identificar los riesgos de la disponibilidad y uso del agua; entender cómo se mueve el agua dentro de la economía, entre las economías nacionales y los socios comerciales dentro de la cuenca del Nilo y, finalmente, cómo se mueve el agua de la región de la cuenca del Nilo al resto del mundo.

### **3.2.6 El Río Porce**

En Marzo de 2012, el CTA - Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia -, en el marco del proyecto SuizAgua Colombia fase II, en convenio con la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación –COSUDE- y trabajando en conjunto con otras 14 organizaciones, entre autoridades ambientales, instituciones académicas y organizaciones no gubernamentales nacionales e internacionales, emprendió el proyecto de Evaluación de la Huella Hídrica en una de las cuencas más estratégica para el desarrollo social, económico y ambiental de Colombia que es la Cuenca del río Porce, para evaluar la huella hídrica de los principales sectores productivos (agropecuario, industrial, doméstico, hidroeléctrico y minero).

Según los resultados del estudio, la contaminación es uno de los problemas más serios que se presentan, ya que no todas las corrientes de agua de la cuenca (que abarca total o parcialmente 29 municipios de Antioquia) tienen capacidad de asimilación de los contaminantes que les son vertidos, encontrando que la cuenca del río Aburrá es la que presenta un cuadro más preocupante. Las causas para esta desfavorable situación son de muy diversa índole, pero sobresalen el alto componente industrial y doméstico, dada la alta densidad poblacional de esta zona (más del 80% de la población de toda la cuenca se encuentra asentada en los municipios del Valle de Aburrá). La situación del río Aburrá se intensifica en gravedad dado que este se encuentra en la cabecera de la cuenca, por lo que sus características de calidad se trasladan con el río y condicionan a la mayor parte de la misma.

Otro resultado importante evidencia el problema socioeconómico asociado la reducción en los indicadores de calidad de vida y la cobertura de acueducto y alcantarillado, sin embargo, existen sectores productivos que generan una importante riqueza económica basada en el aprovechamiento de los recursos naturales de estas zonas, la cual no se ve trasladada a la población, lo que genera un escenario propicio para conflictos sociales, económicos y ambientales.

La evaluación de la huella hídrica va mucho más allá de su cuantificación, ya que esta propone acciones tangibles que se verán reflejadas en la situación de la cuenca a corto y

mediano plazo. Los valores numéricos por sí mismos, sin un contexto y un análisis detallado serían poco relevantes, por lo que se adelantó un análisis con una visión ambiental, social y económica cruzando las diferentes variables de las condiciones socioeconómicas del territorio con el fin de promover su sostenibilidad.

### **3.3 Huellas Hídricas Corporativas**

#### **3.3.1 SABMiller**

SABMiller trabajó con WWF para realizar un estudio de huella hídrica de la cerveza producida en dos países: Sudáfrica y la República Checa. El propósito de este estudio fue entender y comparar el uso de agua en la cadena de suministro de SABMiller en estos dos países, para comprender cómo la medición de la huella hídrica pueden ayudar a la empresa a tomar decisiones, y cómo la huella hídrica debe contextualizarse en zonas específicas de captación de agua. SABMiller reconoce que la mayor parte de su huella hídrica se genera en la etapa del cultivo agrícola, por ello, su prioridad es entender qué áreas agrícolas enfrentan los mayores riesgos de agua y trabajar con los agricultores en esas áreas para usar el agua de manera más eficiente.

En su estudio de huella hídrica se determinó que por un litro de cerveza producido en Sudáfrica y uno producido en la República Checa, más del 90% del total de la huella hídrica contabilizada se debió a los cultivos agrícolas, tanto en Sudáfrica como en la República Checa, lo que resalta la importancia de los proveedores en su cadena de suministro. Asimismo, el estudio mostró que la huella hídrica de la cerveza producida en Sudáfrica tenía una huella de 155 litros de agua por litro de cerveza, versus 45 litros de agua por litro de cerveza producida en la República Checa, debido a los índices de evaporación y a un componente de agua azul más alto por la mayor dependencia del riego en Sudáfrica.

Por último, el estudio de SABMiller también resaltó aspectos que es necesario mejorar en la realización de evaluaciones de huellas hídricas. Las mejoras o consideraciones metodológicas incluían una forma más adecuada para evaluar la huella hídrica gris, y si era mejor calcular una huella hídrica verde neta en vez de bruta. En cuanto a la determinación de impactos, el estudio de SABMiller indicó la necesidad de mayor orientación para analizar los impactos en el agua, dada la característica local de los recursos hídricos.

### **3.3.2 Natura Cosméticos**

Natura Cosméticos es una compañía de cosméticos grande en Brasil. En un esfuerzo por entender la aplicabilidad de la huella hídrica en su estrategia de sostenibilidad del agua dulce, Natura realizó un estudio piloto de huella hídrica para dos de sus productos –un perfume y un aceite para el cuerpo. Natura examinó las huellas hídricas verde, azul y gris a lo largo de la cadena de suministro de estos productos, incluyendo la fase de producción de las materias primas y de procesamiento del producto y su empaque, así como la etapa operativa y la etapa de uso. Este ejemplo es relevante para las empresas de productos de consumo, que pueden generar huellas hídricas significativas cuando el producto es usado por el consumidor.

El estudio encontró que el 98% de la huella del aceite para cuerpo corresponde a agua gris y que el 96% de esto se dio durante la etapa de uso, cuando se enjuaga el producto del cuerpo, aumentando la carga contaminante de las aguas residuales. Si las aguas residuales son tratadas, entonces se eliminan varios contaminantes, de manera que el impacto relativo es bajo. Si el agua residual no es tratada, tal como ocurre en Brasil, entonces el impacto relativo es mayor. De todas maneras, se encontró que la huella hídrica gris absoluta era mayor en los centros urbanos, a pesar de las instalaciones de tratamiento de agua, debido a los volúmenes de uso del producto.

Natura encontró la siguiente información clave en relación al valor y retos de la huella hídrica:

- Una evaluación de huella hídrica de varios productos puede promover un entendimiento sólido sobre los impactos en el agua dulce para la cartera corporativa.
- La huella hídrica puede usarse como una herramienta para establecer una estrategia de sostenibilidad del agua, y se piensa que tiene el potencial de combinarse con iniciativas de compensación.
- La evaluación de la huella hídrica gris incluyó retos, tales como la necesidad de tener acceso a datos de calidad referidos a instalaciones sanitarias y agua, y cómo considerar los factores de ecotoxicidad y biodegradabilidad.

### **3.3.3. Unilever**

Unilever es un ejemplo de una empresa que ha realizado el estudio de huella hídrica para casi todo su negocio, en lugar de enfocarse en un producto específico, que suele ser el

caso típico de las compañías que conducen evaluaciones de huella hídrica. Unilever realizó una evaluación de 1,600 de sus productos en 14 países, lo que en conjunto representa más del 70% de su volumen de ventas. Los tipos de productos investigados incluían mayormente productos de higiene personal y para limpieza del hogar. La metodología de huella hídrica usada fue algo distinta del enfoque de huella hídrica usual, y podría decirse que pierde unos cuantos elementos de información, tales como el agua usada durante las operaciones y el uso de agua gris por parte de proveedores y consumidores.

La huella indicó que aproximadamente 50% de la huella hídrica consiste en requisitos de agua de la materia prima de proveedores, y 50% del uso del producto por parte de los consumidores. El estudio de Unilever mostró también la contribución de huella hídrica de cada categoría de producto estudiado y, desde entonces, ha dado grandes pasos para reducir su huella hídrica en respuesta a la información obtenida. Por ejemplo, cerca del 40% de la huella hídrica en el estudio se debió a detergentes de lavandería, particularmente cuando es usado por los consumidores. Unilever introdujo nuevos productos de lavado que requerían dos tercios menos de agua en el ciclo de lavado. Sin embargo, si bien este esfuerzo fue bien intencionado, la información faltante en relación a las implicancias del detergente en la calidad del agua deja sin responder la pregunta acerca de si los impactos más importantes se deben al volumen de agua usado por el consumidor o a las implicancias de los contaminantes químicos que resultan del uso del producto.

Unilever ha mantenido su interés en las huellas hídricas y ha llevado a cabo proyectos piloto para aplicar evaluaciones de huella hídrica a sus productos alimenticios, incluyendo mantequilla para untar y té. Este estudio se llevó a cabo con una metodología más alineada con otros estudios de huella hídrica, al incluir, por ejemplo, huellas hídricas azules, verdes y grises, así como también evaluaciones de impactos y lugares críticos (*hotspots*).

#### **3.3.4. Levi & Strauss**

Levi Strauss & Co. realizó un Análisis del Ciclo de Vida (LCA, *por sus siglas en inglés*) con enfoque de agua, donde determina el agua requerida para las materias primas, procesos de producción, uso y desecho de un par de jeans Levi's. Si bien dicho análisis no se desglosó en agua verde, azul y gris ni identificó el origen del agua usada, fue más allá del típico Análisis del Ciclo de Vida al entender todos los aportes de agua en la cadena de suministro. También se convirtió en un ejemplo interesante de un análisis en la industria

textil, y uno donde la “etapa de uso” de un producto contribuyó significativamente a los impactos al agua.

Análisis del Ciclo de Vida de Levi’s mostró que 49% del agua dulce requerida para un par de jeans Levi’s provenía del crecimiento del algodón requerido como materia prima, y otro 45% de los requisitos de agua dulce en el ciclo de vida de los jeans era generado por el lavado por parte del consumidor. Así, el uso del agua agrícola por parte de los proveedores y el uso de agua por parte del consumidor fueron los factores más importantes, mientras que el uso de agua en las operaciones fue relativamente menor. Una vez más, esto resalta la importancia de tomar en cuenta la cadena de suministro y tomar los pasos necesarios para involucrar a proveedores y consumidores.

### **3.3.5 SuizAgua Andina**

La COSUDE a través del proyecto SuizAgua Andina se ha comprometido en una alianza de desarrollo público-privada con empresas en Perú, Chile y ahora en Colombia para evaluar la huella hídrica de estas empresas prestando especial atención a la huella hídrica de agua directa, así como a la huella hídrica aguas arriba (provenientes de su cadena de suministro) y aguas abajo (uso durante y al final de la vida) de sus respectivos productos. Otro objetivo del proyecto es contribuir en el desarrollo de las normas ISO sobre las huellas del agua y considerar una réplica del proyecto en otros países de América Latina donde la COSUDE y estas empresas operan, con la finalidad de difundir mejores prácticas y contribuir al desarrollo y la aplicación práctica del concepto de huella hídrica a nivel mundial.

Las empresas con las que el proyecto viene trabajando la evaluación de la huella hídrica en Colombia son Clariant, Holcim, Nestlé, Syngenta, en Chile son Polpaico y Clariant y en Perú son Nestlé, Pavco – Mexichem, UNACEM, Duke Energy y CAMPOSOL.

## **3.4 Huellas Hídricas de cultivos agrícolas en Perú**

### **3.4.1 Arroz**

El arroz es uno de los principales cultivos que alimentan a la población mundial y uno de los más importantes en el Perú. El trabajo de Fonseca et al, (2012b) cuantifica la cantidad de agua que está siendo utilizada para producir arroz a nivel nacional distinguiendo principalmente dos fuentes: la lluvia considerada como agua verde, y el agua de riego superficial, proveniente de ríos, lagunas y acuíferos considera agua azul; también se toma

en cuenta el agua necesaria para diluir los contaminantes en especial el nitrógeno utilizado hasta grado permitido por los estándares, denominada agua gris.

El estudio presenta un mapeo de las zonas productoras de arroz e identifica que los departamentos con más áreas donde se cultiva el arroz y su producción promedio entre los años 2008 y 2011 son: San Martín (63,652 ha con 416,140 toneladas), Piura (46,438 ha con 381,973 toneladas), Lambayeque (38,221 ha con 289,702 toneladas).

Para el cálculo de la huella hídrica, se utilizó la metodología de la WFN y se obtuvo datos de 71 estaciones hidrometeorológicas que van desde los 12 hasta los 2740 msnm, proporcionados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). Para el caso de la huella hídrica gris el principal contaminante es el nitrógeno y se ha considerado que el 90% es asimilado por la planta y el 10% se lixivia percolándose hacia el agua subterránea de modo que la huella hídrica gris, utilizando los estándares de calidad ambiental (ECA), para la costa es 2062,8 m<sup>3</sup>/ha y para la selva es 324,6 m<sup>3</sup>/ha.

El estudio presenta el detalle de la huella hídrica azul, verde y gris para cada departamento expresada en m<sup>3</sup>/ton y hectómetros cúbicos (hm<sup>3</sup>). De forma agregada se determina que de la huella hídrica total calculada para el cultivo del arroz, el 84% corresponde a la huella hídrica azul, el 9% a la huella hídrica verde y el 7% a la huella hídrica gris. En promedio la huella hídrica total del arroz en el Perú es 6496,04 m<sup>3</sup>/ton.

### **3.4.2 Espárrago**

La metodología empleada por Fonseca et al, 2012a, es básicamente la misma que la usada en el estudio del arroz, que toma en cuenta el uso de agua directo e indirecto en cada etapa del proceso de producción del cultivo. El cálculo del consumo de agua de la planta mediante evapotranspiración, se estima mediante el uso del software CROPWAT.

Los departamentos con mayor cantidad de hectáreas destinadas al cultivo del espárrago entre los años 2008 a 2010 son La Libertad (13,612 ha y 132,459 toneladas) e Ica (11,752 ha y 104, 526 toneladas). Otros departamentos donde también se produce este cultivo son: Piura, Lambayeque, Ancash y Lima

El cultivo del espárrago según su ciclo de vida total se divide en tres etapas: i) crecimiento activo durante los primeros cuatro años caracterizado por un crecimiento radicular significativo donde los fertilizantes ayudan la formación de tejidos de reserva, ii) máximo rendimiento desde el cuarto hasta el octavo año con una demanda de agua y nutrientes constante y iii) producción decreciente donde disminuye el rendimiento y la demanda de

agua y nutrientes. El ciclo de vida estacional o ciclo vegetativo estacional, se refiere a la programación de las cosechas que pueden ser anuales, o de dos, tres o más cosechas por año. En el Perú se utilizan los tres esquemas y dependiendo la estación se pueden lograr entre dos a cinco brotes (turones) sucesivos.

En el estudio de huella hídrica proporciona un mapa de ubicación de los principales distritos productores, que se encuentran en su totalidad en la costa del Perú. Los diez principales distritos aportan el 80,84% de la producción total y el distrito de Chao en el departamento de la Libertad, representa el 27.3% de toda la producción nacional con 71696.25 ton/año. Se emplearon datos de un total de 20 estaciones hidrometeorológicas del SENAMHI que van desde los 30 hasta los 620 msnm. Luego se presentan los requerimientos de agua en las veinte estaciones siendo las de Copara con 15 444 m<sup>3</sup>/hectárea y San Camilo con 15 191 m<sup>3</sup>/hectárea las que mayor volumen de agua consumen.

El estudio presenta la huella hídrica promedio del espárrago por cada departamento, indicando la proporción de huella hídrica azul, verde y gris. Los departamentos con mayor huella hídrica son Ica (51% del total) y La Libertad (31% del total), siendo el departamento de Ica el de mayor consumo de agua con la cifra de 201,4 hm<sup>3</sup>/año. Al analizar la proporción de cada componente de la huella hídrica, se identifica que la huella hídrica azul es la relevante (84% del total).

### **3.4.3 Quinua**

La quinua es una especie nativa con un alto valor nutritivo por lo que es la base de la seguridad alimentaria en la zona andina, especialmente en zonas de altos pobreza. Además, actualmente es un producto de exportación no tradicional de demanda creciente: mientras que en 1997 se exportaban aproximadamente 2 toneladas, el 2012 se exportaron 10,275 toneladas a 36 países de los cuales Estados Unidos es el principal comprador (65% del total exportado).

La época de siembra de la quinua se inicia en diciembre y su periodo vegetativo total mínimo es de 150 días (5 meses). En general, la quinua se siembra en condiciones de secano (sin riego) y es considerada un cultivo resistente a la sequía. De hecho en la mayoría de zonas donde se cultiva hay problemas de estrés hídrico. Sin embargo, un estudio comparativo demostró que la quinua aumenta su rendimiento en 180% bajo condiciones óptimas de riego.

El mayor número de variedades de quinua se encuentra en los alrededores del lago Titicaca en Puno, sin embargo, diversas variedades se han adaptado a diferentes condiciones agroclimáticas, edáficas y culturales desde el nivel del mar hasta los 4000 msnm. Su cultivo tradicional es generalmente rotativo, sembrándose luego de una gramínea (maíz o trigo en la costa, cebada o avena en la zona andina). En el caso de bajas tecnologías, el cultivo se fertiliza con 174 kg/ha de urea al 46% y 88 kg/ha de superfosfato de calcio triple al 46%. En suelos andinos no se aplica potasio por la gran disponibilidad natural de este elemento. En los cultivos comerciales de quinua los fertilizantes utilizados incluyen 523 kg/ha de urea, 435 kg/ha de superfosfato triple de calcio y 134 kg/ha de cloruro de potasio al 60%.

De acuerdo al estudio de Fonseca et al, 2012c, la quinua se cultiva en catorce departamentos. Para el periodo 2001 – 2012, la producción media anual fue 33,450 toneladas, el departamento con mayor producción fue Puno donde se produjo el 78% del total.

La metodología utilizada para calcular la huella hídrica en este estudio es la misma que la utilizada para los estudios de huella hídrica del esparrago y el arroz mencionados líneas arriba. Los datos meteorológicos utilizados en este estudio provienen de 122 estaciones meteorológicas del SENAMHI, además se usaron datos del sistema CROPWAT para estimar la evapotranspiración en función de variables climáticas.

El estudio determinó que la huella hídrica promedio nacional para la quinua para el periodo 2001-2012 fue de 3841.47 m<sup>3</sup>/t, considerando un rendimiento promedio nacional de 1,19 t/ha. Del total, se estimó que la huella hídrica verde corresponde a 3067 m<sup>3</sup>/t (80%), la huella hídrica gris 535 m<sup>3</sup>/t (14%) y la azul 211 m<sup>3</sup>/t (6%). Al contrastar los resultados con la altura a la que se cultiva la quinua se determinó que los mínimos de agua están entre los 2500 y 4100 msnm, donde generalmente se cultiva bajo el sistema de secano. Esto se debe a que el agua almacenada en el suelo proveniente de la lluvia suele ser suficiente para cubrir las demandas hídricas de la quinua, sin embargo esto hace que la quinua sea un cultivo muy vulnerable a cambios en la precipitación.

#### **3.4.4 Banano**

Un estudio realizado por Zárate y Kuiper (2013) mide la huella hídrica a dos grupos de pequeños productores de banano, uno en la provincia de Sechura, departamento de Piura en Perú y otro en la provincia de Oro en Ecuador. El estudio muestra los resultados de la medición del volumen total de agua dulce utilizado en la fase agrícola y en la fase del

procesamiento del banano para exportación. Ambas zonas se caracterizan por una temporada seca y una húmeda, siendo generalmente la proporción de riego mayor en la temporada seca.

El cálculo de la huella hídrica se realizó utilizando el software CROPWAT, los datos climáticos para este propósito se interpolaron mediante el modelo New\_LocClim (FAO), los datos de suelos fueron aquellos recolectados por Agrofair Sur, mientras que los parámetros de cultivo e irrigación fueron medidos en campo.

Los resultados muestran que la huella hídrica promedio de los agricultores ecuatorianos fue de 576 m<sup>3</sup>/t, mientras que en el caso de los agricultores peruanos se obtuvo una huella hídrica de 599 m<sup>3</sup>/t, lo cual es equivalente a 11 y 11.4 m<sup>3</sup>/caja de fruta respectivamente. En el caso peruano el 94% de la huella hídrica corresponde al componente azul, mientras que en Ecuador ésta solo es el 34% del total; esto se debe a que en la provincia de Oro existe un nivel más alto de precipitación. En ambas regiones la huella hídrica azul es más del 99% en la fase agrícola, con una mínima contribución en la fase de empaque. Debido a esto todo esfuerzo por mejorar la eficiencia del uso del agua azul sería muy beneficioso, en especial para el caso del Perú. En base a los datos encontrados, el estudio presenta un análisis de sostenibilidad de las huellas hídricas y formula estrategias para su reducción.

La importancia de este estudio se debe a que el banano es un cultivo con un rendimiento muy sensible a la escasez de agua, no solo en relación a la cantidad producida sino también a la calidad. Además la mayoría de agricultores no controla el volumen de agua que usa para la irrigación por aspersión y por inundación y en muchos casos la planta no llega a obtener el agua requerida, siendo insuficiente en algunos periodos y abundante en otros. Esta última situación ocasiona la pérdida de nutrientes del suelo y la generación de evapotranspiración no productiva para el cultivo. La recomendación a futuro dado el adverso panorama, es la inversión en obras hidráulicas que permitan almacenar el agua para poder irrigar la planta en periodos más constantes y empleando una menor cantidad de agua.

#### **3.4.5 Otros cultivos agrícolas**

Si bien no es un estudio de huella hídrica, cabe mencionar el estudio de agro exportación, desempeño ambiental y propuesta de manejo sostenible del agua en el valle de Ica (Rondon, 2009) que midió los impactos ambientales, principalmente relacionados con el uso de agua en la actividad agrícola durante el periodo 1950 al 2007, buscando encontrar

el equilibrio entre el desarrollo económico generado por la agro-exportación generada localmente y la gestión sostenible de los recursos naturales locales, en especial del agua.

Durante todo este periodo, el 91% del volumen total de agua consumida fue utilizado con fines agrícolas, el 7% para el consumo humano y el 2% para otros fines.

Entre otros, el estudio utiliza el concepto de huella hídrica para ilustrar la evolución histórica entre 1950 y 2007 de 13 cultivos del valle Ica y la relación entre el número de hectáreas sembradas y su utilización de agua. Para este periodo de tiempo, se determina que los cultivos que más agua utilizaron en el valle fueron el algodón (56%) y el espárrago (9%). Sin embargo estos porcentajes varían a lo largo de este periodo. En 1950 el algodón consumió el 84% del agua, en 1980 ese porcentaje disminuyó a 58% y en 2007 fue sólo 22% mientras que el espárrago consumió 35% del agua del valle.

El estudio también muestra datos sobre la “oferta de agua per cápita accesible anualmente” que se refiere a la disponibilidad de agua de un territorio dividida entre el número de habitantes. El caso del valle de Ica es un ejemplo de la desigual distribución de agua del país. En el valle la disponibilidad de agua es 2,733 m<sup>3</sup>/cápita/año, muy por debajo del promedio nacional (68,321 m<sup>3</sup>/cápita/año) y mundial (9,115 m<sup>3</sup>/cápita/año).

Este estudio complementa un trabajo anterior (Llerena et al 2008), el proyecto “Gestión del agua asistida por satélite, multiescala y participativa, en la agricultura de regadío” también en el valle de Ica y que buscaba el uso eficiente y sostenible del agua, considerando dimensiones técnicas, sociales, ambientales y económicas de forma integrada buscando sinergias entre innovaciones tecnológicas como sensores remotos, sistemas de información geográfica, tecnologías de información y comunicación, sistemas web (Spider) y diversos procedimientos que facilitaban la participación activa del agricultor.

## 4. La Huella Hídrica en un contexto gubernamental

### 4.1 Gestión del agua en el sector público

#### 4.1.1 Naturaleza y escala de gestión del agua

El paradigma de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) ha asegurado en los últimos años que las políticas gubernamentales referidas al agua abarquen tanto los aspectos de demanda como de suministro, y que consideren objetivos sociales y económicos, a la vez que involucren a los distintos actores y generen distintos arreglos institucionales para ello. Sin embargo, a pesar de estos avances, la gestión del agua rara vez se mueve más allá de asegurar el “agua para la economía” y, por lo general, ha sido difícil articular la importancia e implicancias del “agua en la economía” para otros sectores económicos y para las empresas privadas.

El concepto de huella hídrica puede referirse a estos otros aspectos y brindar una visión alternativa a la gestión tradicional del agua, con lo cual se podría enriquecer el diálogo y resaltar los vínculos entre distintos sectores sociales y económicos. Sin embargo, la forma en el que la huella hídrica puede y debe transmitir información para alimentar diversos procesos de toma de decisiones en desarrollo de políticas y estrategias y en la propia gestión del agua, a diferentes niveles de gobierno y entre otros sectores, todavía está por definirse. Si bien todavía hay pocos ejemplos en el mundo sobre el rol de la huella hídrica en la gestión pública, es evidente que este rol variará de acuerdo a las distintas realidades y enfoques políticos y otros arreglos institucionales dentro de los cuales cada gobierno funciona de forma regular.

El agua representa solo una consideración dentro de las políticas y estrategias agrícolas, energéticas, industriales y comerciales de un gobierno. Influenciar cualquier respuesta o política importante en torno al agua en estas áreas requiere propuestas que sean relevantes para el gobierno. Como tal, propuestas relacionadas a huella hídrica necesitan demostrar su valor práctico y explícito en la manera en que van a brindar información o una comprensión adicional, más allá de la que ya se encuentra disponible.

Cuando se reflexiona en cómo influenciar las respuestas del gobierno, debe tenerse en cuenta la magnitud, diversidad y complejidad del sector público. El término ‘política’ es, en sí mismo, extremadamente amplio, y cualquier intención de influenciar la toma de decisiones relacionadas al agua usando el concepto de huella hídrica debe ser explícito acerca del tema de preocupación, el tipo de política (política y legislación, estrategia y

planeamiento u operaciones y gestión) y a qué nivel deben ser influenciadas (local, regional, nacional o internacional). En cualquier caso, entendiendo que hay elementos críticos en la creación de políticas que deben tomarse en cuenta (por ejemplo, las ganancias y pérdidas que esto significaría para los distintos actores).

Cada uno de estos niveles genera una variedad de contextos sociales, económicos, ambientales e hidrológicos y representa también elementos discrepantes de riesgo y de 'gasto' de capital político. Debe reconocerse que las decisiones acerca de cómo usar el agua tienen un costo que de alguna manera va a afectar a una serie de grupos de interés, pobladores locales, países consumidores o votantes. Es por todo ello que resulta particularmente difícil normar la manera de transmitir información o influir en la política desde una perspectiva de huella hídrica.

#### **4.1.2. Decisiones gubernamentales y su afectación sobre el agua**

De forma general, las decisiones del gobierno puede afectar el recurso hídrico a través de tres medios claves: mediante la gestión del agua, mediante el uso directo, o disponiendo el uso del agua a través de políticas y estrategias. La primera opción, la gestión del agua incluye las reglas, planes y controles del gobierno sobre la forma en que los individuos, grupos e instituciones desarrollan y usan los recursos hídricos. El segundo medio, incluye los usos directos del agua, tales como los sectores agrícola, energético, industrial y de suministro y saneamiento de agua. La tercera forma incluye las injerencias del gobierno en el comercio, el desarrollo económico, el desarrollo rural-urbano y las políticas y las estrategias financieras y de inversión. Si bien estos aspectos están conectados de manera indirecta con el agua, determinan un entorno más amplio dentro del cual funcionan los otros sectores, particularmente desde la perspectiva del "agua en la economía".

Más aún, los arreglos institucionales (roles y responsabilidades) de varios sectores gubernamentales determinan la forma de implementación de políticas y estrategias. Resulta importante que cada sector gubernamental tenga un encargo y un nivel de responsabilidad distinto para el planeamiento, implementación y monitoreo de los diferentes elementos de la política. Debido a la alta diversidad de arreglos institucionales no existe un sistema único de sistema de gobernabilidad del agua y, por lo tanto, no existe un enfoque único que puede ser adoptado cuando se compromete al sector público en el tema de la huella hídrica.

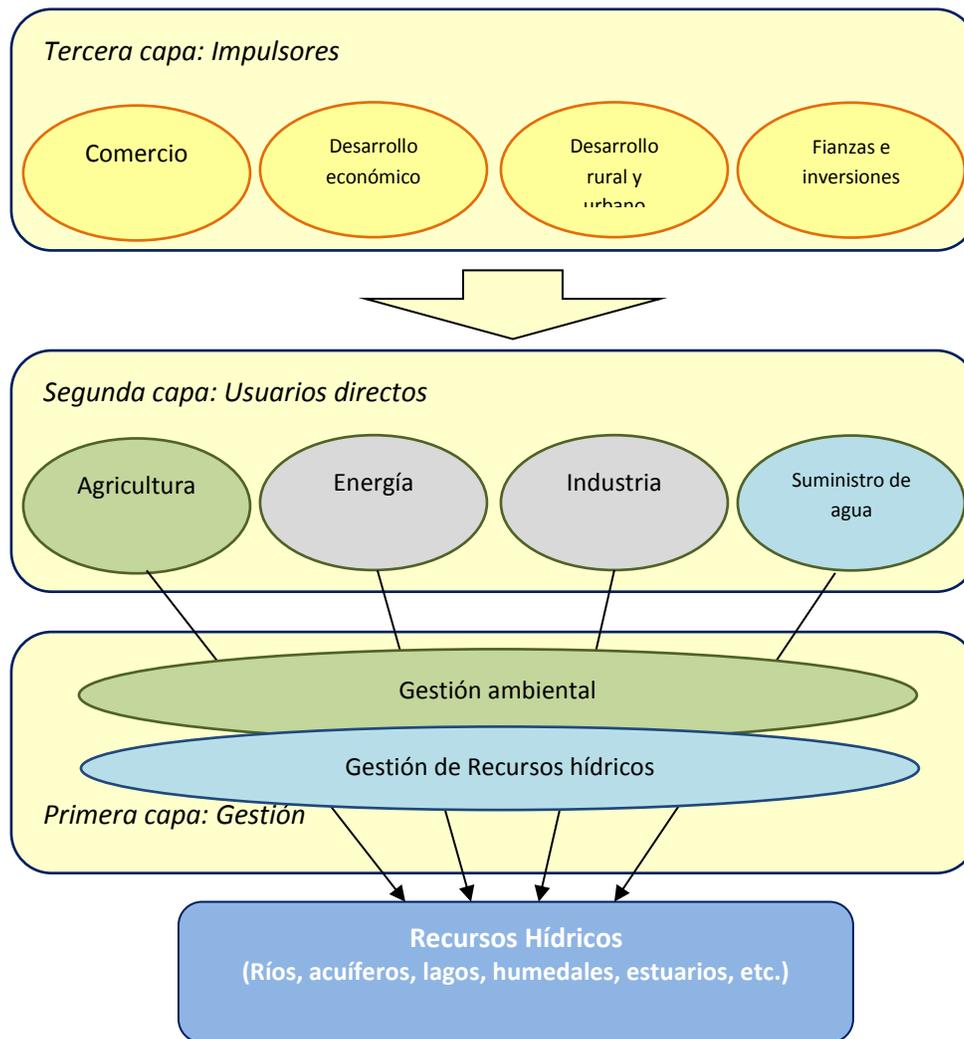


Figura 13. Sectores gubernamentales que tienen impacto en el agua

Un aspecto importante en la mayoría de países es el proceso político y su relación con el público (electorado) en los procesos de gestión del recurso hídrico. Esto resulta particularmente relevante en términos de la naturaleza y el proceso de consulta, la participación y compromiso de los grupos de interés, incluyendo la manera en que se identifican e incluyen los grupos de interés en el proceso de toma de decisiones. Sin embargo, el rol ideal para el gobierno está en la generación de conciencia, desarrollo capacidades y empoderamiento del público para que cambie sus comportamientos e influya en las decisiones de producción y consumo. Desde una perspectiva de huella hídrica, esto es importante, pues la conciencia y el cabildeo son elementos clave de las opciones de compromiso del sector público.

## 4.2. El Sector Público y las Huellas Hídricas

Existen diversos enfoques a través de los cuales el sector público puede comenzar a considerar el análisis de huella hídrica. Algunos de estos enfoques se presentan a continuación.

### 4.2.1. La interpretación de las huellas hídricas en el sector público

En su acepción más amplia, una huella hídrica debería interpretarse como una **métrica**, **metáfora** o **método**. El beneficio percibido de una huella hídrica y de las subsiguientes opciones de respuesta potenciales basadas en esta evaluación varían significativamente, dependiendo de la perspectiva que se toma.

Como una **métrica** la huella hídrica se define como una herramienta de contabilidad que se enfoca en un número específico, así como en el impacto de un uso específico del agua (la evaluación de sostenibilidad de la huella hídrica). Los números representan el agua virtual de un producto o de un país y los resultados se interpretan para el cabildeo o para alertar sobre dependencias. Como el número tiene gran importancia, se debe tener especial cuidado en llegar al número más exacto posible haciendo las suposiciones correctas y usando información confiable en los cálculos. El beneficio percibido de usar la huella hídrica para transmitir información para la gestión tradicional de recursos hídricos es la posibilidad de comparar directamente las consecuencias relacionadas con el agua de las diferentes opciones de producción, consumo y comercio.

Como una **metáfora**, la huella hídrica se usa para representar de manera general el flujo del agua a través de la economía. Esto se relaciona con la perspectiva métrica anteriormente mencionada, pero añade mayor contexto y narrativa política, económica y social a la huella y, por lo tanto, la visión se enfoca menos en la huella hídrica como método de contabilidad y más en su capacidad de contar una historia. Desde esta perspectiva, el énfasis está puesto en la manera en la que el agua se vincula con la economía y la eficiencia de su uso, en lugar del contenido de agua incorporada en un producto en particular o en los niveles de consumo de un área geográfica, como es el caso del enfoque de la métrica.

Como un **método**, la huella hídrica se refiere al proceso que genera preguntas críticas y lleva a diálogos estratégicos que, de otro modo, podrían no ocurrir. Esta perspectiva es diferente de las perspectivas de la métrica o la metáfora porque se enfoca menos en el

resultado y el contexto del análisis y más en asegurarse de que los encargados de tomar decisiones en el sector público se comprometan con el proceso de evaluación de la huella hídrica.

Si bien las perspectivas no se excluyen mutuamente, el relativo énfasis que se ponga en cada una tiene fuertes implicancias en la forma en que se reúne, se presenta y se usa la información. En línea con estas perspectivas, la huella hídrica puede representarse como:

- un *valor*: resultado de un cálculo que tiene significado en el contexto contable, posiblemente con un impacto o evaluación de sostenibilidad para apoyar los cálculos (*interpretación métrica*).
- una *matriz*: de números que representan cuantitativamente diferentes aspectos de la huella hídrica, y posiblemente indicadores de impacto del agua y de valor económico (*entre la interpretación métrica y metafórica*).
- una *narrativa*: que brinda una interpretación cualitativa de la huella hídrica, su impacto en los recursos hídricos y sus vínculos económicos (*interpretación metafórica*).
- un *filtro de riesgo*: que resalta áreas de preocupación geográficas, de *commodities* o de procesos, al relacionar el cálculo de la huella hídrica con una evaluación de las consecuencias y posibilidades de problemas (*interpretación métrica y metafórica*).
- un *proceso*: que involucra a los encargados de tomar decisiones en el sector público para promover la conciencia y el diálogo y cuestionar las suposiciones (*interpretación metódica*).

Cada una de estas representaciones, una métrica, una metáfora y un método, puede ser aplicable en el compromiso del gobierno para generar una respuesta. Sin embargo, es importante considerar el enfoque del compromiso y la manera más apropiada de interpretar y representar huellas hídricas para transmitir información e influenciar de manera más efectiva y responsable los resultados que se espera lograr.

#### **4.2.2. Enfoques para transmitir información de huella hídrica al gobierno**

En base a la idea de que una huella hídrica puede ser representada y usada para transmitir información para los procesos de gobierno de distintas maneras, y que el método y la metáfora son tan relevantes como la métrica, de seleccionarse un enfoque de análisis que refleje el enfoque y el propósito involucrarse con los decisores políticos. Asimismo, deben explorarse ciertos temas contextuales con la finalidad de interpretar la huella hídrica. Los

enfoques potenciales y temas contextuales que deberían abordarse en el uso de huella hídrica para transmitir información para el sector público son:

- **La distinción entre huella hídrica productiva y de consumo**

En aquellos países donde el agua es escasa, resultan críticas las decisiones sobre el uso de agua en la producción agrícola, industrial y energética, al igual que las decisiones sobre el comercio para apoyar la seguridad alimentaria, energética y de agua. Una huella hídrica brinda una herramienta para entender la relación entre la política agrícola, energética e industrial con la seguridad del agua. Este entendimiento puede motivar a usar de manera más eficiente los recursos hídricos y lograr un viraje hacia un comercio más sabio en relación al agua, exportando *commodities* de mayor valor e importando productos que requieren de un uso intenso de agua. De otro lado, es posible que los países donde abunda el agua tengan otras preocupaciones relacionadas con la seguridad alimentaria, energética y de agua; en ese caso, la evaluación de huella hídrica podría brindarles una herramienta para entender las ventajas comparativas y las oportunidades para el comercio de exportación, en un contexto donde la escasez de agua a nivel global es cada vez mayor.

- **Impactos en el agua verde, azul y gris**

Una huella hídrica puede usarse para entender los impactos en el agua verde, azul y gris. Los gerentes de recursos hídricos consideran, por lo general, que la huella hídrica azul y su impacto es la más importante, porque tradicionalmente planifican, asignan y controlan su uso. La huella hídrica se relaciona generalmente con todos los sectores, incluyendo el agrícola, energético, comercial y de desarrollo económico, porque cada uno usa o influencia de manera directa el uso de agua azul. Una huella hídrica verde puede ser importante para comprender los impactos ambientales y suele relacionarse con el sector agrícola a través de la producción que se nutre de la lluvia. Las huellas hídricas grises pueden brindar información útil para el desarrollo energético, industrial, urbano, comercial, económico y agrícola. La naturaleza del sector y el propósito del compromiso pueden determinar qué elemento requiere atención en el análisis.

- **Huella hídrica para un área geográfica, *commodity* o mercado**

Puede realizarse una evaluación de huella hídrica para un área geográfica, un *commodity* o un mercado, o para una entidad específica. Para el sector público será relevante una evaluación de un área geográfica, pues muchas decisiones de planeamiento de desarrollo

se toman en base a criterios geográficos, relacionado con áreas administrativas políticas, tales como una ciudad o un país, donde las huellas de consumo son más importantes en términos de alimentos, industria, familia y energía. También será relevante para el sector público la evaluación de una zona de captación o de una cuenca, donde las huellas de la producción pueden ser más relevantes en torno a la agricultura, la energía o la industria. Cuando se realiza una evaluación para un área geográfica, es importante entender cómo se alinea el área con las disposiciones institucionales o administraciones geopolíticas. Las huellas hídricas para los *commodities* serán más relevantes para la política a nivel regional o nacional, por ejemplo, cuando se piensa en política agrícola, de desarrollo económico o de comercio a nivel nacional e internacional.

**4.3. Oportunidades para el compromiso del sector público con las Huellas Hídricas**

Los sectores gubernamentales cuyo compromiso con el análisis de huella hídrica es más relevante son los de gestión de recursos hídricos y ambiente, agricultura, energía, industria y suministro de agua, comercio, desarrollo económico, desarrollo rural-urbano y fianzas-inversiones. Estos sectores determinan las políticas, estrategias y operaciones que controlan, usan o influyen en el agua de manera más significativa y reflejan aspectos clave de la seguridad del agua, alimentaria y energética de un país. Estas políticas y estrategias se relacionan con el desarrollo, comercio y balanza de pagos de un país. El siguiente diagrama resalta estos campos y su interacción con los aspectos productivos y de consumo de las huellas hídricas.

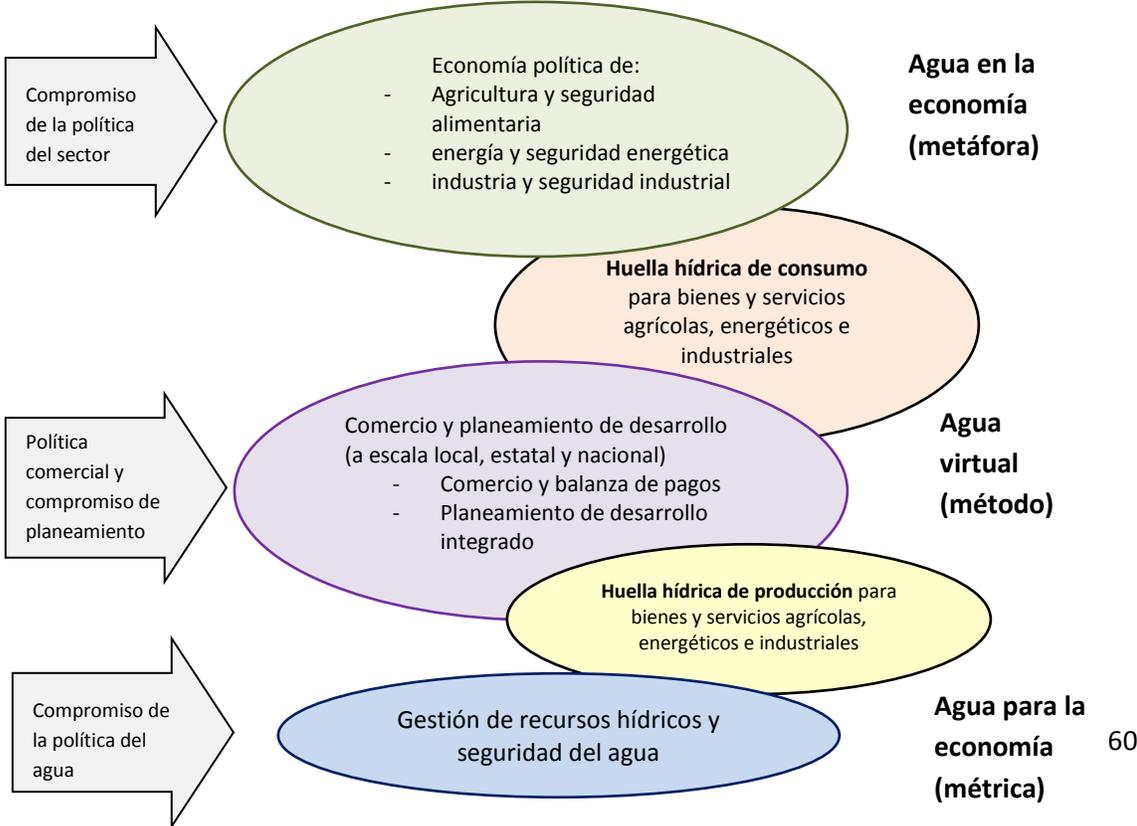


Figura 14. Esferas del gobierno y su conexión con las huellas hídricas

Las figuras ovales en el centro representan las tres capas resaltadas en la sección 4.1, y hacen distinción entre el sector de recursos hídricos, los sectores de usuarios de agua (agricultura, energía e industria), y los sectores impulsores (comercio y planificación). Las flechas a la izquierda indican la naturaleza del compromiso del gobierno que se está considerando para el análisis. El extremo derecho incluye una interpretación más metafórica **de agua-en-la-economía** para los flujos del agua incorporada a través de procesos agrícolas, energéticos e industriales; mientras que una interpretación métrica directa **de agua-para-la-economía** considera el análisis de eficiencia e impactos en el uso del agua. Juntos, ofrecen la narrativa necesaria para la incorporación del agua virtual en el equilibrio de distintas consideraciones en el comercio y planificación integrado.

Para temas **de seguridad alimentaria y energética**, la huella hídrica de consumo es un punto de partida útil que ayuda a entender la naturaleza del consumo a escala local, estatal y nacional. Esto lleva al equilibrio con la producción, ya sea dentro del área geográfica o a través del comercio con otras áreas. Es a través de este proceso que debe considerarse el involucramiento de las oportunidades y límites del recurso hídrico en la producción o cultivo. Resulta crítico incorporar e interpretar todo esto dentro de la economía política de ese sector para brindar una evaluación matizada y relevante de la huella hídrica. El enfoque institucional clave de este tipo de compromiso corresponde a las agencias nacionales y regionales responsables de la regulación, apoyo y monitoreo de estos sectores.

Por otro lado, involucrarse con temas de **comercio o planeamiento de desarrollo integrado** requiere una evaluación equilibrada de la huella hídrica de consumo y producción. De nuevo, esto debe ser incorporado en una interpretación del contexto e impulsores político económicos, que comprendan particularmente los imperativos e intereses del gobierno que están detrás de estas decisiones. El foco institucional clave para este tipo de compromiso está en las agencias nacionales de comercio, así como las oficinas de planificación del desarrollo a nivel regional y municipal.

Por último, para involucrarse con temas de **planeamiento de recursos hídricos** se necesita comenzar con una evaluación de la huella hídrica de producción, vinculada a los impactos al interior de una zona de captación o área específica. La ventaja es que el planeamiento tradicional de recursos hídricos (apoyado por zonas de captación hidrológicas y modelado

de sistemas) ya brinda y usa mucha de la información que las huellas hídricas abordan (al menos para el agua azul y de manera implícita para el agua verde). El valor añadido de la huella hídrica en este contexto parece ser vincular este entendimiento con el traslado de los *commodities* producidos en esa área a través de otros sectores y de la exportación. Para los gerentes de recursos hídricos, esto implica un cambio de paradigma, del enfoque de **agua-para-la-economía** a un compromiso con los sectores gubernamentales más amplios involucrados en el entendimiento de oportunidades y límites del **agua-en-la-economía**. Al hacer eso, los argumentos para la eficiencia de la asignación y técnica pueden crearse con mayor coherencia.

## 5. Conclusión

A lo largo de la década pasada, se han generado cambios importantes en la conciencia, compromiso y respuesta de los gobiernos, empresas y sociedad civil frente a las amenazas y oportunidades relacionadas con las consecuencias sociales, ambientales (de generación de carbono y de uso de agua) de las actividades productivas y de los hábitos de consumo. En particular, los nexos entre seguridad de agua, seguridad alimentaria y seguridad energética son cada vez más evidentes y están cinco tomados en cuenta tanto para la gestión interna del desarrollo de cada país como en sus vinculaciones con el comercio a nivel internacional.

El desarrollo histórico del concepto de huella hídrica, a pesar del corto tiempo, ha permitido el desarrollo de una gama de distintos enfoques sobre cómo y para qué evaluar una huella hídrica en un contexto más amplio de gestión de los recursos naturales y los recursos hídricos en particular. Muchas de las más recientes evaluaciones han aplicado las lecciones aprendidas de aquellas realizadas anteriormente, centrando cada caso en temas clave o visiones específicas que complementan el análisis teórico realizado hasta el momento.

Las lecciones aprendidas a lo largo de distintos casos, indican que resulta imperativo definir claramente desde el inicio la intención de la evaluación, con el fin de orientar el enfoque y la metodología a emplear. Es importante tomar en consideración los distintos enfoques presentados a lo largo de este documento que distinguen la interpretación de la huella hídrica como una métrica, una metáfora o un método, pero también es importante tener en cuenta los retos y limitaciones asociadas a la medición e interpretación de la huella hídrica

En el caso de la evaluación de la huella hídrica agrícola, este enfoque, donde sea posible, debería profundizar el análisis a nivel de cuenca, un enfoque que tienen muy pocos años de utilización y muy pocos, pero valiosos estudios realizados hasta el momento. El análisis a nivel de cuenca permite brindar un contexto de análisis necesario a partir de los resultados de contabilidad de huella hídrica. Complementariamente, si se desea medir huella hídrica de determinados productos agrícolas o de usuarios del agua de manera más general, la medición debe de estar orientada por el contexto económico del país, teniendo en cuenta las cadenas de valor existentes y las políticas de comercio interno y externo.

Finalmente, la huella hídrica debe generar respuestas, ya sea del sector público, del sector privado o de los consumidores. En el caso de una evaluación de huella hídrica a nivel nacional, es imperativa la generación de respuestas por parte del sector público. El rol de

la huella hídrica, en este caso será apoyar a que el gobierno tome decisiones sobre el uso del agua, en la medida en que la información generada a través de esta medición aumenta el conocimiento existente acerca de la gestión del agua. Es así que a partir de la medición de la huella hídrica, se esperaría que el sector público genere respuestas enmarcadas en el entorno de regulación y gestión del agua, con el fin de transmitir información para la mejora de políticas y planificación de la gestión y siempre que sea posible, orientar el crecimiento económico de manera sostenible.

## Anexos

### Anexo A. Cálculo de agua azul, verde y gris

Las fórmulas de huella hídrica que se muestran a continuación se basan en la metodología provista en el Manual de Evaluación de Huella Hídrica.

#### Huella Hídrica para un Cultivo

La demanda (uso) de agua virtual de un cultivo primario se calcula como el índice del volumen de agua requerida para la producción del cultivo  $c$  en el país exportador  $e$ ,  $CWR(e, c)$ , para la cosecha del cultivo  $c$ ,  $CY(e, c)$  en el área  $e$ .

$$CW[e,c] = \frac{CWU[e,c]}{CY[e,c]}$$

El volumen de uso de agua para la producción del cultivo,  $CWU(e, c)$  está compuesto por tres componentes:

$$CWU[e,c] = CWU_{verde}[e,c] + CWU_{azul}[e,c] + CWU_{gris}[e,c]$$

Aquí,  $CWU_{verde}(e, c)$  (m<sup>3</sup>/ha) es la evaporación del agua de lluvia de la tierra del cultivo (uso de agua verde),  $CWU_{azul}(e, c)$  (m<sup>3</sup>/ha) es la evaporación del agua de riego de la tierra del cultivo (uso de agua azul), y  $CWU_{gris}(e, c)$  (m<sup>3</sup>/ha) es el volumen de contaminación de los recursos hídricos resultante de los fertilizantes, químicos o pesticidas filtrados de la tierra agrícola (consumo de agua gris). Los primeros dos componentes,  $CWU_{verde}(e, c)$  y  $CWU_{azul}(e, c)$ , serán los componentes sujetos a mayor análisis aquí.

Los componentes del uso del agua azul y verde son ambos evaporativos y ya no están disponibles en el ciclo hidrológico local. Dependen de la evaporación del cultivo específico presente y de la disponibilidad de humedad del suelo en el campo.

#### Uso de Agua Verde

El uso de agua verde,  $CWU_{verde}(e, c)$  es igual a la mínima cantidad de agua de lluvia efectiva (precipitación),  $p_{eff}(t)$ , y el requisito de evaporación de agua para el cultivo en ese periodo de tiempo ( $t$ ).

$$CWU_{verde}[e,c,t] = \min(ET_c[t], p_{eff}[t])$$

El uso total de agua verde  $CWU_{verde}(e, c)$  para la producción del cultivo  $c$  en el país  $e$  se calcula sumando el uso de agua verde para cada periodo de tiempo a lo largo de toda la duración del periodo del cultivo,  $T$ .

$$CWU_{verde}[e, c, t] = 10 \times \sum_{t=0}^T CWU_{verde}[e, c, t]$$

El agua verde es independiente del suministro de agua por riego y depende únicamente del agua de lluvia efectiva y de los requisitos de evaporación del cultivo. La evaporación del agua (mm/día) se expresa en términos de volumen por hectárea ( $m^3/ha/día$ ), multiplicando lo anterior por un factor de 10.

### **Uso de Agua Azul**

El uso del agua azul, a diferencia del uso de agua verde, depende del requisito de evaporación del cultivo, la disponibilidad del agua verde y el suministro de agua de riego. Las primeras dos variables,  $ET_c(t)$  y  $CWU_{verde}(e, c, t)$  definen la tercera, el requisito de riego  $I_r(t)$  que se calcula como:

$$I_r[t] = ET_c[t] - CWU_{verde}[e, c, t]$$

El uso de agua azul  $CWU_{azul}(e, c, t)$ , es el mínimo requisito de riego,  $I_r(t)$ , y el suministro efectivo del agua de riego  $I_{ef}(t)$ . El suministro de riego efectivo es la porción del suministro de agua de riego que se almacena en la humedad del suelo y que se encuentra disponible para la evaporación del cultivo (de manera similar al agua de lluvia efectiva).

$$CWU_{azul}[e, c, t] = \min(I_r[t], I_{eff}[t])$$

Cabe notar que, si no hay riego, el riego efectivo es igual a cero (y no hay uso de agua azul).

El uso total de agua azul,  $CWU_{azul}(e, c)$  en la producción del cultivo se calcula sumando el uso de agua azul para cada periodo de tiempo a lo largo de toda la duración del periodo del cultivo,  $T$ .

$$CWU_{azul}[e, c, t] = 10 \times \sum_{t=0}^T CWU_{azul}[e, c, t]$$

La evaporación de agua (mm/día) se expresa en términos de volumen por hectárea (m<sup>3</sup>/ha/día) multiplicando lo anterior por un factor de 10.

### **Huella Hídrica Gris**

La huella hídrica gris es el volumen de agua dulce que se requiere para asimilar la carga de contaminantes en base a las concentraciones de metales en el ambiente natural y estándares de calidad de agua del ambiente. En términos generales, se calcula dividiendo la carga contaminante,  $L$ , entre la diferencia del estándar de calidad de agua del ambiente (la máxima concentración aceptable  $c_{max}$ , en masa/volumen) y su concentración natural en el cuerpo de agua receptor ( $c_{nat}$ , en masa/volumen).

$$WF_{proc,gris} = \frac{L}{c_{max} - c_{nat}} \left[ \frac{volumen}{tiempo} \right]$$

Para las sustancias hechas por el hombre que no ocurren naturalmente en el agua,  $c_{nat}=0$ . Si la concentración natural es desconocida, puede asumirse que es 0, si bien esto subestimaré la huella hídrica gris si la concentración natural no es, en realidad, 0.

La huella hídrica gris de una fuente no puntual de contaminación, como un fertilizante, y se calcula estimando la carga usando un factor de derrame por la aplicación del químico.

Para una fuente puntual de contaminación de agua, como químicos vertidos de una fábrica a un cuerpo de agua superficial en la forma de agua residual, la carga,  $L$ , se calcula como el volumen efluente multiplicado por la concentración contaminante en el efluente, menos el volumen de abstracción multiplicado por la concentración del contaminante en el agua de consumo. Esto representa la cantidad de contaminante con la que el proceso analizado está contribuyendo.

$$WF_{proc,gris} = \frac{L}{c_{max} - c_{nat}} \left[ \frac{volumen}{tiempo} \right] = \frac{Effl \times c_{effl} - Abstr \times c_{abstr}}{c_{max} - c_{nat}}$$

## Referencias

Aldaya, M. M. y Llamas, M. R., Water footprint analysis for the Guadiana river basin, UNESCO-IHE, Delft, Holanda, [www.waterfootprint.org/Reports/Report35-WaterFootprint-Guadiana.pdf](http://www.waterfootprint.org/Reports/Report35-WaterFootprint-Guadiana.pdf), 2008.

Allan, J.A. 2003. Virtual water – the water, food, and trade nexus: Useful concept or misleading metaphor?. *Water International* 28(1): 106–113

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. y Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements, FAO Irrigation and Drainage Paper 56, Roma, 300 pp.

Bernex, N. 2013. Taller de Fortalecimiento Profesional en Gestión Integrada de Recursos Hídricos. Centro de Investigación en Geografía Aplicada, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. BOCMA, Breede-Overberg Catchment Management Strategy, Sudáfrica, <http://www.bocma.co.za>, 2011.

Chapagain, A. y S. Orr, UK Water Footprint: the impact of the UK's food and fibre consumption on global water resources, 2008.

De Caritat, AK., Bruers, S. & A, Chapagain, Belgium and its Water Footprint, WWF, 2011.

Ercin, A.E., Mekonnen, M.M. & A.Y. Hoekstra, The Water Footprint of France, UNESCO-IHE Institute for Water Education, Delft, Holanda, 2012.

Falkenmark, M. 1989. The massive water scarcity now threatening Africa: Why isn't it being addressed? *Ambio* 18(2): 112–118

Fonseca S.S.E., Verano Z.C. y Mariluz S.J.C. 2012a. Huella hídrica del espárrago. ANA, Perú.

Fonseca S.S.E., Verano Z.C. y Mariluz S.J.C. 2012b. Huella hídrica del arroz. ANA, Perú.

Fonseca S.S.E., Verano Z.C. y Mariluz S.J.C. 2012c. Huella hídrica de la quinua. ANA, Perú.

Ge, L., Xie G., Zhang, C., Li, S., Qi, Y., Cao, S. & He, T., An Evaluation of China's Water Footprint Water Resour. Manag., 2011.

Gnehm, F., The Swiss Water Footprint Report: A global picture of Swiss water dependence, WWF, 2011.

Hoekstra, A.Y. and Hung, P.Q., Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade, UNESCO-IHE, Delft, Holanda, 2002.

Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M. & Mekonnen, M.M., Water footprint manual: State of the art 2009, Water Footprint Network, Enschede, Holanda, 2009.

Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M., & Mekonnen, M. M., The water footprint assessment manual: Setting the global standard, Earthscan, Londres, RU, 2011.

Llerena, C.A., García, J., Saito, J., Gushiken, E., Apacla, R., Mateos, L., Barrena, V., Osann, A., Cámere, J.L., Oré, T., Malpartida, Z., Ticlayauri, H., Rischbeck, P. y Yzarra, W. 2008. Gestión del riego en Ica usando imágenes satelitales: avances del Proyecto PLEIADeS-Perú. 6° Programa Marco de la Unión Europea, Reporte 2007-2008 (no publicado).

Ma, J., Hoekstra, A.Y., Wang, H., Chapagain, A.K. & Wang, D., Virtual versus real water transfers within China, Phil. Trans. R. Soc. Lond. B., 2006.

Mekonnen, M.M., Hoekstra, A.Y., & R. Becht, Mitigating the Water Footprint of Export Cut Flowers from Lake Naivasha Basin, Kenya, Twente Water Centre, Universidad de Twente, 2012.

Mekonnen, M.M., Hoekstra, A.Y., & P.R. van Oel, The External Water Footprint of the Netherlands: Quantification and Impact Assessment, Universidad de Twente, 2008.

Mekonnen, M.M. & Hoekstra, A.Y., National Water Footprint Accounts: The Green, Blue and Grey Water Footprint of Production and Consumption, Universidad de Twente, 2011.

Oficina de Estadística Federal de Alemania, Water Footprint of Food Products in Germany, 2012.

Rendón S.E. 2009. Agro exportación, desempeño ambiental y propuesta de manejo sostenible de recursos hídricos en el valle de Ica 1950 – 2007. Tesis doctoral en Economía ambiental y de los Recursos Naturales, Universidad Nacional Autónoma de México y Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.

WWF, The Water Footprint of Mexico in the Context of North America, WWF, 2012.

Zárate, E., Kuiper, D. 2013. Evaluación de Huella Hídrica del banano para pequeños productores en Perú y Ecuador. Good Stuff Internacional, Suiza.

Zeitoun, M., Allan, J.A. & Mohieldeen, Y., Virtual water “flows” of the Nile Basin, 1998-2004: A first approximation and implications for water security, Global Environmental Change, 2011.

## Consultas electrónicas

ANA. 2013 Más de 1.000 escolares de Arequipa y Moquegua han sido sensibilizados sobre la huella hídrica. Arequipa. Perú. <http://www.iagua.es/wordpress-tag/huella-hidrica>.

COSUDE. 2014. <http://cooperacionsuizaenperu.org.pe/suizagua> Página principal de la Cooperación Suiza.

Duke Energy Perú 2013. Primera empresa generadora de energía que medirá su huella hídrica (noticia). <http://www.stakeholders.com.pe/index>

FAO. 2014. [www.fao.org](http://www.fao.org)

IPROGA. 2014. <http://www.iproga.org.pe/>

Pérez León. S. 2014. Entrevista en rpp acerca de la huella hídrica. Lima. Perú [http://www.rpp.com.pe/2012-03-06-istan-a-empresas-a-medir-su-huella-hidrica-noticia\\_458410.html](http://www.rpp.com.pe/2012-03-06-istan-a-empresas-a-medir-su-huella-hidrica-noticia_458410.html)

PLEIADeS 2014. <http://www.pleiades.es/>

UNESCO 2007. Varios reportes <http://www.unesco.org/>

UNESCO-IHE. 2014. <https://www.unesco-ihe.org/>



# Huellas hídricas sectoriales

**REPORTE # 2:**

**Diagnóstico General para la Medición de la Huella  
Hídrica para los sectores agropecuario, doméstico,  
industrial, minero y energético.**

**WWF PERU**

**JULIO, 2014**



## TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción .....	3
2. Contexto hídrico y socioeconómico del Perú.....	3
2.1. Contexto de los recursos hídricos .....	4
2.1.1. Precipitación .....	4
2.1.2. Disponibilidad de recursos hídricos .....	4
2.1.3. Calidad de agua.....	8
2.2. Contexto socioeconómico.....	9
2.2.1. Crecimiento económico y producción .....	9
2.2.2. Comercio .....	10
2.2.3. Contexto social.....	13
3. Uso del Agua y Huella Hídrica por Sector.....	15
3.1. Sector agropecuario .....	15
3.1.1. Generalidades del sector .....	15
3.1.2. Evaluando las huellas hídricas relacionadas al sector agropecuario .....	18
3.1.3. Información requerida para la evaluación de la huella hídrica relacionada al sector agropecuario .....	21
3.2. Sector doméstico.....	28
3.2.1. Generalidades del sector .....	28
3.2.2. Evaluando las huellas hídricas relacionadas al sector doméstico.....	28
3.2.3. Información requerida para la evaluación de la huella hídrica relacionada al sector doméstico .....	29
3.3. Sector industrial .....	33
3.3.1. Generalidades del sector .....	33
3.3.2. Evaluando las huellas hídricas relacionadas a la industria .....	33
3.3.3. Ejemplos para ilustrar el enfoque.....	35
3.3.4. Información requerida para la evaluación de la huella hídrica relacionada al sector industrial .....	39
3.4. Sector minero.....	42
3.4.1. Generalidades del sector .....	42
3.4.2. Evaluando la huella hídrica de la minería .....	44
3.4.3. Ejemplos para ilustrar el enfoque.....	45



---

3.4.4. Información requerida para la evaluación de la huella hídrica relacionada al sector minero.....	54
3.5. Sector energético .....	57
3.5.1. Generalidades del sector .....	57
3.5.2. Evaluando la huella hídrica del sector energético .....	59
3.5.3. Ejemplos para ilustrar el enfoque.....	60
3.5.4. Estimando la pérdida de agua por evaporación en la generación de hidroelectricidad ..	63
4. Conclusiones.....	66

## 1. Introducción

Al analizar la utilización del agua por las sociedades rápidamente se puede establecer que es la producción agropecuaria es la actividad económica a que mayor cantidad de agua utiliza (agua verde y agua azul), sin embargo, son los sectores doméstico e industrial (incluyendo la industria minera) los que más contaminación ocasionan (agua gris). Ello trae consigo diversas consideraciones para la medición de la huella hídrica tanto en cuestiones de enfoque como en aspectos metodológicos y de necesidad información. En ese sentido, el presente documento ofrece un panorama sobre la factibilidad y conveniencia de la medición de la huella hídrica nacional para el sector agropecuario, doméstico, industrial, minero y energético en el Perú en base a las variables que deben reconocerse y la información mínima necesaria. Sin embargo, si bien se presenta consideraciones técnicas a tener en cuenta, el análisis también se enmarca en un contexto socioeconómico más amplio con el fin de determinar no sólo la factibilidad de realizar la medición de la huella hídrica sino también la importancia de esta herramienta para un análisis social y económico.

Actualmente ya no cabe duda de que el constante crecimiento en el comercio internacional de productos altamente demandantes en agua, han hecho del agua un recurso global. Aun así, al analizar los flujos de agua virtual y las huellas hídricas, no hay que perder de vista que éstas no tienen un significado real si no son relacionadas a un contexto geográfico, económico y social específico. Es por ello que para el análisis de la factibilidad y conveniencia de la medición de la huella hídrica nacional por sector consideramos necesario presentar primero un breve recuento del comportamiento de cada sector, particularmente en su relación de influencia mutua con el uso del agua.

Este documento se inicia con una visión general de la disponibilidad de los recursos hídricos en el Perú y una evaluación genérica de los impulsores de la economía y el comercio en el país, que están determinados y a su vez influyen en la cantidad y calidad del agua disponible. La siguiente parte del documento se centra en el análisis de cinco sectores, agrícola, doméstico, industrial, minero y energético y en las características de un estudio de huella hídrica para ellos. Este análisis se ejemplifica con estudios al respecto alrededor del mundo y considerando la viabilidad de utilizar la huella hídrica para determinar los impactos del uso del agua en estos sectores. Igualmente, para cada sector, se lista la información específica requerida para una evaluación de huella hídrica y las principales fuentes de información disponibles en el país, resaltando sus limitaciones. El análisis para cada uno de los cinco sectores se cierra con una reflexión específica sobre las implicancias de la huella hídrica de nivel nacional para este sector.

Finalmente ofrecemos una serie de conclusiones que esperamos sirvan de base al momento de decidir la conveniencia de iniciar un estudio de huella hídrica para un sector; reflexiones que giran en torno a la idea de que si bien, toda medición de huella hídrica es posible, es necesario tener en cuenta las limitaciones existentes, sobre todo en términos de información, pero teniendo en cuenta la finalidad de dicho esfuerzo, de modo que se puedan buscar las mejores alternativas posibles ante los obstáculos de la información disponible.

## 2. Contexto hídrico y socioeconómico del Perú

A nivel global, el Perú es uno de los países con mayor abundancia de agua en el mundo, con casi el 6% del total del agua superficial del mundo en un área que cubre menos del 1% de la superficie total del planeta. Alberga también el 71% de los glaciares tropicales del mundo. Sin embargo, la organización espacial de los recursos hídricos del Perú es extremadamente desigual y el cambio climático está desplazando rápidamente la estructura de su entorno natural.

Al tener una economía emergente y una gran reserva de recursos naturales y minerales, el Perú está experimentando un rápido crecimiento económico, que está siendo impulsado por las exportaciones provenientes de la minería, agricultura y producción. El agua se encuentra estrechamente ligada a estos sectores. Esta sección se centrará en el contexto hídrico y socioeconómico del Perú, así como en las conexiones entre ellos.

### 2.1. Contexto de los recursos hídricos

#### 2.1.1. Precipitación

Al igual que la disposición espacial de sus recursos hídricos, el clima peruano varía significativamente. El país se divide en 24 regiones geopolíticas y - de forma general - en tres regiones naturales (la costa del Pacífico, el altiplano andino y la cuenca amazónica). Juntas, las 24 regiones contienen un gran número de tipos de climas del mundo. Sin embargo, el clima peruano se caracteriza, en general, por tener condiciones subtropicales con bajos niveles de precipitación en la costa; condiciones frescas y frías con veranos lluviosos e inviernos secos a lo largo de la cordillera de los Andes; y un clima ecuatorial con condiciones muy calurosas y mucha lluvia todo el año en el este. La Figura 1 ilustra la diversidad de los patrones de precipitación en el Perú, donde puede observarse altos niveles de precipitación concentrados en la región Amazónica al noreste del país.

Las predicciones de cambio climático para el Perú indican que, para el año 2030, las regiones andina y amazónica en el norte experimentarán tendencias de calentamiento de casi 1.6°C, así como aumentos menores en otras zonas de los Andes y cambios insignificantes en la costa central y sur del Amazonas. Se espera que los impactos del cambio climático en las precipitaciones sean significativos, con reducciones anticipadas de entre 10-20% para los Andes, la costa y la región amazónica.<sup>1</sup>

#### 2.1.2. Disponibilidad de recursos hídricos

La totalidad de los recursos de agua dulce renovables del Perú equivalen a aproximadamente 54,500m<sup>3</sup> per cápita.<sup>2</sup> Cerca del 84% de los recursos hídricos del país provienen de aguas superficiales y el 16% restante, de aguas subterráneas. En total, existen 159 unidades hidrográficas en el Perú administradas por 14 Autoridades Administrativas del Agua (AAA). De estas zonas de captación, 62 están ubicadas en la vertiente del Pacífico, 84 en la vertiente del Atlántico y 13 en la vertiente del Titicaca. Estas tres vertientes se ilustran en la Figura 2.

<sup>1</sup> Gestión de Riesgos Climáticos para la Agricultura en el Perú UNDP, 2013.

<sup>2</sup> Información del Banco Mundial, 2011.

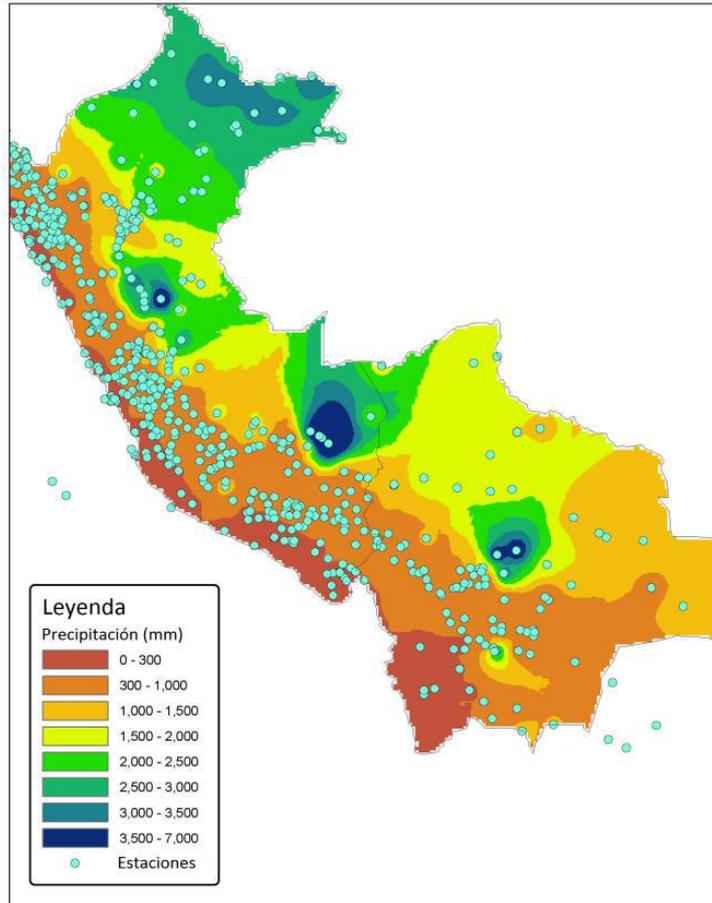


Figura 1. Precipitaciones en Perú. Fuente: Agrotecnológica



Figura 2. Vertientes del Perú. Fuente: WWF Perú basado en ANA, 2012



En términos de disponibilidad de agua a nivel nacional podemos indicar que la vertiente del Pacífico alberga a cerca del 66% de la población nacional y el 2% de los recursos hídricos del país, en contraste con la vertiente del Atlántico que alberga 31% de la población nacional y un 97% de los recursos hídricos, mientras que la vertiente del Titicaca alberga al 3% de la población y el 1% de los recursos hídricos del Perú.

Cuadro 1. Disponibilidad de recursos hídricos en el Perú por vertiente, 2011

Vertiente	Volumen total disponible (Mm3)	Volumen total disponible (%)	Recursos de aguas superficiales (Mm3)	Recursos de aguas subterráneas (Mm3)
ATLÁNTICO	1,719,814	97	1,719,814	N.D
PACÍFICO	38,481	2.0	35,632	2,849
TITICACA	9,877	0.5	9,877	N.D.
<b>Total</b>	<b>1,768,172</b>	<b>100</b>	<b>1,765,323</b>	<b>2,849</b>

Fuente: Global Water Intel, tomado de ANA, 2012

El retroceso de los glaciares andinos está teniendo y continuará teniendo un impacto significativo en los recursos hídricos del país. Los glaciares tienen un rol importante ya que abastecen de agua a los ríos que mantienen a las comunidades locales, tanto económicamente como en términos de suministro de agua potable. Por lo tanto, los patrones cambiantes del clima probablemente originarán una continua reducción de los recursos hídricos disponibles en la zona costera del país. (Hasta el momento, a lo largo de los últimos 35 años, el retroceso de los glaciares ha resultado en un 22% de pérdida de cobertura).<sup>3</sup> La acelerada urbanización y el continuo crecimiento económico colocarán una presión adicional a la escasez de agua. El mapa representado en la Figura muestra el estándar de tensión hídrica en el Perú y sus países vecinos. Aquí, se hace claramente evidente el nivel de escases de agua que actualmente está experimentando el territorio al oeste de los Andes. La Figura muestra aquellas áreas con tendencia a la sequía y que probablemente se vean cada vez más presionadas por los cambiantes patrones climáticos.

<sup>3</sup> "Consultas sobre el Agua a los Grupos de Interés Nacionales: Apoyando la Agenda de Desarrollo Post-2015", The World We Want & Global Water Partnership, 2013.

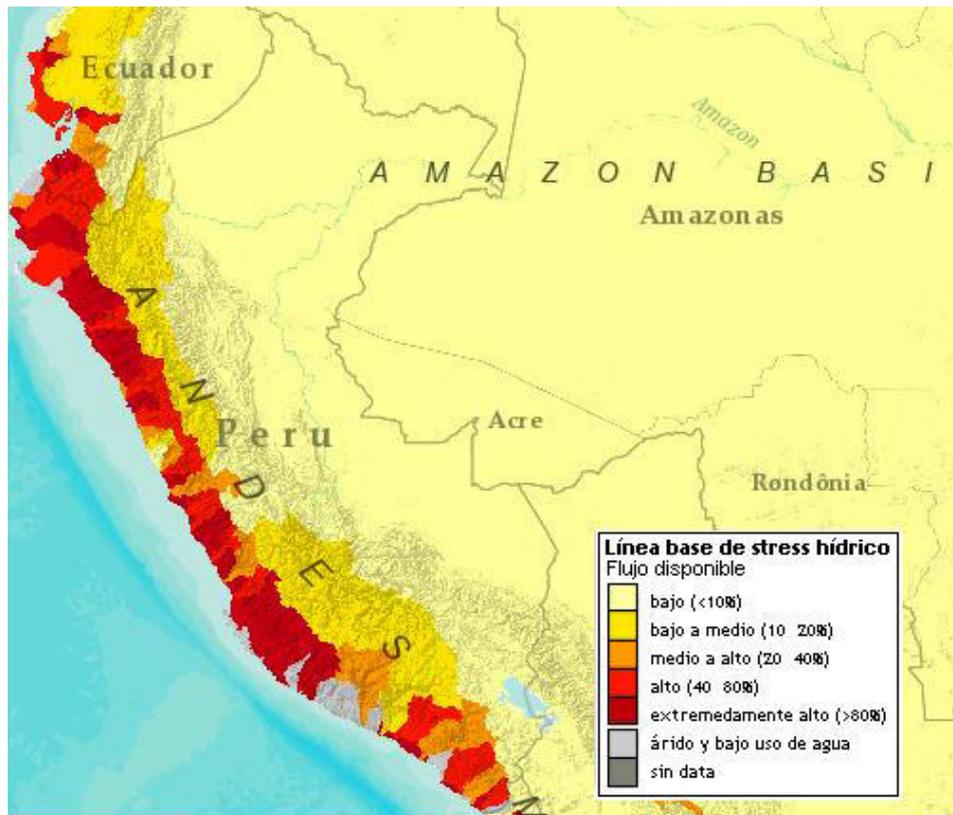


Figura 3. Estrés hídrico en el Perú. Fuente: WRI



Figura 4. Áreas propensas a la sequía. Fuente: UNDP, 2013

### 2.1.3. Calidad de agua

El Perú enfrenta serios problemas en términos de calidad de agua. El deterioro gradual de sus recursos hídricos se atribuye principalmente a los crecientes flujos de efluentes no tratados provenientes de los sectores minero, industrial, agrícola y doméstico. Según un estudio realizado en el año 2007, 16 de los 53 ríos de la región costera han sido contaminados por actividades relacionadas a la minería, contaminando tanto los suministros de agua potable como de riego.<sup>4</sup> Dado el acelerado incremento de las actividades mineras durante los años recientes – que aún no ha sido equiparado por un incremento en la regulación - es probable que la calidad del agua haya empeorado. Más aún, en el 2009 se calculaba que debido a una falta de infraestructura a nivel nacional, tan solo cerca del 35% del total de las aguas residuales recolectadas recibían tratamiento antes de ser descargadas.<sup>5</sup>

La Figura 5 muestra un mapeo del estado de calidad de los recursos hídricos del Perú, en base a una evaluación de flujos de retorno. La región costera se muestra como gravemente afectada por la contaminación del agua.

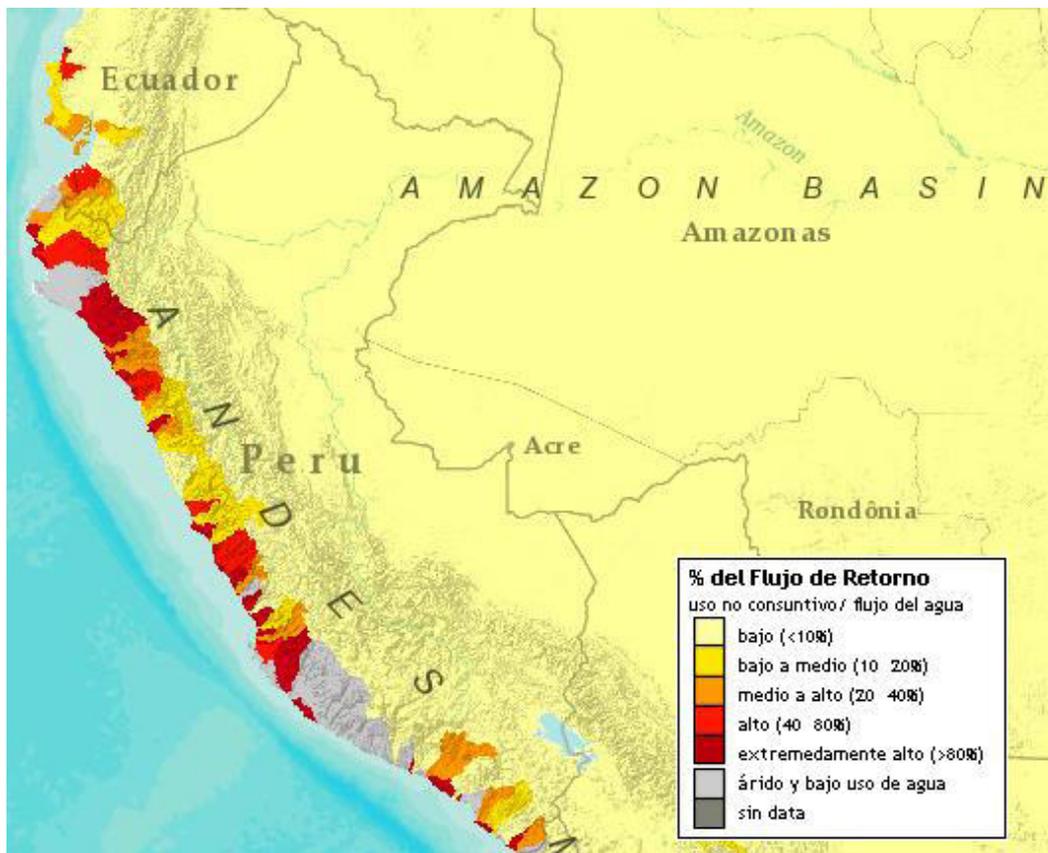


Figura 5. Mapa de calidad de agua del Perú. Fuente: WRI

<sup>4</sup> WWF, Perfil del País Perú.

<sup>5</sup> "Consultas sobre el Agua a los Grupos de Interés Nacionales: Apoyando la Agenda de Desarrollo Post-2015", The World We Want & Global Water Partnership, 2013.

## 2.2. Contexto socioeconómico

### 2.2.1. Crecimiento económico y producción

El Perú ha experimentado un acelerado crecimiento y crecientes flujos de Inversiones Extranjeras Directas (IED) por más de una década. Entre los años 2006 y 2012 el país creció entre 6.3% y 9.8% por año, con una única excepción en el 2009, en el pico de la crisis financiera global, cuando la economía creció sólo en 0.9%. A lo largo de este periodo, numerosos sectores, incluyendo el de construcción, servicios comerciales, producción y agricultura crecieron a índices particularmente altos (entre el 2005 y el 2008 la industria de construcción creció en casi 16% por año)<sup>6</sup>. Entre estos sectores, el crecimiento en el nivel de empleo es particularmente alto en el sector de servicios, con 56%, seguido por los sectores agrícola e industrial, con 26% y 18% respectivamente.<sup>7</sup> La Figura a continuación muestra el PBI e IED del país (entradas netas) a lo largo de la década pasada.

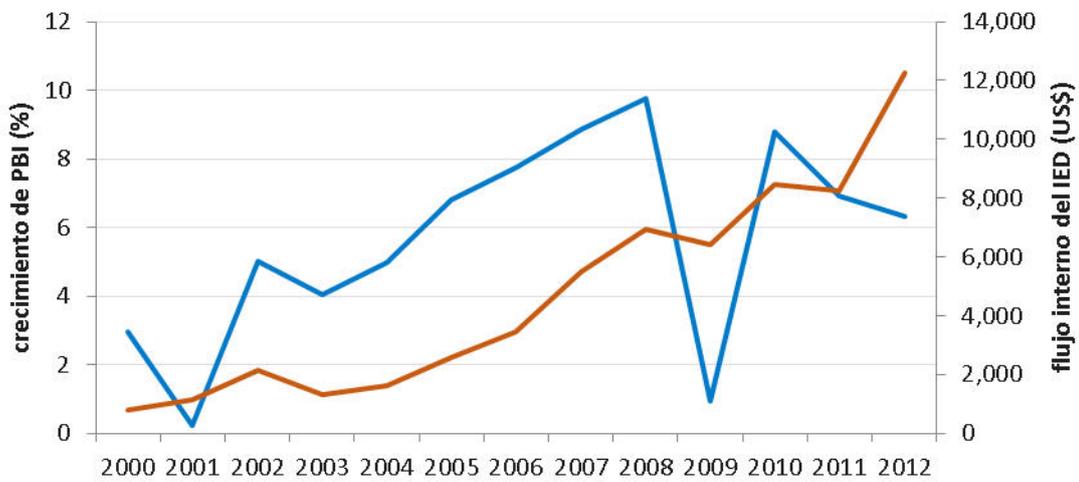


Figura 6. Tasa de crecimiento del PBI e IED en el Perú (Fuente: información del Banco Mundial)

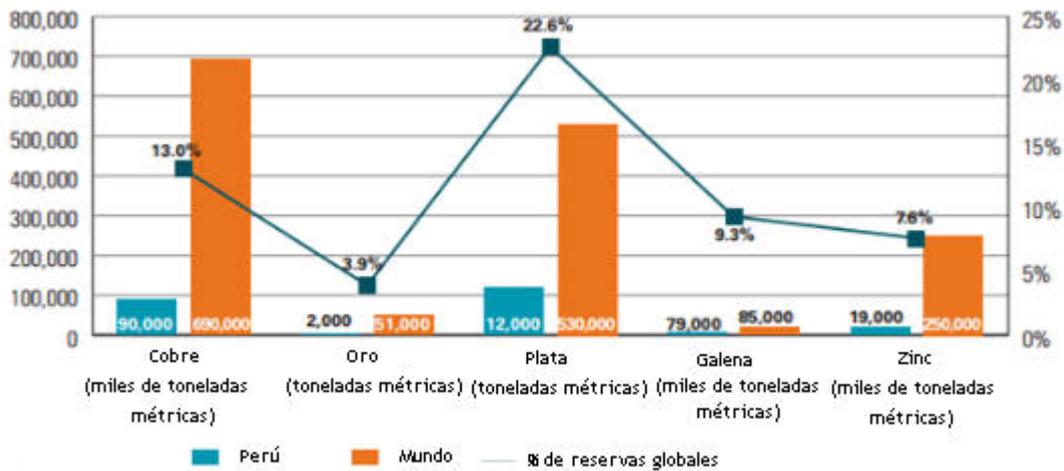


Figura 7. Nivel de reserva de los principales commodities en el Perú, 2010. Fuente: KPMG Internacional

<sup>6</sup> Gestión de Riesgos Climáticos para la Agricultura en el Perú, UNDP, 2013.

<sup>7</sup> Información del Banco Mundial, 2012.



El incremento en la inversión privada de años recientes ha sido canalizado principalmente en el sector extractivo, que representa más del 60% de las exportaciones totales del país. El Perú tiene una gran reserva de valiosos recursos naturales y es uno de los más grandes productores de cobre, plata y oro. En el 2013, el Ministerio de Energía y Minas del Perú declaró que la producción de cobre pronto alcanzaría los 1.57 millones de toneladas por año, un aumento de casi 20% en relación al nivel de producción del 2012.<sup>8</sup>

Sin embargo, el PBI del Perú está mayormente impulsado por el sector servicios que, en el 2012, representaba casi el 60% del PBI. Este sector incluye valor agregado en el comercio mayorista y minorista (incluyendo hoteles y restaurantes), transporte y servicios gubernamentales, financieros, profesionales y personales, tales como servicios educativos, de cuidado de la salud y de bienes raíces. El sector industrial es el segundo mayor contribuyente al PBI, con 35% en el 2012. Esta categoría incluye a la minería, producción, construcción, electricidad, agua y gas. La agricultura representa el 7% restante del PBI. Si bien ha habido cierta variación en el valor añadido de la economía peruana por parte de cada uno de los sectores, en total, las segmentaciones se han mantenido consistentes a lo largo de las dos y media décadas pasadas.

### Contribuciones al PBI por sector

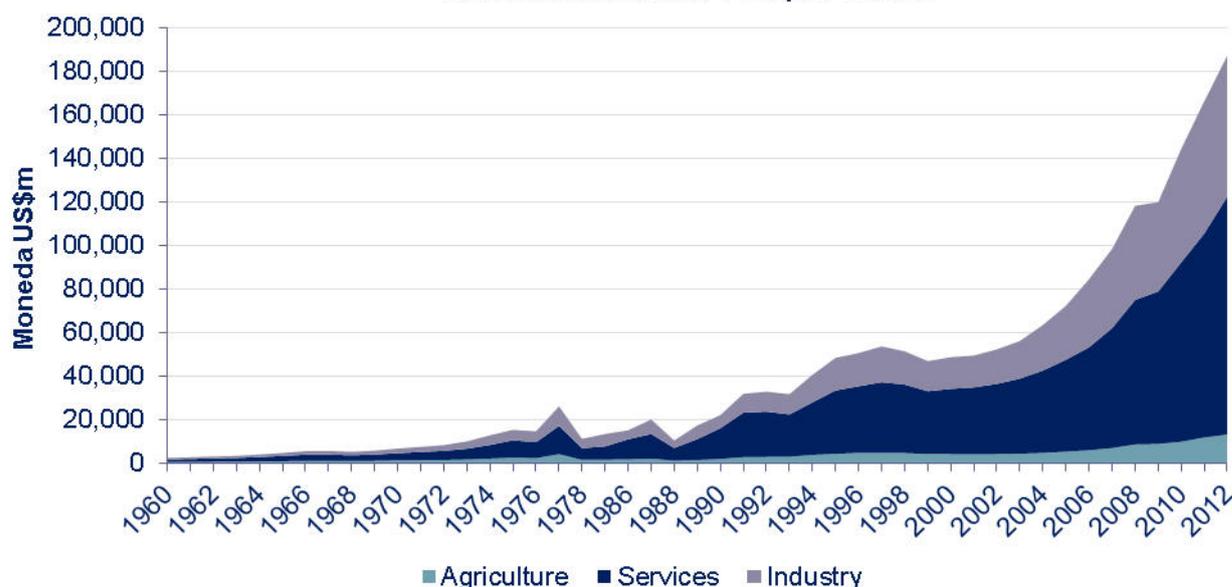


Figura 8. Cortes históricos de PBI para el Perú. Fuente: Banco Mundial

### 2.2.2. Comercio

La economía comercial del Perú está impulsada principalmente por el sector extractivo. El cobre (tanto el mineral de cobre como el cobre refinado) y el oro conforman los mayores contribuyentes al total de las exportaciones, seguidos por el café, harina y *pelets* de origen animal, textiles y las exportaciones de servicios (productos intangibles), en base a valores en dólares norteamericanos. Sin embargo, los volúmenes de comercio en totales han aumentado significativamente a lo largo de la década y media pasada, en línea con el aumento del IED. Los principales destinos de los productos peruanos incluyen la Unión Europea (UE), China, los Estados

<sup>8</sup> Perú: Guía de Minería del País, KPMG International, 2013.



Unidos, Suiza y Canadá.<sup>9</sup> La Figura 9 muestra la reciente tendencia exportadora del Perú y el desglose de las exportaciones por producto.

Total: \$284B

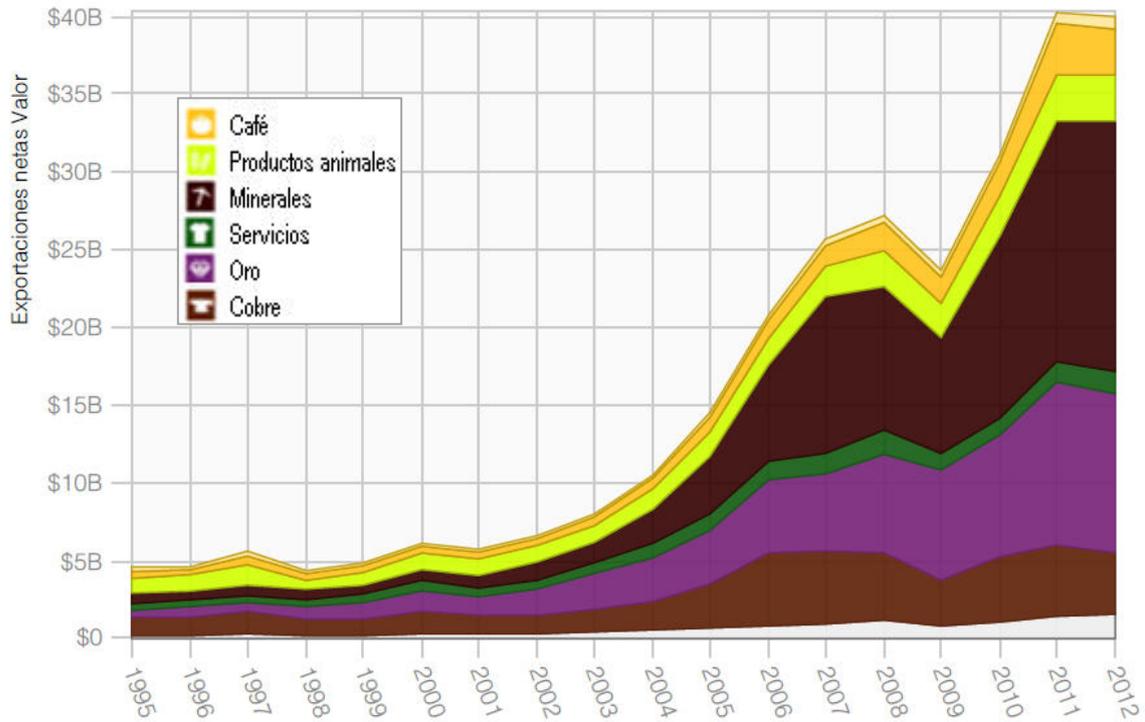


Figura 9. Productos exportados por el Perú, en una instantánea del 2011 y la tendencia 1995-2012. Fuente: MIT

Total: \$290B

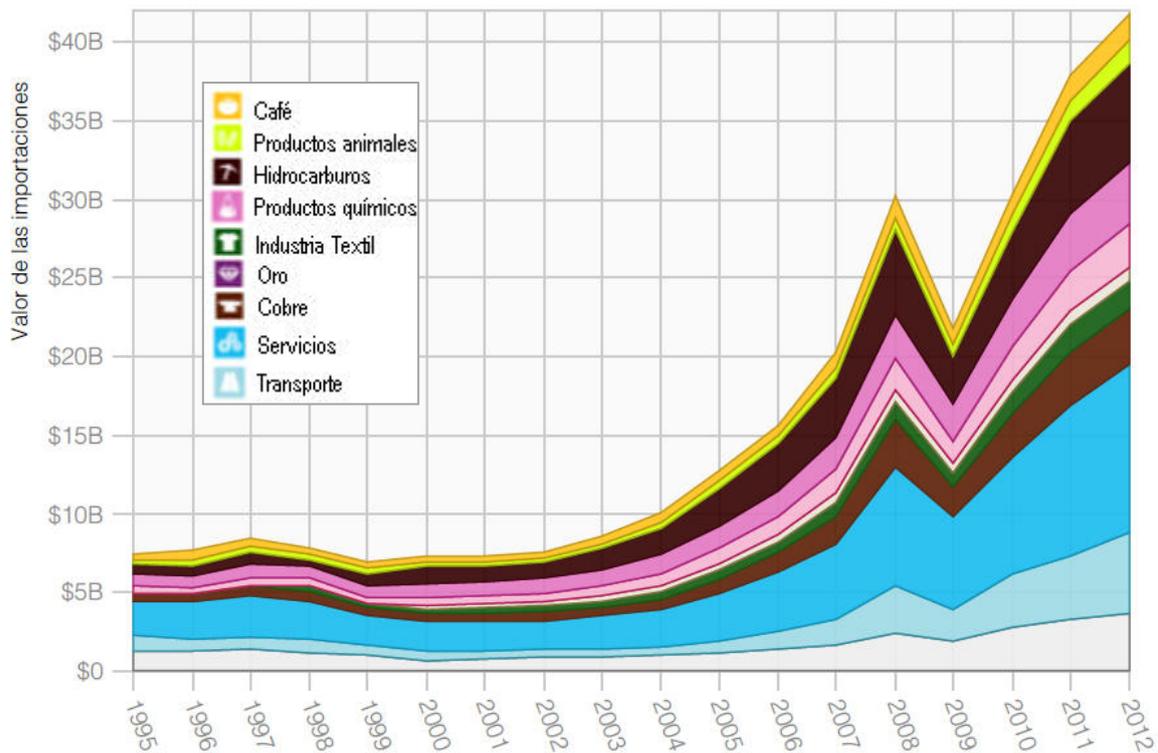


Figura 10. Productos importados por el Perú, instantánea del 2011, tendencia de 1995-2012. Fuente: MIT

<sup>9</sup> Información de WTO, <<http://stat.wto.org/CountryProfile/WSDBCountryPFView.aspx?Language=S&Country=PE>>.

A nivel global, las exportaciones totales del Perú siguen siendo mayores que sus importaciones totales (en dólares norteamericanos). El petróleo crudo es el mayor producto de importación del Perú, seguido por el cobre refinado, productos químicos, productos agrícolas y la importación de servicios. Los principales países o regiones de los cuales el Perú importa son los Estados Unidos, China la UE, Brasil y Ecuador<sup>10</sup>.

En el comercio agrícola, los productos de exportación clave del Perú (en base a su valor) son el café, vegetales (preservados), uvas, espárragos, paltas y ajíes secos (Figura 11). En el 2011, las exportaciones de café generaron más de US\$ 1.58 billones.

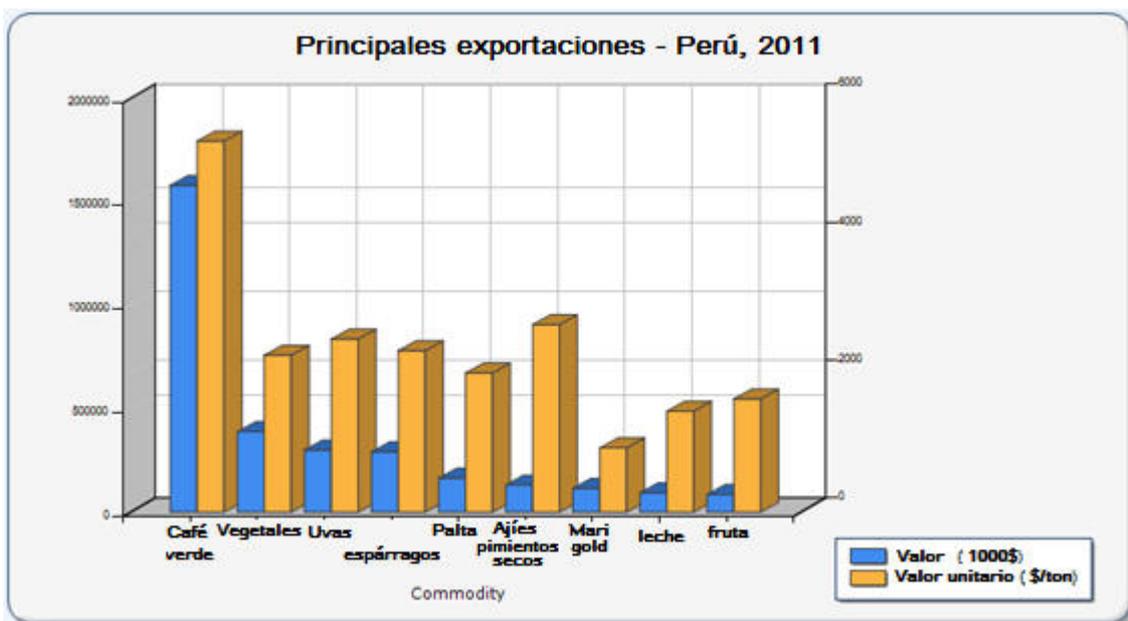


Figura 11. Principales productos agrícolas exportados desde el Perú, 2011 (Fuente: FAO)

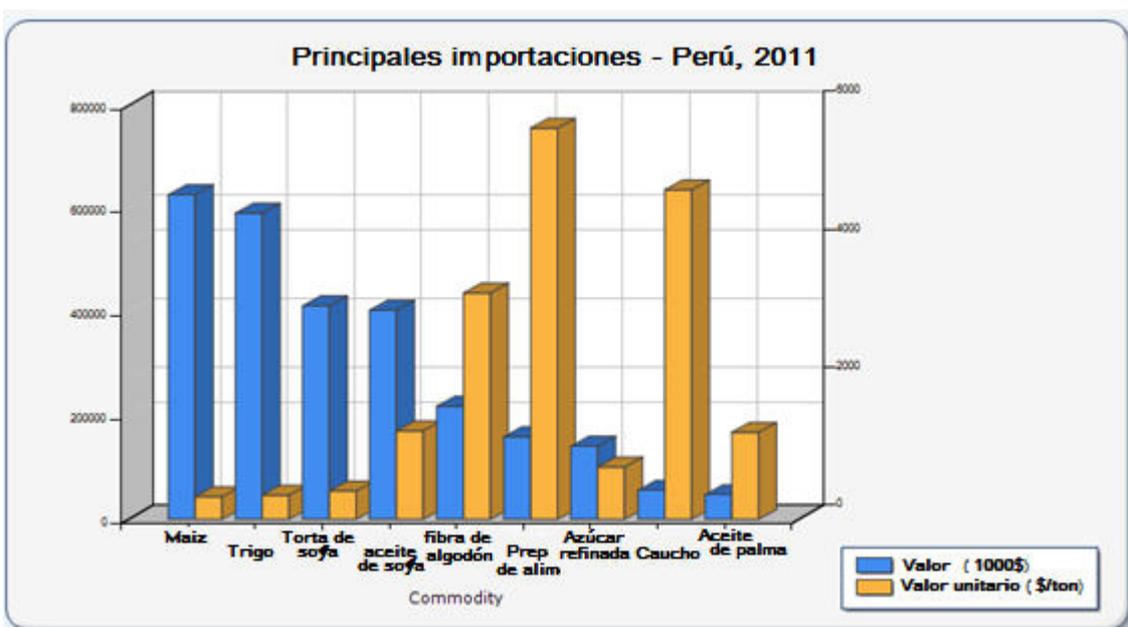


Figura 12. Principales productos agrícolas importados al Perú, 2011 (Fuente: FAO)

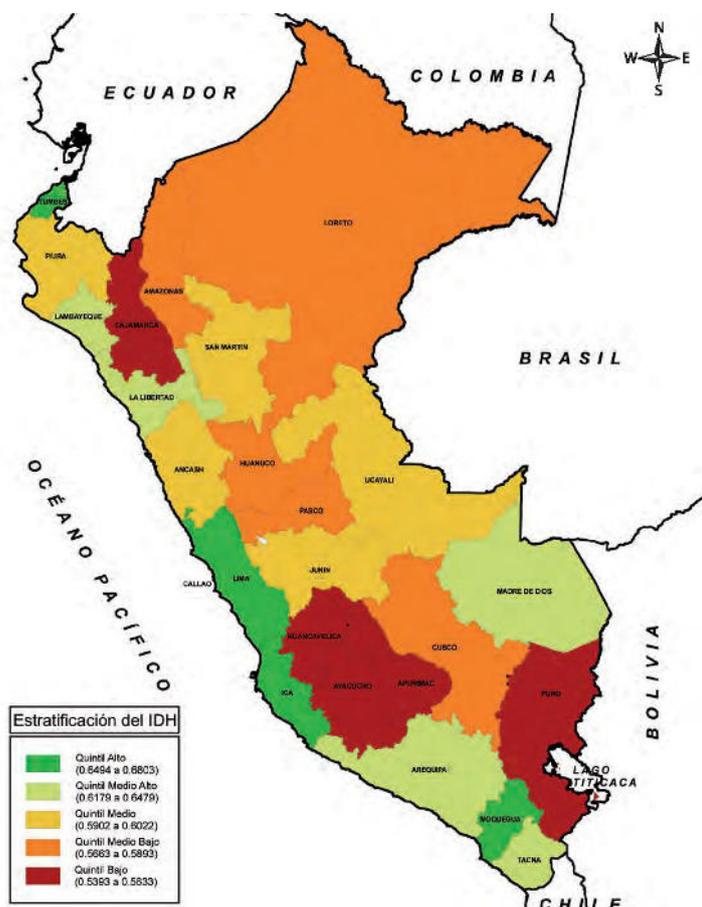
<sup>10</sup> Información de WTO, <<http://stat.wto.org/CountryProfile/WSDBCountryPFView.aspx?Language=S&Country=PE>>

### 2.2.3. Contexto social

La población del Perú en la actualidad excede ligeramente los 30 millones de habitantes. Lima, la capital, alberga a aproximadamente un tercio de estas personas. En el 2011 se calculaba que más del 77% de la población vivía en zonas urbanas, la gran mayoría de las cuales están ubicadas a lo largo de la costa peruana.

Si bien el Perú ha experimentado un impresionante crecimiento en su economía y entradas de capital extranjero a lo largo de la década pasada, el país aún enfrenta importantes retos sociales. De manera similar que en su contexto ambiental, las disparidades sociales y económicas son grandes en el Perú. Se calcula que aproximadamente 35% de su población nacional vive por debajo de la línea de pobreza. Las cifras de pobreza, sin embargo, han disminuido desde mediados de la década del 2000, y la extrema pobreza casi se ha reducido a la mitad, de 17.1% en el 2004 a 9.8% en el 2010.<sup>11</sup> Sin embargo, lo que no resulta evidente en estas cifras globales es el grado en el cual la pobreza prevalece aún en las áreas rurales. Por ejemplo, en el 2010, la pobreza a nivel rural era estimada en un significativo 54%.

En el 2010 el país tenía un coeficiente de Gini de 48.1. Sin embargo, de manera global, el Índice de Desarrollo Humano del país fue de 0.741 en el 2012, lo que refleja mejoras en los estándares de vida de manera general. El nivel general de pobreza ha disminuido considerablemente en años recientes pero todavía está en 25% (Figuras 13 y 14).



Figuras 13. Mapa de pobreza del Perú. Fuente: SINIA

<sup>11</sup> Gestión de Riesgos Climáticos para la Agricultura en el Perú, UNDP, 2013.

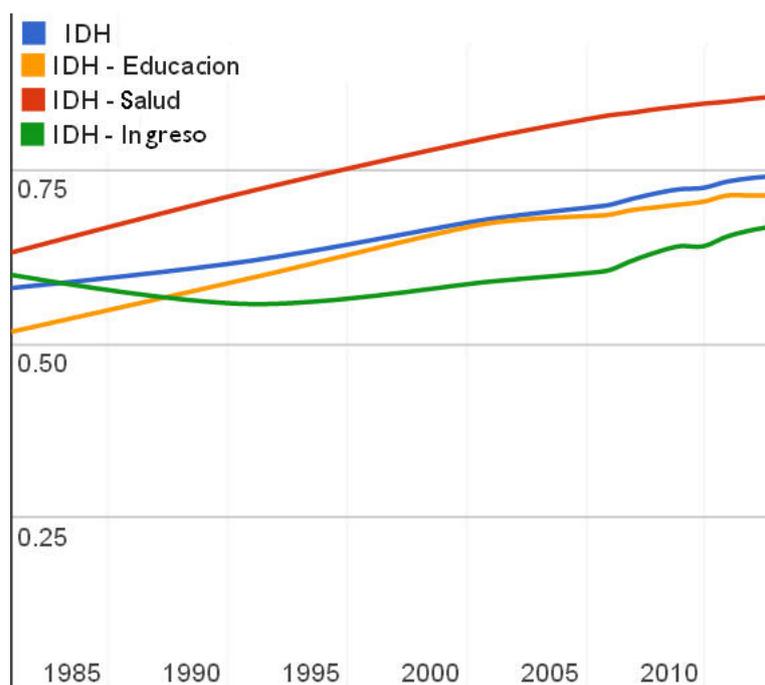


Figura 14. División de IDH. Fuente: Country Economy

Resulta evidente que se han hecho grandes avances en el crecimiento de la economía peruana y en elevar los estándares de vida de la población en general. Sin embargo, el crecimiento económico resulta en ventajas y desventajas en ciertas áreas. El impacto de la minería en los recursos hídricos locales ha sido tradicionalmente materia de disputa entre las compañías mineras y los agricultores locales, sin embargo, recientemente dichas disputas se han extendido también hacia otros sectores de la sociedad.

La oposición social a la minería es multifacética. En ciertas instancias, está conectada con la creencia de comunidades locales de que no se están beneficiando de manera justa con las actividades mineras. Sin embargo, la oposición cada vez se encuentra más conectada con la calidad y disponibilidad del agua. El agua es un insumo clave tanto para el sector minero como para el sector agrícola, y es una necesidad básica para la supervivencia y bienestar humano. Como resultado, muchas veces hay demandas en conflicto por el agua, especialmente en aquellas regiones donde el agua es escasa. Las regiones densamente pobladas del Perú, en su mayoría, están viviendo un severo estrés hídrico, lo que hace que el acceso a los recursos sea un tema particularmente contencioso. Esto aumenta más aún por el hecho de que existe un bajo nivel en las prácticas y regulaciones mineras, lo que ha llevado a un decrecimiento gradual de la calidad del agua en el Perú, amenazando los suministros de agua potable y de riego.

### 3. Uso del Agua y Huella Hídrica por Sector

La estructura de una economía y los sectores económicos que la impulsan están fuertemente conectados con la disponibilidad y calidad del agua. Según UNESCO-WWAP, los promedios globales de uso de agua se dividen en 70% para la producción agrícola, 20% para la producción industrial y 10% para el consumo doméstico. Esto resulta particularmente cierto en el Perú, donde el sector agrícola es, por lo general, el sector que más agua utiliza, aun cuando esto varía a lo largo del país según las densidades poblacionales, la producción agrícola y la disponibilidad de agua. Aun así, en las tres vertientes, la del Atlántico, la del Pacífico y la del Titicaca, impera el uso del agua para la agricultura, seguido por el uso del agua en los sectores doméstico, minero e industrial.

El Cuadro 2 muestra el desglose del uso de agua por sector y por vertiente hidrográfica. Todos estos sectores hacen uso consuntivo del agua y, lo cual representa agua tomada que podría ser usada por otros sistemas. Existen, sin embargo, otros sectores de usuarios de agua no consuntiva que resultan importantes en el Perú, incluyendo el sector energético y el sector pesquero.

Se calcula que el uso consuntivo de agua a nivel nacional es de aproximadamente 20,100Mm<sup>3</sup> por año, mientras que el uso no-consuntivo de agua es de aproximadamente 11,100Mm<sup>3</sup> por año.<sup>12</sup>

Cuadro 2. Uso de agua superficial por sector en el Perú por vertientes, 2010-2011

Vertiente	Agricultura (%)	Doméstico (%)	Minería (%)	Industrial (%)	Total (%)
ATLÁNTICO	68.7	25.1	5.4	0.8	100
PACÍFICO	89.8	8.9	0.7	0.6	100
TITICACA	90.7	7.8	1.5	0	100
<b>Promedio (%)</b>	<b>86.8</b>	<b>11.2</b>	<b>1.4</b>	<b>0.6</b>	<b>100</b>

Fuente: Global Water Intelligence, tomado del INEI, 2012c

#### 3.1. Sector agropecuario

##### 3.1.1. Generalidades del sector

El sector agropecuario tiene una gran importancia para la economía y la población peruana. De acuerdo al Banco Mundial, en el 2011, el 26% de la fuerza de trabajo peruana estaba empleada en el sector agropecuario. En las áreas rurales, se estima que este porcentaje es considerablemente más alto, bordeando el 50%. Información provista por MINAGRI estima que la cifra total de la fuerza de trabajo es mayor, aproximadamente de 40% en 2010.<sup>13</sup> MINAGRI calcula además que el 34% de los hogares peruanos se dedican a algún tipo de actividad agropecuaria.

<sup>12</sup> "Recursos hídricos en el Perú: Una Visión Estratégica", J. Kuroiwa, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima. [http://181.177.232.117/anc\\_j28.1/images/stories/agua/waterreFuentesjuliokuroiwa.pdf](http://181.177.232.117/anc_j28.1/images/stories/agua/waterreFuentesjuliokuroiwa.pdf).

<sup>13</sup> Presentación de WWF Perú, 7 de abril de 2014.

Aproximadamente el 6% del área total del Perú (7.6 millones de hectáreas aproximadamente), se destina a la agricultura, sobre todo en la región andina. Si bien la región costera es relativamente más urbana, tiene los niveles más altos de producción agrícola para exportación.

Por otro lado, en el Perú la tenencia de la tierra es particularmente fragmentada. Por ejemplo, aproximadamente el 85% del total de las tierras agrícolas está compuesta por terrenos de no más de 10 ha de tamaño. En el 2008, estos pequeños terrenos conformaban aproximadamente la mitad de las áreas agrícolas en el Perú<sup>14</sup>.

En el Cuadro 3 se muestra un desglose de la composición del sector agrícola del Perú, según los niveles de tecnología e infraestructura, y acceso al crédito y mercados. El cuadro se basa en información reunida por MINAGRI (2008) y el Instituto Nacional de Innovación Agraria (2012):

Cuadro 3. Subsectores agrícolas en el Perú

Subsector Agrícola	Tamaño, Ubicación Y Pertenencia	Cultivos Ganados	Otras Características
<b>MODERNO</b>	Aproximadamente 45,000 ha, principalmente en la costa, propietarios de tierras de tamaño mediano y agroindustrias	Espárragos, páprika, cítricos, mangos, pollo, cerdo	Cultivos principalmente para exportaciones; ganadería para mercado interno, tecnología moderna
<b>TRADICIONAL</b>	1.2 millones de hectáreas a lo largo del país; propietarios de tierras de tamaño pequeño	Arroz, algodón, caña de azúcar, maíz, café, papas, ganado	Falta de tecnología adecuada; dependencia en intermediarios para créditos y acceso al mercado
<b>PRODUCCIÓN PARA MERCADO INTERNO</b>	Principalmente en las regiones andina y amazónica	Vegetales, quinua, kiwicha, tara, camu-camu, pijuayo, palmitos, sacha inchi, plantas medicinales y aromáticas, cuyes	Alta dependencia en apoyo para tecnología adecuada
<b>SUBSISTENCIA</b>	Solo cerca de 400 familias, en extrema pobreza, en tierras marginales de aproximadamente 0.5 ha en promedio	Diversas	La generación de ingresos depende de otras actividades y del apoyo público

Fuente: Gestión de Riesgo Climático para la Agricultura en el Perú, UNDP, 2013

Tal como se muestra en el cuadro anterior, el sector agropecuario peruano se divide en moderno, tradicional, producción para mercado interno y producción para subsistencia. Según la ANA (2011), casi el 100% de la agricultura de la costa, que es predominantemente para exportación y se basa en sistemas de riego, mientras que solo el 40% de la agricultura de la sierra se realiza bajo riego<sup>15</sup>.

Las áreas y los volúmenes de producción de algunos de los cultivos del Perú y las tendencias de los mismos se muestran en las figuras 15 y 16. La figura 17 muestra los principales productos agrícolas del país, en base a valores de dólares norteamericanos.

<sup>14</sup> Gestión de Riesgo Climático para la Agricultura en el Perú, UNDP, 2013.

<sup>15</sup> Presentación de WWF Perú, 7 de abril de 2014.

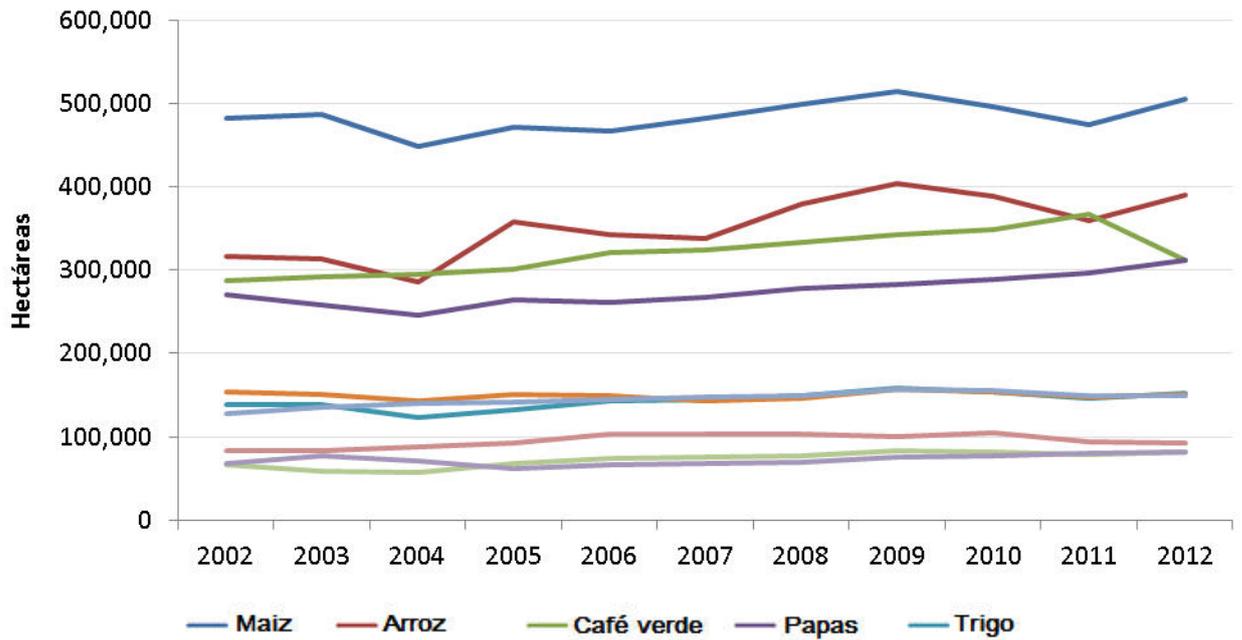


Figura 15. Tendencias en la producción de cultivos en el Perú por área. Fuente: FAO

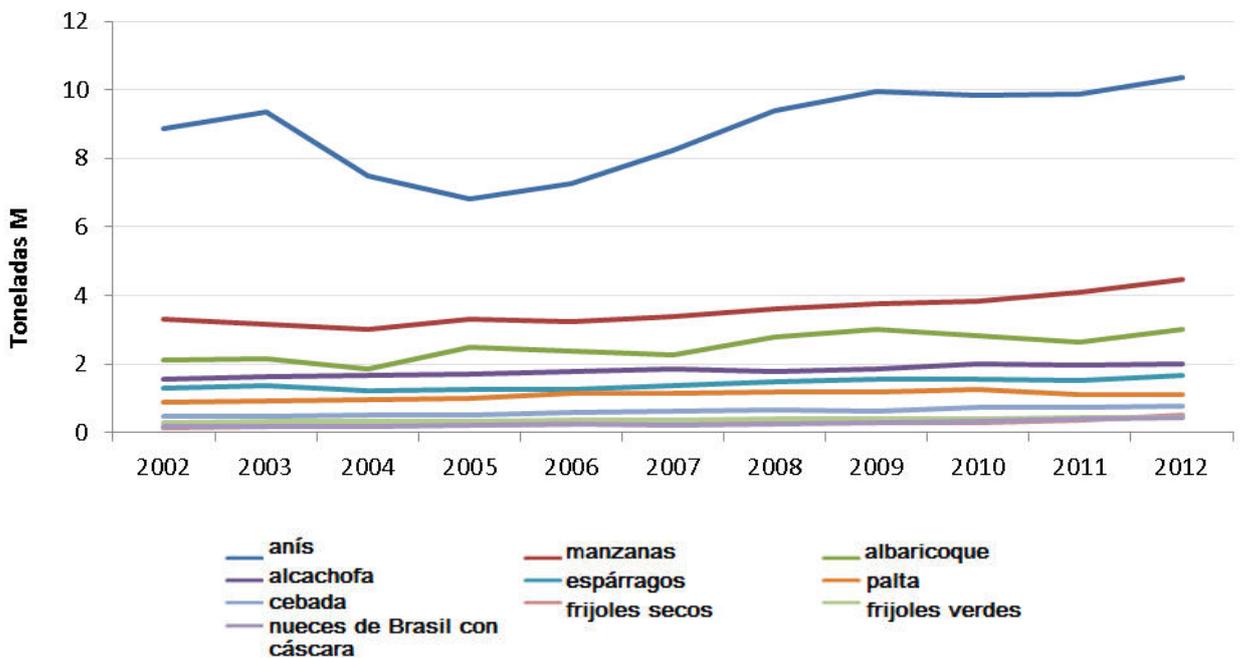


Figura 16. Tendencias en la producción de cultivos en el Perú por volumen. Fuente: FAO

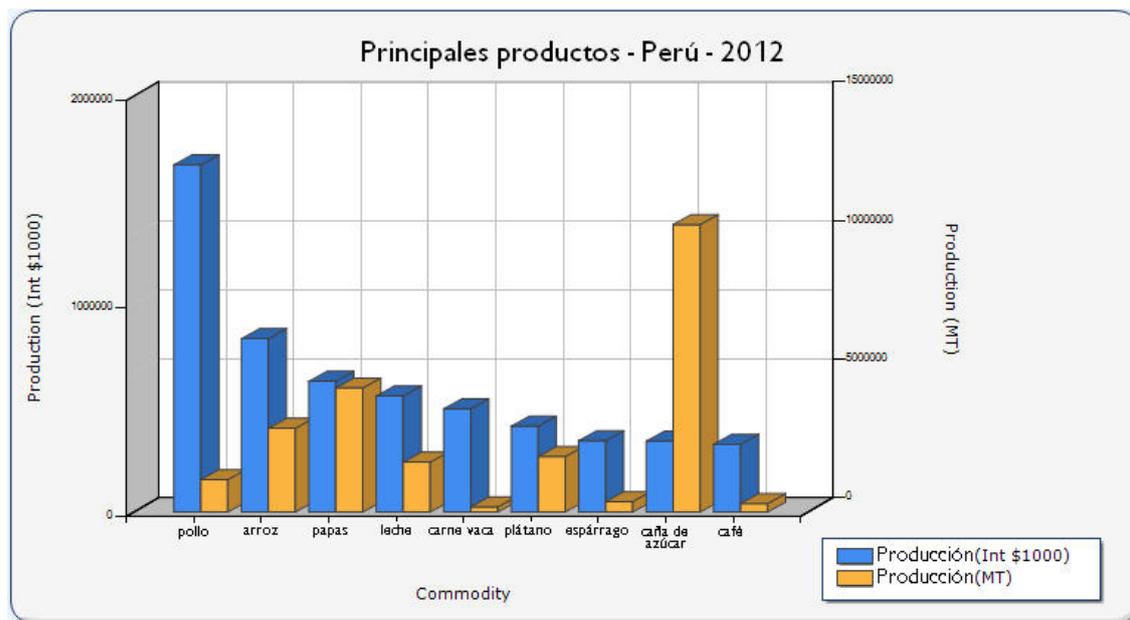


Figura 17. Principales productos agrícolas del Perú, 2012, en base a valores en US\$ (Fuente: FAO)

La intención del gobierno peruano es hacer crecer el sector agrícola en 7% por año, con el fin de reducir la pobreza rural y generar empleo,<sup>16</sup> promocionando a la vez el crecimiento económico. Sin embargo, la sostenibilidad de este crecimiento dependerá en gran medida de la disponibilidad del agua y de la calidad de la misma.

Aumentar la irrigación puede ser un medio efectivo para reducir ciertos impactos del cambio climático. Por ejemplo, los efectos de las sequías y de las heladas pueden reducirse con una mayor irrigación o con una irrigación más eficiente. Sin embargo, en el caso del Perú, existen grandes retos asociados con el aumento de la irrigación. Por ejemplo, las prácticas ineficientes de riego actuales han llevado a problemas de salinización y drenaje en aproximadamente 3,000km<sup>2</sup> de los valles costeros, que conforman cerca del 40% del total de la tierra irrigada en el Perú. Problemas de drenaje también están afectando cerca de 1,500km<sup>2</sup> de la región amazónica. La deforestación a gran escala ha contribuido a aumentar los problemas de drenaje al incrementar la erosión y la degradación de suelos. En las regiones de la sierra o de los Andes, aproximadamente el 60% de la tierra se ha visto afectada, lo que ha causado crecientes flujos de tierra río abajo.<sup>17</sup>

El foco debería estar, por lo tanto, en la reorientación o mejora de la eficiencia del uso de agua en la actualidad para facilitar la sostenibilidad de la producción en el largo plazo. De hecho, el gobierno ha emprendido numerosos programas para abordar algunos de los retos que enfrenta el riego en el país, incluyendo programas orientados a reducir la presión y contaminación del agua, intereses en conflicto, la baja eficiencia en el riego y otros.

### 3.1.2. Evaluando las huellas hídricas relacionadas al sector agropecuario

La medición de la huella hídrica para la agricultura, es quizás una de las más efectuadas, y por lo tanto la metodología está bastante estandarizada, por lo menos en lo que se refiere al agua azul y verde. La demanda (CW) de agua virtual de un cultivo primario se

<sup>16</sup> Gestión del Riesgo Climático para la Agricultura en el Perú, UNDP, 2013.

<sup>17</sup> Filtro de Riesgo de Agua, Perfil del país: Perú, WWF.

calcula como el índice del volumen de agua requerida para la producción del cultivo ( $c$ ) en el país exportador ( $e$ ),  $CWR(e, c)$ , para la cosecha del cultivo  $c$ ,  $CY(e, c)$  en el área  $e$ .

$$CW[e, c] = \frac{CWU[e, c]}{CY[e, c]}$$

El volumen de uso de agua para la producción del cultivo,  $CWU(e, c)$  está compuesto por tres componentes:

$$CWU[e, c] = CWU_{\text{verde}}[e, c] + CWU_{\text{azul}}[e, c] + CWU_{\text{gris}}[e, c]$$

Aquí,  $CWU_{\text{verde}}(e, c)$  (m<sup>3</sup>/ha) es la evaporación del agua de lluvia de la tierra del cultivo (uso de agua verde),  $CWU_{\text{azul}}(e, c)$  (m<sup>3</sup>/ha) es la evaporación del agua de riego de la tierra del cultivo (uso de agua azul), y  $CWU_{\text{gris}}(e, c)$  (m<sup>3</sup>/ha) es el volumen de contaminación de los recursos hídricos resultante de los fertilizantes, químicos o pesticidas filtrados de la tierra agrícola (consumo de agua gris). Los primeros dos componentes,  $CWU_{\text{verde}}(e, c)$  y  $CWU_{\text{azul}}(e, c)$ , serán los componentes sujetos a mayor análisis aquí.

Los componentes del uso del agua azul y verde son ambos evaporativos y ya no están disponibles en el ciclo hidrológico local. Dependen de la evaporación del cultivo específico presente y de la disponibilidad de humedad del suelo en el campo.

El uso de agua verde,  $CWU_{\text{verde}}(e, c)$  es igual a la mínima cantidad de agua de lluvia efectiva (precipitación),  $p_{\text{eff}}(t)$ , y el requisito de evaporación de agua para el cultivo en ese periodo de tiempo ( $t$ ).

$$CWU_{\text{verde}}[e, c, t] = \min(ET_c[t], p_{\text{eff}}[t])$$

El uso total de agua verde  $CWU_{\text{verde}}(e, c)$  para la producción del cultivo  $c$  en el país  $e$  se calcula sumando el uso de agua verde para cada periodo de tiempo a lo largo de toda la duración del periodo del cultivo,  $T$ .

$$CWU_{\text{verde}}[e, c, t] = 10 \times \sum_{t=0}^T CWU_{\text{verde}}[e, c, t]$$

El agua verde es independiente del suministro de agua por riego y depende únicamente del agua de lluvia efectiva y de los requisitos de evaporación del cultivo. La evaporación del agua (mm/día) se expresa en términos de volumen por hectárea (m<sup>3</sup>/ha/día), multiplicando lo anterior por un factor de 10.

El uso del agua azul, a diferencia del uso de agua verde, depende del requisito de evaporación del cultivo, la disponibilidad del agua verde y el suministro de agua de riego. Las primeras dos variables,  $ET_c(t)$  y  $CWU_{\text{verde}}(e, c, t)$  definen la tercera, el requisito de riego  $I_r(t)$  que se calcula como:

$$I_r[t] = ETc[t] - CWUverde[e, c, t]$$

El uso de agua azul  $CWUazul(e, c, t)$ , es el mínimo requisito de riego,  $I_r(t)$ , y el suministro efectivo de agua de riego  $I_{ef}(t)$ . El suministro de riego efectivo es la porción del suministro de agua de riego que se almacena en la humedad del suelo y que se encuentra disponible para la evaporación del cultivo (de manera similar al agua de lluvia efectiva).

$$CWUazul[e, c, t] = \min(I_r[t], I_{ef}[t])$$

El uso total de agua azul,  $CWUazul(e, c)$  en la producción del cultivo se calcula sumando el uso de agua azul para cada periodo de tiempo a lo largo de toda la duración del periodo del cultivo,  $T$ .

$$CWUazul[e, c, t] = 10 \times \sum_{t=0}^T CWUazul[e, c, t]$$

La evaporación de agua (mm/día) se expresa en términos de volumen por hectárea (m<sup>3</sup>/ha/día) multiplicando lo anterior por un factor de 10.

La huella hídrica gris es el volumen de agua dulce que se requiere para asimilar la carga de contaminantes en base a las concentraciones de metales en el ambiente natural y estándares de calidad de agua del ambiente. En términos generales, se calcula dividiendo la carga contaminante,  $L$ , entre la diferencia del estándar de calidad de agua del ambiente (la máxima concentración aceptable  $c_{max}$ , en masa/volumen) y su concentración natural en el cuerpo de agua receptor ( $c_{nat}$ , en masa/volumen).

$$WF_{proc,gris} = \frac{L}{c_{max} - c_{nat}} \left[ \frac{\text{volumen}}{\text{tiempo}} \right]$$

Para las sustancias que no ocurren naturalmente en el agua,  $c_{nat}=0$ . Si la concentración natural es desconocida, puede asumirse que es 0, si bien esto subestimaré la huella hídrica gris si la concentración natural no es, en realidad, 0.

La huella hídrica gris de una fuente no puntual de contaminación, como un fertilizante, y se calcula estimando la carga usando un factor de derrame por la aplicación del químico.

Para una fuente puntual de contaminación de agua, como químicos vertidos de una fábrica a un cuerpo de agua superficial en la forma de agua residual, la carga,  $L$ , se calcula como el volumen efluente multiplicado por la concentración contaminante en el efluente, menos el volumen de abstracción multiplicado por la concentración del contaminante en el agua de consumo. Esto representa la cantidad de contaminante con la que el proceso analizado está contribuyendo.

$$WF_{proc,gris} = \frac{L}{c_{max} - c_{nat}} \left[ \frac{\text{volumen}}{\text{tiempo}} \right] = \frac{Effl \times c_{effl} - Abstr \times c_{abstr}}{c_{max} - c_{nat}}$$

### 3.1.3. Información requerida para la evaluación de la huella hídrica relacionada al sector agropecuario

De manera general, para el sector agropecuario, se requiere de información sobre una serie de variables estándares que se detallan en el cuadro 4. Sin embargo, es necesario aclarar que un análisis de este sector podría adaptarse dependiendo de la información disponible.

En el sector agropecuario peruano existe gran diferencia en la disponibilidad de información agrícola y pecuaria, siendo el primero el grupo de mayor accesibilidad (Tabla 1)

**Agricultura.** La principal fuente nacional de información para este sector está en el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). El MINAGRI, a través de la Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos (OEEE) cuenta con un compendio estadístico que sistematiza diferentes grupos de variables según región política en series históricas fácilmente extraíbles en formato Excel.

La Autoridad Nacional del Agua (ANA) presenta la información en diferentes modos, desde visores de mapas hasta bases de datos, dependiendo de la variable consultada. La mayor parte de los datos se muestran según estaciones hidrométricas, y algunas variables, como el volumen de caudal y SIG, también se encuentran según unidades hidrográficas. Las estaciones hidrométricas presentan los datos según su año de inicio de operaciones y su mantenimiento, ello genera diferencias en la temporalidad de datos de cada estación, por lo que será necesario realizar un previo análisis para priorizar las estaciones.

El Instituto Nacional de Estadística e Información (INEI), presenta información consolidada del destino de las cosechas, ya sea para consumo nacional o para agro-exportación, según regiones políticas.

El IV Censo Nacional Agropecuario (CENAGRO) 2012 proporciona datos de otro grupo de variables más específicas como el régimen de cultivo, fuentes de agua de riego, insumos agrícolas, etc. La base de datos se adquiere en las oficinas del INEI.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO) es la principal fuente de información internacional para este sector mostrando una amplia gama de variables de consumo de agua a nivel nacional destinadas para la agricultura presentándolas como una base de datos por rangos de tiempo de 4 años, desde el año 1958 hasta el 2012.

**Pecuaria.** En este caso también es el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI) el cual a través de la OEEE ha procesado diversos grupos de variables ordenados mensual y anualmente según región política y extraíbles en formato Excel. Además, el IV CENAGRO presenta información detallada y homologada de cada tipo de ganado en el Perú, su producción, su destino, población, y otras características. Los datos se muestran según límites políticos, geográficos e hidrográficos.

**Cuadro 4. Variables requeridas en el sector agropecuario****Variables Hídricas**

- Volúmenes de riego por región, cuenca y cultivo, donde esté disponible (Mm<sup>3</sup>, 2005-presente)
- Fechas de cultivo y cosecha por cuenca o región.

**Variables productivas**

- Superficie cosechada (ton/hectárea, 2005-presente)
- Volúmenes productivos de la cosecha por región (ton, 2005-presente)
- Producción y total de cabezas de animales por región (total cabezas, kg/head, 2005-presente)
- Valor doméstico (doméstico) de la cosecha / producción pecuaria (S/. o US\$, 2005-presente)

**Variables comerciales**

- Valor total de principales productos agrícolas importados y exportados (US\$ y ton, 2005 – presente)
- Valor total de re-exportación de productos agrícolas importados (US\$ & ton, 2005 – presente)

Tabla 1. Características de la información disponible – sector agropecuario



FUENTE	NIVEL	TEMÁTICA	TIPO DE INFORMACIÓN	VARIABLES	CARACTERÍSTICAS	ACCESO	COMENTARIOS
Compendio Estadístico de la OEEE (MINAGRI)	Nacional	Información agrícola a nivel nacional	Series históricas por región y por cultivo	producción superficie rendimiento precio en chacra	Tempo: 1950-2012 La calidad de la información varía por cultivo y por región	<a href="http://frenteweb.MINAGRI.gob.pe/sisca/?mod=consulta_cult">http://frenteweb.MINAGRI.gob.pe/sisca/?mod=consulta_cult</a>	Según cultivo y según región
Boletín diario de precios de la OEEE (MINAGRI)	Nacional	Agropecuario	base de datos	indicadores económicos exportaciones importaciones	Tiempo: 2000- 2013, mensual y anual	<a href="http://www.MINAGRI.gob.pe/porta/herramientas/boletines/boletin-diario-de-precios">http://www.MINAGRI.gob.pe/porta/herramientas/boletines/boletin-diario-de-precios</a>	Por región Por cultivo/producto
Calendario Agrícola (MINAGRI)	Nacional	Agrícola	Base de datos	% de siembras y cosechas mensual	Completo	<a href="http://www.MINAGRI.gob.pe/porta/sector-agrario/agricola/calendario-agr%C3%Adcola">http://www.MINAGRI.gob.pe/porta/sector-agrario/agricola/calendario-agr%C3%Adcola</a>	Por región
SNRHI - ANA	Nacional	Infraestructura hídrica	inventario de pozos	tipo de pozo volumen anual profundidad	bastante completa	<a href="http://www.ana.gob.pe/sistema-nacional-de-informacion-de-recursos-hidricos/informaci%C3%B3n-de-recursos-hidricos/infraestructura-hidraulica.aspx">http://www.ana.gob.pe/sistema-nacional-de-informacion-de-recursos-hidricos/informaci%C3%B3n-de-recursos-hidricos/infraestructura-hidraulica.aspx</a>	según acuífero
		Hidrometría	visor de mapa	caudal diario caudal mensual coordenadas	La calidad de la información varía por estación meteorológica	<a href="http://www.ana.gob.pe:8080/snrh2/consHidrometria.aspx">http://www.ana.gob.pe:8080/snrh2/consHidrometria.aspx</a>	según cuenca y según estación h
		Pluviometría	visor de mapa	pluv. Acumulada coordenadas	La calidad de la información varía por estación meteorológica	<a href="http://www.ana.gob.pe:8080/snrh2/consPluviometria.aspx">http://www.ana.gob.pe:8080/snrh2/consPluviometria.aspx</a>	según cuenca y según estación h
		Niveles de Embalse	pdf	volumen de agua útil almacenada	2008 - 2013	<a href="http://www.ana.gob.pe/servicios-al-usuario/informaci%C3%B3n-de-embalse.aspx">http://www.ana.gob.pe/servicios-al-usuario/informaci%C3%B3n-de-embalse.aspx</a>	según embalse
		Registros de derechos de usos de agua	base de datos para fines agrarios	volumen da agua otorgada	actualizada	<a href="http://www.ana.gob.pe:8080/rada/">http://www.ana.gob.pe:8080/rada/</a>	Ámbito Administrativo - ALA Clase de Derecho (permiso,



						autorización, o licencia)
						Tipo de uso
						Ámbito político
						Organizaciones de Usuarios
						Unidad Catastral
						Usuario de agua
		Disponibilidad Hídrica	hoja resumen	disp. superficial disp. subterránea	desactualizado (2009)	<a href="http://www.ana.gob.pe:8080/snrh/dsp_di_sphidrica.aspx">http://www.ana.gob.pe:8080/snrh/dsp_di_sphidrica.aspx</a> según vertientes
		Balance hídrico		oferta y demanda	calidad según estación meteorológica, en su mayoría muy completa	<a href="http://www.ana.gob.pe:8080/snrh2/wfrm_ConsBalHid.aspx">http://www.ana.gob.pe:8080/snrh2/wfrm_ConsBalHid.aspx</a> mensual, según Estación hidrométrica
INEI	Nacional	Uso consuntivo de recursos hídricos	base de datos	volumen de agua superficial utilizada (m3)	Tempo: 2011-2012, según vertiente y según administración, Fuente: ANA	<a href="http://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/medio-ambiente/">http://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/medio-ambiente/</a>
		Agrícola	base de datos	consumo nacional ( TM ) exportación de principales productos agrarios (TM y \$\$)	Tempo: 98 - 2007	<a href="http://www1.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/agricultural/">http://www1.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/agricultural/</a> según cultivo según producto
		Pecuario	base de datos	producción de principales productos pecuarios (TM)	Tempo: 2000-2012	<a href="http://www1.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/agricultural/">http://www1.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/agricultural/</a> según embutidos y carne
				población pecuaria (miles de unidades)	Tempo: 2000-2012	según embutidos y carne
		Agrícola y pecuaria	base de datos	valor de producción Valor de importaciones agrícolas Valor de exportaciones	Tempo: 1995 - 2012 Tempo: 2006 - 2012 Tempo: 2006 - 2012	- <a href="http://www1.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/external-sector/">http://www1.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/external-sector/</a> "Principales indicadores del sector agropecuario" Importación FOB, según uso o destino económico y sector Exportación FOB, según principales productos
CENAGRO	Nacional	Agrícola	Tablas y gráficos Tablas y gráficos Tablas y gráficos	régimen de cultivo (Principales, asociados, permanentes, transitorios) Superficie sin cultivo superficie agropecuaria nivel de información, departamento,	Censo 2012	Software a la venta en el INEI



				provincia, distrito			
			Tablas y gráficos	Tipo de cultivo: frutales, industriales, agroindustrial, pastos, forestales / cereales, frutas, hortalizas, leguminosas, tubérculos, raíces, forrajes			
			Tablas y gráficos	Fuentes de agua de riego: Pozo, río, laguna o lago, reservorio (represa), pequeño reservorio/embalse			
			Tablas y gráficos	Insumos agrícolas: fertilizantes químicos, insecticidas químicos, insecticidas no químicos o biológicos, herbicidas, fungicidas			
		Ganado Vacuno	Tablas y gráficos	Razas, población, destino de producción			
		Ganado porcino	Tablas y gráficos	población, destino de producción			
		Ganado ovino	Tablas y gráficos	población, destino de producción	Censo 2012		Software a la venta en el INEI
		Alpacas	Tablas y gráficos	población, destino de producción			
		Aves de corral	Tablas y gráficos	población, destino de producción			
ADEX	Nacional	Exportación	Boletín mensual, pdf	FOB (millones de dólares)	tempo 2011- 2013	<a href="http://www.adexdatatrade.com/Boletines.aspx?g=1">http://www.adexdatatrade.com/Boletines.aspx?g=1</a>	mensual, según producto
AquaStat - FAO	Internacio nal	Geografía y población	Base de datos	Uso del agua (área total, tierra arable, cultivos permanentes, %del área total cultivada) Población (población total, rural, urbana, densidad, PEA, PEA agrícola (femenina y masculina)) Índice de Desarrollo Humano	calidad según país	<a href="http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html?lang=en">http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html?lang=en</a>	
		Recursos hídricos	Base de datos	Precipitación Recursos hídricos renovables Recursos hídricos explotables y capacidad de embalse		<a href="http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html?lang=en">http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html?lang=en</a>	
		Uso de agua	Base de datos	Agua consumida por sector Agua consumida por fuente desagüe		<a href="http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html?lang=en">http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html?lang=en</a>	



Drenaje e irrigación	Base de datos	Presión de fuentes de agua	<a href="http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html?lang=en">http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html?lang=en</a>
		Área con manejo de aguas de agricultura	
		área equipada para riego según fuente de agua	
		Potencial área de riego	
		Intensidad de cosecha	
Drenaje			



Como se puede observar, casi todas las variables requeridas para el cálculo de la huella hídrica del sector agropecuario están disponibles en las diferentes fuentes de información ya mencionadas, con excepción de los volúmenes de riego por región, cuenca y cultivo. Aun así, hay que tener en cuenta que no toda la información es presentada según los mismos parámetros. En el caso del sector pecuario los datos se presentan según región política, tipo de ganado y tipo de producto, mientras que el sector agrícola se encuentra en su mayoría según región política y cultivo, y solo ciertas variables según la unidad hidrográfica. En ningún caso la información es presentada según distrito.

Por último, tomando en cuenta la multiplicidad de variables involucradas en este sector, se recomienda que, luego de definir claramente los objetivos del cálculo de su Huella Hídrica, se planteen supuestos para considerarlos en la interpretación de los resultados y así contextualizar mejor el análisis, al mismo tiempo que será útil profundizar en el análisis de cierto número de casos agropecuarios para representar la realidad del sector.

El sector que más agua usa en el Perú es el agrícola y teniendo en cuenta la información disponible, se considera totalmente pertinente la evaluación de la huella hídrica para este sector, teniendo en cuenta los vacíos de información que podría haber sobre todo a nivel de cuencas.

Teniendo en cuenta datos de exportaciones, importaciones y producción para consumo interno de productos agropecuarios, un primer análisis sugiere profundizar el análisis de la huella hídrica nacional para el sector agropecuario en los productos que se muestran en el cuadro 5

**Cuadro 5. Categorías clave para el análisis de la huella hídrica agrícola**

Producción-consumo	Exportación	Importación
<b>Pollo</b>	Café	Choclo
<b>Arroz</b>	Espárragos	Soya
<b>Papas</b>	Cebollas	Trigo
<b>Leche</b>	Uvas	Textiles (algodón)
<b>Azúcar</b>	Quinua	
<b>Ganado</b>	Lana de alpaca	

La intención de analizar estos productos es reflexionar acerca de una serie de variables que reflejen el uso de agua a lo largo de un rango de regiones donde varía la disponibilidad de agua. Más aún, con ello se busca representar no solo los mayores grupos de producción por volumen y uso de agua, sino también aquellos que son estratégica o económicamente importantes para fines de comercio o para cumplir con las demandas de consumo nacional.

Se anticipa que la mayor parte de la huella hídrica estará compuesta por huella hídrica verde y azul. De hecho, el foco de esta evaluación estará en el uso de agua azul y verde con el fin de formar una narrativa alrededor de la disponibilidad y uso del agua (incluyendo el valor económico del agua usada), y la escasez de agua.

Actualmente, las evaluaciones de huella hídrica por lo general son vistas como más útiles para comprender el uso de agua verde y azul que el uso de agua gris. Esto se debe a que existen numerosos retos asociados con el análisis de la calidad del agua y, por lo tanto, con la



determinación de una metodología segura para la huella hídrica gris. Una serie de preguntas han surgido en relación a la metodología de agua gris y las importantes distinciones que se pierden cuando los impactos en la calidad del agua se representan como una cantidad de agua. Además, por lo general requieren análisis e informaciones técnicos extensos, que muchas veces no están disponibles.

## 3.2. Sector doméstico

### 3.2.1. Generalidades del sector

El sector doméstico es el segundo mayor usuario de agua, con más del 11% del total de uso de agua en el Perú en el periodo 2010-2011. En la vertiente del Atlántico, donde se concentra la mayor población del país, el uso de agua doméstica es mucho más alto, con aproximadamente 25% del total nacional de agua suministrada por las municipalidades locales, sin incluir el agua a la que se accede de manera informal.

En 2011, el 91% de la población urbana tenía acceso formal a una fuente de agua potable mejorada. La fuente mejorada “incluía agua corriente en las instalaciones (conexión de agua al hogar a través de tuberías ubicadas al interior de la vivienda, el terreno o la parcela del usuario), y otras fuentes de agua potable mejoradas (caños y fuentes públicos, pozos entubados o perforados, pozos excavados cubiertos, fuentes protegidas y recolección de agua de lluvia)”.<sup>18</sup> Ese mismo año, el 66% de la población rural tenía acceso a fuentes de agua. Visto de manera global, el 85% de la población nacional tenía acceso a agua potable segura.

Sin embargo, lo que estas cifras de acceso al agua, relativamente altas (particularmente en centros urbanos,) no transmiten es el nivel en el cual el suministro de agua a nivel doméstico en el Perú se ve presionando tanto en términos de cantidad como de calidad. Con crecientes índices de crecimiento poblacional y urbano, la demanda de agua urbana aumentará. Esto, junto con la regulación insuficiente de los procesos de industriales y mineros contaminantes de agua, causará una mayor presión sobre la disponibilidad y el suministro de agua a nivel doméstico.

### 3.2.2. Evaluando las huellas hídricas relacionadas al sector doméstico

La medición de la Huella hídrica a nivel doméstico, incluye básicamente dos componentes. El primero está referido al consumo directo de agua a través del aprovisionamiento de agua vía instalaciones públicas, pozos privados u otros sistemas no regulados (agua azul) consumo que a su vez genera un porcentaje significativo de aguas residuales de origen doméstico (agua gris). El segundo componente está referido a los bienes y servicios consumidos por los hogares y que acarrearán una huella hídrica consigo.

Para medir la huella hídrica azul del consumo doméstico, basta con utilizar información de uso de agua que generalmente es provista por las empresas que suministran este servicio (aun cuando una mayor investigación deberá ser realizada donde una porción significativa de la provisión de agua doméstica sigue otros cursos). El cálculo de la huella gris será posible de calcularse conociendo datos sobre los sistemas de desagües y plantas de tratamiento asociadas al sector

<sup>18</sup> Banco Mundial, <http://data.worldbank.org>.

doméstico; si bien los datos pueden estar disponibles, como en todos los casos de la medición de la huella gris, esto la poca certidumbre sobre la procedencia de los contaminantes en el agua, puede generar un margen de error en el cálculo.

La porción indirecta de la huella hídrica doméstica, se suele calcular a partir de la identificación de una canasta de consumo básica familiar, generalmente por estratos socioeconómicos y preferentemente por región. La huella hídrica de esta canasta básica estará constituida por la sumatoria de las huellas de los productos específicos.

### 3.2.3. Información requerida para la evaluación de la huella hídrica relacionada al sector doméstico

Las variables que se recomiendan utilizar para el cálculo de la Huella Hídrica del sector doméstico se muestran en la cuadro 6. La información disponible para este sector es bastante detallada gracias a la toma de datos que cada empresa prestadora de servicios de saneamiento (EPS) realiza anualmente y cuyas actividades se regulan por la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS).

Cuadro 6. Variables requeridas en el sector doméstico

Variables Hídricas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Total de agua extraída por sector por cuenca / región (Mm<sup>3</sup>, 2005 – presente)</li> <li>• Flujo de retorno por sector por cuenca / región (Mm<sup>3</sup>, 2005 – presente)</li> <li>• Calidad del desagüe descargado del flujo de retorno (ej. mg/l, 2005 – presente)</li> </ul>
Información productiva del sector
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Población provista de agua en zonas urbanas o rurales</li> <li>• Valor económico (doméstico) de la economía urbana/terciaria (S/. o US\$, 2005-presente)</li> </ul>

Las EPS se encuentran a lo largo de todo el país, habiendo incluso más de una en cada provincia. Para acceder a la data proporcionada por estas empresas, la SUNASS presenta un mapa que permite visualizar la información de una región a la vez, separada según EPS. Las variables solicitadas por la SUNASS son altamente específicas y detalladas (Tabla 2). El 100% de las EPS del Perú reportan parcial o totalmente los datos que la SUNASS le demanda.

La información está homologada, tanto en variables como en unidades y está disponible para los años 2010, 2011 y 2012. Cabe mencionar que, si bien la SUNASS permite visualizar la información, no es posible utilizarla como base de datos o una serie histórica, ya que no cuenta con el formato que se requiere para este fin, por lo que es necesario solicitarla directamente a las EPS.

Visto esto, en el Perú, el cálculo de la huella hídrica directa del sector doméstico, es bastante factible. Resulta más incierta, la medición de la canasta familiar, en la medida en que no es posible utilizar la canasta básica familiar producida por el INEI, que justamente por reflejar el consumo más básico, estaría subvalorando la huella hídrica de este sector. Estudios independientes proporcionan información sobre la canasta familiar por estratos



---

socioeconómicos, sin embargo, dada la alta disparidad socioeconómica en el Perú, deben de conocerle los márgenes de error que pudiesen generar los datos a utilizar.

**Tabla 2. Características de la información disponible – sector doméstico**



FUENTE	NIVEL	TEMÁTICA	TIPO DE INFORMACIÓN	VARIABLES	CARACTERÍSTICAS	ACCESO	COMENTARIOS
INEI	Nacional	Uso consuntivo de recursos hídricos	tablas	volumen de agua superficial utilizada (m3)	Tempo: 2011-2012, según vertiente y según administración, Fuente: ANA	<a href="http://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/medio-ambiente/">http://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/medio-ambiente/</a>	
Indicadores de las EPS-SUNASS	Nacional	Mapa de indicadores	variables	Conexiones totales agua	La calidad de información varía según EPS	<a href="http://www.sunass.gob.pe/websunass/http://www.sunass.gob.pe/websunass/index.php/sunass/supervision-y-fiscalizacion/indicadores-de-gestion/indicadores-de-las-eps/indicadores-eps-por-departamentos">http://www.sunass.gob.pe/websunass/http://www.sunass.gob.pe/websunass/index.php/sunass/supervision-y-fiscalizacion/indicadores-de-gestion/indicadores-de-las-eps/indicadores-eps-por-departamentos</a>	Indicadores: 2010 - 2012 Se recomienda un convenio con la SUNASS que facilite el manejo de la información, ya que la información disponible en la web está dispuesta de forma que pueda ser principalmente visualizada y no necesariamente utilizada,
				Conexiones totales alcantarillado	La mayoría de EPS tiene la información bien actualizada		
				Conexiones con medidor leído			
				Volumen facturado			
				Población ámbito EPS			
				Población servida agua potable			
				Población servida alcantarillado			
				Importe facturado agua y alcantarillado.			
				Volumen producido total			
				Volumen producido fuentes subterráneas			
				Atoros en red de alcantarillado			
				Roturas en red de agua potable			
				Volumen volcado de aguas residuales			
				Volumen tratado de aguas residuales			
				Calidad de la prestación de servicios			
			indicadores	Continuidad promedio (horas/día)	La calidad de información varía según EPS	<a href="http://www.sunass.gob.pe/websunass/http://www.sunass.gob.pe/websunass/index.php/sunass/supervision-y-fiscalizacion/indicadores-de-gestion/indicadores-de-las-eps/indicadores-eps-por-departamentos">http://www.sunass.gob.pe/websunass/http://www.sunass.gob.pe/websunass/index.php/sunass/supervision-y-fiscalizacion/indicadores-de-gestion/indicadores-de-las-eps/indicadores-eps-por-departamentos</a>	Variables: 2012
				Presión promedio (mca)			
				Tratamiento de aguas residuales (%)	La mayoría de EPS tiene la información bien actualizada		
				Cobertura agua potable (%)			
				Cobertura alcantarillado (%)			
				Ejecución conexión nueva (días hábiles)			
				Micromedición (%)			
				Agua no facturada (%)			
				Conexiones activas (%)			



---

Volumen producido unitario (Lphd)  
Densidad roturas (roturas/km red)  
Densidad atoros (atoros/km red)  
Trabajadores/1000 conexiones

---

### 3.3. Sector industrial

#### 3.3.1. Generalidades del sector

En relación a los sectores agrícola, doméstico y minero, el sector industrial es el que usa la menor cantidad de agua, menos del 1% del total. Las principales industrias en el Perú incluyen:

- Producción
- Tabaco
- Textil y ropa
- Curtido y acabado de cuero
- Madera
- Papel, edición e impresión
- Químicos
- Caucho y plástico
- Maquinaria
- Aparatos eléctricos
- Instrumentos médicos
- Componentes para automóviles
- Muebles

Sin embargo, a pesar de que el sector industrial no es un gran usuario de agua, tiene implicancias significativas en la calidad de agua y, por ende, en su disponibilidad de manera más general. La insuficiente supervisión de los efluentes no tratados descargados de la producción minera, industrial, de las municipalidades y de usos agrícolas ha causado un decrecimiento gradual de la calidad del agua en el Perú. Por lo tanto, desde una perspectiva de huella hídrica, la producción industrial en el Perú corresponde solo a una pequeña parte de la huella hídrica azul total de la producción, sin embargo, sí podría significar una parte potencialmente grande de la huella hídrica gris total.

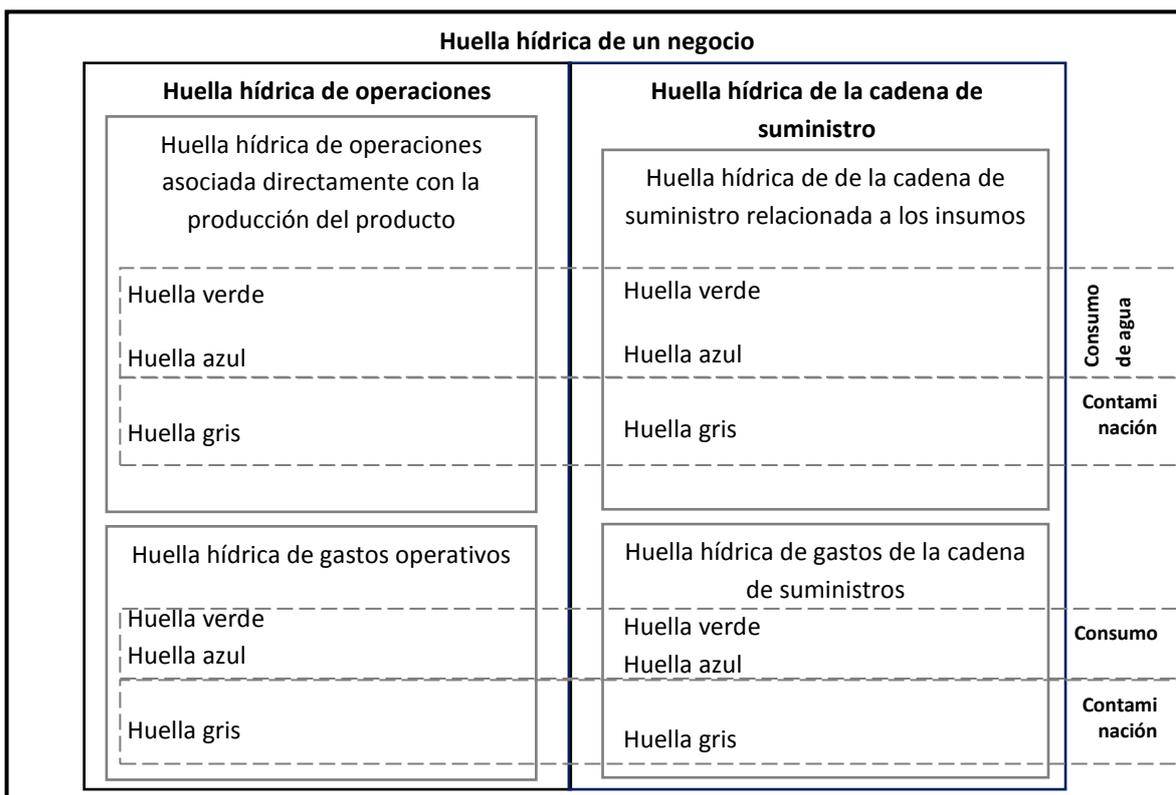
#### 3.3.2. Evaluando las huellas hídricas relacionadas a la industria

De acuerdo a cálculos globales de UNESCO-WWAP, si bien la producción industrial es responsable del uso de un promedio del 20% de agua de un país, si se toma en cuenta únicamente el consumo de agua azul, la industria esta cifra se reduce a solo el 4% del total global. Sin embargo, por lo general, la mayoría del agua extraída por usuarios industriales es retornada a la zona de captación de agua de la cual fue recogida, y por lo tanto puede considerarse como agua de uso no consuntiva.

Si bien la porción de agua azul de uso consuntivo tomada por el sector industrial es relativamente pequeña a nivel global, por lo general, el agua que se retorna al sistema no es tratada de manera suficiente. Como resultado, la huella hídrica asociada con la producción industrial puede ser muy grande. Un estudio de huella hídrica global demuestra que las industrias son responsables de aproximadamente un cuarto del total global de la huella hídrica gris. Dados los retos que supone

calcular las huellas hídricas grises, existe una buena posibilidad de que esta fracción sea mucho más alta<sup>19</sup>.

La huella hídrica de los productos y procesos industriales incluye dos formas de uso de agua, una directa y una indirecta. El uso directo se relaciona con las huellas hídricas de las operaciones (uso directo de agua fresca en una unidad de negocio específico) y huellas hídricas de la cadena de suministros (cantidad de agua dulce usada para producir los bienes y servicios que conforman el insumo de producción en la unidad de negocio específica) que a su vez puede ser directa, es decir agua azul y/o verde, o indirecta, teóricamente el agua gris asociada con la producción.



**HH (total) = HH operaciones + HH cadena de suministros**

**HH operaciones = HH<sub>op</sub> (insumos) + HH<sub>op</sub> (gastos)**

**HH cadena de suministros = HH<sub>cs</sub> (insumos) + HH<sub>cs</sub> (gastos)**

**Insumos = ingredientes y otros componentes**

Figura 18. Huella hídrica de un negocio: Componentes  
Fuente: Presentación de Huella Hídrica Corporativa, E. Ercon, Universidad de Twente

Si el producto que se está produciendo se basa en insumos agrícolas, por lo general la cadena de suministros conforma la porción más grande de la huella hídrica de la producción total. Sin

<sup>19</sup> “Evaluación de Huella Hídrica (WFA por sus siglas en inglés) para una mejor gobernabilidad del agua y un desarrollo sostenible”, Zhang et al., 2013, www.waterfootprint.org.

embargo, esto en gran medida depende también de los procesos de producción, el grado de contaminación de las aguas residuales y el tratamiento de las mismas.

### 3.3.3. Ejemplos para ilustrar el enfoque

#### 3.3.3.1. Huella hídrica de textiles

Con excepción de los años inmediatamente posteriores al inicio de la crisis financiera global, la producción de algodón y textiles en el Perú ha sido creciente. Sin embargo, en el 2013 la producción peruana de algodón solo cubrió el 40% de las demandas de la industria textil local. El 60% restante fue satisfecho a través importaciones de los EEUU<sup>20</sup>. A la luz de esto, en el 2013 el Ministerio de Agricultura y Riego lanzó un plan de competitividad con el fin de impulsar la productividad de la producción de algodón para el periodo 2013-14.

El plan está estructurado de acuerdo a dos etapas. La primera etapa involucra actualizar la infraestructura y tecnología de riego. Si bien los efectos de este plan podrían mejorar la eficiencia del riego y por lo tanto reducir las aguas residuales, podría también asumirse que los volúmenes totales de riego podrían incrementarse.

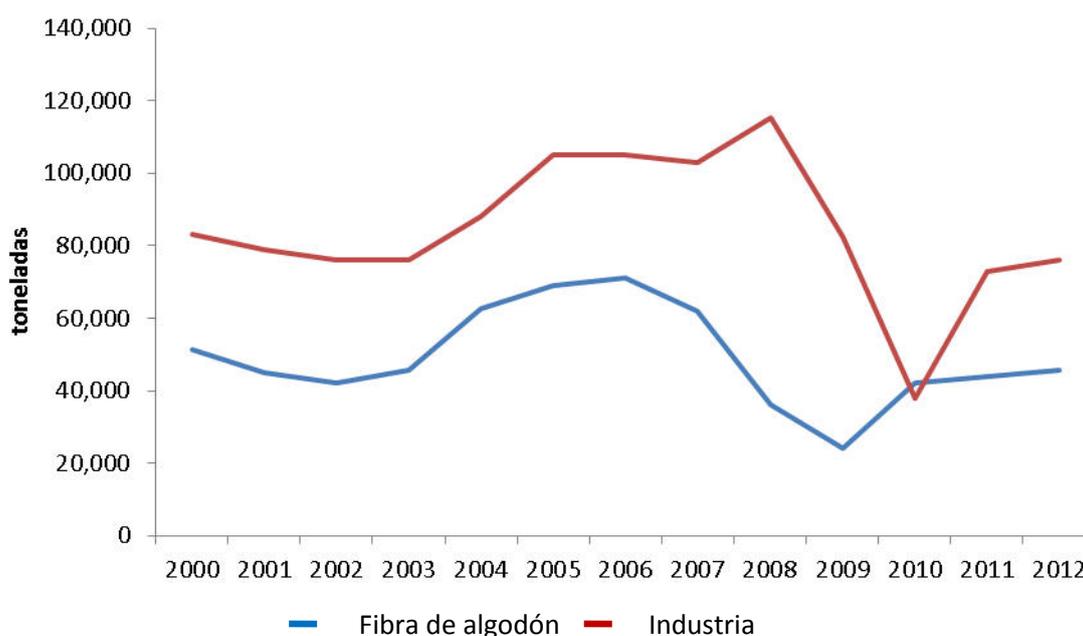


Figura 19. Producción de algodón en Perú. Fuente: FAO data

Al calcular la huella hídrica de la cadena de suministro para la producción textil, el insumo principal es el volumen de riego, sea en la forma de agua azul o verde. Sin embargo, el cultivo de algodón usa aproximadamente el 25% de los insecticidas del mundo y más del 10% de los pesticidas del mundo<sup>21</sup>. Debido a la deficiente gestión del agua y las tecnologías de riego, la escorrentía de agua que contiene estos químicos frecuentemente contamina los recursos

<sup>20</sup> "Los problemas de la producción de algodón afectan la industria textil peruana", D. Ortiz, Perú esta semana, 5 de agosto de 2013, <<http://www.peruthisweek.com/news-cotton-production-woes-affect-peruvian-textile-industry-100546>>

<sup>21</sup> Tomado del borrador de una presentación de WWF de una cadena de suministro.



hídricos. Como resultado, dependiendo de los procesos de producción vigentes, el cultivo de algodón frecuentemente deja una gran huella hídrica gris.

Un ejemplo significativo de la huella hídrica de la industria textil lo constituye el caso de la compañía de ropa H&M que como parte de su estrategia y programa de administración de agua y en el marco de su alianza con WWF, realizó una evaluación del agua utilizada durante sus procesos de producción. Se determinó que el 39% del uso directo de agua se atribuía a la producción de algodón crudo y el 70% a las etapas de procesamiento de la fibra y del producto. El consumo de agua directa restante se atribuía a la etapa de operaciones (almacenamiento y distribución).

Como parte de la evaluación de contaminación de agua, H&M investigó la ecotoxicidad, acidificación y eutrofización a lo largo de toda la cadena de suministro y los procesos de operaciones. En general, se determinó que las etapas de producción de materia prima y procesamiento mojado de la cadena de suministro contribuían de manera más significativa a la contaminación del agua. La Figura 20 muestra el detalle de la intensidad del agua y la contaminación del agua a lo largo de todas las etapas de la cadena de suministro y las operaciones.

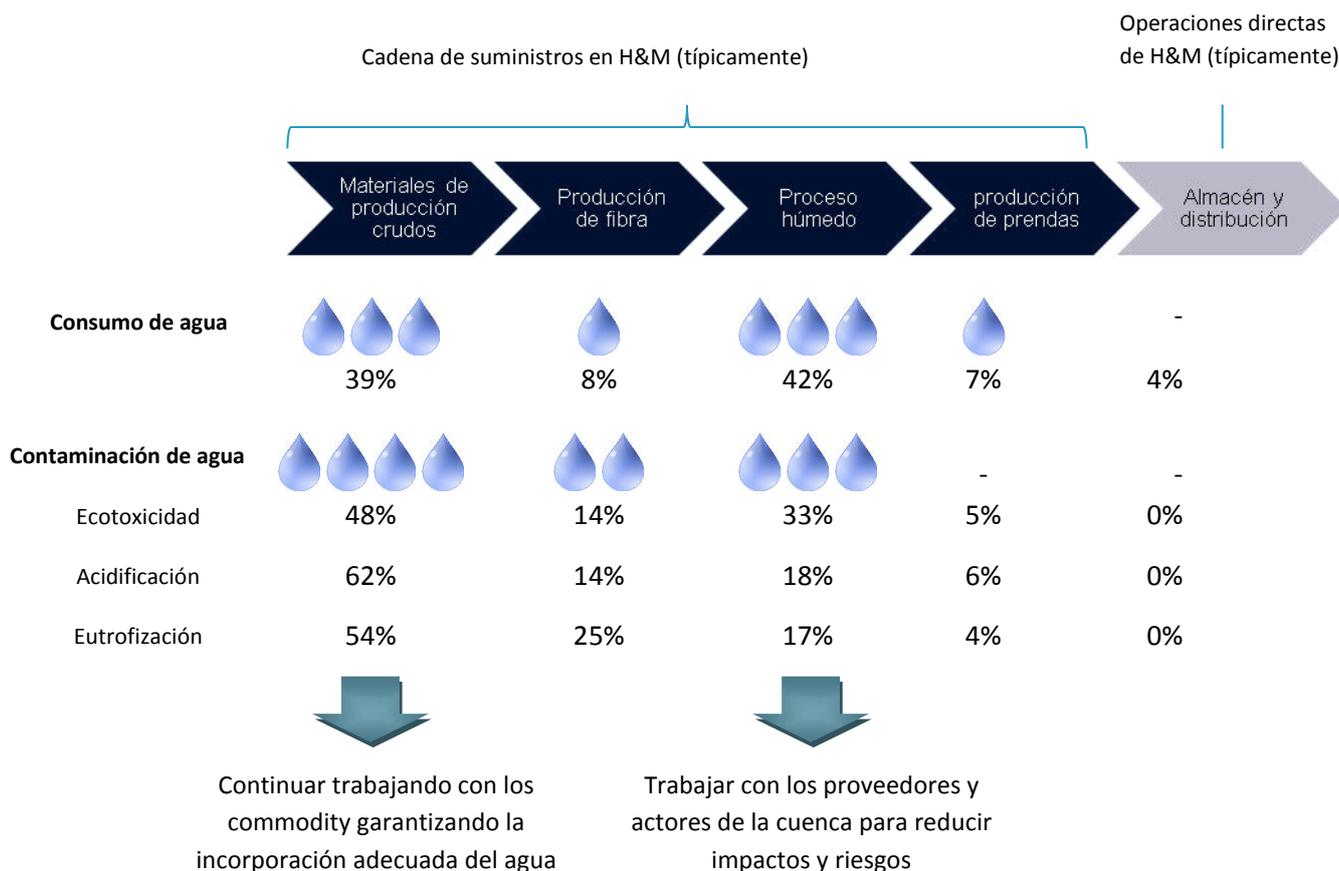


Figura 20. Uso de agua de H&M en el proceso de producción. Fuente: WWF

Si bien el uso del agua y el detalle del impacto resultante del estudio de H&M resulta informativo y ayuda a orientar evaluaciones posteriores, también genera algunos retos asociados

específicamente con la evaluación de huella gris. Por ejemplo, en la etapa de producción de materia prima, los químicos que se usan probablemente tengan un impacto más directo en el ambiente dado que posiblemente solo una pequeña parte de la escorrentía definitiva será tratada, si es que se pueda tratar. Sin embargo, es más factible asumir que el agua residual descargada por una fábrica será tratada (aun si se hace de manera inadecuada). Por lo tanto, si bien las evaluaciones de huella hídrica gris para los productores industriales son relevantes y dignas de ser consideradas, necesitan ser corroboradas por evaluaciones cualitativas exhaustivas y específicas para cada caso.

### 3.3.3.2. Huella hídrica de la cerveza y bebidas no alcohólicas

Para entender mejor el uso del agua en la producción de sus cervezas y bebidas no alcohólicas, SABMiller, en asociación con URS Corporation, evaluó la huella hídrica de sus operaciones en Sudáfrica que incluyen siete destilerías, cinco plantas embotelladoras de bebidas no alcohólicas y 41 centros de venta y distribución en distintos lugares del país.

En el desarrollo de la huella hídrica, los cálculos se dividieron entre la cerveza y las bebidas no alcohólicas, sin embargo, se aplicaron los mismos métodos de cálculo para ambas. Las evaluaciones detallan el ciclo de vida de fabricación en cinco etapas, comenzando por el cultivo y terminando por el reciclaje de las botellas. Estas etapas se ilustran en la Figura 21.

				
COSECHA DEL CULTIVO	PROCESAMIENTO DE COSECHA	ELABORACIÓN DE CERVEZA	TRANSPORTE	CONSUMO
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energía</li> <li>• Fertilizante/pesticida</li> <li>• Crecimiento del cultivo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transporte</li> <li>• Energía</li> <li>• Importe de cultivo</li> <li>• Uso directo de agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energía</li> <li>• Transporte</li> <li>• Empaquetamiento</li> <li>• Materiales crudos</li> <li>• Uso directo de agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transporte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disposición final</li> <li>• Reciclaje</li> </ul>

Figura 211. El enfoque de cadena de suministro de SABMiller para su evaluación de huella hídrica. Fuente: WWF

Para la etapa de cultivo, la huella hídrica se calculó en base a la materia prima usada y el volumen de riego de los cultivos (considerando tanto el agua azul como verde). También se tomó en cuenta el agua relacionada con el uso de energía de maquinaria agrícola y sistemas de riego, así como el transporte de las cosechas a las plantas de procesamiento. Sin embargo, se excluyó del alcance del estudio el agua usada en la fabricación de maquinaria agrícola y el equipo de riego del cultivo.

La etapa de procesamiento de la cosecha cubrió los insumos de materias primas (incluyendo cultivos importados), uso directo de agua relacionado con la energía requerida para el procesamiento, así como el transporte de las cosechas a las destilerías.

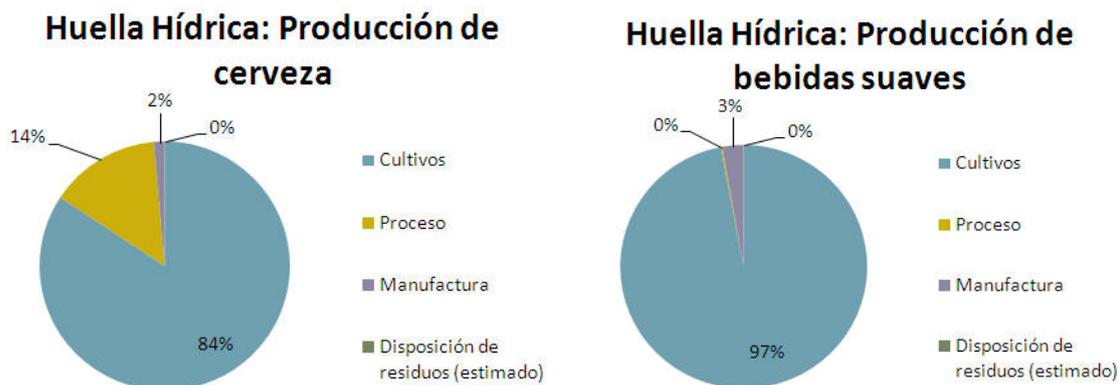


Figura 22. Huella hídrica de la producción de cerveza (izquierda). Fuente: URS, 2008

Figura 23. Huella hídrica de bebidas no alcohólicas (derecha). Fuente: URS, 2008

La huella hídrica de la etapa de destilería y embotellado incluye el uso directo de agua, el agua usada en la fabricación de otros insumos de materias primas y el agua usada para el embotellamiento y el reciclado de las botellas. La huella hídrica de la eliminación de residuos cubre el reciclaje de latas, botellas y barriles pero no aquella utilizada durante la fabricación del equipo usado en el proceso. Los hallazgos de las evaluaciones se resumen en figuras 24 y 25 y 26.

### Huella Hídrica

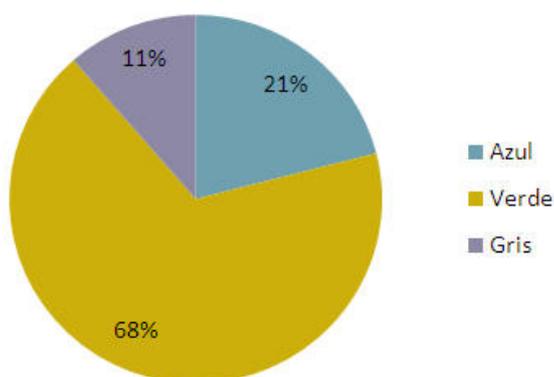


Figure 24. Huella Hídrica, dividida según el tipo de agua. Fuente: URS, 2008

En el caso de producción de cerveza, se comprobó que las etapas más demandantes en agua son las de cultivo y procesamiento de cosechas, con 84.2% y 14.3% de agua consumida en total, respectivamente. Para las bebidas no alcohólicas, el cultivo conforma el 97.02% del total seguido por fabricación y procesamiento con 2.75%. El agua verde constituye el tipo más importante de agua usada en ambos tipos de bebidas. La producción de cerveza genera una huella hídrica azul y gris adicionales, mientras que la producción de bebidas no alcohólicas solo genera huella hídrica azul. Para la producción de cerveza, la huella hídrica azul se atribuyó únicamente al cultivo. Para las bebidas no alcohólicas, los cálculos indicaron que los sistemas de agua dulce no eran proclives a ser contaminados, dados los niveles de precipitación y de riego en las regiones donde se cultivan los insumos (azúcar). Adicionalmente, no se calculó un componente de huella hídrica gris en



función del efluente producido en cada instalación debido a que el agua es tratada en instalaciones municipales río abajo.

La evaluación también examinó si el agua gris se trasladó aguas arriba de las instalaciones municipales de tratamiento. En ese caso, el impacto en la huella hídrica tanto de la cerveza como de las bebidas no alcohólicas fue significativo, representando un aumento de 76% en primer caso y un aumento de 36% en el segundo. Sin embargo, se acordó que al cambiar el límite de esta forma, el impacto global de las operaciones de SABMiller sobre los recursos hídricos naturales sería tergiversado.

El caso de SABMiller ilustra los numerosos retos asociados con el cálculo de la huella hídrica gris. Por ejemplo, describe que en la etapa del cultivo, la filtración de fertilizantes y pesticidas en el suelo está sujeta a muchos factores interrelacionados, tales como el tipo de suelo, los índices de aplicación de precipitación/riego, la profundidad del nivel sub-freático, así como los índices de aplicación de fertilizantes y pesticidas. Estos factores son variables y no pueden aplicarse fácilmente a los cálculos. Más aún, para poder desarrollar una huella hídrica exhaustiva del ciclo de producción completo, deben conocerse las huellas hídricas grises de la producción de todos los insumos de materias primas. Sin embargo, por lo general suele faltar información clave sobre este punto.

#### **3.3.4. Información requerida para la evaluación de la huella hídrica relacionada al sector industrial**

Este sector se caracteriza por involucrar numerosos rubros, como son: el fabril, textil y prendas de vestir, curtido, madera, papel, químicos, caucho, plástico, aparatos electrónicos, instrumentos médicos, automotores, muebles, entre otros. Las estadísticas para cada uno se ubican según cada uno de estos rubros, para la mayoría de los casos, dependiendo de las variables requeridas (Cuadro 7), lo cual puede dificultar la recolección y manejo de la data.

El Ministerio de Producción y Pesquería (PRODUCE) es el ente rector del sector industrial en el país, presentando información limitada referente a la producción de sus diferentes rubros. En su web estadística se puede visualizar información para las pequeñas y medianas empresas (PYMES) en formato de lectura.

En el INEI se presentan indicadores de producción, importaciones y manufactura en toneladas métricas para los años del 2007 al 2009. También presenta los volúmenes de uso de aguas superficiales para los años 2011 y 2012.

Además, el Banco Central de Reserva del Perú (BCR) muestra una base de datos con información de producción, importación y exportación, así como de PBI y demanda interna, para los últimos 30 años.

Para las variables hídricas de este sector, vale la pena considerar que también podrían estar incluidas en el sistema de alcantarillado doméstico, mientras que la calidad de efluentes es monitoreada de manera particular por cada empresa.

**Cuadro 7. Variables requeridas en el sector industrial**

**Variables hidrológicas**

- Total de agua extraída por industria por cuenca / región (Mm<sup>3</sup>, 2005 – presente)
- Flujo de retorno por industria por cuenca / región (Mm<sup>3</sup>, 2005 – presente)
- Calidad del desagüe descargado del flujo de retorno (ej. mg/l, 2005 – presente)

**Variables Productivas**

- Valor económico (doméstico) de producción de manufactura (S/. ó US\$, 2005-presente)

**Variables comerciales**

- Valor total de las mayores importaciones y exportaciones industriales (US\$, 2005 – presente)

**Tabla 3. Características de la información disponible – sector industrial**



FUENTE	NIVEL	TEMÁTICA	TIPO DE INFORMACIÓN	VARIABLES	CARACTERÍSTICAS	ACCESO	COMENTARIOS
INEI	Nacional	Uso consuntivo de recursos hídricos	tablas	volumen de agua superficial utilizada (m3)	Tempo: 2011-2012, según vertiente y según administración, Fuente: ANA	<a href="http://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/medio-ambiente/">http://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/medio-ambiente/</a>	
		Producción	tablas	producción	Tempo: 2007- 2009	<a href="http://www1.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/manufacture/">http://www1.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/manufacture/</a>	por rubro y por producto
		Importaciones	tablas	Valor de importaciones industriales	Tempo: 2006 - 2012	<a href="http://www1.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/external-sector/">http://www1.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/external-sector/</a>	Importación FOB, según uso o destino económico y sector
		Manufactura	tablas	valor económico de producción manufacturera	Tempo: 2008 - 2012	<a href="http://www1.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/manufacture/">http://www1.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/manufacture/</a>	Valor agregado bruto del sector manufactura
Banco Central de Reserva del Perú - BCRP	Nacional	exportaciones		exportaciones (millones \$)	Tempo: 1993 - 2013		
		importaciones	series históricas	importaciones (millones \$)	Tempo: 1993 - 2013	<a href="http://estadisticas.bcrp.gob.pe/">http://estadisticas.bcrp.gob.pe/</a>	
		demanda interna		PBI	Tempo: 1993 - 2013		
PRODUCE	Nacional	Indicadores macroeconómicos	tablas y gráficas	PBI, exportaciones, importaciones, PEA	Tempo: 2010 - 2012		según rubro, naturaleza de empresa, tamaño de empresa, productos
		PYMES	tablas y gráficas	número de PYMES	Tempo: 2010 - 2012	<a href="http://www.produce.gob.pe/index.php/estadisticas/anuarios-estadistico">http://www.produce.gob.pe/index.php/estadisticas/anuarios-estadistico</a>	
		Medio Ambiente	tablas y gráficas	número y tipo de estudios	Tempo: 2010 - 2012		
		Comercio Interno	tablas y gráficas	ventas, personal ocupado, número de tiendas	Tempo: 2010 - 2012		



Los componentes de huella hídrica verde y azul para el sector industrial son, por lo general, factibles de calcularse de forma directa. La magnitud de la primera depende, en gran medida, de la relevancia que tenga la producción agrícola para el proceso de producción en su totalidad. Si la producción agrícola no es relevante, el componente de huella hídrica verde puede ser insignificante. La huella hídrica azul representa, simplemente, el cálculo neto de la extracción menos el agua retornada al sistema. El componente de la huella hídrica gris presenta el mayor reto y, dependiendo de los sistemas de tratamiento de aguas vigentes y la manera como los límites de la evaluación se definen, puede conformar un porcentaje importante de la huella hídrica total (notando que es una cifra teórica mientras que los componentes azul y verde corresponden a volúmenes reales). Si el efluente se deja sin tratar, la huella hídrica gris es más simple de calcular ya que los volúmenes de efluentes y la contaminación del agua probablemente sean conocidos o fáciles de determinar. Sin embargo, si el efluente es transferido a instalaciones de tratamiento, deben determinarse las cargas de ingresos y contrastarse con las salidas que deben ser atribuidas (es decir, el porcentaje de descarga industrial versus otras descargas de agua). La huella hídrica gris también depende del alcance de la evaluación y de dónde se colocan los límites físicos. Es por esta y otras razones que las evaluaciones de huella hídrica gris han sido muy criticadas y por lo general son vistas con escepticismo.

### **3.4. Sector minero**

#### **3.4.1. Generalidades del sector**

La minería es un sector altamente importante para la economía peruana. Tal como se indicó líneas arriba, el Perú tiene una impresionante reserva de minerales valiosos. Es uno de los principales países productores de cobre, plata y oro, y tiene además importantes reservas de carbón, mineral de cobre, estaño, sulfuro y zinc. Las grandes afluencias netas de IED y el crecimiento económico continuo de años recientes han estimulado al sector minero, incrementando su contribución relativa al PBI. El creciente sector extractivo es actualmente el primer impulsor de las exportaciones en el Perú y representa más del 60% de las exportaciones totales del país. La Figura 25 a continuación muestra un mapa los principales yacimientos mineros en el Perú.

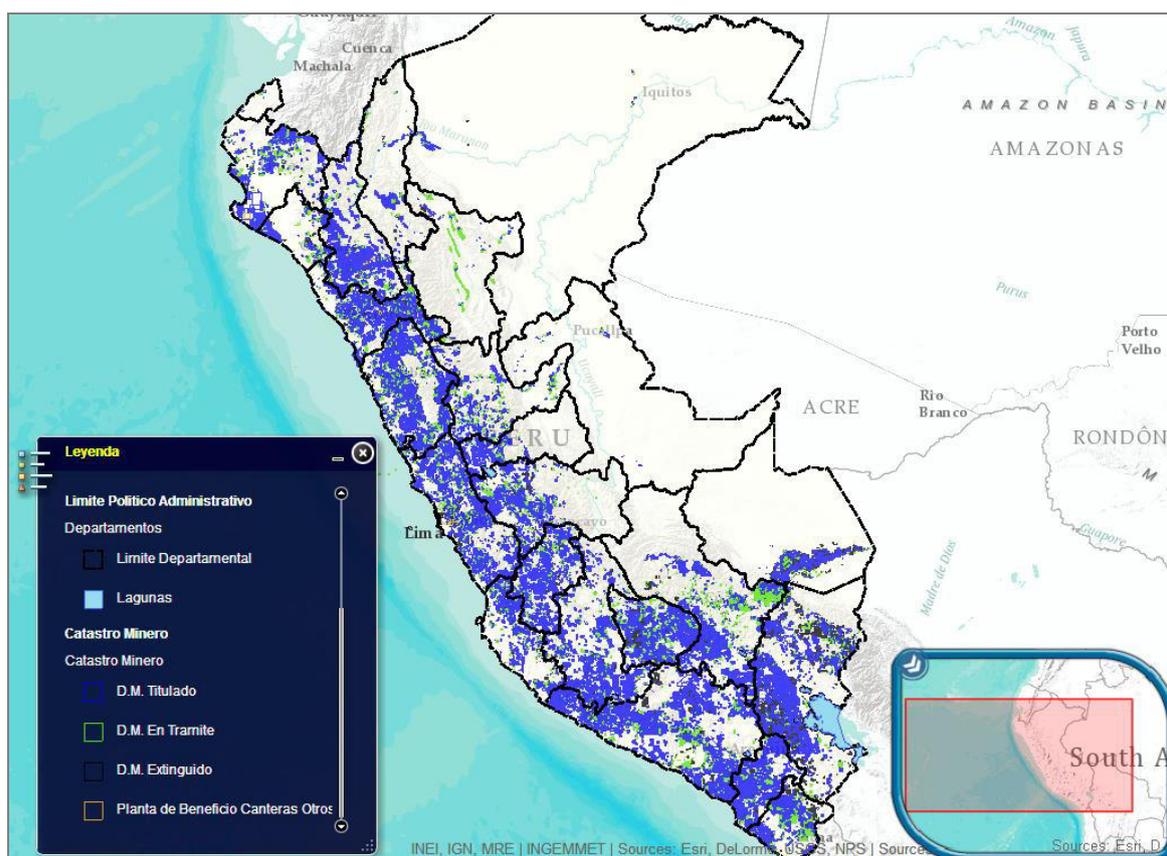


Figura 25. Ubicación de las minas peruanas. Fuente: MINEM

De manera similar al sector industrial, el sector minero en el Perú genera solo una pequeña parte del consumo de agua a nivel nacional. A lo largo del periodo 2010-2011 el consumo de agua del sector significó menos del 2% del consumo nacional. El uso de agua para minería es de mayor importancia a lo largo de la vertiente del Atlántico, donde el consumo excedió el 5% del total. Sin embargo, el consumo de agua azul tan solo muestra una pequeña parte de la historia del sector minero. Al igual que la producción industrial, la minería tiene el potencial de contaminar grandes cantidades de agua azul a través de efluentes no tratados o tratados de manera ineficiente y luego vertidos en el sistema de agua. Por lo tanto, la minería puede generar una alta huella hídrica gris. De hecho, este parece ser el caso en el Perú.

Por ejemplo, en el 2012, la oficina de salud de la región Junín (donde se encuentra el lago más grande ubicado totalmente en territorio peruano y el segundo más grande del país, luego del Lago Titicaca) declaró que más de la mitad de la población de la región (800,000 personas) estaba consumiendo agua potable contaminada no apta para consumo humano. El agua habría sido contaminada por metales pesados provenientes de actividades mineras en la región andina.<sup>22</sup> Más aún, a fines de la década del 2000, el MINAGRI declaró que el estado de los ríos Moche, Santa, Mantaro, Chillón, Rímac, Tambo y Chili era “alarmante” debido a la contaminación de plomo, manganeso y hierro. La contaminación del río Mantaro también

<sup>22</sup> “Las autoridades declaran que más del 50% de Junín está expuesto a agua potable contaminada”, <<http://www.peruviantimes.com/26/officials-say-more-than-50-of-junin-exposed-to-polluted-drinking-water/17002/>>, citado el 10 de abril del 2014.

amenaza el suministro de agua de la instalación hidroeléctrica más grande del país, el Complejo del Mantaro.<sup>23</sup>

Si bien las compañías mineras están siendo más creativas para el uso, reciclaje y descarga del agua, existen aún retos considerables que el sector minero debe enfrentar en relación a su impacto en la calidad y disponibilidad del agua. Existe también el gran reto de enfrentar la minería informal o ilegal para frenar la contaminación del agua en ámbitos no regulados.

### 3.4.2. Evaluando la huella hídrica de la minería

De manera similar a lo que ocurre con el sector industrial, el uso de agua en el sector minero por lo general conforma una pequeña parte del consumo total de agua nacional. Sin embargo, dependiendo de la naturaleza de las actividades mineras, de la manera como se regula el uso del agua, y cómo se maneja el agua contaminada, las huellas hídricas mineras puede variar significativamente. Ello es especialmente cierto en el caso de la huella hídrica gris.

Los impactos de la minería en el agua son por lo general difusos, no monitoreados y altamente dependientes de las prácticas de gestión. También varían naturalmente según el tipo de actividad minera. Sin embargo, por lo general, la falta de monitoreo se presenta como un gran reto tanto en términos de impactos directos en la calidad del agua como en el cálculo de las huellas hídricas grises asociadas. Determinar esto último requiere de una variedad de valores estimados y, por lo tanto, esta huella no debería considerarse como un dato definitivo sino más bien como una medida ilustrativa de los impactos en el agua.

Si bien las actividades mineras por lo general requieren utilizar agua azul y verde, con un componente mucho mayor de agua azul, las huellas hídricas grises virtuales son generalmente las que constituyen más significativas la huella hídrica general de una actividad minera en particular. Existen tres formas a través de las cuales la minería impacta el agua y por lo tanto genera huellas hídricas grises: desagüe, decantado y el sistema de aguas sucias de la mina.

Newmont Waihi Gold, compañía minera con sede en Nueva Zelanda, ha desarrollado un diagrama de impacto de agua de la mina que se muestra en la Figura 26 y que se describe a continuación.

#### Desagüe

Los puntos de referencia 1 y 2 representan el agua de la mina que se deriva del desagüe de un pozo abierto; por lo general una fuente principal de agua in situ. La fuente de agua consiste tanto de una entrada de agua subterránea (1), como de agua superficial (2), generada tanto en el pozo como en el área adyacente a las instalaciones superficiales. Esta agua contiene por lo general sulfatos y metales (predominantemente hierro y manganeso).

<sup>23</sup> "Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos del Perú", Ministerio de Agricultura, 2009.





específicamente en el consumo de agua azul y verde. Mientras que en algunos casos se determinó que la huella hídrica verde del oro podría ser insignificante, en otros se determinó que se trata de un registro importante. Si bien se reconoció que la huella hídrica gris es un componente altamente importante de la huella hídrica total, finalmente fue omitida. Su omisión generó un gran vacío en la evaluación global, sin embargo, debido a la naturaleza técnica de su cálculo, así como a los grandes vacíos de información, se determinó que sería una evaluación inviable.

La información recogida fue analizada para determinar dos medidas clave: agua consumida por tonelada de mineral producido y agua consumida por unidad de metal producida. El alcance de la cadena de suministro se limitó a cinco productos clave: diésel, cianuro de sodio, cal, gasolina y agentes explosivos. Se recopiló información relevante a estos productos proveniente de artículos publicados, investigaciones existentes y cuestionarios a los proveedores.

Según la evaluación, la gestión del agua en una mina de oro puede dividirse en cuatro componentes principales:

1. Ingreso: Extracción de agua por parte de la mina para su uso en las operaciones. Las fuentes de agua incluyen agua superficial (agua de lluvia recogida, escorrentía y cuerpos de agua superficiales), aguas subterráneas, agua de mar y aguas de terceros (agua abastecida al sitio minero por parte de proveedores externos).
2. Gestión del agua para operaciones:
  - a. Uso: Agua usada en la operación de numerosas actividades como procesamiento de mineral, camino de acceso o control de polvo triturado, para usos de agua potable (para tomar, lavarse, ducharse).
  - b. Tratamiento: Agua usada para cualquier proceso realizado en un sitio con el fin de cambiar la calidad del agua o su uso. Puede abarcar desde estanques de sedimentos y humedales hasta sofisticadas plantas de filtrado, de tratamiento químico y de osmosis inversa.
  - c. Almacenamiento: Las instalaciones en un sitio mantienen y/o capturan agua. Son los proveedores internos para las acciones de la mina y proveen de toda el agua que no es provista por el 'ingreso' en un determinado periodo de demanda.
3. Desvío: agua que fluye alrededor o a través de la propiedad minera desde las fuentes de ingreso hasta la salida, aparte del agua usada en las operaciones. El agua desviada es agua gestionada de manera activa por la operación minera pero no usada en una tarea de consumo.
4. Salida: agua descargada luego de haberse usado, tratado o almacenado, y agrupada según el cuerpo que la va a recibir (agua superficial, agua subterránea, océano, tratamiento fuera del sitio). Se incluye además la pérdida de agua a través de la evaporación.



Según la evaluación, una gran parte del agua usada en los típicos sitios mineros es finalmente reciclada para uso dentro de otras operaciones en el sitio o tratada y regresada al entorno. Un número de operaciones de oro en Norteamérica ha implementado políticas de cero descargas industriales. El Cuadro 8 de más abajo muestra el desglose del uso de agua determinado en diferentes puntos del proceso de producción de oro, y según el método de minería.

Cuadro 8. Resumen del volumen de agua usada en diferentes etapas de la producción de oro

Etapa de producción	Método	Intensidad del uso de agua (IUA)	Actividades de la minería que requieren agua	
Minería	Subterránea	IUA: Media 240 m <sup>3</sup> /KT o menos	Perforación	
			Control de polvo en caminos	
		Retención de suelo		
	Tajo abierto	IUA: Bajo 12 m <sup>3</sup> /KT o menos	240 m <sup>3</sup> /KT	Relleno (opcional)
			Servicios auxiliares	
		IUA: Alto 800 m <sup>3</sup> /KT	Perforación	
Procesamiento	Molienda	IUA: alto 1430 m <sup>3</sup> /KT	Control de polvo en caminos	
			Muelle de equipo de lavado	
	Lixiviación en pilas	IUA: Alto 1520 m <sup>3</sup> /KT	Servicios auxiliares	
			Carbón en pulpa (CIP)	
		99 000 m <sup>3</sup> /d	Carbón en lixiviación (CIL) u otros.	
			Lixiviación en pilas	
Fundición	Refinamiento in situ	IUA: mínimo	Carbón en columnas (CIC)	
			Uso mínimo de agua, sobretodo proveniente de etapas de procesamiento	

Fuente: "Explorando la Huella Hídrica del Oro en Norteamérica", WWF Canadá, 2012

El cuadro 9 muestra el resumen del tipo de agua usada según cada actividad minera (es decir, agua azul y verde).

Cuadro 9. Huella hídrica de la minería de oro y los métodos de procesamiento en 2009 (m<sup>3</sup>/año)

Huella hídrica de minería y procesos	Cadena de suministro (m <sup>3</sup> /año)	Agua Azul (m <sup>3</sup> /año)	Agua Verde (m <sup>3</sup> /año)	Huella hídrica (m <sup>3</sup> /año)	
Minería subterránea y molienda	ON1	6139	1486480	129	1492748
	ON2	4711	1450000	78	1454789
	QC1	4486	1457458	NA	1461944
	QC2	4486	1406035	NA	1410521
	WA1	2607	185000	NA	187607
	<b>Promedio</b>	<b>4486</b>	<b>1196995</b>	-	<b>1201522</b>
	<b>SD</b>	<b>1256</b>	<b>566455</b>	-	<b>567556</b>
Minería a tajo abierto y molienda	CH2	7658	519000	84459	611117
	<b>Promedio</b>	<b>7658</b>	<b>519000</b>	<b>84459</b>	<b>611117</b>
Tajo abierto, subterránea	AK1	32667	4210300	NA	4242967
	CH3	20318	687810	NA	708128
	<b>Promedio</b>	<b>26492</b>	<b>2449055</b>	-	<b>2475547</b>



y pilas de lixiviación	<b>SD</b>	<b>8732</b>	<b>2490777</b>	<b>-</b>	<b>2499508</b>
Tajo abierto, subterránea y molienda	ON2	4711	1450000	120762	1454711
	ON4	6490	1480451	NA	1486941
	<b>Promedio</b>	<b>56001</b>	<b>1465226</b>	<b>-</b>	<b>1470826</b>
Tajo abierto y pilas de lixiviación	<b>SD</b>	<b>1258</b>	<b>21532</b>	<b>-</b>	<b>22790</b>
	NV1	29837	3736400	NA	3766237
	NV2	29151	1409962	240033	1679146
	CO1	42134	2714670	NA	2756804
	GR1	57340	2880500	1830557	4768397
	<b>Promedio</b>	<b>39616</b>	<b>2685383</b>	<b>-</b>	<b>3242646</b>
<b>SD</b>	<b>13236</b>	<b>960948</b>	<b>-</b>	<b>1326981</b>	

Fuente: “Explorando la Huella Hídrica del Oro en Norteamérica”, WWF Canadá, 2012

Los resultados del estudio brindan una visión general del uso directo e indirecto de agua azul y verde en la minería del oro en Norteamérica. Algunos de los principales puntos del estudio pueden resumirse de la siguiente forma:

- La huella hídrica de una operación de oro no es equivalente a la extracción de agua realizada en la operación de extracción de oro.
- La huella hídrica de la cadena de suministro es, por lo general, mínima
- El consumo de agua verde puede usarse para compensar el uso de agua azul
- La mayor cantidad de agua extraída es retornada a su fuente o recicladas con cierta pérdida de agua a través de la evaporación
- Si se hubiera incluido una huella hídrica gris en la evaluación, la huella hídrica total hubiese sido significativamente mayor
- La huella hídrica del oro varía considerablemente en las diferentes ubicaciones y según los métodos de minería y de procesamiento
- La huella hídrica operativa del oro es significativamente mayor que la huella hídrica de la cadena de suministro del oro –los esfuerzos para reducir el impacto de la huella hídrica del oro encuentran un objetivo más adecuado al nivel de la operación minera que en el de la cadena de suministro

El reporte enfatiza además la importancia de basar la evaluación de la huella hídrica en el contexto local con el fin de comunicar información concreta acerca de los impactos sociales y ecológicos y los riesgos relacionados al agua. Sin embargo, sin un componente de agua gris en la huella hídrica total de la minería, no pueden deducirse el uso total del agua y la historia del impacto.

Por lo tanto, para realizar una evaluación útil de los impactos en el agua gris relacionados con el sector minería, se necesita hacer un análisis caso por caso de las zonas de captación específicas y relevantes. Algunos de los factores de calidad y cantidad deberían considerar determinar la huella hídrica de varios minerales, incluyendo:

#### Cantidad

- Condiciones climáticas (temperatura, humedad)
- Fuente de agua primaria: agua superficial, agua subterránea o agua salina
- Mineralogía del mineral y geoquímica



- Manejo de desechos y desmonte
- Tipo de commodity (el uranio requiere de una extensiva supresión de polvo)
- Hasta qué punto se reúsa y se recicla el agua
- Régimen de gestión de agua en el sitio minero (descargas permitidas; tratamiento)
- Uso de tierra de las comunidades circundantes y/o industrias
- Diseño y configuración del proyecto (tipo de minería, planes de cierre, etc.)
- Contenido de humedad inicial del mineral y roca estéril
- Si la mina se encuentra por debajo o encima del nivel freático
- La condiciones hidrogeológicas circundantes (es decir, acuíferos de alta permeabilidad, aspectos de despresurización de aguas subterráneas artesianas)

### **Calidad**

- Drenaje de roca ácida
- Drenaje de mina neutral o drenaje salino
- Contaminación de metales pesados y lixiviación
- Procesamiento de contaminación por químicos
- Erosión y sedimentación

#### **3.4.3.2. Huella hídrica del carbón**

El estudio de caso desarrollado por Pegasys (2013) se enfoca en el uso de agua e impactos en una planta de energía alimentada por carbón en una zona con escasas de agua y presenta un ejemplo de una evaluación de huella hídrica gris relacionada con la minería. El análisis de la huella hídrica consideró los impactos de uso del agua tanto en las actividades operativas como en río arriba de la cuenca tal como se describe a continuación:

#### **Río arriba de la cuenca**

Los procesos ascendentes consisten en la extracción del carbón, lavado y molienda. Se consideraron tanto las aguas superficiales usadas en la extracción del carbón, así como el agua residual producida por el proceso de lavado. La energía requerida para estos procesos también fue considerada en el estudio de huella hídrica. Se calcularon las huellas hídricas azul y verde de estos procesos y también se consideró el agua residual.

#### **Operación**

Se consideró la huella hídrica azul, verde y gris de los procesos operativos involucrados en la generación de electricidad. La huella hídrica verde se centró en la intercepción de las precipitaciones. Esto resulta importante ya que la instalación de generación de energía por lo general está rodeada de partículas provenientes de la combustión del carbón que podrían, potencialmente, contaminar las fuentes de agua si es que el agua “sucio” no fuese recogida. La recolección de agua de lluvia es una opción para complementar las necesidades de agua natural de las instalaciones y esto se tomó en cuenta cuando se calculó la huella hídrica verde de las operaciones.



La huella hídrica azul se refiere sobre todo a los procesos de producción tales como los del generador y la turbina. El agua usada en el procesamiento del mineral, el enfriamiento y para el manejo de los desechos y la supresión de polvo también se tomó en cuenta. De particular interés resultó el agua residual producto del derribamiento de la estación de energía, así como la energía requerida para el proceso de generación de electricidad. Para seguir estos pasos, se necesitó comprender a cabalidad el proceso de producción.

La huella hídrica gris abarcó los efluentes descargados en los recursos hídricos, la escorrentía de la superficie a la instalación y la potencial filtración de los vertederos de cenizas. Las aguas servidas que ingresan en la instalación fueron excluidas del estudio.

#### Río abajo de la cuenca

Este estudio no consideró la huella hídrica del uso de la electricidad en la parte baja de la cuenca. Sin embargo si resultó útil entender las ubicaciones geográficas y tener una visión de conjunto los sectores en los cuales se distribuyó la electricidad.

El estudio se basó en el entendimiento del diagrama de flujo de bloques presentado en la Figura 27 que muestra los procesos involucrados en la cadena de suministro y en las operaciones de la instalación minera de carbón.

#### Río arriba de la cuenca

La preparación del carbón en la mina de carbón (minería subterránea) se lleva a cabo mediante las siguientes actividades:

- Trituración
- Selección
- Lavado
- Separación

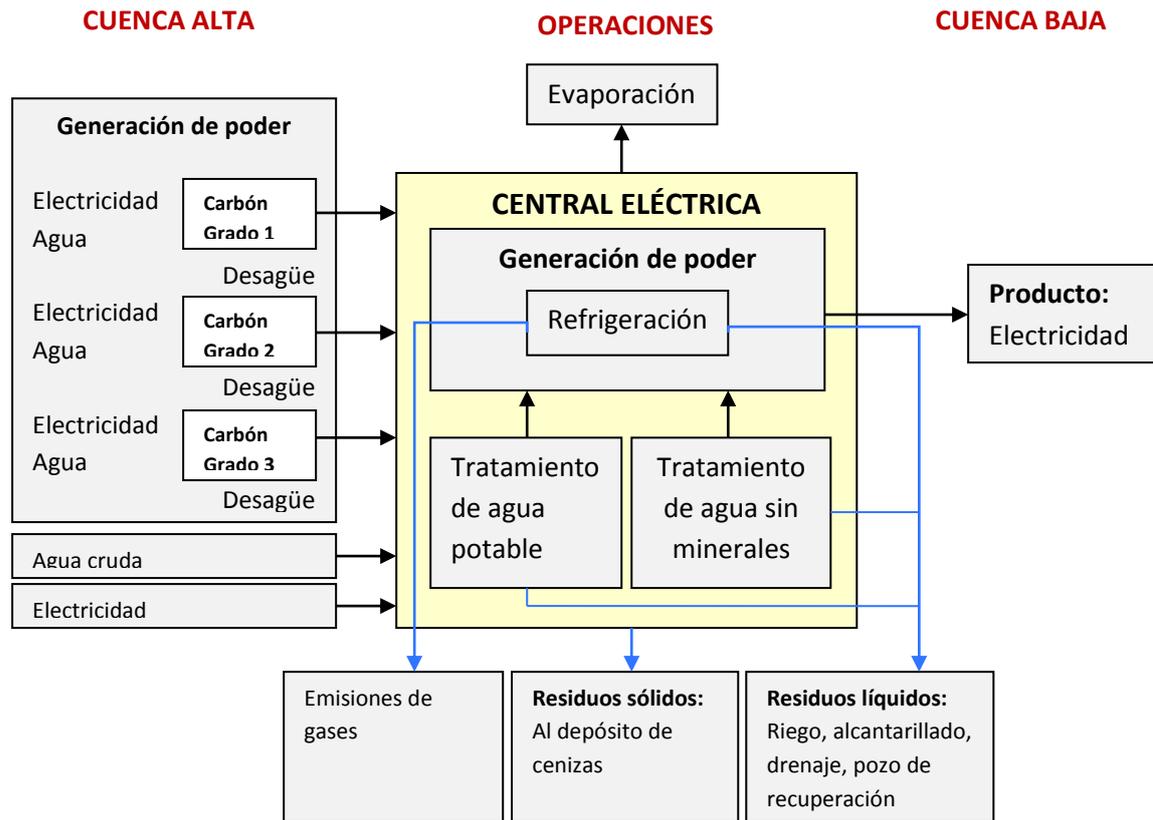


Figura27: Diagrama de flujo de bloques para el estudio de caso de la estación de energía

Los procesos de lavado y separación son los más intensos en cuanto a agua. Se calcula que el proceso minero utiliza 160L de agua por tonelada de carbón extraído, y subsecuentemente produce 1.2L de efluente líquido. La minería de carbón rompe la masa rocosa; permitiendo que el agua y otras sustancias se mezclen. Esto lleva a la formación de ácido sulfúrico que filtra otros metales pesados de las rocas, exacerbando el problema del Drenaje Ácido de Minas (AMD por sus siglas en inglés). Los altos niveles del sulfuro férrico y ácido sulfúrico resultantes disminuyen drásticamente el pH de la fuente de agua. Este proceso resulta en una huella hídrica gris alta debido a la contaminación del agua.

El consumo de agua específico en la estación de energía es de aproximadamente 2000L/MWh. Un sistema de enfriamiento húmedo usa aproximadamente 1.8 L de agua por kWh enviado, es decir, cerca de 7.7 millones de m<sup>3</sup> por año para una estación de energía de 5 400 MW<sup>24</sup>. El proveedor de carbón brinda 14Mt/año (1.16 millones de toneladas de carbón por mes) de carbón, de distintos grados, desde minas de tajo abierto hasta la estación de energía. La estación alimentada por carbón usa tecnología de carbón pulverizado convencional, con eficiencias térmicas promedio de 33%. La calidad del carbón es deficiente, con valores caloríficos promedios de 4500 kcal/kg (19 MJ/kg), ceniza de 29.5%, y sulfuro de 0.8%. Con el actual deterioro de la calidad del carbón, la estación de energía ha experimentado pérdidas en el orden de 40%.

<sup>24</sup> Vaal South EIA\R30 Scoping phase\Reports\DSR\Draft Scoping Report 140806~final.doc

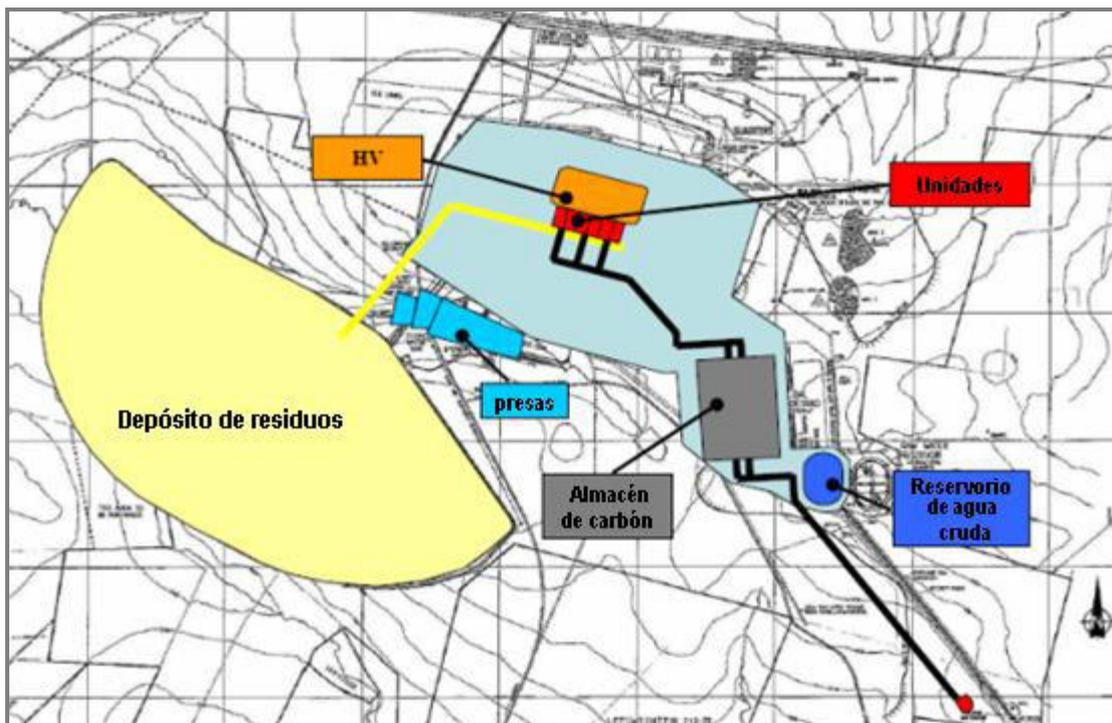


Figura 28: Plano de sitio de una típica estación de energía

Operación

El carbón de la mina de carbón se combustiona para producir electricidad usando un sistema de enfriamiento húmedo. El agua natural se obtiene de las cuencas del Alto Vaal y del río Usutu. En los procesos también se usa agua potable. Las aguas servidas industriales y domésticas son enviadas a la planta para ser tratadas. Los efluentes tratados se combinan con la ceniza y son enviados a vertederos de cenizas o a la represa de ceniza. Cualquier filtración procedente de aquí es recolectada y enviada nuevamente a la planta para tratamiento.

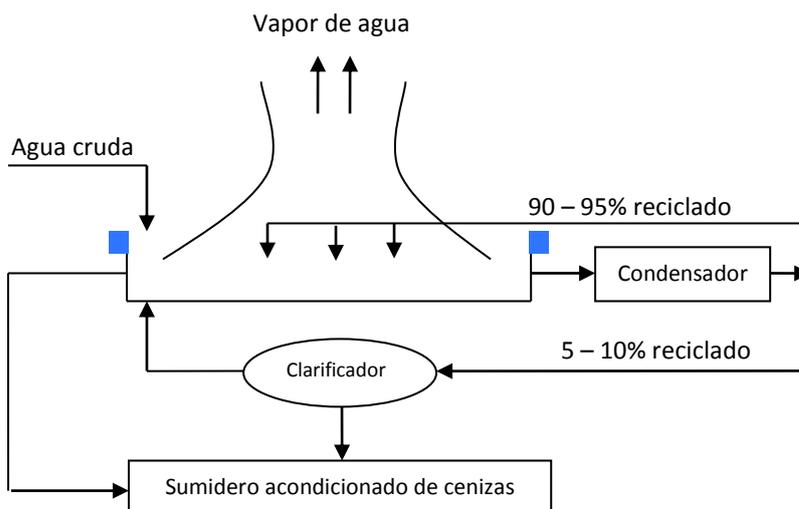


Figura 29: Representación esquemática del sistema de enfriamiento húmedo

Río abajo de la cuenca

La electricidad generada en la instalación se usa en la propia instalación, así como en las operaciones municipales y empresariales circundantes. La figura 30 muestra los hallazgos del estudio de caso, e incluye la combinación de los componentes de huellas para las actividades ascendentes y las operaciones. El mayor contribuyente a la huella hídrica es el componente azul. Esto se debe a la gran cantidad de agua perdida por evaporación a través de las torres de enfriamiento y los estanques/represas de evaporación en la instalación.

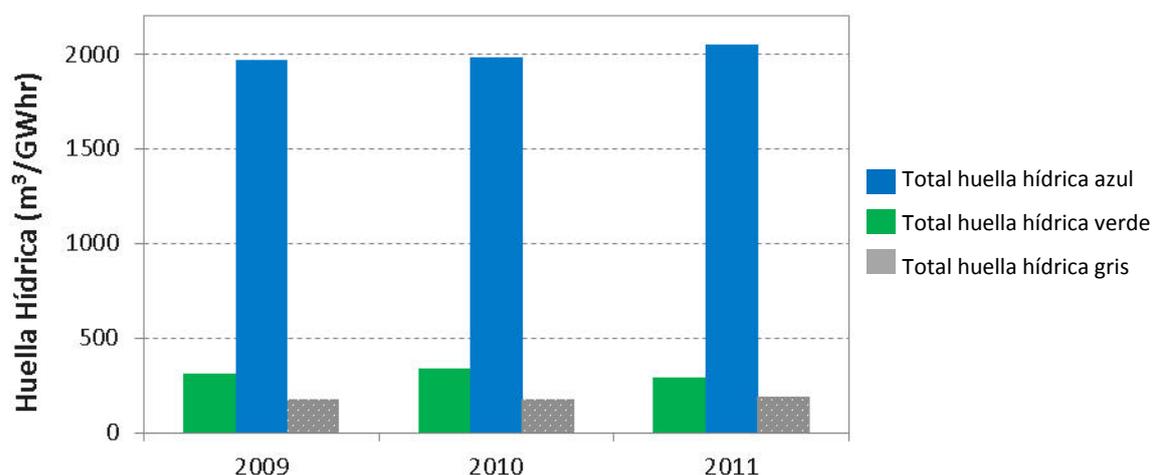


Figura 320. Huella hídrica total de las actividades ascendentes y las operaciones

Resulta interesante notar que la huella hídrica verde es la segunda mayor contribuyente al total de la huella hídrica. Esto puede atribuirse a la huella hídrica operativa para cuyo cálculo se asumió que toda el agua proveniente de la lluvia fue interceptada y almacenada en estanques. Debe notarse que la huella hídrica gris que se ve aquí se atribuye únicamente a las actividades río arriba, donde la huella hídrica gris predomina. La huella hídrica gris asociada con las operaciones es insignificante debido al hecho de que el efluente final reunido de las aguas servidas es retornado al sistema de agua de refrigeración y reusado.

### **Información requerida**

Para un estudio de huella hídrica de esta naturaleza se requiere conocer todo el proceso, con énfasis en los siguientes temas, tanto relacionados a las operaciones directas como a la propia extracción del carbono:

- Diseño de planta de la estación de energía seleccionada
- Un diagrama de flujo de procesos de alto nivel de detalle incluyendo el flujo de agua a lo largo del proceso
- Procedencia de todas las materias primas
- Red de distribución para los productos, es decir con énfasis en producción local e internacional
- Forma, fuente y consumo de agua superficial
- Tratamiento de agua residual /estrategias de desecho
- Consumo de energía de la instalación



Algunos de los requisitos de información específicos para desarrollar la evaluación se listan líneas abajo. En caso s en que no se cuente con información acerca de la cadena de suministro se deberán hacer estimaciones fuentes secundarias o referenciales.

#### Río arriba de la cuenca

Las materias primas principales que requiere la instalación son el carbón y el agua natural, que es procesada en el sitio.

- ¿Cuáles son los distintos procesos involucrados en la minería de carbón?
- ¿Cuál es el contenido de ceniza de los diferentes grados de carbón?
- ¿Cuál es la tasa de alimentación del carbón en la estación de energía?
- ¿Cuál es la cantidad (TDS y composición de especies principales) y calidad del agua natural usada en los procesos mineros?
- ¿Cuál es la cantidad (TDS y composición de especies principales) y calidad del agua residual producida?
- ¿Cuál es el tratamiento y método de eliminación para esta agua residual?
- ¿Cuál es el consumo de electricidad del proceso minero?

#### Operación

- ¿Cuál es el tiempo de operación de la estación?
- ¿Cuál es la cantidad (TDS y composición de especies principales), calidad y fuente de agua natural usada en los procesos mineros?
- ¿Cuál es el tratamiento y método de eliminación del agua residual?
- ¿Cuál es el consumo de electricidad del proceso?
- ¿Cuál fue el agua natural total usada en la estación de energía durante los últimos 10 años?
- ¿Cuál es el volumen de agua residual tratada y reusada?
- ¿Cuál fue el índice de producción durante los últimos 10 años?
- ¿Cuál es el cambio en la calidad del agua residual versus el grado del carbón?
- ¿Cuál fue el índice de producción de electricidad versus el grado de carbón?
- ¿Cuáles son las emisiones de gas de la estación de energía?
- ¿Cuál es el área y el volumen de la represa de ceniza?
- ¿Cuál la tasa de alimentación y contenido de agua en el lodo de cenizas hacia el vertedero de cenizas?
- ¿Cuál es el índice de percolación del agua residual en el lodo?
- ¿Cuál es el índice de evaporación en el vertedero de ceniza?

#### **3.4.4. Información requerida para la evaluación de la huella hídrica relacionada al sector minero**

Para el cálculo de la huella hídrica del sector minero, se recomienda usar las variables que se muestran en la Cuadro 10. Las variables productivas y comerciales requeridas se encuentran disponibles en el Ministerio de Energía y Minas (MEM), el cual cuenta con un portal estadístico en línea. La información se presenta de diferentes modos dependiendo la variable consultada, pudiendo ser visualizada en un mapa, gráfico circular, gráfico de barras y/o series históricas según mineral.



A diferencia del sector agropecuario, la información minera no se presenta según cuenca, o según cualquier otra variable geográfica. En este portal estadístico, se muestra data referente a la producción, exportación y canon minero según principales empresas mineras y regiones políticas, para el periodo de años 2004 al 2013. Además, la data puede ser exportada en formato de hoja de cálculo facilitando su manejo.

En el INEI se encuentra el PBI que aporta el sector (en millones de soles, para los años entre 1997 hasta el 2011) así como el porcentaje de exportación para cada mineral en el mismo rango de tiempo. La variable hídrica que presenta el INEI es el volumen de agua superficial utilizada en el sector minero para el año 2011.

La medición de la huella hídrica del sector minero, comparte muchas de las características de la medición de la huella hídrica del sector industrial, con una probable menor proporción de huellas hídricas verde y azul. Por lo que la huella hídrica gris es el mayor reto para este sector y, dependiendo de las características de la operación minera y de los sistemas de tratamiento de aguas vigentes y la manera como los límites de la evaluación se definen, puede conformar un valor significativo que influirá en la huella hídrica total. Si el efluente se deja sin tratar, la huella hídrica gris es más simple de calcular ya que los volúmenes de efluentes y la contaminación del agua probablemente sean conocidos o fáciles de determinar. Sin embargo, si el efluente es transferido a instalaciones de tratamiento, deben determinarse las cargas de ingresos y contrastarse con las salidas que deben ser atribuidas a la actividad minera.

Otra limitante bastante grande es la carencia de información a nivel de cuencas, por lo que para un análisis completo de este sector, se deberá hacer un estudio previo de la minería, por lo menos en las principales cuencas y las principales operaciones mineras del país.

Cuadro 10. Variables requeridas en el sector industrial

<b>Variables Hídricas</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Total de agua extraída por la minería por cuenca / región (Mm<sup>3</sup>, 2005 – presente)</li><li>• Calidad de agua descargada(2005 – presente)</li></ul>
<b>Variables productivas</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Valor económico (doméstico) de la producción (S/. o US\$, 2005-presente)</li></ul>
<b>Variables comerciales</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Valor total de las mayores importaciones y exportaciones mineras (US\$, 2005 – presente)</li></ul>



FUENTE	NIVEL	TEMÁTICA	TIPO DE INFORMACIÓN	VARIABLES	CARACTERÍSTICAS	ACCESO	COMENTARIOS
INEI	Nacional	Uso consuntivo de recursos hídricos	tablas	volumen de agua superficial utilizada (m3)	Tempo: 2011-2012, según vertiente y según administración, Fuente: ANA	<a href="http://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/medio-ambiente/">http://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/medio-ambiente/</a>	
		Principales indicadores	tablas	PBI (\$.)	Tempo: 1997 - 2011	<a href="http://www1.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/mining1/">http://www1.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/mining1/</a>	
				porcentaje de exportación por cada mineral	Tempo: 2006 - 2012	<a href="http://www1.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/external-sector/">http://www1.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/external-sector/</a>	Exportación FOB, según principales productos
MEM	Nacional	Producción y exportaciones	mapas, gráficas y tablas	Producción Zn, Au, Cu, Ag, Pb, Mb, Fe, Sn (TM) Exportaciones Zn, Au, Cu, Ag, Pb, Mb, Fe, Sn (\$ y TM) Canon minero	desde enero 2004 a dic 2013, Por región, por empresa, datos anuales y mensuales desde enero 2004 a dic 2013, datos anuales y mensuales por región desde enero 2004 hasta diciembre 2013 (\$./.)	<a href="http://www.estadisticas-snmpe.org.pe/EstExt_Principal/EstExt_Pri_Menu.aspx">http://www.estadisticas-snmpe.org.pe/EstExt_Principal/EstExt_Pri_Menu.aspx</a>	

Tabla 4. Características de la información disponible – sector minero



## 3.5. Sector energético

### 3.5.1. Generalidades del sector

El Perú es considerado un *hub* energético de la costa sudamericana del Pacífico, sobre todo por el hecho de que cuenta con grandes recursos energéticos, particularmente gas natural y potencial hidroenergético. A lo largo de la década pasada, con el fin de adecuarse a demandas energéticas cada vez mayores, el país realizó importantes inversiones para aumentar su capacidad de producción, de US\$1.865 billones en el 2001 a US\$8.5 billones en el 2011.<sup>25</sup> Actualmente, la capacidad instalada de generación en el Perú es de aproximadamente 50 % de energía térmica y 50% de energía hidroeléctrica.

Tradicionalmente, la creciente demanda por electricidad en el Perú se satisfizo principalmente con hidroelectricidad y dada la capacidad del Perú para generar hasta 70,000MW en hidroelectricidad (la gran mayoría de la cual no se usa actualmente), probablemente se seguirá dependiendo en la hidroelectricidad para poder cumplir con las demandas futuras de electricidad. También se anticipa que se desarrollarán represas hidroeléctricas para abastecer a los países vecinos con energía que satisfaga sus crecientes demandas. Por ejemplo, en el 2010 Perú firmó un acuerdo con Brasil para brindarle energía adicional generada por hidroelectricidad.

En el 2012, el gobierno anunció su intención de generar 4.3GW de energía adicional para el 2016. Se han desarrollado planes para construir 151 nuevas represas hidroeléctricas en la Amazonía, todas mayores de 2MW, a lo largo de los próximos 20 años. La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**<sup>31</sup> muestra la ubicación de todas las represas hidroeléctricas existentes y planificadas específicamente a lo largo del Río Marañón.

Adicionalmente ha habido un gran impulso para aumentar el uso del gas natural del país. Desde el inicio del Proyecto del Gas de Camisea en el 2004, frecuentemente el gas natural ha compensado la importación de combustibles más caros y otras formas de producción doméstica. La Figura 32 muestra la ubicación geográfica de los 62 contratos fueron firmados hasta el 2012 para la explotación de hidrocarburos. Sin embargo, en la actualidad, para compensar la escasez de energía, las compañías mineras en el Perú – los mayores usuarios de energía – están utilizando generadores privados para sus operaciones<sup>26</sup>.

Si bien tanto la generación de hidroelectricidad como de hidrocarburos requiere de cantidades relativamente pequeñas de agua en sus procesos de producción, estas formas de generación de energía, por lo general, conforman importantes usuarios no-consuntivos del agua. Por ejemplo, la mayoría de plantas térmicas tiene requisitos de seguridad de abastecimiento de agua extremadamente altos, que cubren con almacenamiento dedicado en ambientes variables en términos hidrológicos. Por otro lado, la generación hidroeléctrica por lo general requiere de un gran almacenamiento de agua para asegurar el flujo y la carga estática. Las pérdidas por evaporación asociadas con este almacenamiento, así como la canalización de agua a través de turbinas de hidroelectricidad o para uso en plantas térmicas de enfriamiento pueden ser muy altas.

<sup>25</sup>Reporte KPMG.

<sup>26</sup> Perú: Guía Minera del País, KPMG International, 2013.

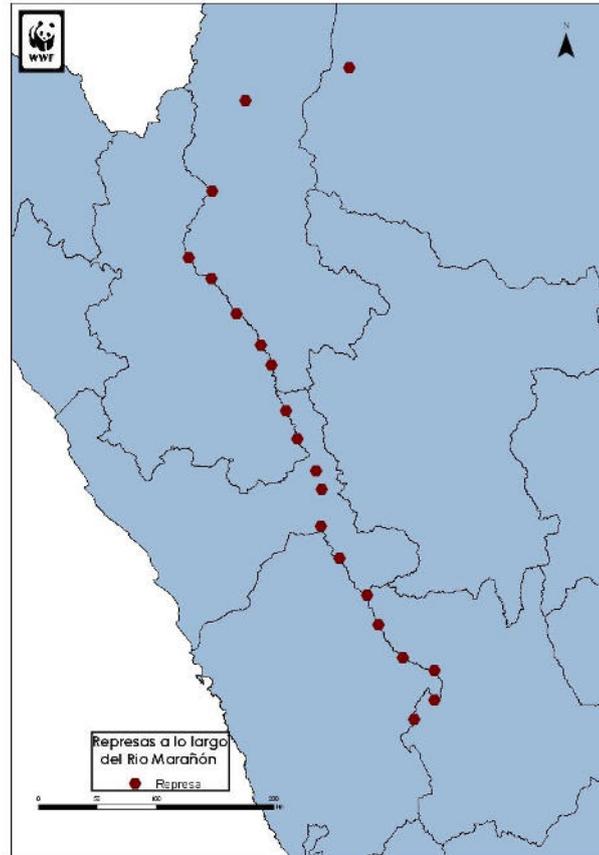


Figura 31: Ubicación de las represas a lo largo del Río Marañón. Fuente: WWF Perú

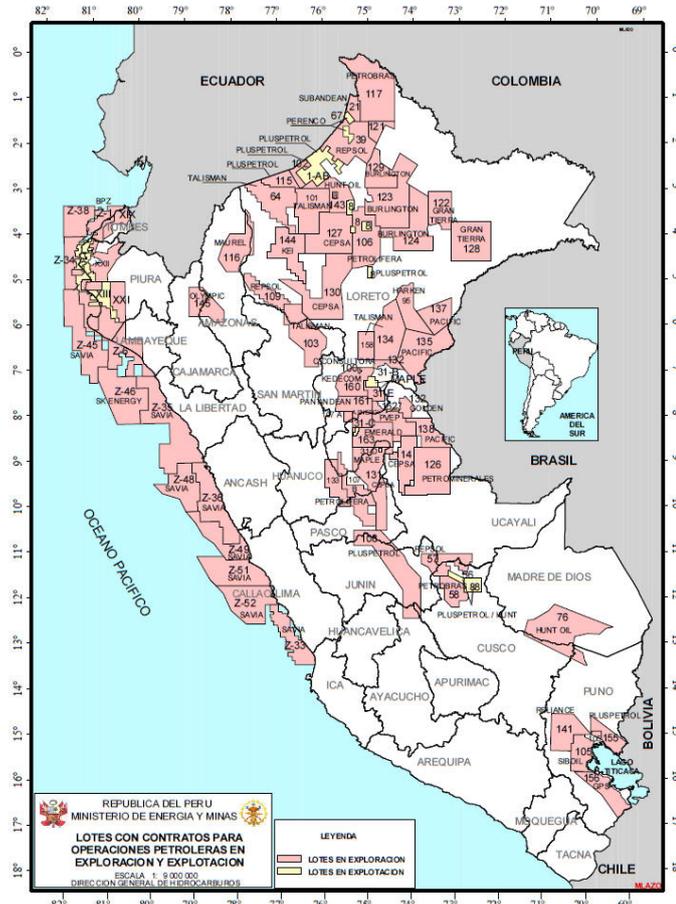


Figura 32. Contratos de exploración y explotación de hidrocarburo, 2012 (Fuente: Ministerio de Energía, 2012)



El agua es por lo tanto usada directa o indirectamente en la generación de electricidad, la cantidad de la misma depende de la tecnología, la configuración de la instalación, el proceso de generación específico dentro de la instalación (planta) y las eficiencias relacionadas con la planta. El uso neto de agua es importante, porque el flujo de retorno se encuentra disponible para otros usuarios. Para el caso de las plantas térmicas, la tecnología de enfriamiento resulta fundamental, al igual que la fuente. La producción hidroeléctrica hace uso de agua para la generación, pero la regresa a la fuente de agua. La hidroeléctrica, por lo general, también cambia sus regímenes de flujo, lo que impacta en los requerimientos ambientales y posiblemente en la disponibilidad de agua para otros usuarios. En general, sin embargo, la generación hidroeléctrica es un uso no-consuntivo del agua mucho más importante.

Cuadro 11. Cómo entender el uso del agua en la generación térmica (gas) e hidroeléctrica.

	Suministro de combustible	Almacenamiento de agua	Uso de agua en la generación	Calidad del agua río abajo
<b>Gas</b>	Se requieren bajos niveles de agua para suministro de combustible	Se requieren niveles medianos de almacenamiento de agua para asegurar el suministro	Se usan bajos niveles de agua para la generación de energía	Bajo impacto en la calidad del agua río abajo
<b>Hidro-electricidad</b>	No se requiere agua para el suministro de combustible	Se necesita almacenar grandes volúmenes de agua para asegurar el suministro	No se usa agua para la generación	Bajo impacto en la calidad del agua río abajo

### 3.5.2. Evaluando la huella hídrica del sector energético

Toda forma de generación de energía genera una huella hídrica, las plantas de energía térmica requieren agua durante la extracción de combustible, el transporte hacia las instalaciones, la generación y enfriamiento del vapor, así como para el mantenimiento general de la planta. Las instalaciones térmicas nucleares, geotérmicas y solares, tienen requisitos similares. Sin embargo, como es de suponerse, la hidroelectricidad necesita de un suministro de agua más consistente, es por ello que esta sección está dedicada a la evaluación de la huella hídrica de la generación hidroeléctrica, que de manera general, necesita tomar en cuenta los siguientes criterios:

- Pérdida por evaporación durante el almacenamiento y aseguramiento del flujo a través de las turbinas
- Los impactos río abajo por cambios en el régimen de flujo y temperatura del agua para otros usuarios del agua y para el ambiente.

También debe reconocerse que muchas represas tienen múltiples propósitos y que la atribución de pérdidas de agua por evaporación debería, explícita o implícitamente, responder por esto, incluyendo el uso de agua que fluye a través de turbinas. Asimismo, el almacenamiento de agua debería considerar su cambio de periodos de alto a bajo flujo.

El interés en comprender las conexiones entre la generación de energía y el uso de agua ha ganado importancia en los últimos cinco años. Antes del 2010, existían muy pocos análisis detallados enfocados en el uso de agua en la hidroelectricidad, desde entonces, han aparecido una serie de estudios acerca de la hidroelectricidad. A continuación se revisan algunos dichos estudios, pues resaltan algunos temas clave asociados con la comprensión, suposiciones y evaluaciones del uso del agua para la generación de la hidroelectricidad. Al final de este capítulo

se recomienda un enfoque final para evaluar las huellas hídricas de la hidroelectricidad en base a estos estudios.

### 3.5.3. Ejemplos para ilustrar el enfoque

#### 3.5.3.1. Agua y Energía (Gleick, 1994)

Uno de los primeros trabajos académicos que comparaban las cifras de consumo de agua de la hidroelectricidad con otras tecnologías de generación fue el artículo “Agua y Energía” escrito por P. Gleick y publicado en el Reporte Anual de Energía y Ambiente. El artículo está dividido en dos secciones. La primera, titulada energía para el agua, aborda los requisitos energéticos necesarios para trasladar, bombear y tratar agua para propósitos de consumo humano, detallando los esquemas más complejos de transferencia de agua concebidos y ejecutados.

La segunda sección, agua para la energía, examina brevemente las diferentes tecnologías para la generación de energía y su uso de agua, tomando en cuenta la energía proveniente del carbón, del aceite y del gas, la energía nuclear, geotérmica, hídrica, solar térmica, fotovoltaica y eólica. Para llegar a cifras para la generación de hidroelectricidad, Gleick se apoya en un estudio previo conducido en 1990 que se centra principalmente en estaciones hidroeléctricas de California que producen la cifra que se cita comúnmente como el agua consumida en los EEUU por una hidroelectricidad en promedio, 17 m<sup>3</sup>/MWh, si bien el autor también nota que el valor promedio en California es de 5.4 m<sup>3</sup>/MWh. Estos números se derivan de comparar la evaporación bruta de la reserva de la represa y la energía generada (es decir, compara solo la evaporación bruta de la reserva; no toma en consideración la evaporación ambiental previa ni la pluviosidad). Gleick también nota que el rango de los valores de evaporación de agua de la hidroelectricidad se encuentran entre 0.04 – 210 m<sup>3</sup>/MWh lo que demuestra las amplias discrepancias entre las diferentes estaciones.

Cuadro 12. Rango de resultados

Mínimo	Promedio	Máximo
0.04 m <sup>3</sup> /MWh	17 m <sup>3</sup> /MWh	210 m <sup>3</sup> /MWh

Gleick, 1994

#### **Temas claves**

No se hace una distinción exhaustiva entre los múltiples valores de uso de las instalaciones hidroeléctricas en los estimados, lo cual es una omisión importante ya que muchas instalaciones en California tienen un doble fin, de riego y energético.

#### 3.5.3.2. Red de Huella Hídrica y uso de agua para hidroelectricidad (Hoekstra y Mekonnen 2011)

En junio de 2011, la Red de Huella Hídrica (WFN por sus siglas en inglés) publicó un estudio acerca de la huella hídrica de las instalaciones hidroeléctricas. Los dos hallazgos principales fueron los siguientes:

- El tamaño del área de la superficie de la reserva en relación con la capacidad instalada es el principal factor para determinar el tamaño de la huella hídrica de la hidroenergía.
- El tamaño de la planta parece tener un mayor impacto en la evaporación que el clima.

En este estudio la huella hídrica se mide como un ratio entre el agua evaporada y la electricidad generada. Los autores atribuyen toda la pérdida por evaporación a la hidroelectricidad pero recomiendan que se continúe investigando para que la atribución se comparta entre otros usuarios. El estudio se basa en 35 represas elegidas globalmente según la cantidad de información disponible. Los autores solo seleccionaron 3 instalaciones con “clima frío”, mientras que la mayoría de las instalaciones se encuentran dentro de los Trópicos de Cáncer y de Capricornio.

Los autores limitan el análisis de la huella hídrica únicamente a las operaciones, argumentando que los factores de la cadena de suministro son relativamente pocos. Sin embargo, ellos indican que debe realizarse un mayor trabajo para investigar las implicancias de las instalaciones de múltiples usos. Los resultados de los análisis se muestran en el cuadro a continuación:

Cuadro 13: Rango de resultados

Mínimo	Promedio	Máximo
0.08 m3/MWh	18.8 m3/MWh	235 m3/MWh

Hoekstra y Mekonnen (2011)

Para este análisis resulta crítica la interpretación de “consumo de agua” en términos de pérdida por evaporación. Hoekstra y Mekonnen (2011) interpretan el consumo de agua según la metodología de huella hídrica para calcular el agua virtual en cultivos agrícolas, es decir, como el agua total que es evapotranspirada en el cultivo de la especie (o la hidroelectricidad, evaporación de la superficie de la reserva). Porque el foco está en calcular el total del contenido de agua virtual; el impacto neto en el sistema de recursos hídricos no se toma en cuenta, de manera que la evapotranspiración de la vegetación natural no se refleja en el análisis de la huella hídrica. Para la hidroelectricidad, este es un aspecto importante porque el área inundada, por lo general, tiene una densa vegetación y puede estar asociada a una importante evapotranspiración (particularmente al estar muy cerca de la zona fluvial con aguas subterráneas poco profundas). También sería importante considerar que un cuerpo de agua de cierto tamaño podría estar presente antes del embalse. Este podría haber experimentado también evaporación.

#### ***Temas clave***

El omitir el impacto de la vegetación natural del análisis de la huella hídrica, así como la evaporación del cuerpo de agua antes del embalse sobreestima el impacto por evaporación (pérdida) del recurso hídrico.

El rango en estimados es considerable (ver cuadro abajo) y depende de las condiciones y estructura locales de la reserva-instalación hidroeléctrica. Esto hace que la toma de decisiones en base a cifras sea difícil.

#### **3.5.3.3. Hidroeléctrica Manitoba (Ken Adams, Presentación al Congreso Mundial de IHA 2011)**

El análisis de hidroelectricidad, uso de agua y pérdida por evaporación en la provincial de Manitoba (Canadá) introduce la situación de la hidroelectricidad en climas fríos y húmedos e intenta involucrar el tema de atribuir las pérdidas en sistemas multipropósitos. También brinda sólidas evidencias de la importancia de examinar el impacto del uso del agua a nivel local.

La provincial de Manitoba tiene un clima continental húmedo y subártico con un promedio de entre 400 mm y 600 mm de lluvia. No existen represas como parte del sistema hidroeléctrico de

Manitoba, solo lagos existentes, que crean cinco reservorios primarios de los cuales el 27% está dedicado al uso hidroeléctrico y el 73% a otros usos como riego y almacenamiento y suministro urbano. La capacidad hidroeléctrica instalada total es de aproximadamente 5 000MW.

Para estos reservorios, los índices de precipitación actuales son mayores que los índices de evaporación por lo que existe una ganancia neta de agua. Si bien los índices de evapotranspiración de la tierra inundada son menores que los índices de las nuevas áreas de reservorios provenientes de embalses, aún hay una ganancia de agua en el área del embalse. Esta ganancia puede atribuirse al clima frío y húmedo. Aun cuando se usa la evaporación total (como en el método de la huella) atribuida completamente a la hidroelectricidad, se calculó un promedio de 0.83 m<sup>3</sup>/MWh para el sistema. Se propuso, sin embargo, que este debía ser solo un cuarto de este valor (0.2 m<sup>3</sup>/MWh), para que refleje la asignación relativa de agua para hidroelectricidad, en este contexto específico (ver la discusión acerca de la atribución a la pérdida por evaporación).

#### **Temas clave**

En áreas con mucha precipitación, una represa podría dar como resultado una ganancia neta en agua para el sistema, de manera que la evaporación neta es un cálculo más apropiado del impacto en el sistema del uso de agua para la hidroelectricidad (que aquel de la evaporación bruta total).

La pérdida de agua por evaporación de un embalse debería distribuirse según la asignación de

#### **3.5.3.4. La Huella Hídrica de la Hidroelectricidad: Una comparación metodológica desde un estudio de caso en Nueva Zelanda (Herath et al. 2011)**

Herath et al. (2011) desarrollaron una comparación metodológica de análisis de huella hídrica usando diversas estaciones hidroeléctricas en Nueva Zelanda como estudios de casos. Su intención era desafiar el enfoque metodológico empleado por Hoekstra y otros analistas para brindar información más significativa con el fin de ayudar en la comprensión de las diferencias de la huella hídrica en lugares que son distintos en relación a disponibilidad de recursos hídricos. Los autores resaltaron los efectos de las diferencias climáticas locales y las especificidades estructurales de un esquema hidroeléctrico en la huella hídrica. En su comparación metodológica, Herath et al. examinaron y compararon los resultados de tres enfoques metodológicos distintos de huella hídrica a los que se refieren como WF-1, WF-2, WF-3.

El primer método se basa en solo la pérdida de agua por evaporación de la superficie del reservorio dividido por la energía producida por esa planta hidroeléctrica. Esto sigue la definición de huella hídrica brindada por Hoekstra y Chapagain (2007) y es consistente con la definición empleada por Gerbens-Leenes et al. (2009) para calcular la huella hídrica de la hidroelectricidad sobre una base media global.

El segundo método también considera la pérdida por evaporación, pero compara las consecuencias de los cambios de uso en la tierra creados por la represa. La construcción de una represa resulta en el reemplazo de la vegetación por una superficie sin agua. Por lo tanto, la evapotranspiración de la vegetación se reemplaza por evaporación a aguas abiertas del reservorio. Tomando esto en cuenta, este método considera la pérdida de agua por evaporación neta del área ocupada por el reservorio.



En el tercer método, los autores van más allá de la definición de huella hídrica relacionada con pérdida por evaporación. Se usó una simple balanza hídrica para calcular la huella hídrica tomando en cuenta tanto las entradas como las salidas de agua del reservorio. En este método, el balance hídrico neto considera el agua que sale y entra a la superficie del reservorio, específicamente, la evaporación como salida y la precipitación como entrada. Por lo tanto, el balance hídrico neto se calculó como: Salida - Entrada = Evaporación - Precipitación.

Tal como se esperaba, los cálculos del segundo y tercer métodos fueron menores que el primero y reflejan de una manera más cercana el impacto que el reservorio tiene en el sistema. La diferencia es solo aproximadamente la mitad en la región donde cae menos precipitaciones, dada la consideración de los impactos de las precipitaciones locales en la cuenca de la presa. Sin embargo, el segundo método es solo casi una quinta parte para la región donde cae más precipitación, mientras que el tercer método brinda de manera consistente estimados negativos debido a que las precipitaciones son mayores que la evaporación.

Independientemente del método, se encontró que la huella hídrica promedio y el rango de huella hídrica asociada con las instalaciones generadoras de hidroelectricidad en Nueva Zelanda eran mucho menores que el valor promedio internacional comúnmente citado, concretamente el de Gleick (1994). El estudio de Herath et al resalta las diferencias climáticas locales y las especificidades estructurales en el sistema hidroeléctrico, y la gran variación de los valores de huella hídrica en Nueva Zelanda ilustra lo inoportuno que resulta usar valores promedio globales.

#### ***Temas clave***

La ubicación (precipitación y evaporación) y configuración del sistema tienen un impacto significativo en el uso del agua por unidad de energía generada.

El método usado para reflejar la evaporación tiene profundas consecuencias para los resultados y aquellos que toman en cuenta la vegetación natural o precipitación resultan más apropiados para calcular el impacto real de la hidroelectricidad en los recursos hídricos.

### **3.5.4. Estimando la pérdida de agua por evaporación en la generación de hidroelectricidad**

Tal como lo indican los estudios mencionados líneas arriba, el almacenamiento asociado con la generación de hidroelectricidad resulta en pérdida por evaporación para el sistema. Uno de los indicadores de uso del agua en hidroelectricidad es, por lo tanto, la pérdida de agua por evaporación del sistema por unidad de energía generada.

Si bien existen numerosos enfoques para calcular la pérdida por evaporación por unidad de energía, para el propósito de esta evaluación proponemos que el método para determinar este valor siga cuatro simples pasos:

1. Calcular la pérdida por evaporación de un embalse en base a la evaporación neta
2. Atribuir la pérdida a los diferentes usuarios del embalse
3. Determinar la máxima producción de energía del embalse
4. Calcular la máxima pérdida por evaporación por unidad de energía

#### **Paso 1: Calcular la pérdida por evaporación**

Por lo general se consideran tres enfoques cuando se calcula la pérdida por evaporación de reservorios relacionados con hidroelectricidad: bruto; neto; y evaporación diferencial (descrita más arriba). Los tres enfoques tienen limitaciones. Por ejemplo, la evaporación bruta por sí sola sobreestima el impacto del reservorio porque no toma en cuenta la precipitación sobre la superficie de la represa ni la pérdida por evaporación del área pre-embalse. El enfoque más exacto para determinar el impacto pre-embalse a post-embalse sobre los recursos hídricos es la evaporación total de la superficie del reservorio menos la evapotranspiración total de la vegetación pre-embalse y de los cuerpos de agua en la cuenca de la represa (es decir, evaporación diferencial). Sin embargo, por lo general es muy difícil determinar o acceder a la información necesaria para calcular este valor.

Para fines de esta evaluación peruana, se sugiere que se use la evaporación neta en lugar de la evaporación bruta y la diferencial. Si bien la evaporación neta (evaporación menos precipitación) podría subestimar el impacto del reservorio en el sistema de recursos hídricos, este enfoque por lo general brinda un aproximado razonable para la pérdida por evaporación total.

### **Paso 2: Atribuir la pérdida por evaporación**

Tal como ha sido resaltado, atribuir toda la pérdida por evaporación a la hidroelectricidad para el caso de un reservorio multipropósitos resulta inapropiado. Sin embargo, determinar a quién atribuírsela es un proceso complicado debido a que la forma en que los diversos propósitos, tales como la hidroelectricidad, abastecimiento de agua, control de inundaciones, navegación y recreación, usan el agua proveniente de un reservorio difiere de manera cualitativa. La asignación de agua almacenada (a una garantía determinada) brinda un aproximado básico para el uso relativo de un reservorio.

Se propone el siguiente sistema, simple y en base a reglas, como punto de partida para atribuir pérdidas por evaporación del reservorio entre hidroelectricidad, abastecimiento de agua, navegación y control de inundaciones como usuarios principales de los reservorios:

- La pérdida por evaporación atribuida de un reservorio debería reflejar el porcentaje de asignación de agua en el reservorio (posiblemente ponderado por su aseguramiento para ese usuario a un nivel especificado de confiabilidad).
- Para los reservorios operados para control de inundaciones, el porcentaje de pérdida por abastecimiento de agua producida o en capacidad de generar hidroelectricidad debería indicar la pérdida por evaporación atribuida al control de inundaciones.

Este enfoque no distingue el propósito principal para el cual la represa fue construida, sino más bien el uso actual (o beneficio recibido) de la represa.

### **Paso 3: Generación de energía estimada**

Como la generación de energía está directamente relacionada con la carga estática y el flujo, los menores índices de generación se asocian por lo general con periodos de bajo flujo (durante los cuales el reservorio baja y por lo tanto el área de la superficie y la evaporación asociada decrecen). La información necesaria para desarrollar estas relaciones por lo general no se encuentra disponible, pero es fundamental para la relación entre generación y evaporación asociada con los reservorios que tienen niveles de superficie que fluctúan según la estación. Como resultado, es más práctico usar la máxima energía asociada con la capacidad instalada con el fin de calcular la pérdida por evaporación por unidad de energía generada.



---

**Paso 4: Calcular la pérdida por evaporación por unidad energética**

Usando la información obtenida a través de los pasos 1-3, el cálculo para la pérdida por evaporación por unidad energética generada se vuelve bastante simple. Sin embargo, interpretar este valor final es menos sencillo. Los estudios han presentado una serie de consideraciones y advertencias, todas las cuales conducen hacia tres conclusiones centrales para interpretar los resultados:

- Los cálculos globales brindan indicadores amplios de uso de agua, pero estos deben representarse como rangos en lugar de valores específicos.
- El clima local, el contexto hidrológico, las instalaciones hidroeléctricas, el uso de agua, el contexto ecológico, social y económico resultan fundamentales para interpretar estos rangos.
- La narrativa alrededor de estos aspectos contextuales es por lo general más útil que los valores específicos que se generan.

En consecuencia, se debe tener mucho cuidado cuando se transfieren los resultados de una instalación, cuenca, país o región hacia otra.

## 4. Conclusiones

Dos factores están modelando cada vez más la relación del agua con los sectores agropecuario, doméstico, industrial, minero y energético, el cambio climático por un lado, y el rápido crecimiento económico del país, determinado en gran medida por el impulso en las exportaciones. Ante ello el análisis de las huellas hídricas se presenta como una oportunidad para entender mejor la relación del agua con la economía, el desarrollo y los ecosistemas del país.

Sobre el primer factor, predicciones científicas anticipan una reducción significativa de entre 10% a 20% de las precipitaciones a lo largo del país y una significativa reducción de los recursos hídricos disponibles en la zona costera, lo cual puede traer como consecuencia fuertes impactos en los sectores bajo análisis. En la economía, en cambio, destaca el crecimiento vinculado al sector extractivista con fines de exportación que aun cuando no es el principal aportante al PBI del Perú ni el principal sector usuario del agua, es probable que genere una mayor demanda del recurso hídrico.

Debido a que a nivel mundial y con bastante seguridad a nivel nacional, el sector agropecuario es el que mayor huella hídrica genera (azul y verde), tiene sentido, iniciar el estudio de huella hídrica en el país a partir del análisis de este sector, considerando además que el país cuenta con información suficiente para ello, aunque con ciertas limitaciones a nivel de cuencas específicas así como niveles menores al departamental. Como sugieren estudios realizados en otros países, para este sector se recomienda no incluir la huella gris, en la medida en que se estima es el componente menor de la huella hídrica total y presenta problemas metodológicos que podrían restarle rigurosidad al análisis en conjunto.

En relación a los otros sectores, en vista que los promedios globales de uso de agua indican que el sector industrial suelen estar alrededor del 20% se considera oportuno invertir en la medición de la huella de hídrica para este sector y para el sector minero en el Perú, pues si bien en el país, es posible que este porcentaje sea menor, también es cierto que estos sectores tiene implicancias significativas en la calidad del agua y por lo tanto, de manera más general, en su disponibilidad. Sin embargo, hay que considerar que para ello será necesario afrontar dos retos metodológicos y de información, por un lado, la metodología para la medición de la huella hídrica gris, un componente importante del sector minero y de diversas actividades industriales y, por otro lado, la medición de la huella hídrica de las cadenas de suministros. En ese sentido, y considerando la amplitud del sector industrial y los ejemplos de casos desarrollados en otros países, se recomienda enfocar el análisis de la huella hídrica del sector minero y de algunos subsectores de la industria como el textil y el de producción de bebidas.

Finalmente, es necesario recalcar que si bien no hay ninguna restricción en la factibilidad de la medición de la huella hídrica para algún sector en particular, antes de iniciar un trabajo de esta naturaleza, es necesario definir adecuadamente el objetivo de dicho estudio y las consideraciones metodológicas que se requieren para resolver las limitaciones en la información disponible.



REPORTE # 3:

# Huella Hídrica del Perú

## Sector Agropecuario

WWF PERÚ  
Marzo, 2015



---

**Equipo técnico:**

Guy Pegram

Sarah Conyngam

Stuart Orr

Camila Germana

Cecilia Alvarez

Juan Carlos Riveros

Carlos Llerena Pinto

Eric Rendón

Cayo Ramos

Ximena Gómez

## CONTENIDO

Lista de tablas .....	4
Lista de figuras .....	5
Presentación .....	7
Propósito de este documento .....	8
Resumen ejecutivo .....	9
1. Huella Hídrica: <i>¿Por qué un indicador más?</i> .....	11
2. Huella hídrica del Perú. <i>Un país exportador que importa agua</i> .....	15
2.1. Huella hídrica de la producción nacional.....	16
2.2. Huella hídrica del consumo nacional.....	18
2.3. Huella hídrica del comercio .....	19
3. Huella hídrica del sector agropecuario peruano: <i>La base de nuestra economía y el principal usuario del agua</i> ..	22
3.1. Huella hídrica de la producción agropecuaria .....	23
Caso 1: Región Piura: <i>producción en el desierto</i> .....	33
Caso 2: Producción de arroz en Piura y San Martín .....	37
3.2. Huella hídrica del consumo agropecuario .....	40
3.3. Huella hídrica de las exportaciones agropecuarias .....	42
Caso 3: Sostenibilidad de la cuenca del río Ica.....	45
3.4. Huella hídrica de las importaciones agropecuarias.....	51
3.5. Balance de agua virtual.....	55
Caso 4: La fibra de algodón y la industria textil del Perú .....	59
4. Huella hídrica del consumo en Lima: <i>Rastreado el agua de Lima a lo largo del país</i> .....	61
4.1. Consumo agropecuario de Lima .....	62
4.2. Huella hídrica del consumo agropecuario en Lima .....	65
Caso 5: Huella hídrica del ceviche .....	70
Caso 6: Huella hídrica del lomo saltado .....	71
4.3. Abastecimiento de agua y energía en Lima.....	72
5. Reflexiones finales: <i>un futuro inteligente para el agua del Perú</i> .....	75
Anexo 1: Metodología del cálculo de la huella hídrica agrícola .....	78
Anexo 2: Referencias y fuentes de datos .....	85
Anexo 3: Glosario.....	89
Anexo 4: Resultados de la HH por cultivo (tablas, gráficos y mapas).....	90



## Lista de tablas

Tabla 1 Huella hídrica nacional del Perú.....	16
Tabla 2 Huella hídrica de los principales productos agropecuarios del Perú.....	22
Tabla 3 Lista de productos agropecuarios seleccionados para análisis de Huella Hídrica Agropecuaria.....	22
Tabla 4 Valores de huella hídrica verde, azul y total de los cultivos en Perú.....	27
Tabla 5 Valores de uso hídrico y calórico de cultivos en Perú.....	28
Tabla 6 Canasta familiar de productos agrícolas en el Perú.....	40
Tabla 7 Productos de exportación e importación principal basada en valores en 2013.....	57

## Lista de figuras

Figura 1 Componentes de una huella hídrica .....	11
Figura 2 Esquema de Contabilidad de la Huella Hídrica Nacional .....	13
Figura 3 Distribución del agua y población en las vertientes del Perú.....	15
Figura 4 Huella hídrica de la producción nacional en hm <sup>3</sup> /año .....	16
Figura 5 Huellas hídricas de la producción nacional.....	17
Figura 6 Comparación de la huella hídrica per cápita de producción por país, 1996-2005 .....	18
Figura 7 Huella hídrica del consumo nacional en hm <sup>3</sup> /año .....	18
Figura 8 Divisiones de la huella hídrica del consumo nacional .....	19
Figura 9 Exportaciones e Importaciones peruanas de bienes .....	19
Figura 10 Huella hídrica de las Exportaciones e Importaciones peruanas .....	20
Figura 11 Comparación mundial de las huellas hídricas de consumo y producción, y precipitaciones .....	20
Figura 12 Ubicación y distribución de la producción de los cultivos seleccionados .....	24
Figura 13 Huellas hídricas de la producción por categoría de cultivos, 2008-2012. ....	25
<b>Figura 14 Huella Hídrica de la producción de los principales cultivos del país y su ubicación (2008-2012) .....</b>	<b>26</b>
Figura 15 Huella hídrica de principales productos agrícolas .....	27
Figura 16 Ubicación y distribución de la producción del ganado vacuno y de pollos a nivel nacional, 2012 .....	29
Figura 17 Huella hídrica promedio de la carne de pollo y huevos (2008-2012).....	30
Figura 18 Huella hídrica de ganado vacuno (2008-2012) .....	31
Figura 19 Distribución por regiones de la huella hídrica de los productos agropecuarios seleccionados .....	32
Figura 20 Huellas hídricas de producción en Piura.....	33
Figura 21 Requisitos de agua azul en Piura .....	33
Figura 22 Sistema Hídrico Piura-Chira .....	34
Figura 23 Caudal promedio de los ríos Piura-Chira .....	34
Figura 24 Caudal promedio de los ríos Piura-Chira año seco 2004 .....	35
Figura 25 Huella Hídrica promedio en m <sup>3</sup> /t de cultivos producidos tanto en Piura como en San Martín .....	36
Figura 26 Huellas hídricas por tonelada de arroz producida en distintas regiones del Perú .....	37
Figura 27 Huellas hídricas de la producción de arroz en distintas regiones del Perú .....	37
Figura 28 Variaciones estacionales en las huellas hídricas para la producción de arroz en Piura .....	38
Figura 29 Huella hídrica del arroz en el Perú y otros países productores del mundo.....	39
Figura 30 Huella hídrica de la canasta familiar de productos agropecuarios en el Perú .....	41
Figura 31 Huellas hídricas de la exportación de cultivos seleccionados (todos los destinos).....	42
Figura 32 Huellas hídricas de las exportaciones según principales destinos en hm <sup>3</sup> /año.....	43
Figura 33 Huellas hídricas anuales de las exportaciones según principales destinos en hm <sup>3</sup> .....	44
Figura 34 Balance de masas del suministro y demanda de agua de Ica.....	45
Figura 35 Balance de masas proyectado del acuífero de Ica.....	46
Figura 36 Huella hídrica agrícola y oferta natural disponible durante el año en la cuenca alta del río Ica .....	47
Figura 37 Huella hídrica agrícola y oferta natural disponible durante el año en la cuenca baja del río Ica.....	47
Figura 38 Productividad aparente del agua azul .....	48
Figura 39 Productividad aparente del agua verde. ....	48
Figura 40 Huella hídrica agrícola y empleo.....	49
Figura 41 Huellas hídricas de la producción de espárragos, alcachofas y paltas en las principales regiones.....	50
Figura 42 Balanza comercial histórica del Perú .....	51



Figura 43 Valor de los principales cultivos importados y exportados .....	52
Figura 44 Huellas hídricas de las importaciones según origen en hm <sup>3</sup> /año .....	53
Figura 45 Huellas hídricas anuales de las importaciones según origen en hm <sup>3</sup> .....	54
Figura 46 Importaciones históricas de aceite y torta de soya al Perú y producción de pollos .....	55
Figura 47 Flujo virtual de importaciones y exportaciones de los principales productos agropecuarios del Perú .....	56
Figura 48 Huellas hídricas promedio de la importación y exportaciones .....	58
Figura 49 Volúmenes históricos peruanos de importación y producción de fibra de algodón y precio del algodón .....	59
Figura 50 Huellas hídricas de la producción de algodón por región .....	60
Figura 51 Huella hídrica agropecuaria de Lima en relación a la Huella hídrica agropecuaria nacional .....	62
Figura 52 Consumo de Lima Metropolitana y nacional de los productos agropecuarios de la canasta básica .....	63
Figura 53 Consumo e ingreso de productos nacionales a Lima Metropolitana .....	64
Figura 54 Comercio interno y huella hídrica anual de los principales productos agropecuarios consumidos en Lima Metropolitana.....	65
Figura 55 Composición de la Huella Hídrica de los principales productos consumidos en Lima provenientes de otras regiones del país.....	66
Figura 56 Porcentaje de Huella Hídrica de los principales productos agropecuarios consumidos en Lima versus ...	66
Figura 57 Flujos de agua virtual verde y azul que ingresan a Lima del resto del país, hm <sup>3</sup> /año .....	68
Figura 58 Huella hídrica de la canasta básica de productos agropecuarios en Lima .....	69
Figura 59 Huella hídrica de principales ingredientes del ceviche.....	70
Figura 60 Huella hídrica de principales ingredientes del lomo saltado.....	71
Figura 61 Fuentes de abastecimiento de agua potable en Lima metropolitana.....	72
Figura 62 Generación de electricidad según región y tipo .....	73
Figura 63 Producción y consumo de electricidad en Lima y Perú, 2013 .....	74



## Presentación

Para ser elaborado por la Autoridad Nacional del Agua.



## Propósito de este documento

WWF, en colaboración con la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), a solicitud de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) presenta este estudio que mide y analiza la huella hídrica del Perú con énfasis en el sector agropecuario.

Nuestro objetivo es contribuir a la mejora de la sostenibilidad global del uso del agua mediante el conocimiento de la huella hídrica del sector agropecuario, para ello a lo largo del documento se analiza la huella hídrica desde distintas perspectivas que incluyen:

El uso del agua en la economía del Perú, en la producción, el consumo y el comercio internacional

El uso del agua en el sector agropecuario, en la producción, el consumo, las exportaciones y las importaciones

La relación de mutua dependencia de Lima con el resto del país, a través de los flujos de agua virtual en la economía, principalmente en el sector agropecuario.

Ejemplos de la huella hídrica de 16 productos importantes en términos de producción para consumo interno, exportación e importación, de la huella hídrica de una región donde la alta producción y la escasez de agua puede significar un riesgo para la producción y la medición de la huella hídrica en una cuenca y su sostenibilidad.

La necesidad de definir acciones a ser tomadas por el gobierno, el sector corporativo y la sociedad civil tomando en cuenta los resultados de la huella hídrica del sector agropecuario.

La intención de este documento es iniciar el debate en el Perú sobre el rol del agua en la economía, a través de la cuantificación y análisis de la huella hídrica del Perú con énfasis en el sector agropecuario. A partir de ello esperamos involucrar a tomadores de decisión, empresarios y ciudadanos en una visión amplia y no tradicional sobre el consumo de agua en el Perú. Al tiempo que esperamos que los resultados presentados en este documento aporten a la definición de estrategias para la sostenibilidad del recurso hídrico, la formulación de propuestas y estrategias de orden multisectorial, incluyendo al sector público y privado, orientadas a mejorar la sostenibilidad de los recursos hídricos.



## Resumen ejecutivo

La huella hídrica es el volumen de agua usado para producir un producto, sumando los requerimientos a lo largo de su cadena de producción. Este concepto es relativamente nuevo, se utilizó por primera vez en el 2002 como un indicador alternativo a las estadísticas tradicionales de consumo de agua. Hoy en día se utiliza el enfoque de huella hídrica para analizar el uso de agua a nivel nacional, a nivel de un sector económico, una empresa, un producto o una cuenca. Sin embargo, al ser un concepto relativamente nuevo, todavía hay mucho por desarrollar al respecto.

Este documento consta de cinco secciones además de esta introducción, la primera presenta brevemente el concepto de huella hídrica como es entendido por WWF y la Red Internacional de Huella Hídrica (WFN, por sus siglas en inglés), de la cual WWF es miembro fundador. Los capítulos 3, 4 y 5 presentan el análisis de la huella hídrica para distintos ámbitos. Primero un análisis general de la huella hídrica del Perú, considerando tanto la producción y consumo nacional como el comercio internacional (importaciones y exportaciones). El capítulo 4 se centra en el análisis específico de la huella hídrica agropecuaria, considerando la producción, exportaciones e importaciones e ilustrando el análisis con información específica de 16 productos agropecuarios seleccionados. El capítulo 5 está dedicado específicamente a la región Lima, buscando mostrar la relación de mutua dependencia entre la ciudad capital y el resto del Perú a través de los flujos de agua en la economía, principalmente en el sector agropecuario.

Finalmente presentamos algunas reflexiones dirigidas de forma específica al gobierno peruano, al sector corporativo y a la sociedad civil sobre la importancia, aplicación y medidas a tomar en cuenta respecto de estos resultados.

A lo largo del documento se presenta una serie de estudios de caso que busca ejemplificar con datos concretos el análisis de nivel nacional. El primer caso, se refiere a la producción en la región Piura y tiene por objetivo ejemplificar la situación de la producción agrícola en el país, cuyo mayor volumen y mayor contribución económica se encuentra en la zona costera donde paradójicamente el agua es escasa. El segundo caso, se refiere a la producción de arroz en las regiones de Piura y San Martín - también dentro del capítulo de la huella hídrica de la producción agropecuaria - este caso ilustra cómo la huella hídrica podría ser utilizada para informar la toma de decisiones sobre donde producir un determinado cultivo, siendo además interesante el caso del arroz por ser uno de los componentes más importantes de la dieta peruana. Para el tercer caso, el análisis de la sostenibilidad, se eligió trabajar en la cuenca del río Ica por ser el valle de Ica uno de los valles históricamente más importantes en términos agrícolas en el Perú, donde además se tiene un nivel bastante detallado de datos, no muy usual para el Perú. Este caso, se incluye dentro del capítulo de la huella hídrica de las exportaciones agropecuarias, pues es justamente en este valle donde se produce la mayor parte del espárrago exportado que constituye el cultivo de exportación con más alta huella hídrica del Perú, estos estudios de caso se definieron a partir de una serie de criterios relacionados con los volúmenes y superficies de producción, el destino de la producción y en el caso particular de Ica la problemática del uso del acuífero. Finalmente, el documento presenta a manera de ejemplo, la composición de la huella hídrica de dos platos típicamente limeños, el ceviche y el lomo saltado, con el fin de ejemplificar de manera comunicacional cómo ingresa agua virtual a Lima a través de los productos agrícolas provenientes del resto del país.

Nuestros resultados indican que la huella hídrica del consumo nacional llega a ser más de 30 mil millones de metros cúbicos anuales en promedio, siendo la producción nacional responsable del 65% de este volumen. Esta huella hídrica está compuesta principalmente por agua verde (58%), agua azul (28%) y agua gris (15%), tendencia



que también se presenta en la composición de las huellas hídricas de producción, exportaciones e importaciones. Aproximadamente el 76% de la huella hídrica nacional total de la producción se asocia con el sector agropecuario, que es el único sector usuario del agua verde y el mayor usuario del agua azul, y dado el contexto geográfico del Perú, la mayor parte de este uso del agua está concentrado en la desértica región costera.

El análisis de la huella hídrica del sector agropecuario del país se centró en 16 productos que caracterizan la producción, el consumo interno, exportaciones e importaciones nacionales: pollo y huevos, leche y alfalfa, papa, arroz, caña de azúcar, ganado vacuno, maíz, soya, trigo, algodón, alcachofa, espárrago, uva, quinua, palta y café.

En total, los cereales y los cultivos comerciales conformaron la fracción más grande de la huella hídrica de la producción agrícola en el Perú. Los cinco cultivos con mayor huella hídrica son el café, la papa, el arroz, alfalfa y la caña de azúcar, siendo los tres últimos los de mayor requerimiento de agua azul y a su vez los de menor valor económico. Sin embargo, los requisitos de agua azul y verde varían considerablemente por región y de acuerdo con el tipo de clima y el volumen de producción. Al analizar las huellas hídricas desde una perspectiva económica, la decisión de desarrollar cultivos de riego intensivo y de bajo valor económico en regiones con escasez de agua no parece ser viable.

Por otro lado el ganado es un componente importante de la producción agropecuaria del Perú, sin embargo, parte de los componentes de su alimentación es importada, con lo cual parte de la huella hídrica de su producción corresponde a la huella hídrica de las importaciones.

Si bien el Perú exporta más productos agrícolas de los que importa, en términos de huella hídrica el volumen de agua virtual agrícola exportada es aproximadamente dos tercios del tamaño de la huella hídrica de las importaciones agrícolas. Sin embargo, la composición relativa de estas huellas hídricas comerciales es notablemente diferente, la huella hídrica de las exportaciones tiene una proporción mucho más alta de agua azul, que la huella hídrica de las importaciones, lo que indica que el país está exportando cultivos de riego intensivo.

La huella hídrica de Lima corresponde en promedio a un tercio de la huella hídrica del Perú, esta cifra depende de la procedencia de los productos que consume. Los productos que ingresan a Lima metropolitana en mayor volumen no son los responsables de los mayores ingresos de flujos de agua. El azúcar es el producto que ingresa a la capital en mayor volumen, sin embargo es el arroz es el producto responsable de la mayor huella hídrica del consumo de la capital.

Un porcentaje importante de los productos agropecuarios consumidos en la ciudad proviene de la región, de ellos casi el 90% de los cultivos utiliza agua de riego, en consecuencia, la ciudad depende de la agricultura producida en las provincias de la región. Por otro lado, en las zonas altas de la cuenca del río Rímac se ubican una serie de centrales hidroeléctricas que generan electricidad para la red nacional. En el año 2013, las plantas hidroeléctricas ubicadas en la región Lima produjeron más de 5,000GWh, equivalente aproximadamente al 13% de la producción eléctrica nacional; mientras que la región consume cerca de 16 000 GWh, es decir 44.4% del consumo eléctrico nacional. Los desafíos de abastecimiento y calidad de agua no son nuevos en Lima, sin embargo, conforme siga creciendo la población metropolitana y aumenten las demandas de agua, alimentos y electricidad, también se agudizarán estos desafíos.

## 1. Huella Hídrica: ¿Por qué un indicador más?

### ¿De dónde nace el concepto de huella hídrica?

El concepto de huella hídrica fue usado por primera vez en el año 2002 por Arjen Hoekstra del Instituto para la Educación en Agua de la UNESCO y fue luego desarrollado por la Universidad de Twente en los Países Bajos y por la Red de Huella Hídrica (WFN por sus siglas en inglés). El concepto de huella hídrica fue propuesto como un indicador alternativo a la medición de uso de agua, que a diferencia de las estadísticas tradicionales que sólo consideran el uso de agua de consumo, se refiere al volumen de agua usado para producir un producto, sumando los requerimientos a lo largo de la cadena de producción.

Desde un inicio, los estudios de huellas hídricas nacionales se centraron en ilustrar los flujos de agua entre países a través del comercio; sin embargo, luego de los primeros análisis quedó claro que debía incluirse el contexto local del uso de agua para entender los impactos y retos que surgen al enmarcar la huella hídrica entre otros indicadores ambientales, sociales y económicos que deben considerarse al analizar las ventajas y desventajas del comercio para un país.

### ¿Qué es la huella hídrica?

A diferencia de conceptos similares como la huella de carbono, la huella hídrica toma en cuenta el hecho de que el agua es un recurso local y por lo tanto un análisis del uso de este recurso debe estar vinculado a un lugar determinado. El uso de agua en un lugar con abundancia de agua es muy distinto al uso de agua en un lugar con escasez de agua; igualmente, el uso del agua proveniente de lluvias en un lugar con escasez de agua es también muy distinto del uso del agua superficial en ese mismo lugar. Por lo tanto, a diferencia de lo que ocurre con la huella de carbono, un dato de huella hídrica debe ser analizado y entendido teniendo en cuenta de dónde proviene el agua y dónde es consumido el producto resultante.

Para un mejor entendimiento de lo que implica la huella hídrica, esta se divide en:

Huella hídrica verde: es el agua de lluvia almacenada en el suelo y utilizada por las plantas a través de la evapotranspiración.

Huella hídrica azul: es el volumen de agua superficial o subterránea evaporada o perdida en el sistema.

Huella hídrica gris: es el volumen teórico de agua requerido para diluir la contaminación por descarga de desechos y por flujo de retorno.

La combinación de los componentes clave de la huella hídrica se ilustra en la Figura 1



Figura 1 Componentes de una huella hídrica

(Fuente: Manual de evaluación de Huella Hídrica, Hoekstra et al., 2011).

## ***¿En qué casos se ha utilizado la medición de la huella hídrica?***

Las primeras mediciones de huella hídrica fueron realizadas para ilustrar los flujos de agua entre países a través del comercio de productos industriales y agrícolas. Estos estudios fueron útiles para ilustrar los flujos virtuales de agua hacia dentro y fuera de los países con el fin de comprender los requisitos directos y de suministro de agua necesarios para mantener el consumo de un país. Desde estos primeros análisis de **huella hídrica nacionales**, el concepto de huella hídrica ha ganado terreno en otras áreas, incluyendo el sector privado, donde se ha medido la **huella hídrica de productos y empresas**, así como también para **commodities** con el fin de ayudar a las empresas a entender el mercado de suministro. Asimismo, se han calculado huellas hídricas de las **cuencas** en un esfuerzo por influenciar políticas de uso del recurso hídrico.

En cualquier región, y en particular en aquellas con escasez de agua, la medición de la huella hídrica y su análisis resulta sumamente útil para informar de manera eficiente sobre el uso del agua, generar conciencia sobre la necesidad de un uso adecuado y fomentar el diálogo entre los distintos sectores del gobierno y la población para llegar a propuestas de un mejor uso. En ese sentido, la medición de huella hídrica debe partir de un objetivo claro, pues la forma de medición y el enfoque del análisis podrá variar, dependiendo del uso que se le pretenda dar. Además es necesario aclarar que la huella hídrica es una herramienta aún en desarrollo y todavía quedan muchas preguntas conceptuales y metodológicas por resolver.

Considerando el enfoque de este documento, a continuación explicamos de forma esquemática cómo se mide la huella hídrica de un país y cómo la de un producto agrícola.

## ***¿Cómo se mide la huella hídrica de un país?***

El marco teórico para la contabilidad de la huella hídrica nacional implica una serie de sumas del agua consumida en el país y restas del agua que se exporta del país para su consumo en el extranjero. Mientras que los términos “huella hídrica” y “agua virtual” son sinónimos por definición, se utiliza más el término “huella hídrica” para hacer referencia a la cantidad de agua que se utiliza localmente, mientras que “agua virtual” se emplea sobre todo para hacer referencia a las cantidades de agua que son “importadas” o “exportadas” al comercializarse productos de un país a otro.

La Figura 2 ilustra una serie de formas de entender las huellas hídricas para un país y de ello resulta evidente que:

La huella hídrica de consumo nacional es distinta a la huella hídrica al interior del territorio de un país.

La huella hídrica al interior de un país es igual a la huella hídrica de la producción nacional, que se define como el volumen de agua dulce total consumida o contaminada al interior del territorio nacional, como resultado de las actividades económicas de dicho país.

La huella hídrica del consumo nacional es el volumen total de agua dulce que se usa para producir bienes y servicios consumidos por los habitantes de un país e incluye la suma de la huella hídrica interna y externa del consumo nacional.

La huella hídrica interna de consumo se define como el uso de recursos hídricos nacionales para producir bienes y servicios consumidos por la población del país; es el resultado de la huella hídrica dentro del país, menos el volumen de agua virtual exportada a otros a través de la exportación de productos producidos con recursos hídricos nacionales.

La huella hídrica externa del país se define como el volumen de recursos hídricos usado en otros países para producir bienes y servicios consumidos por la población en el país; es igual a la importación de agua virtual al país menos el volumen de re-exportación de agua virtual a otros países como resultado de la producción y exportación de productos que utilizan materia prima importada.

El agua virtual de las exportaciones de un país consiste en la suma del agua que exporta de origen doméstico y agua re-exportada de origen extranjero.

El agua virtual de las importaciones a un país corresponde al agua consumida en el país incluida en los productos de importación, y puede ser re-exportada en parte. La suma del agua virtual importada a un país y la huella hídrica dentro, esta suma se conoce como presupuesto de agua virtual de un país.

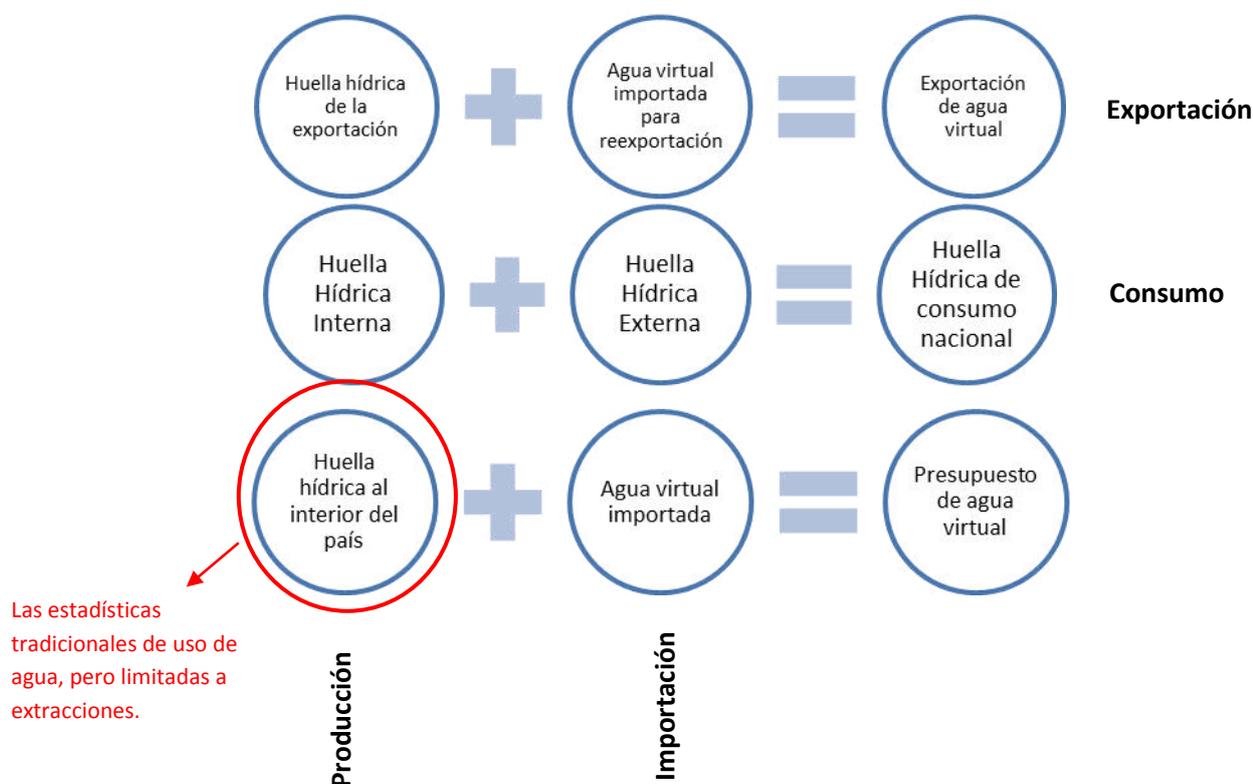


Figura 2 Esquema de Contabilidad de la Huella Hídrica Nacional

(Fuente: Mekonnen et al., 2011).

### ¿Cómo se mide la huella hídrica de un producto agrícola?

La huella hídrica de un cultivo está íntimamente ligada al lugar donde este se produce, es por ello que para calcular la huella hídrica de un cultivo se requiere conocer la altitud y las coordenadas geográficas del lugar donde se cultiva, así como dos series de datos; por un lado aquellos referidos a las condiciones meteorológicas del lugar donde se produce el cultivo (temperatura mínima y máxima, humedad relativa, velocidad del viento y precipitación, todas referidas a promedios mensuales). Por otro lado, es necesario contar con datos del propio cultivo: fechas de siembra y cosecha, volúmenes de producción anual y rendimiento promedio anual. La metodología propuesta por la WFN establece dos posibles escenarios, uno en base al crecimiento óptimo que supone el uso de agua de acuerdo a las necesidades propias del cultivo y la otra que se basa en datos reales de crecimiento, para lo cual además se deberá considerar datos de irrigación que, según el caso, pueden estar por encima o por debajo del requerimiento óptimo. Para el detalle de la metodología de cálculo de la huella hídrica de un cultivo, ver anexo 1.

Con el fin de estandarizar el cálculo de la huella hídrica, la Organización Internacional de Normalización (ISO) ha establecido en el 2014, el estándar ISO 140461 que establece principios, requisitos y directrices relacionadas con la evaluación de la huella hídrica de productos, procesos y organizaciones basado en la metodología de la

<sup>1</sup> Información tomada de la página web de la Organización Internacional de Normalización ([www.iso.org](http://www.iso.org))



---

“evaluación del ciclo de vida”, es decir considerando las etapas de extracción, producción, distribución, uso y desecho. Si bien una evaluación de huella hídrica bajo este estándar puede ser realizada de manera individual, donde sólo se consideran los impactos relacionados al agua, también puede ser parte de un ciclo de vida mayor donde se miden una serie de impactos ambientales no sólo relacionados al agua.

## 2. Huella hídrica del Perú. Un país exportador que importa agua

El Perú es un país de diferencias hidrológicas extremas, mientras que la zona occidental está marcada por la dinámica propia de la cuenca Amazónica, es decir altos niveles anuales de precipitación y abundantes recursos hídricos disponibles para su uso (cerca del 98% del agua disponible en el Perú), en la región occidental se encuentra la vertiente del Pacífico, cuyas 62 cuencas se caracterizan por la poca oferta agua. En esta región se concentra alrededor del 63% de la población nacional, pero sólo tiene el 2% de los recursos hídricos del país. Una tercera vertiente es la del Lago Titicaca, al sur del país que contiene cerca del 0.3% del agua disponible en el Perú y el 4% de la población (Figura 3).



Figura 3 Distribución del agua y población en las vertientes del Perú

(Fuente: Elaboración propia según datos de ANA, 2013)

En este capítulo presentamos el análisis de la huella hídrica de la producción, del consumo y del comercio internacional (exportaciones e importaciones), cuyo resumen se puede ver en la Tabla 1. De estos datos es evidente que nuestro consumo requiere más agua del que utilizamos en la producción, de allí que podamos decir que en términos de agua somos un país importador neto.

Tabla 1 Huella hídrica nacional del Perú

HH nacional (hm <sup>3</sup> /año)	HH verde	HH azul	HH gris	HH total
HH de producción	12,447	9,403	4,482	26,332
HH de exportación	3,279	1,616	519	5,414
HH de importación	9,542	572	1,145	11,259
HH de consumo	18,710	8,528	4,980	32,218

Elaboración propia en base a datos de MINAGRI (2008-2012), ANA (2012), INEI, WFN 2005, Banco Mundial (2012).

## 2.1. Huella hídrica de la producción nacional

La demanda hídrica nacional del Perú proviene de dos tipos de uso, consuntivo (agrícola, vivienda, industria y minería) y no consuntivo (energía y pesquería). Si bien los sectores productivos que más aportan al PBI nacional son la industria (15%), la minería e hidrocarburos (12%), comercio (11%), construcción (7%) y la agricultura (5%) (INEI, 2013), esto cambia significativamente cuando hablamos de uso del agua. En el Perú, como en la mayoría de los países del mundo, el sector agropecuario es el sector dominante en el uso del agua, generando el 90% de la huella hídrica de la producción nacional.

El Ministerio de Agricultura y Riego ha clasificado la agricultura del país en cuatro tipos: producción de subsistencia, pequeños negocios rurales, producción comercial, agro-exportación y agricultura intensiva (MINAGRI, 2012). La agricultura rural es el sostén de aproximadamente el 30% de los hogares peruanos, en el ámbito rural esto significa 80% de los hogares rurales y en el ámbito urbano esta cifra se traduce en 10% de los hogares urbanos (Libélula, 2011), generando aproximadamente el 5,3% del PBI nacional (INEI, 2013), por otro lado el sector pecuario aporta a estas cifras principalmente con la producción de aves, ganado vacuno, leche fresca, huevos y ganado porcino.

En la mayoría de los países, el sector agropecuario es el sector dominante del uso del agua, y el Perú no es una excepción ya que aproximadamente el 90% de la huella hídrica nacional total de la producción se asocia con este sector, que comprende el uso de agua para la producción de cultivos y la crianza de ganado. La Figura 4 ilustra la huella hídrica por sector de la producción en el Perú. Las huellas hídricas de la producción del sector industrial y minero, al igual que del sector vivienda, son considerablemente menores (5% aproximadamente del total de la huella hídrica de la producción del país cada uno).

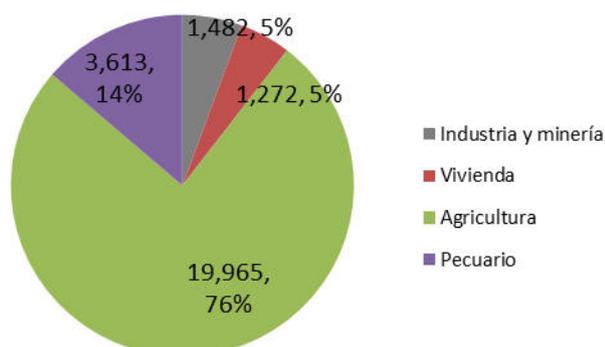


Figura 4 Huella hídrica de la producción nacional en hm<sup>3</sup>/año

(Elaboración propia según datos de SENAMHI, MINAGRI, WFN)

Si además vemos la huella hídrica de cada sector según su composición (verde, azul y gris) (Figura 5) vemos que el sector agropecuario es el único “usuario” del agua verde y el mayor usuario del agua azul que, dado el contexto geográfico del Perú, proviene en su mayor parte de la desértica región costera. El sector doméstico es el segundo mayor usuario de agua azul, principalmente para el suministro de agua potable; sin embargo hay que tener en cuenta que la huella hídrica sólo contabiliza el agua que es consumida y no aquella que es devuelta al sistema. La huella hídrica azul del sector minero e industrial, es sólo una pequeña porción del total de la huella hídrica azul de la producción del país, ello debido a que la mayor porción del agua utilizada en la producción es devuelta al sistema. En la mayoría de los casos, el agua que es utilizada en la producción pero posteriormente devuelta al sistema, es considerada agua gris.

En cuanto a la huella hídrica gris, de acuerdo a los resultados del presente estudio, el 10% de la huella hídrica del sector agropecuario corresponde a la huella gris, ello se debe al uso de agroquímicos que contaminan las aguas de escorrentía y que requieren de altos volúmenes de agua para ser diluidos. En el caso del sector doméstico, el agua gris forma más de la mitad del total de la huella hídrica del sector, esto se debe en gran medida a los bajos niveles de cobertura de sistemas de tratamiento de aguas residuales en el Perú. En el caso de los sectores minero e industrial, la huella gris conforma casi el 90% de su huella hídrica total.

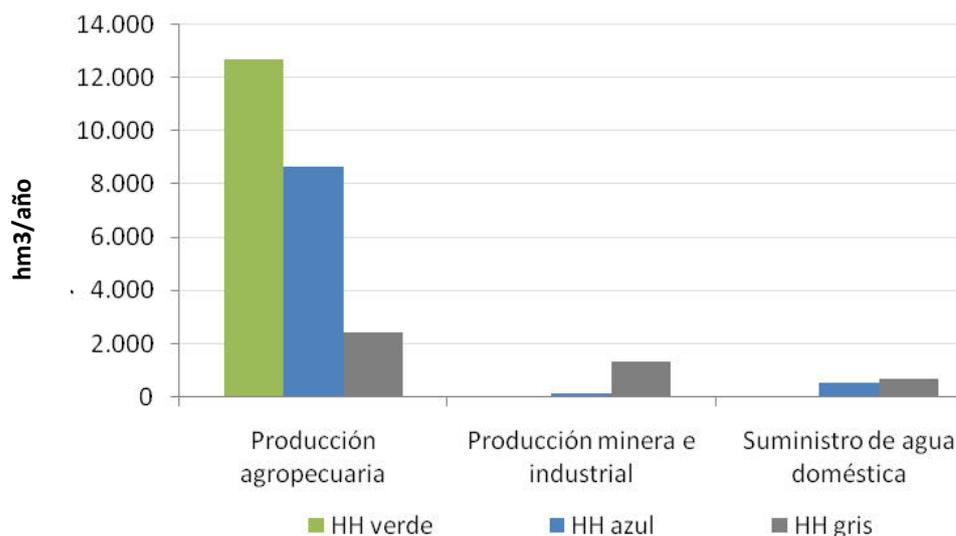


Figura 5 Huellas hídricas de la producción nacional

(Elaboración propia según datos de WFN, SENAMHI, MINAGRI)

Es importante tener en cuenta que una huella hídrica grande no necesariamente implica prácticas incorrectas de manejo del agua, ello depende del contexto de donde proviene el agua. En el Perú por ejemplo, dado que la mayor parte de la producción se realiza en la costa donde el agua es escasa, se considera inteligente generar una producción de baja demanda de agua y alto valor económico, por lo cual tiene sentido económico utilizar la escasa agua disponible para la generación de productos de exportación. Al comparar la utilización de agua en Perú para la producción anual per cápita<sup>2</sup> con la de otros países (Figura 6) se puede ver que en relación con

<sup>2</sup>Estos datos se basan en promedios del período 1996-2005, por lo que es probable que sean menores que los promedios actuales debido al crecimiento poblacional y económico y a los cambios de estilo de vida en los últimos años.

algunos países vecinos, el uso de agua per cápita de la producción en el Perú es considerablemente menor, incluso menor que el promedio mundial.

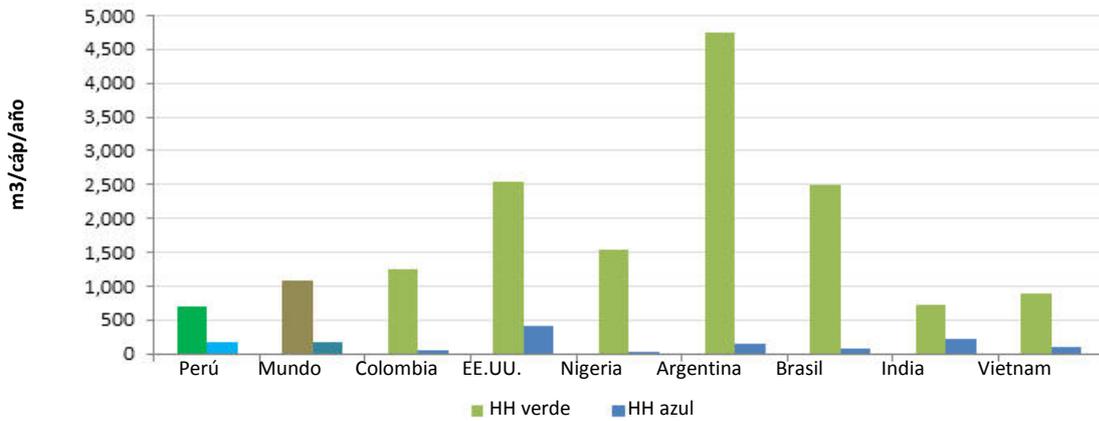


Figura 6 Comparación de la huella hídrica per cápita de producción por país, 1996-2005

(Elaboración propia según datos de WFN)

## 2.2. Huella hídrica del consumo nacional

Una mirada rápida a la huella hídrica del **consumo** en el Perú por sector muestra que su composición es proporcionalmente similar a la huella hídrica de la **producción**, donde el sector agrícola domina el uso del agua tanto azul como verde (Figuras 7 y 8). Sin embargo, la magnitud de la huella hídrica de producción es casi 15% menor que la del consumo, lo que indica que el país requiere de las importaciones para cubrir la brecha de las importaciones para satisfacer sus demandas de consumo. Aun así, es necesario precisar que la huella hídrica del consumo se basa en gran medida en el consumo de productos nacionales (huella hídrica de la producción) con una porción pequeña adicional de productos importados (agua virtual).

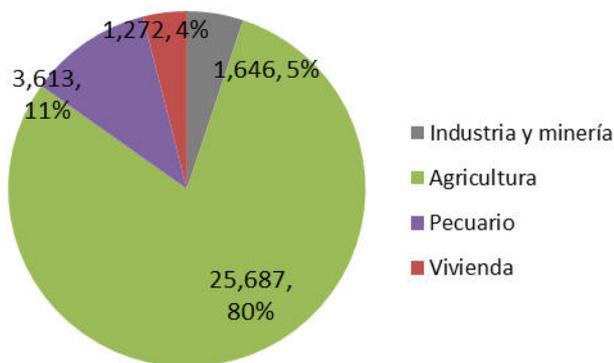


Figura 7 Huella hídrica del consumo nacional en hm3/año

(Elaboración propia según datos de SENAMHI, WFN)

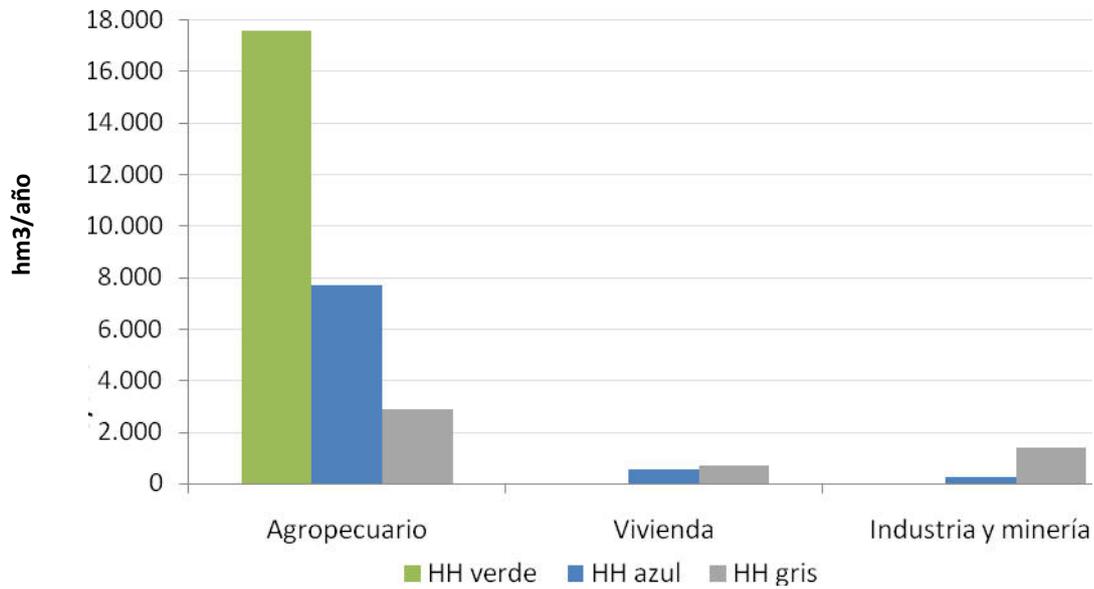


Figura 8 Divisiones de la huella hídrica del consumo nacional  
(Elaboración propia según datos de SENAMHI, WFN)

### 2.3. Huella hídrica del comercio

Con excepción de un corto período de tiempo después de la crisis económica mundial del 2008/2009, tanto el volumen como el valor de las importaciones y las exportaciones del Perú se han incrementado en la última década (Figura 9), aunque siempre con una tendencia a mayores volúmenes de exportaciones que importaciones. Esto nos clasifica como un país exportador neto en materia de comercio.



Figura 9 Exportaciones e Importaciones peruanas de bienes

(Fuente INEI, 2014)



En términos de huella hídrica, la brecha entre las importaciones y las exportaciones es aún más grande (Figura 10); al calcular la huella hídrica del consumo nacional y compararla con la huella hídrica de la producción, vemos la magnitud de la huella hídrica de producción es casi 15% menor que la del consumo, lo que indica que el país depende de las importaciones para satisfacer sus demandas de consumo al igual que varios de los países con economías bastante desarrolladas.

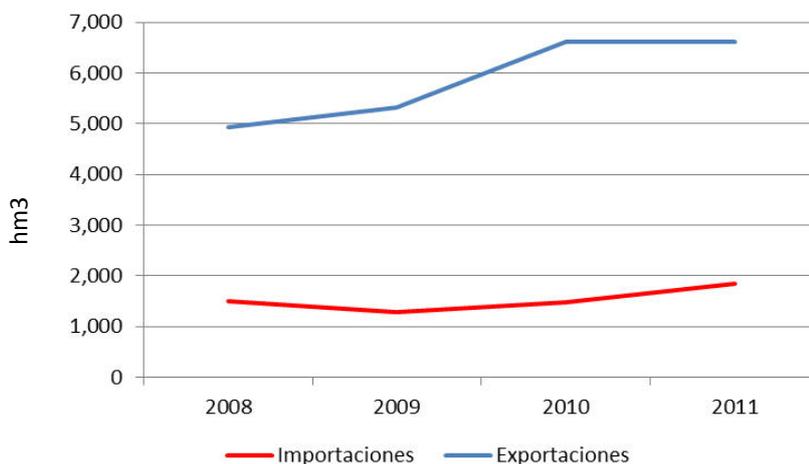


Figura 10 Huella hídrica de las Exportaciones e Importaciones peruanas  
(Elaboración propia según datos de FAO y WFN)

En efecto, conforme los países se desarrollan, tienden a alejarse de las economías basadas en la agricultura primaria, aumentando los niveles de manufacturación y dando valor agregado a la producción. Por otro lado, también es común que a medida que los ingresos mejoran, los niveles de consumo aumenten ocasionando la necesidad de una mayor oferta a fin de satisfacer la creciente demanda. Por tanto, conforme los países continúan desarrollándose hay tendencia a que se presente una mayor dependencia de agua externa a través de la importación de productos. Esto se puede observar en la Figura 11 donde se aprecia que países más desarrollados como Francia, Suiza y el Reino Unido tienen huellas hídricas de consumo mayores que de producción. Los EE.UU. y Australia son una excepción pues a pesar de tener economías desarrolladas, son todavía grandes productores y exportadores de productos agrícolas de alto consumo de agua.

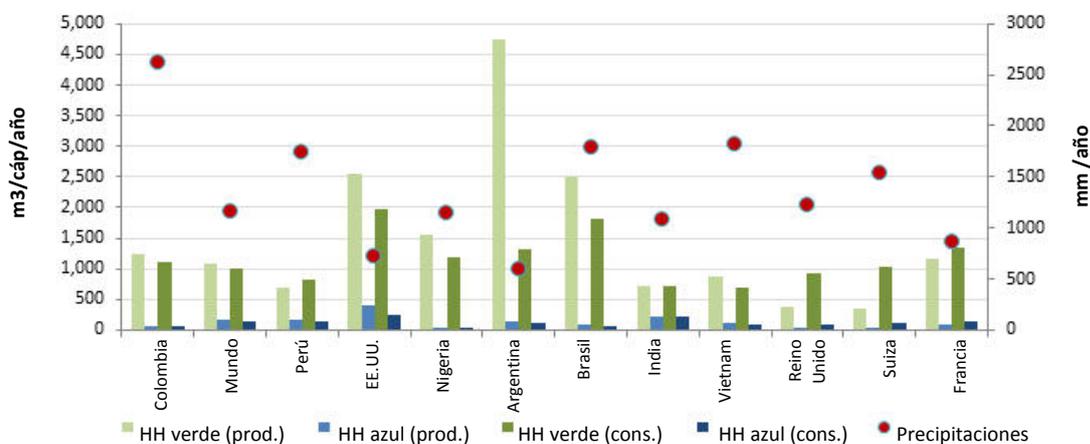


Figura 11 Comparación mundial de las huellas hídricas de consumo y producción, y precipitaciones  
(Elaboración propia según datos de WFN)



Sin embargo, en el caso del Perú, es probable que ello se deba a las condiciones de producción - marcadas por su contexto geográfico y de precipitaciones - más que al estado y crecimiento de su economía. Aunque la precipitación media anual del Perú (1738 mm) es considerablemente más alta que el promedio mundial (1160 mm), el hecho de que la mayor parte de la producción agrícola del país se concentre en las regiones áridas significa que la disponibilidad de agua verde no se traduce directamente en altas huellas hídricas verdes de producción y consumo. Siendo el sector agrícola el mayor generador de huella hídrica y al estar concentrada esta actividad en regiones áridas, es de esperar que el país dependa de agua virtual externa para satisfacer la demanda de productos de consumo del país.

### 3. Huella hídrica del sector agropecuario peruano: *La base de nuestra economía y el principal usuario del agua*

En este capítulo presentamos el análisis de la huella hídrica del sector agropecuario analizando la producción, el consumo y el comercio internacional (exportaciones e importaciones), cuyo resumen se puede ver en la Tabla 2.

Tabla 2 Huella hídrica de los principales productos agropecuarios del Perú

HH agropecuaria nacional (hm <sup>3</sup> /año)	HH verde	HH azul	HH gris	HH total
HH de producción	12,447	8,686	2,444	23,577
HH de exportación	3,279	1,478	283	5,040
HH de importación	9,542	506	714	10,762
HH de consumo	18,710	7,715	2,875	29,300

(Elaboración propia en base a datos de FAO, SENAMHI, MINAGRI)

Para el análisis de la huella hídrica nacional del sector agropecuario se ha definido una lista de 16 productos agropecuarios<sup>3</sup> (Tabla 3) que caracterizan la producción, el consumo interno, exportaciones e importaciones del país, estos productos han servido de referencia para determinar los valores de huella hídrica a nivel nacional y sustentar las afirmaciones a lo largo del documento.

Tabla 3 Lista de productos agropecuarios seleccionados para análisis de Huella Hídrica Agropecuaria

Finalidad	Producto
<b>Producción</b>	1 Pollo y huevos <sup>4</sup>
	2 Leche/alfalfa <sup>5</sup>
	3 Papa
	4 Arroz
	5 Caña de azúcar
	6 Ganado vacuno

<sup>3</sup>Estos productos han sido seleccionados de manera que se incluyan aquellos con mayor volumen de producción para consumo interno, aquellos con mayor volumen de producción y mayor valor económico para exportación y aquellos que son importados en mayor volumen. Así mismo a pesar de que el mayor volumen de producción agrícola proviene de la costa, se tuvo en cuenta por lo menos un producto proveniente de la zona andina y la Amazonía. Adicionalmente se buscó que algunos de estos productos permitiesen contar historias que reflejen la realidad de agropecuaria del Perú. Finalmente, a partir de una lista preliminar de productos agropecuarios que cumplieren con estos requisitos, se consideró aquellos que fueron aprobados por ANA de acuerdo a sus intereses institucionales en el tema.

<sup>4</sup> Se consideran juntos para resaltar la relación de producción entre ambos y el hecho de que en ambos casos el mayor componente de su huella hídrica se debe a la alimentación de los pollos. Sin embargo para el análisis de la huella hídrica de la producción si se hace el cálculo de manera diferenciada, teniendo en cuenta las diferencias en los volúmenes de producción de ambos productos.

<sup>5</sup> Se consideran juntos, pues en gran medida la huella hídrica de la producción de leche se debe en gran medida a la huella hídrica de la producción de alfalfa, el componente principal de la alimentación del ganado lechero en el Perú.



<b>Importaciones</b>	7	Maíz amarillo duro
	8	Soya
	9	Trigo
	10	Algodón
<b>Exportaciones</b>	11	Alcachofa
	12	Espárrago
	13	Uva
	14	Quinoa
	15	Palta
	16	Café

### 3.1. Huella hídrica de la producción agropecuaria

Aunque la producción de cultivos en el Perú se encuentra dispersa a lo largo del país, la mayor parte se concentra en la árida región costera y en parte de la zona andina. El mapa de la Figura 12 muestra los lugares donde se cultivan algunos de los principales cultivos y el porcentaje del total de la producción nacional de cada cultivo según región. Esta información es muy importante para entender la huella hídrica del sector pues la huella hídrica de los productos agrícolas varía dependiendo de la zona en que se los cultiva. Así por ejemplo, una tonelada de maíz cultivado en Lima tendrá una huella hídrica muy diferente a una tonelada de maíz cultivado en Loreto, tanto en términos de volumen como de tipo de agua utilizada. Debido a que la costa es una región con baja precipitación, los cultivos que se producen en esta región hacen uso de grandes volúmenes de agua azul, mientras que los productos agrícolas provenientes de la zona andina o la Amazónica tendrán una mayor proporción de agua verde. El contar con esta información permite identificar qué cultivos son altamente dependientes del riego y, a su vez, los riesgos y las oportunidades asociados con la producción de un determinado cultivos en diferentes partes del país.

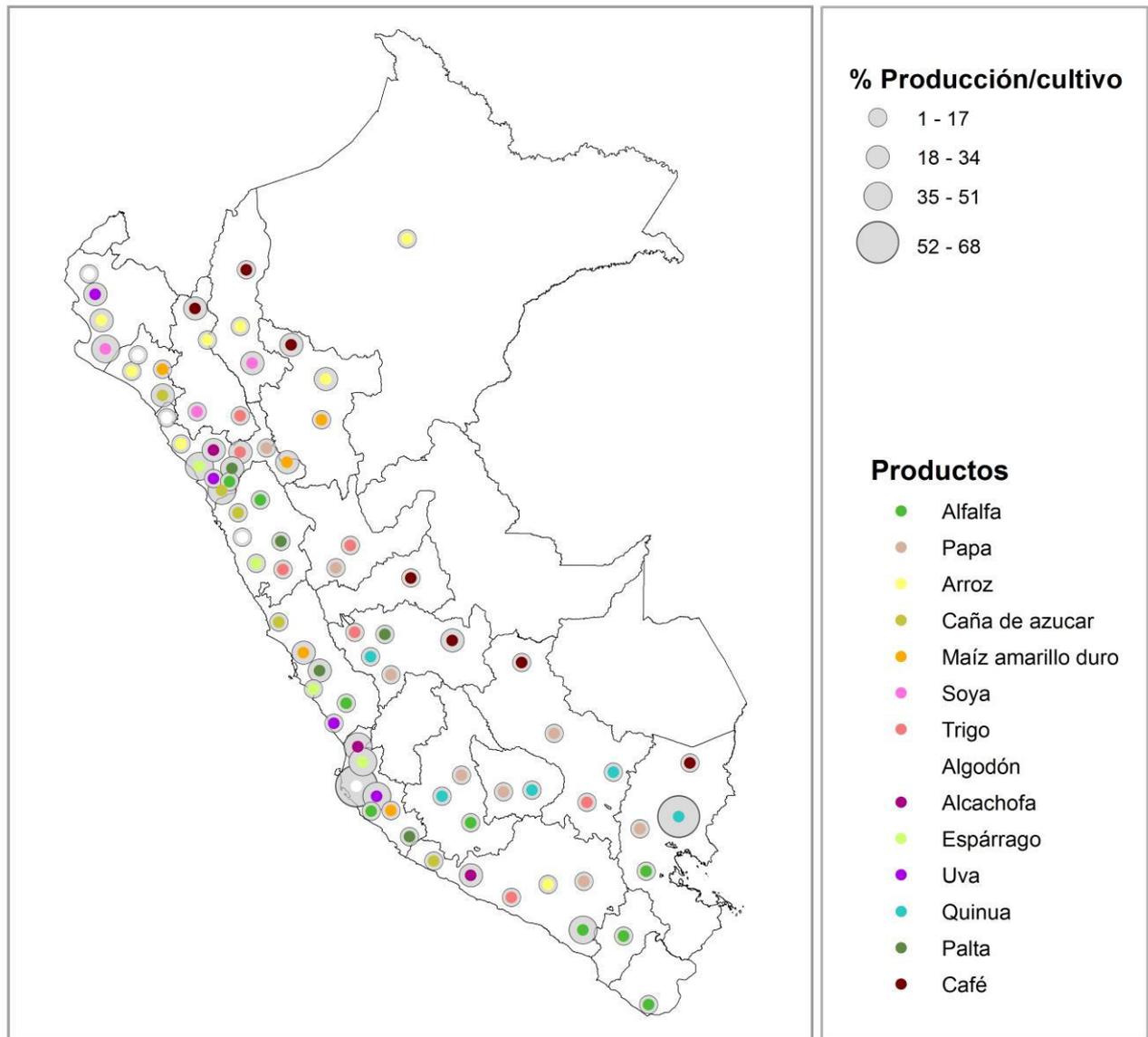


Figura 12 Ubicación y distribución de la producción de los cultivos seleccionados

(Elaboración propia según datos de MINAGRI, 2012)

Si agrupamos estos cultivos en categorías comerciales y analizamos su huella hídrica, vemos que, los cereales<sup>6</sup> y los cultivos industriales<sup>7</sup> conforman la porción más grande de la huella hídrica de la producción agrícola en el Perú (Figura 13).

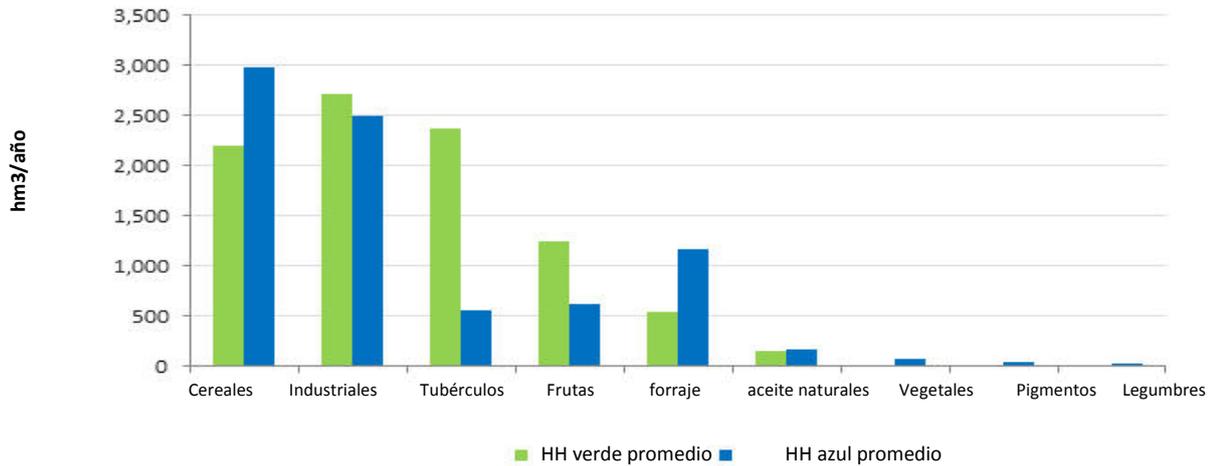


Figura 13 Huellas hídricas de la producción por categoría de cultivos, 2008-2012.

(Elaboración propia según datos de SENAMHI, MINAGRI)

De manera individual, el mapa de la Figura 14 muestra la huella hídrica de la producción de los principales cultivos del Perú según cantidad y tipo de agua usada. Como se puede ver, conforme se desplaza hacia las regiones del país con mayor precipitación, aumenta el porcentaje del uso de agua verde en la producción de cultivos.

<sup>6</sup> Los cereales incluyen: Arroz, arveja de grano seco, maíz, sorgo, quinua, kiwicha, soya, cañihuyatrigu.

<sup>7</sup> Los cultivos comerciales incluyen: algodón, café, caña de azúcar, cacao, coco y espárrago.

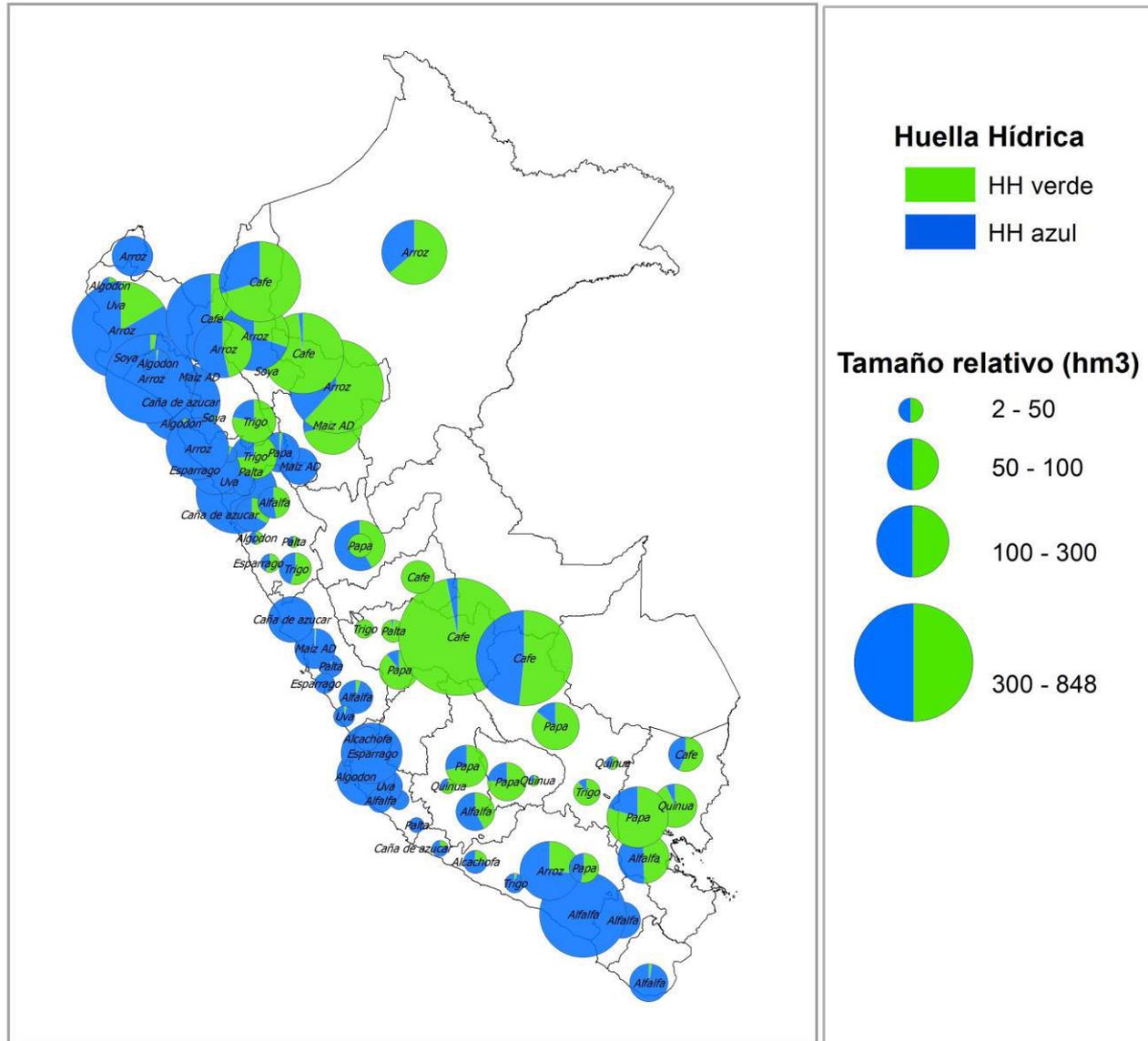


Figura 14 Huella Hídrica de la producción de los principales cultivos del país y su ubicación (2008-2012)

(Elaboración propia según datos de MINAGRI, SENAMHI)

De los cultivos producidos actualmente en el Perú – teniendo en cuenta los volúmenes de producción y su ubicación – los cinco cultivos con mayor huella hídrica son el arroz, el café, la papa, la alfalfa y la caña de azúcar (Figura 15, Tabla 4). De ellos, el arroz, la alfalfa y la caña de azúcar tienen una mayor huella hídrica azul que verde pues su producción se concentra sobre todo en regiones áridas del norte del país como Piura, La Libertad, Lambayeque, y en menor medida, en Lima, con excepción de la alfalfa que se produce sobre todo en Arequipa.

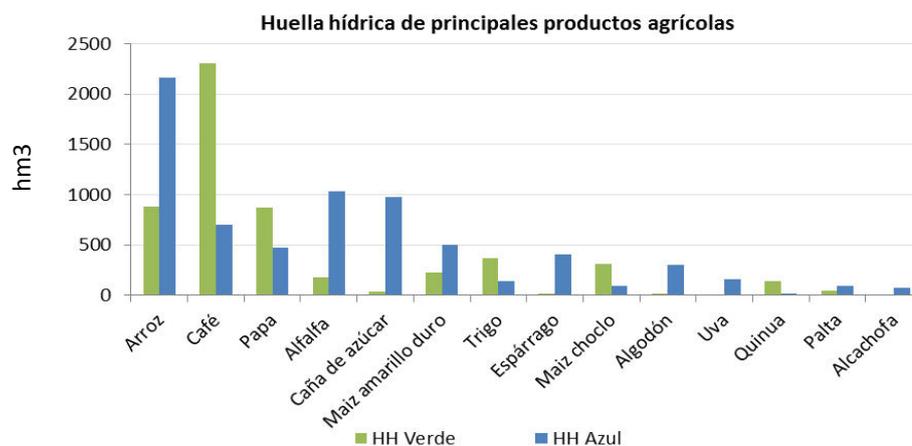


Figura 15 Huella hídrica de principales productos agrícolas

(Elaboración propia según datos de MINAGRI, SENAMHI)

Al revisar los valores relativos a la producción por kilogramo de los productos presentados podemos ver que el orden de prioridad cambia, en ese caso los cinco cultivos con mayor huella hídrica son el café, la quinua, el algodón, el trigo y la soya (Tabla 4). De ellos el café, la quinua y el maíz amiláceo tienen una mayor huella hídrica verde pues su producción se concentra sobre todo en regiones con presencia de lluvias estacionales como la sierra y selva del país.

Tabla 4 Valores de huella hídrica verde, azul y total de los cultivos en Perú

Producto	Huella Hídrica (hm <sup>3</sup> )			Huella Hídrica L/kg)		
	Verde	Azul	Total	Verde	Azul	Total
Alfalfa	173	1,030	1,204	33	166	199
Papa	869	472	1,342	227	121	348
Arroz	878	2,163	3,041	313	767	1,080
Caña de azúcar	32	974	1,006	3	98	101
Maíz amarillo duro	223	502	726	162	390	552
Soya	2	4	6	478	1,946	2,424
Trigo	371	136	508	1,697	611	2,307
Algodón	17	298	315	143	2,749	2,892
Alcachofa	8	77	85	61	572	632
Espárragos	14	408	422	43	1,174	1,217
Uva	5	160	165	29	552	581
Quinua	141	19	160	3,665	601	4,265
Palta	46	93	139	225	490	715
Café	2,247	720	2,967	7,870	2,478	10,348

(Elaboración propia según datos de MINAGRI, SENAMHI)

En zonas como la costa norte del Perú, donde el agua es escasa, es útil complementar el indicador de huella hídrica con otros indicadores para comparar las ventajas y desventajas de producir determinados cultivos en

ciertas regiones, tales indicadores pueden ser el “valor económico por gota de agua utilizada” y la “cantidad de agua requerida por calorías generadas”. En el primer caso nos basamos en lo que la FAO denomina *productividad del agua*<sup>8</sup> que en este caso se refiere al valor económico del producto por volumen de agua consumida para su producción y se calcula dividiendo el precio por unidad de volumen de un producto entre la huella hídrica del producto expresada en la misma unidad de volumen, esto lo podemos interpretar como el valor económico generado por cada unidad de agua utilizada. El segundo caso es una variación de este concepto de productividad, pues se vincula el agua utilizada para producir un cultivo con el contenido calórico del mismo, de modo que se conozca el volumen de agua requerido para producir una kilocaloría contenida en un determinado producto, esto se calcula dividiendo la huella hídrica de un producto entre el valor calórico de dicho producto<sup>9</sup>. En ambos casos el uso del término “gota de agua” es metafórico, pues en realidad el agua se considera en metros cúbicos o litros respectivamente. La Tabla 5 presenta una comparación entre los cultivos en términos de las huellas hídricas totales (verde y azul) (m<sup>3</sup>/t) y el valor económico del uso del agua azul (en US\$/m<sup>3</sup>), así como la cantidad de agua utilizada para producir calorías por cada producto (litros/kcal). De esta tabla se desprende que los cultivos con un uso más intensivo de agua azul en el Perú (arroz, caña de azúcar y alfalfa) tienen una baja rentabilidad económica, mientras que requieren relativamente poca cantidad de agua por cada caloría que proporcionan. Es decir, si bien desde una perspectiva ecológica y económica no es muy inteligente producirlos, si lo es en términos alimenticios. Por otro lado, cultivos frutales o vegetales como el plátano y la cebolla demuestran mayor rentabilidad económica en el uso del agua, pero también mayor inversión de agua para la producción de calorías.

Tabla 5 Valores de uso hídrico y calórico de cultivos en Perú

Categoría de cultivo	Cultivo	HH verde	HH azul	HH total	Valor económico por gota de agua utilizada	Valor calórico del cultivo**	Cantidad de agua requerida por calorías generadas**
		m <sup>3</sup> /t	m <sup>3</sup> /t	m <sup>3</sup> /t	USD\$/m <sup>3</sup> *	kcal/kg	litros/kcal
Cereales	Arroz	313	767	1080	0.18	3208	0.337
Cultivos para forraje	Alfalfa	35	165	200	0.07	-	-
Cultivos de azúcar	Caña de azúcar	3	98	101	0.04	285	0.355
Raíces y tubérculos	Papa	223	119	342	0.51	827	0.413
Frutas	Plátano	342	107	449	1.07	460	0.974
Vegetales	Cebolla	2	98	100	1.81	240	0.418

\*Valor en dólares basados en precios locales del 2012

\*\* Con base en el promedio por categoría de cultivos

(Elaboración propia según datos de MINAGRI, SENAMHI, Hoekstra)

La producción de cultivos no sólo es importante para el consumo humano directo y para la generación de divisas a través de las exportaciones, sino también constituye el principal insumo de la producción pecuaria. En ese sentido, el principal componente de la huella hídrica asociada con la crianza de animales es la huella hídrica de los

<sup>8</sup> FAO 2003, “Descubrir el potencial del agua para la agricultura”

<sup>9</sup> En vista de que en el cuadro siguiente los datos de huella hídrica están expresados en términos de toneladas y el valor calórico en kg, hay que realizar la conversión correspondiente para tener valores equivalentes.

alimentos que estos consumen, a lo que hay que sumarle el agua que beben los animales y el agua utilizada durante la crianza (lavado de corrales y otros usos similares).

La figura 16 muestra la distribución de la producción de ganado vacuno y pollos en el país.

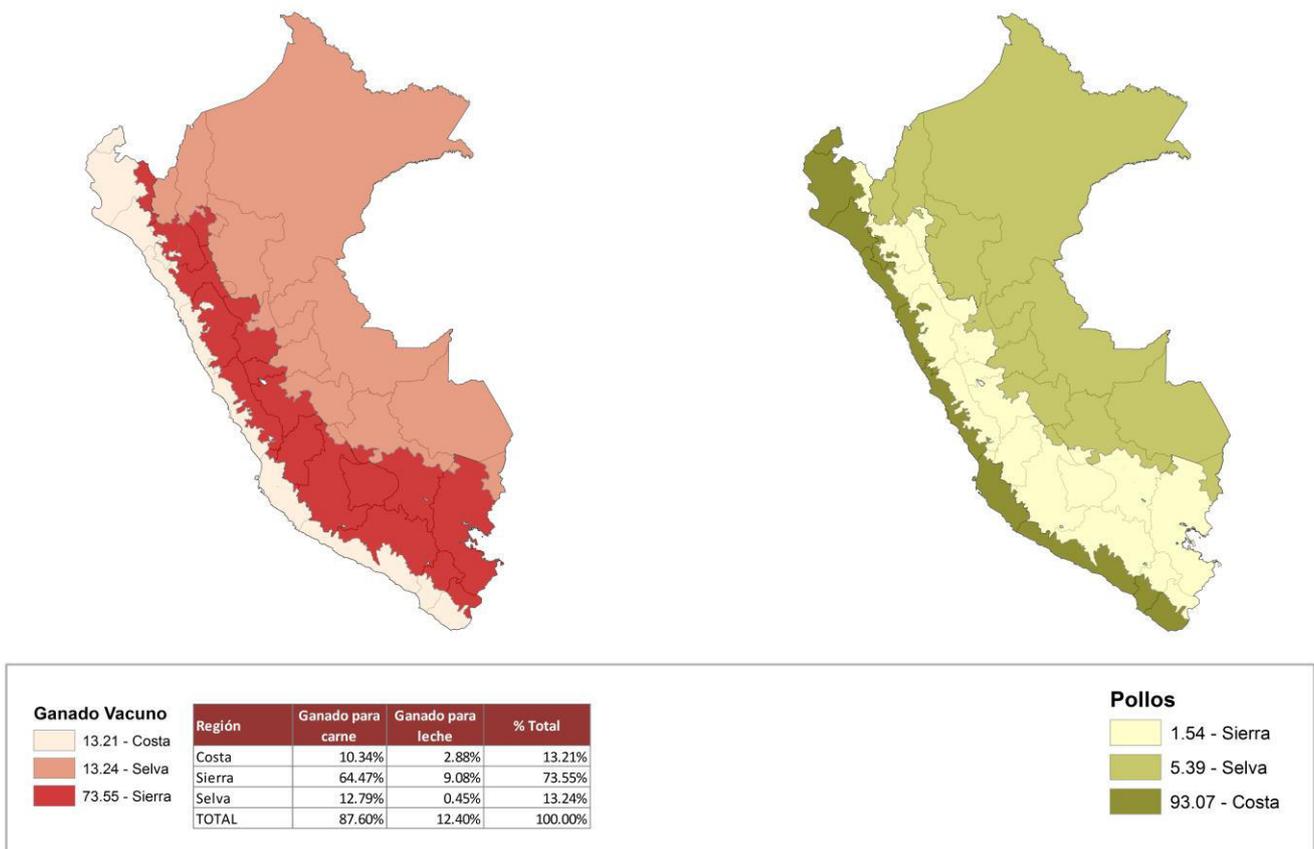


Figura 16 Ubicación y distribución de la producción del ganado vacuno y de pollos a nivel nacional, 2012

(Elaboración propia según datos de MINAGRI)

La Figura 17 muestra la composición de la huella hídrica de la carne de pollo y huevos. Para este cálculo se ha tomado en cuenta que aproximadamente el 70% del alimento para pollos en el Perú es el maíz amarillo duro, al 2013 la producción de maíz amarillo duro fue de 1'365,239 toneladas métricas los principales consumidores de esta producción nacional son la industria avícola y porcícola (MINAG, 2012); el resto incluye torta de soya y harina de pescado. Debido a que los productos pesqueros se consideran subproductos de origen marino, sus huellas hídricas son casi nulas. Por tanto, la huella hídrica de la alimentación de pollos se debe principalmente al agua asociada a la producción de maíz amarillo duro y de soya. Debido a que casi toda la torta de soya es importada, la huella hídrica de la carne de pollo y la de los huevos tiene un componente de producción nacional y otro de importación.

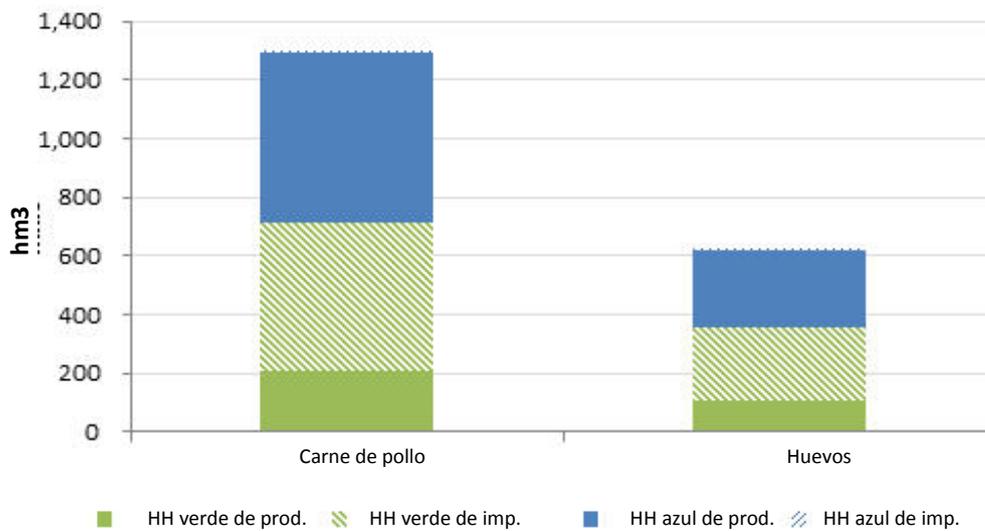


Figura 17 Huella hídrica promedio de la carne de pollo y huevos (2008-2012)  
(Elaboración propia según datos de SENAMHI, MINAGRI)

En el caso de la producción de ganado de carne y ganado lechero en el Perú, el principal alimento es el forraje de los pastizales además de alfalfa, maíz molido, torta de soya (atribuido a las importaciones) y salvado de trigo, que varían en concentración de acuerdo al lugar de la producción y al tipo de ganado. En la sierra, donde se concentra casi tres cuartas partes de la ganadería del Perú, la alimentación del ganado tiene una mayor proporción de alimentos concentrados, pero el forraje representa más de la mitad del alimento. En la Amazonía, donde se concentra menos del 15% de la población ganadera, la mayor parte de la alimentación es forraje o subproductos de la agroindustria local. La costa concentra la porción más pequeña de ganado en el Perú, pero tiene un porcentaje más alto de alimentos concentrados, principalmente debido a la limitada oferta de forraje. Juntos, el ganado vacuno para carne y el ganado vacuno para leche generan una huella hídrica de 4,100 hm<sup>3</sup> (Figura 18).

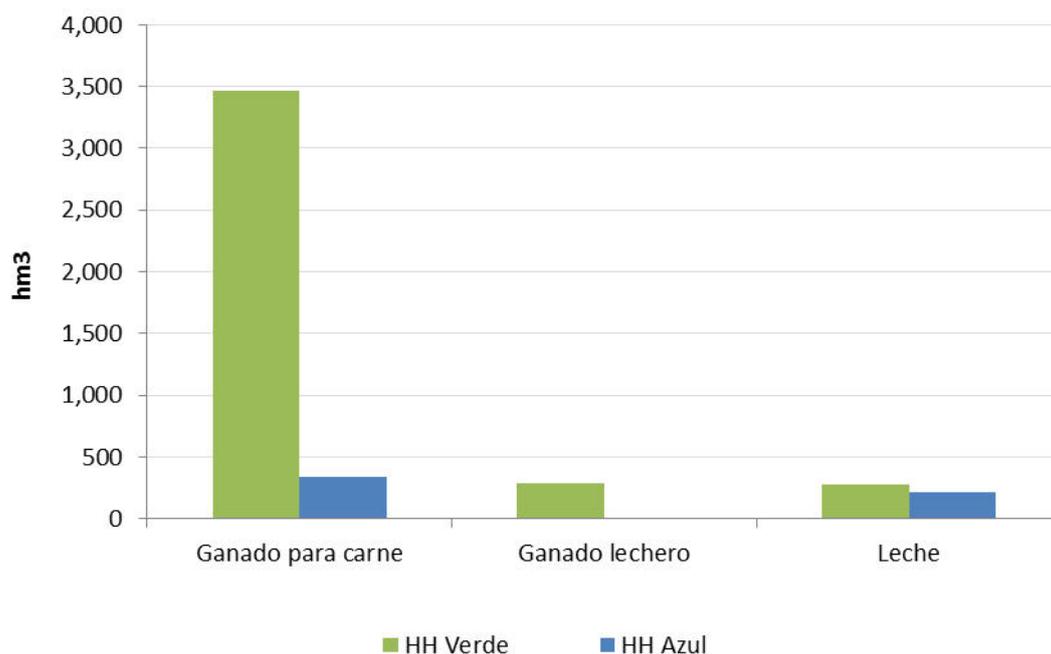


Figura 18 Huella hídrica de ganado vacuno (2008-2012)  
(Elaboración propia según datos de SENAMHI, MINAGRI)

Aunque el ganado es un componente importante de la producción agropecuaria del Perú, varios de los componentes de su alimentación son importados, por ello parte de la huella hídrica del ganado corresponde a la huella hídrica de las importaciones.

Un panorama general de la distribución de la huella hídrica azul y verde a nivel nacional de los productos agropecuarios seleccionados, se puede apreciar en la figura 19.

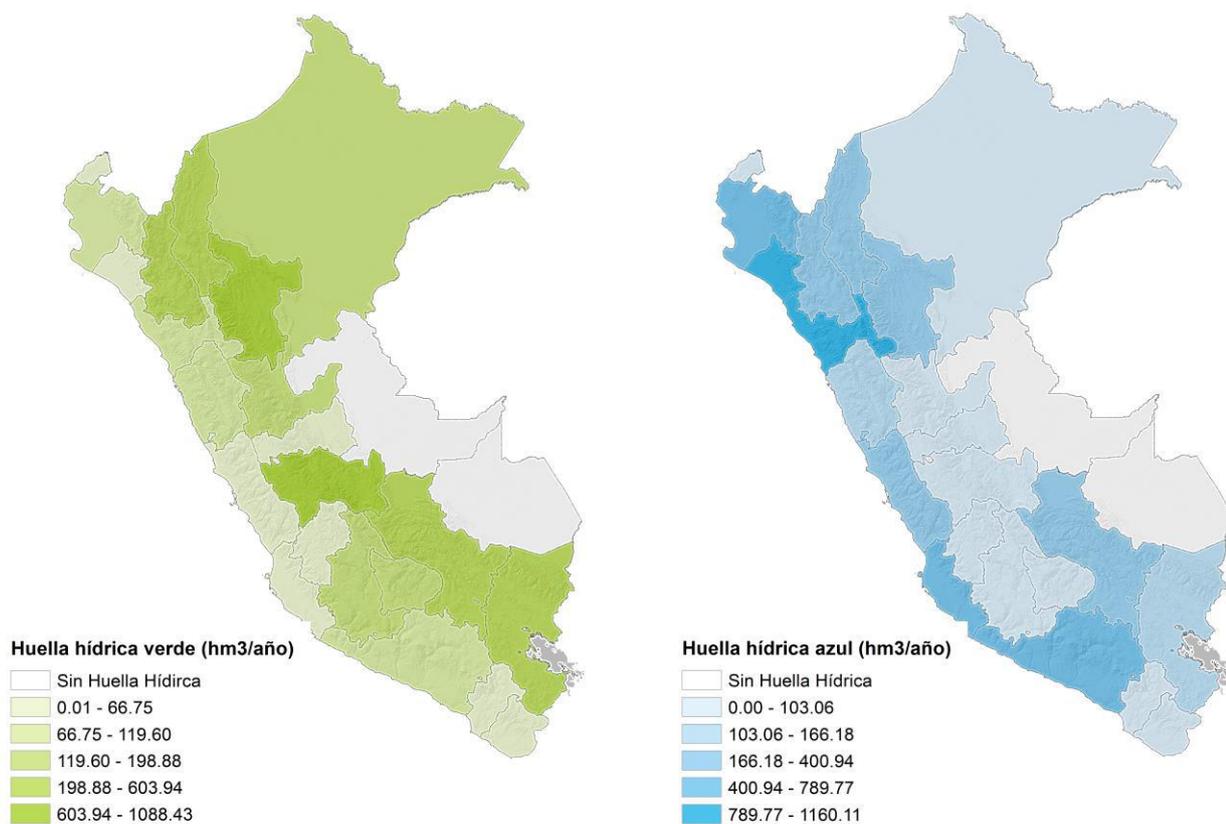


Figura 19 Distribución por regiones de la huella hídrica de los productos agropecuarios seleccionados

(Elaboración propia según datos de SENAMHI, MINAGRI)

### Caso 1: Región Piura: *producción en el desierto*

En regiones de producción agrícola donde el agua es escasa, cómo, cuándo y para qué cultivos es usada el agua son consideraciones particularmente importantes. Piura, ubicada en el noroeste del Perú, es una de las regiones con mayor producción agrícola; paradójicamente, debido a sus llanuras desérticas, se encuentra incluida en la lista de sitios prioritarios de la Convención Internacional para Combatir la Desertificación.<sup>10</sup>

La combinación de un clima seco y una gran producción agrícola da como resultado grandes requerimientos de agua azul para un óptimo desarrollo de los cultivos. La Figura 20 muestra las huellas hídricas asociadas con los cultivos con mayor volumen promedio de producción en Piura desde el 2008. Sólo la huella hídrica azul de estos cultivos equivale a aproximadamente el 14% de la huella hídrica azul del total de la producción agrícola nacional. Ello sin lugar a dudas significa un gran reto para los objetivos nacionales<sup>11</sup> de incrementar la extensión de la irrigación y los volúmenes de producción en la región.

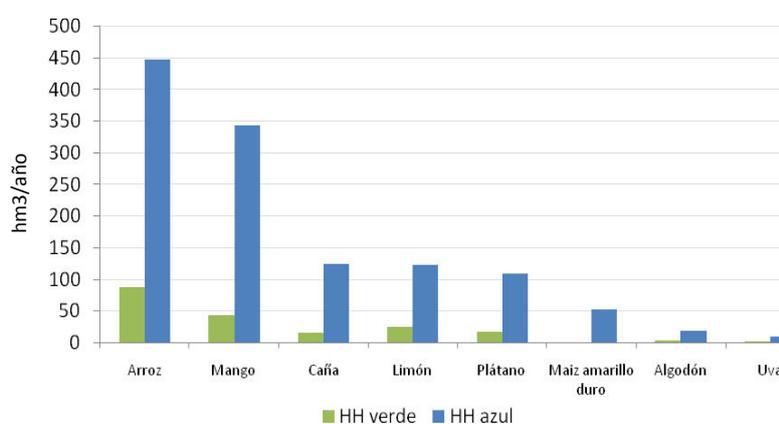


Figura 20 Huellas hídricas de producción en Piura  
(Elaboración propia según datos de SENAMHI, MINAGRI)

La tendencia hacia el aumento de los cultivos, ya se puede ver desde hace algunos años. La Figura 21 muestra la evolución de la huella hídrica del 2008 al 2012 de los principales cultivos en la región. Dicha tendencia se debe a los cambios en los volúmenes de producción y rendimientos más que a cambios en las condiciones climáticas

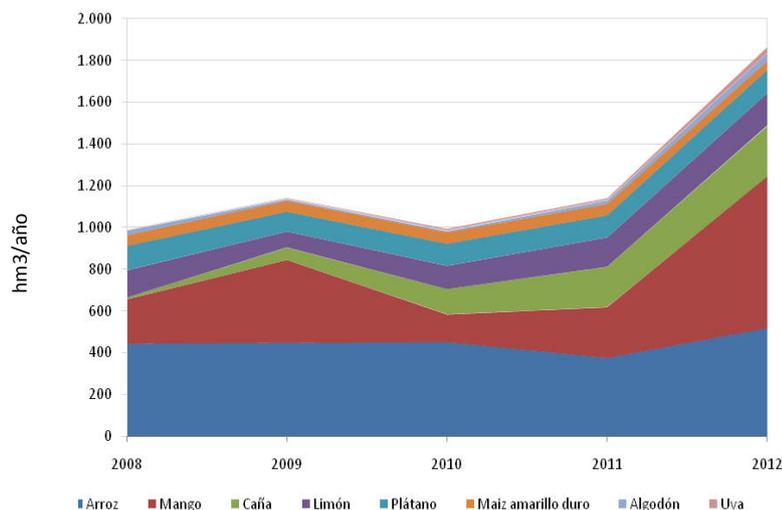


Figura 21 Requisitos de agua azul en Piura  
(Elaboración propia según datos de SENAMHI, MINAGRI)

<sup>10</sup> Torres Guevara, J., "Desertification in Piura", Universidad Nacional Agraria, La Molina.

<sup>11</sup> Estrategia nacional de desarrollo - "Plan Bicentenario. El Perú hacia el 2021" del CEPLAN

Las principales fuentes de agua usada en la producción agrícola son el río Piura que concentra aproximadamente la mitad de la demanda de agua y los ríos Chira y Chipillico que satisfacen la otra mitad de la demanda en partes relativamente iguales.

A fin de lidiar con la escasez estacional de agua y satisfacer la necesidad de agua de un moderno sistema de irrigación para 35,000 ha de tierras cultivables, se desarrolló el Sistema de Manejo de Aguas Chira-Piura. Este sistema que se inició en 1970 con la construcción de la represa Poechos y un canal de desvío de 54 km desde el río Chira hasta la cuenca del río Piura, se basa en gran medida en el uso de los caudales estacionales de acuerdo con los requerimientos de irrigación. La figura 22 muestra el sistema hídrico Chira – Piura, mientras que la Figura 23 muestra el caudal promedio de los dos ríos y el suministro en las cuencas con relación a las demandas acumuladas de agua de los sectores doméstico, industrial y agrícola. En la figura se puede ver la contribución de la represa Poechos durante los meses secos (agosto – diciembre) para compensar el déficit de los caudales de ambos ríos.

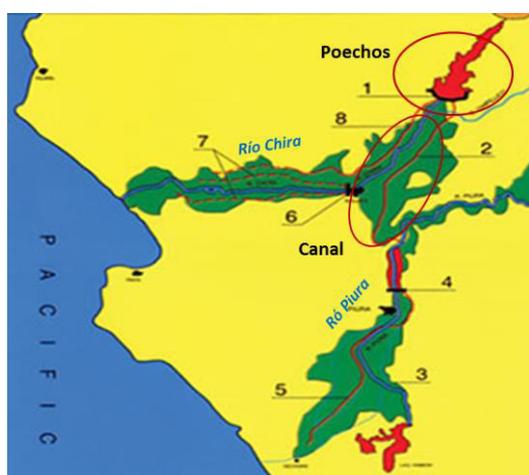


Figura 22 Sistema Hídrico Piura-Chira

(Fuente: <http://www.energoprojekt-ng.rs/>)

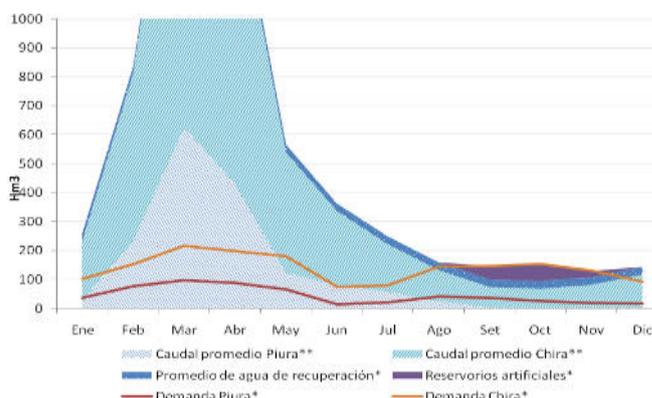


Figura 23 Caudal promedio de los ríos Piura-Chira  
(Elaboración propia según datos de ANA, 2012)

\*Basado en año 2011; \*\* Basado en años 1999-2009

Sin embargo, aún con el desvío adicional de agua, durante las temporadas secas parte de la región continúa experimentando problemas de escasez y sequía; mientras que durante las temporadas especialmente lluviosas se producen inundaciones y deslizamientos de tierra.

El año 2004, por ejemplo, fue un año muy seco para la región, el volumen del caudal total tanto del río Chira como del río Piura sólo llegó a un cuarto del volumen del caudal promedio entre los años 1999-2009 (Figura 24). En los años secos como éste, las demandas de agua no pueden ser satisfechas fácilmente, teniendo al final impactos profundamente negativos en la producción agrícola local.

La combinación de caudales bajos con alta demanda de agua para uso agrícola no sólo puede afectar la producción agrícola, sino que también puede afectar las condiciones ecológicas de la cuenca. Los requerimientos de caudal ecológico mínimo para los ríos Piura y Chira son 176 hm<sup>3</sup> por año; sin embargo, aún en un año promedio es posible que no se alcance este límite.<sup>12</sup> Adicionalmente, en los años que siguen a un período seco, el agua requerida para recargar la represa puede reducir el caudal del río aguas abajo a niveles por debajo de los requerimientos del caudal ecológico mínimo.

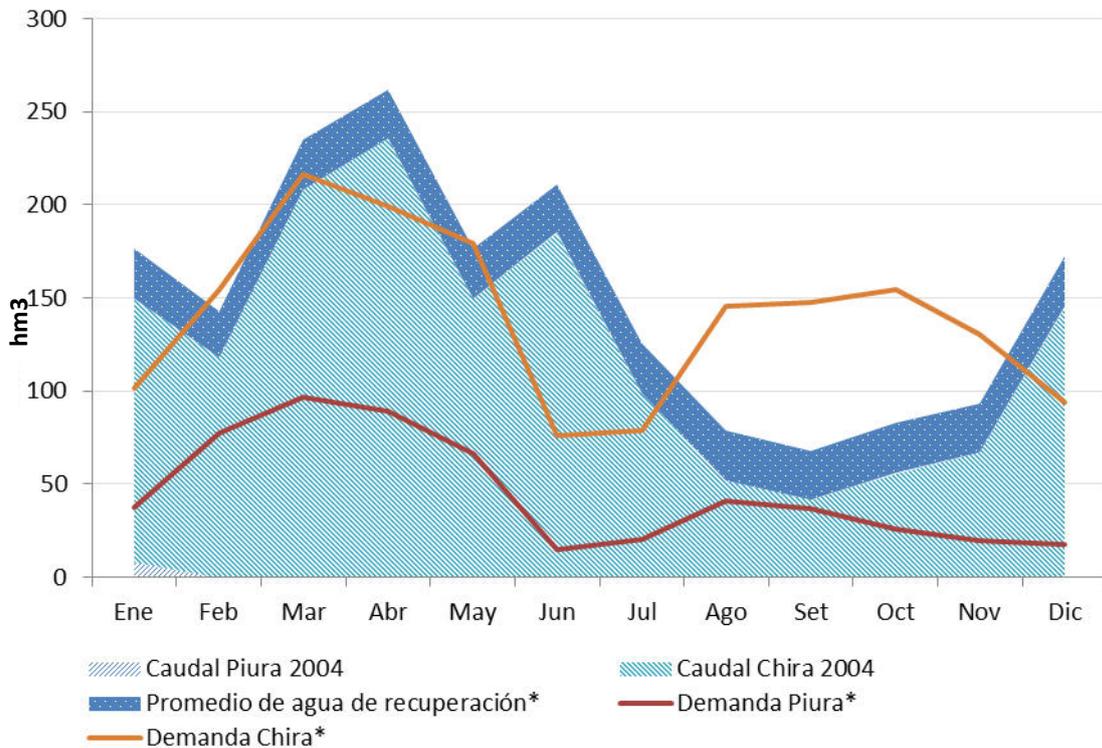
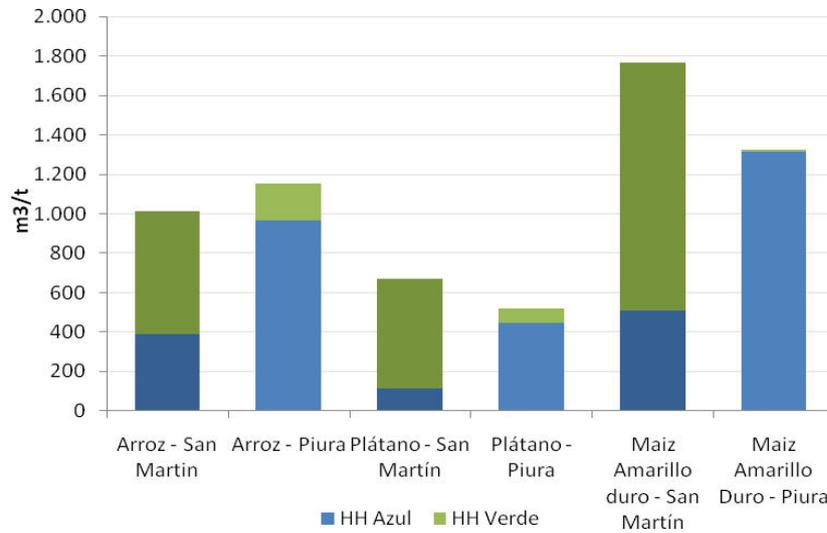


Figura 24 Caudal promedio de los ríos Piura-Chira año seco 2004

(Elaboración propia según datos de ANA, 2012)

La combinación de altos niveles de producción y estrés hídrico en Piura plantea la pregunta de las ventajas comparativas de producir cultivos clave en esta región con relación a otras. Por ejemplo, en la Figura 25 se compara los requerimientos de agua del arroz, plátano y maíz amarillo duro en Piura y en San Martín. Ambas regiones son las mayores productoras de arroz en el Perú, cada una produce aproximadamente el 20% de la producción nacional, seguidas de Lambayeque que produce el 14%. San Martín y Piura también son las mayores productoras de plátano del país, aproximadamente 20% y 15% de la producción nacional respectivamente. Por otro lado, San Martín es uno de los cinco mayores productores de maíz amarillo duro. Como se puede ver, si bien el volumen de producción de ambas regiones es similar, la composición de la huella hídrica varía drásticamente; en todos los casos la huella hídrica de la producción en Piura está compuesta por un porcentaje de agua azul mucho mayor a la huella hídrica de producción de los mismos cultivos de San Martín.

<sup>12</sup>“Operador de Infraestructura Hidráulica Mayor – Región Piura”, PECHP



**Figura 25 Huella Hídrica promedio en m3/t de cultivos producidos tanto en Piura como en San Martín**  
 (Elaboración propia según datos SENAMHI, MINAGRI)

Existe una serie de factores que deben ser tomados en cuenta al sopesar los pros y contras de producir determinados cultivos en ciertas regiones, tales como la calidad del producto final, su contribución a la situación socio-económica local y al crecimiento económico, la conexión de la región con relación a los nodos comerciales y la facilidad logística de transporte y comercio; además será necesario considerar otros costos de oportunidad ambientales. Si bien la huella hídrica no incluye muchas de estas variables, sí puede ser relacionada con el valor económico y la sostenibilidad del uso del agua en las regiones. Desde una perspectiva de huella hídrica, los altos costos ambientales y la vulnerabilidad agrícola asociada con la producción de cultivos de alto consumo de agua de irrigación en una zona tan árida como Piura son menos favorables cuando se les compara con la producción de los mismos cultivos en una región relativamente más húmeda como San Martín.

## Caso 2: Producción de arroz en Piura y San Martín

El arroz es, sin lugar a dudas, uno de los componentes más importantes de la dieta peruana; por lo tanto, no debe sorprender que sea producido en abundancia en muchas regiones a lo largo y ancho del Perú en una variada gama de contextos climáticos y que sea el cultivo que más contribuye a la huella hídrica de la producción agropecuaria del Perú. La Figura 26 muestra la huella hídrica azul y verde de la producción de arroz por tonelada en distintas regiones del país y el porcentaje de producción respecto al total nacional; las diferencias en las huellas hídricas se deben a las diferencias climáticas que a su vez generan diferencias en la disponibilidad de agua.

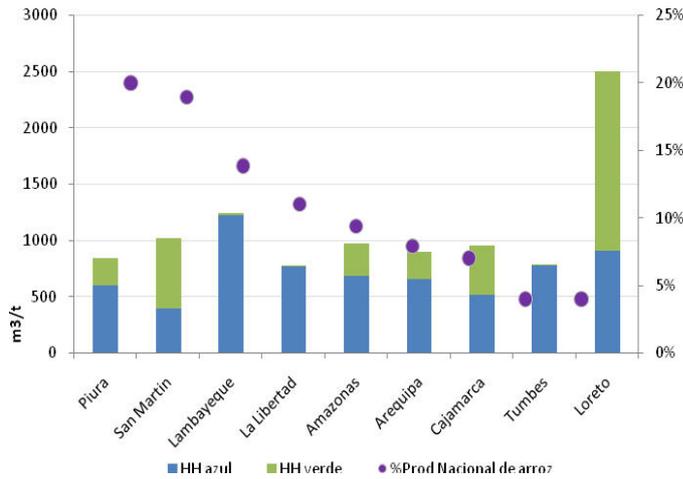


Figura 26 Huellas hídricas por tonelada de arroz producida en distintas regiones del Perú (Elaboración propia según datos de SENAMHI, MINAGRI)

Al considerar la cantidad de producción en cada región, este gráfico varía drásticamente como se muestra en la Figura 27 donde se puede ver que Piura y Lambayeque generan en conjunto casi el 50% del total de la huella hídrica azul de la producción de arroz en el Perú. Por otro lado, San Martín (actualmente la primera región productora de arroz) representa el uso más efectivo de la precipitación para producir este cultivo de alto consumo de agua. Al comparar las huellas hídricas del arroz producido en Piura respecto a aquel producido en San Martín vemos que aún con un rendimiento promedio de 9377 kg/ha en Piura y 6805 kg/ha en San Martín durante el 2013, los requisitos de agua azul de Piura exceden ampliamente aquellos del arroz producido en San Martín.

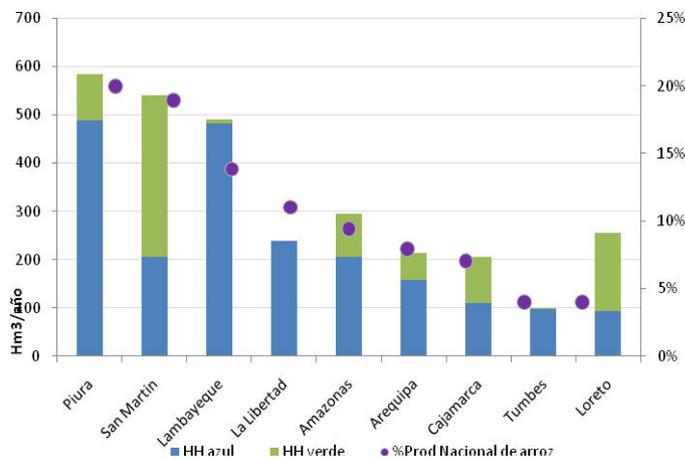


Figura 27 Huellas hídricas de la producción de arroz en distintas regiones del Perú (Elaboración propia según datos de SENAMHI, MINAGRI)

Al analizar la huella hídrica del arroz hay que tener en cuenta que esta no comprende a cabalidad los requerimientos hídricos asociados a su producción, al no considerar el agua de irrigación requerida para inundar los arrozales que no es evapotranspirada por el cultivo y que si bien en gran parte se infiltra en la tierra y re-ingresa al sistema, otra parte también se evapora directamente del terreno.

Otra consideración a tener en cuenta en este tipo de análisis es la temporalidad de la producción; tanto los meses de siembra como los meses en los cuales el cultivo alcanza ciertas fases en su ciclo de desarrollo impactan en la cantidad final de irrigación que el cultivo necesitará para crecer en forma óptima. La Figura 28 muestra el porcentaje de siembra de arroz en Piura que ocurre a lo largo del año así como la disponibilidad de agua verde y agua azul en la región para este mismo periodo; de allí se desprende que aproximadamente el 40% del arroz en Piura es sembrado entre enero y febrero, la temporada más húmeda en la región y por lo tanto los dos mejores meses para la utilización óptima del agua de lluvia (agua verde). Sin embargo, casi un cuarto de la producción es sembrada durante los meses más secos de la región, de junio a setiembre, cuando se puede utilizar la menor cantidad de lluvia. Dada la escasez del agua en Piura, esta opción de temporada de siembra es altamente desfavorable.

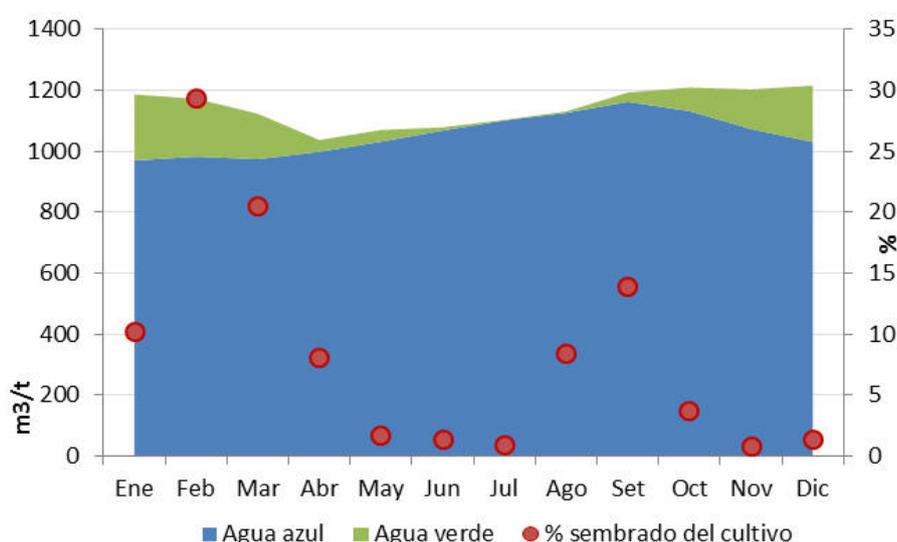


Figura 28 Variaciones estacionales en las huellas hídricas para la producción de arroz en Piura (Elaboración propia según datos de SENAMHI, MINAGRI).

Si comparamos la huella hídrica de la producción total de arroz en el Perú con la de otros países (Figura 29)<sup>13</sup>, vemos que la huella hídrica verde está muy por debajo del promedio de la huella hídrica mundial, mientras que la huella hídrica azul es marginalmente mayor que el promedio de huella hídrica azul mundial. Con relación a China y Vietnam que son los mayores productores de arroz del mundo, el requisito de agua azul del Perú es también mayor; sin embargo, la India, otro gran productor de arroz, tiene una huella hídrica azul comparable a la del Perú.

<sup>13</sup>Esta información está basada en promedios WFN de 1996 al 2005. Cálculos más precisos realizados en esta evaluación para el Perú revelan que la huella hídrica verde es más baja que aquella mostrada por la WFN, mientras que la huella hídrica azul es más alta que la de la WFN.

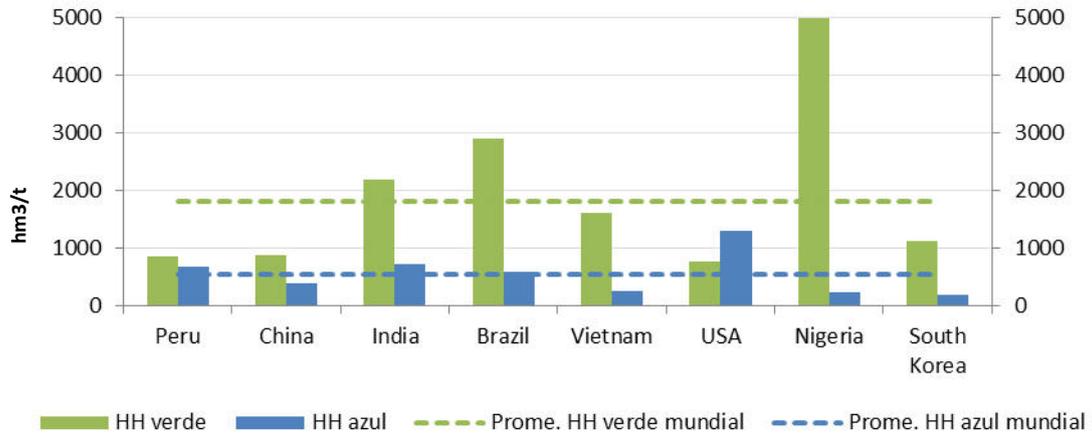


Figura 29 Huella hídrica del arroz en el Perú y otros países productores del mundo

(Elaboración propia según datos de WFN)

A medida que los patrones de cambio climático generen cambios en la estacionalidad de la temperatura y precipitación, también la cantidad de agua requerida para producir arroz será diferente. Desde una perspectiva de riesgo hídrico, el arroz es un cultivo vulnerable, cuya producción en las distintas regiones del país debería ser considerada muy cuidadosamente una vez se cuente con datos sobre las afectaciones del cambio climático, pero considerando también variaciones en la producción mundial.

### 3.2. Huella hídrica del consumo agropecuario

Para conocer la huella hídrica del consumo agropecuario de un país o una ciudad, resulta útil mirar su canasta básica. En el caso del Perú, de acuerdo al Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), la canasta básica incluye una serie de productos agropecuarios y derivados, agrupados en nueve categorías. El detalle del consumo por habitante se puede observar en la Tabla 6.

Tabla 6 Canasta familiar de productos agrícolas en el Perú

Productos	Consumo per cápita (kg/persona)	Productos	Consumo per cápita (kg/persona)
<b>Cereales y derivados</b>		<b>Vegetales y derivados</b>	
Maíz	5.1	Cebollas	11
Trigo	2.8	Choclo	3.3
Arroz	47.4	Tomate	6.8
Harina de trigo	1.4	<b>Frutas y derivados</b>	
Pan	24	Limón	3.4
Fideos	11	Plátano	26.4
<b>Raíces y tubérculos</b>		Mango	1.6
Yuca	6.6	Plata	1.5
Papa	63.5	<b>Productos de animales sacrificados</b>	
<b>Azúcar y derivados</b>		Pollo	17.4
Azúcar blanca	19.5	Carne de res	5.1
<b>Vegetales y derivados</b>		<b>Productos de animales vivos</b>	
Frijol	2.6	Leche	4.9
Haba	3.5	Queso	2.4
<b>Aceites y grasas vegetales y animales</b>		<b>Huevos</b>	6.6
Aceite vegetal	6.5		

Fuente: INEI, 2007

Considerando la huella hídrica promedio para cada uno de estos productos a nivel nacional, se considera que un ciudadano promedio estaría consumiendo anualmente 201.23 litros de agua compuestos por un 59% de agua verde y 41% de agua azul). El detalle del consumo individual de productos contenidos en la canasta básica se encuentra en la Figura 30. Si consideramos que el Perú alberga a una población de 30, 475,144 habitantes de acuerdo al INEI<sup>14</sup> podemos decir que la huella hídrica del consumo de productos agropecuarios básica es de un poco más de 6 millones de m<sup>3</sup> de agua, de los cuales, 3.5 millones corresponden a agua verde y 2.5 a agua azul.

<sup>14</sup> INEI, 2013. Estadística de la población peruana

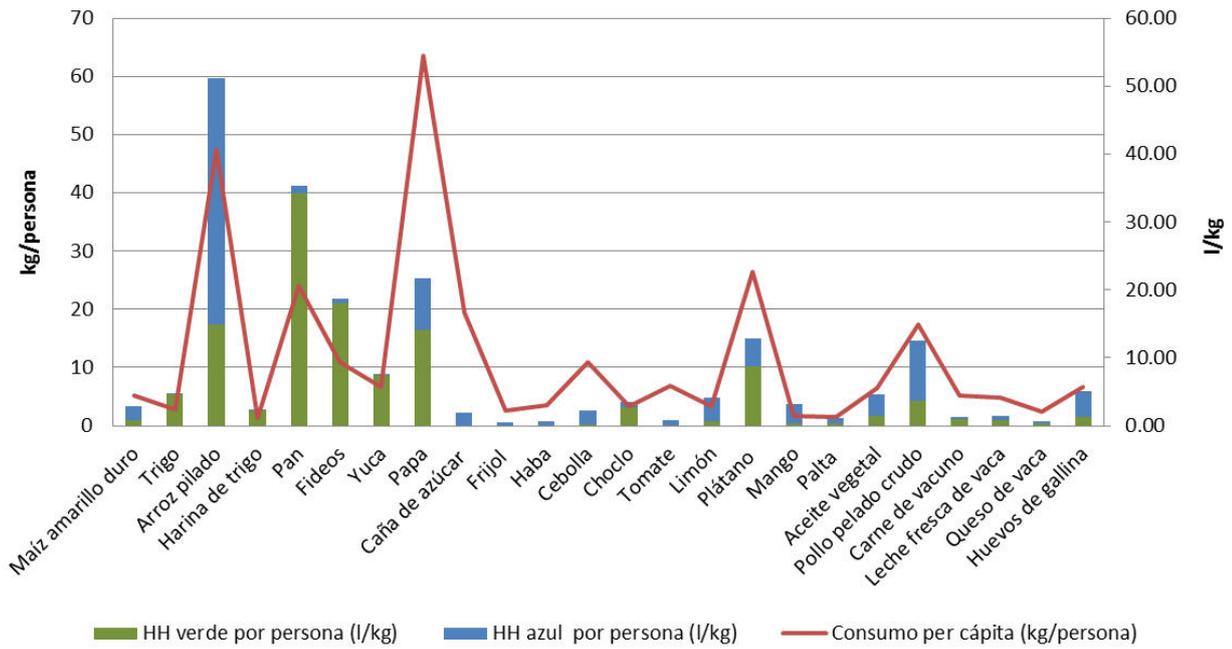


Figura 30 Huella hídrica de la canasta familiar de productos agropecuarios en el Perú

(Elaboración propia según datos de INEI, MINAGRI, SENAMHI)

### 3.3. Huella hídrica de las exportaciones agropecuarias

El Perú ha experimentado un fuerte crecimiento en sus exportaciones agrícolas en los últimos años; mientras la exportación de algunos productos ha crecido a un ritmo constante, otros se han disparado y aumentado muy por encima de la tasa media de crecimiento del PBI.

Casos interesantes de exportación de productos agropecuarios del Perú lo constituyen la quinua, alcachofa, espárrago, palta y uva. Con la excepción de la quinua que se cultiva sobre todo en las zonas altas de Puno y Ayacucho y requiere muy poca agua para su crecimiento, todos los cultivos de exportación seleccionados utilizan considerablemente más agua azul que agua verde. Esto coincide con la recomendación de que es apropiado y económicamente ventajoso el uso de agua azul para la generación de divisas a través de cultivos para exportación. Sin embargo, la viabilidad económica a corto plazo no siempre es consistente con la sostenibilidad ambiental a largo plazo, por ello es importante contextualizar este uso del agua azul para determinar sus ventajas y desventajas. La Figura 31 muestra el crecimiento de la huella hídrica de estos cultivos de exportación durante el período de 2007 al 2011.

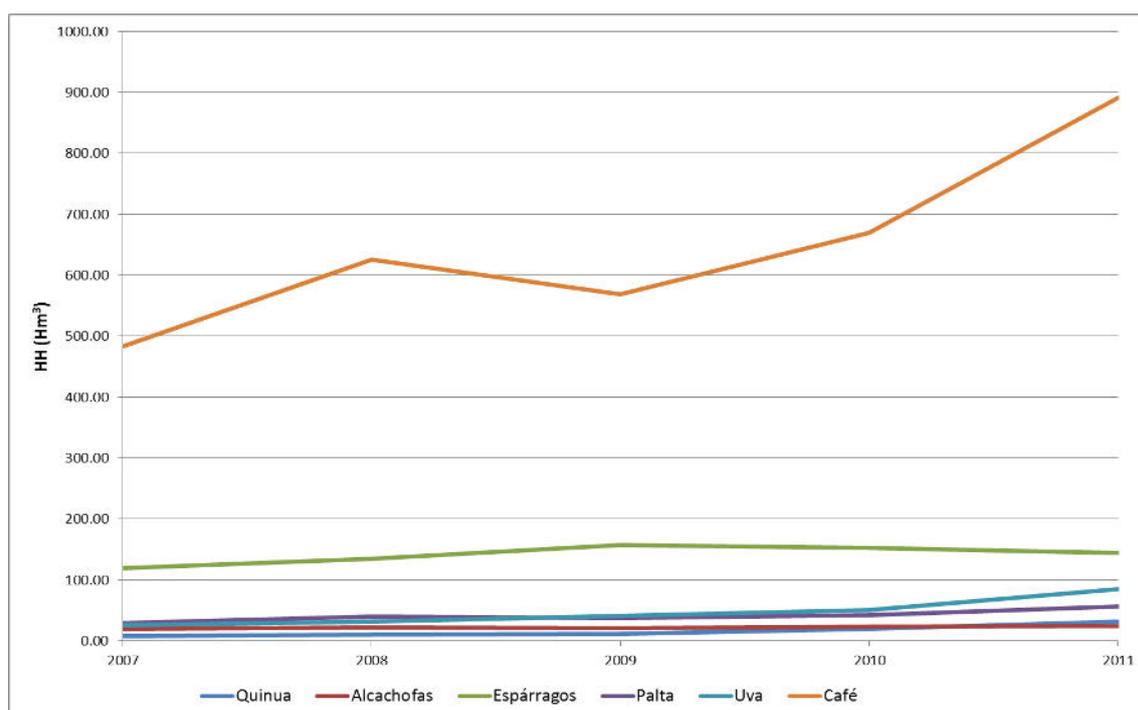
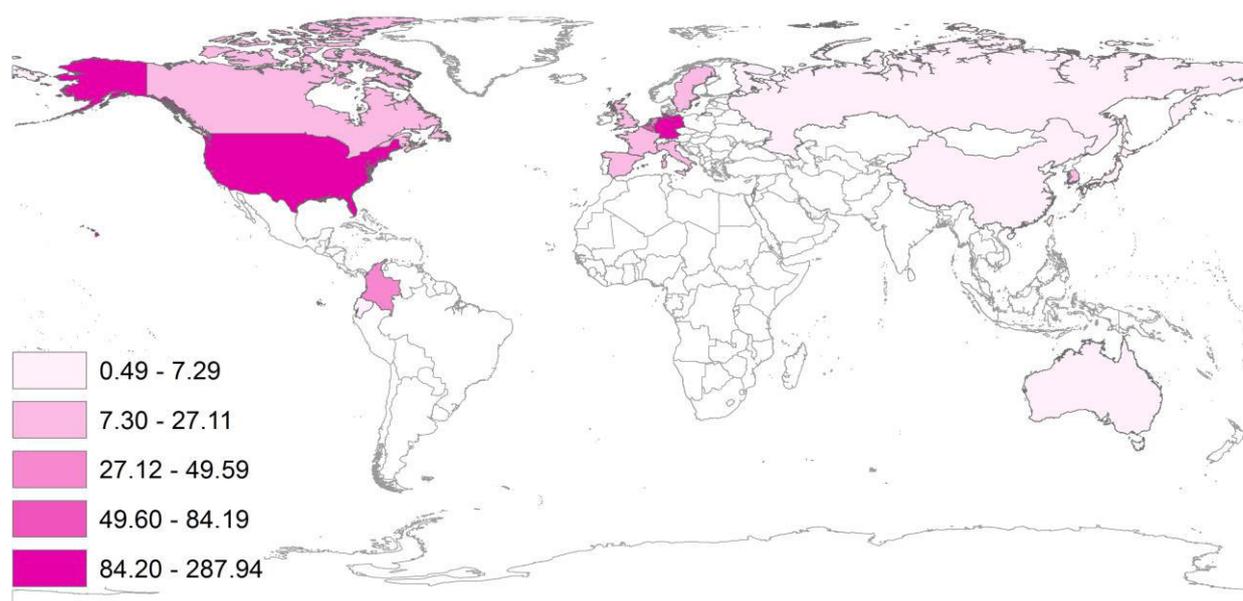


Figura 31 Huellas hídricas de la exportación de cultivos seleccionados (todos los destinos)  
(Elaboración propia según datos de MINAGRI, FAO, SENAMHI)

Actualmente, los principales destinos de las exportaciones agrícolas del Perú son países de América del Norte, Europa y Asia. El destino de los cinco productos mencionados líneas arriba es EE.UU., Países Bajos, Alemania, España, China y el Reino Unido. Las figura 32 y 33 muestran los flujos de agua virtual que se producen con la exportación de estos cultivos.



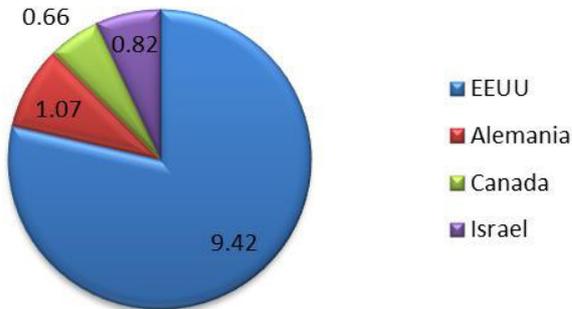
### Huella Hídrica Exportada (hm<sup>3</sup>/año)

PAIS	Quinua	Alcachofa	Espárrago	Palta	Café	Uva	TOTAL
Estados Unidos	9.42	14.38	99.89	1.4	153.21	9.64	287.94
Alemania	1.07	0	0	0	205.05	0	206.12
Bélgica	0	0	0	0	84.19	0	84.19
Países Bajos	0	0	14.02	18.39	11.48	5.7	49.59
Colombia	0	0	0	0	37.56	0	37.56
España	0.15	4.58	10.01	12.36	0	0	27.11
Reino Unido	0	0	7.7	3.74	12.86	2.18	26.48
Suecia	0	0	0	0	23.74	0	23.74
Corea del Sur	0	0	0	0	21.24	0	21.24
Canada	0.66	0	0	0	17.02	0	17.68
Italia	0.4	0	0	0	15.4	0	15.8
Francia	0	2.01	0	2.67	9.53	0	14.21
China	0	0	0	0	0	7.29	7.29
Rusia	0	0	0	0	0	3.49	3.49
Australia	0.4	0	1.42	0	0	0	1.82
Israel	0.82	0	0	0	0	0	0.82
Japón	0.62	0	0	0	0	0	0.62
Ecuador	0.49	0	0	0	0	0	0.49
Otros países	1.92	0.91	8.45	1.98	56.62	18.46	88.34

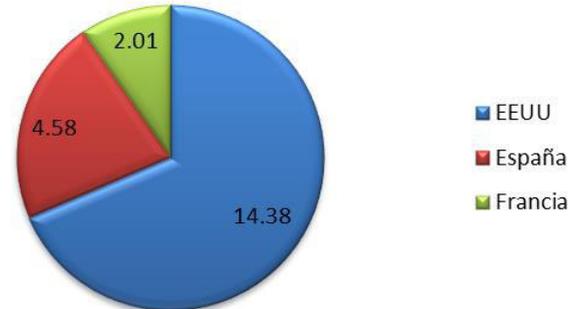
Figura 32 Huellas hídricas de las exportaciones según principales destinos en hm<sup>3</sup>/año  
(Elaboración propia según datos de MINAGRI, FAO, SENAMHI)



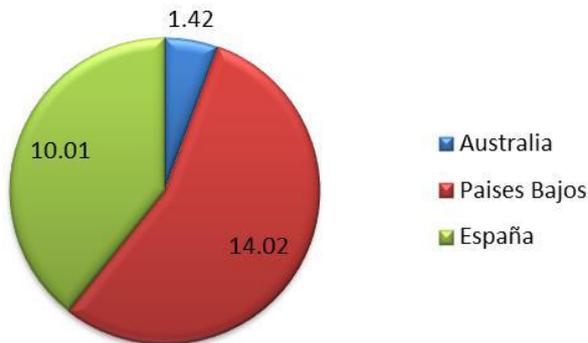
**Quinua: HH exportada hm<sup>3</sup>/año**



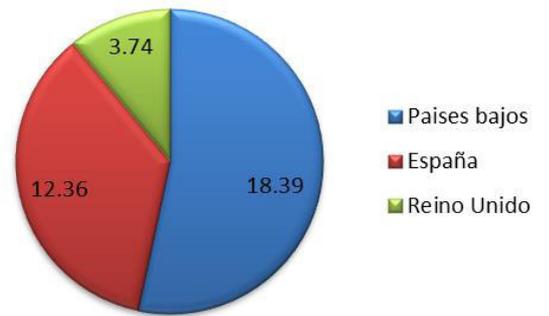
**Alcachofa: HH exportada hm<sup>3</sup>/año**



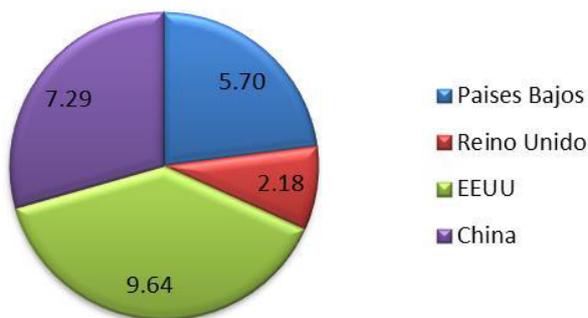
**Espárrago: HH exportada hm<sup>3</sup>/año**



**Palta: HH exportada hm<sup>3</sup>/año**



**Uva: HH exportada hm<sup>3</sup>/año**



**Café : HH exportada hm<sup>3</sup>/año**

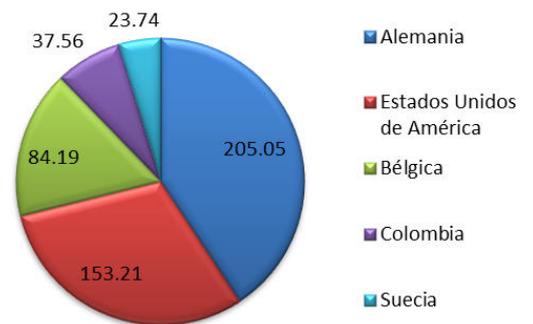


Figura 33 Huellas hídricas anuales de las exportaciones según principales destinos en hm<sup>3</sup>  
(Elaboración propia según datos de MINAGRI, FAO, SENAMHI)

### Caso 3: Sostenibilidad de la cuenca del río Ica

La región de Ica, al sur de Lima, se ubica en la árida costa del Pacífico peruano. A pesar de su clima seco desértico, históricamente el valle de Ica ha sido una de las más importantes zonas agrícolas del Perú. Si bien es cierto que otros sectores han contribuido cada vez más al desarrollo económico de la región en las décadas recientes, el sector agrícola todavía constituye el 15% del valor agregado a la economía regional; mientras que el sector manufacturero que incluye insumos agrícolas, constituye un 22% adicional del valor agregado.<sup>15</sup>

Hasta el inicio del presente siglo, el algodón era uno de los cultivos más importantes de la región; sin embargo, a lo largo de las dos últimas décadas, la producción de espárragos ha sobrepasado a todos los demás cultivos. En la actualidad, ésta producción hace uso de más de 10,000 ha. de tierra agrícola en Ica, más del triple que las usadas por el algodón. El surgimiento del cultivo del espárrago en esta región ha posicionado al Perú como el mayor exportador global de espárragos, habiendo generado más de US\$ 600 millones en el 2013<sup>16</sup> (MINAGRI, 2013). Los espárragos han sido el principal motor detrás del crecimiento de la industria de exportación de la región a lo largo de la década pasada, contribuyendo con el 40% del PBI agrícola de la región.<sup>17</sup> Hoy en día, la exportación de espárragos tanto frescos como en conserva representa, en valor económico, la segunda más importante exportación agrícola del Perú.

La mayoría de los cultivos producidos en Ica, incluyendo los espárragos, tan altamente demandantes en agua que en este caso proviene de tres fuentes primarias: el río Ica, la laguna Choclococha (en la región Huancavelica) y el acuífero de Ica de 2971 km<sup>2</sup>, el mayor acuífero en el Perú (que constituye el 40% del suministro de agua subterránea del país).

La Figura 34 ilustra el déficit de suministro de agua en la cuenca de Ica, basado en la disponibilidad de agua superficial. Aun tomando en cuenta las ligeras variaciones anuales en el caudal del río y en el suministro de la laguna Choclococha, está claro que el total de agua superficial no abastece la demanda, por lo tanto Ica depende del acuífero local para compensar la diferencia.

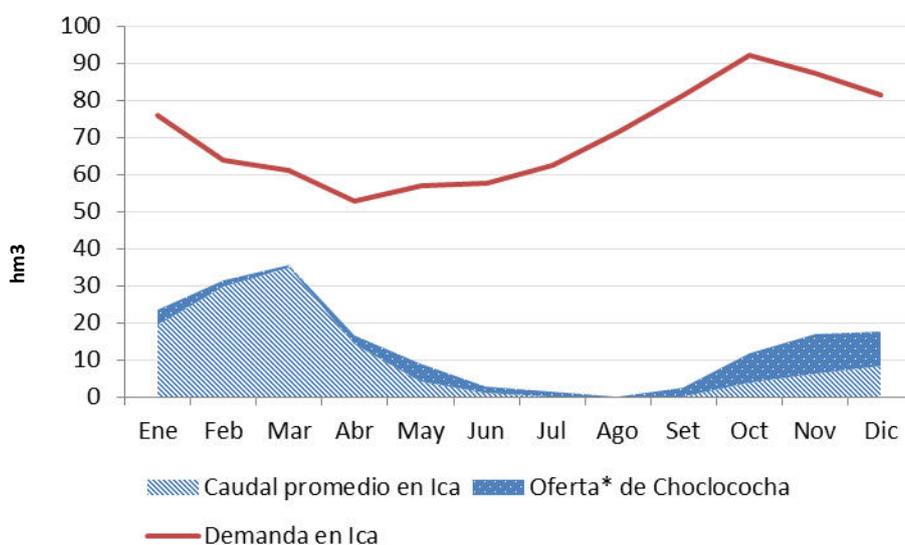


Figura 34 Balance de masas del suministro y demanda de agua de Ica. (Elaboración propia según datos de ANA, 2012)

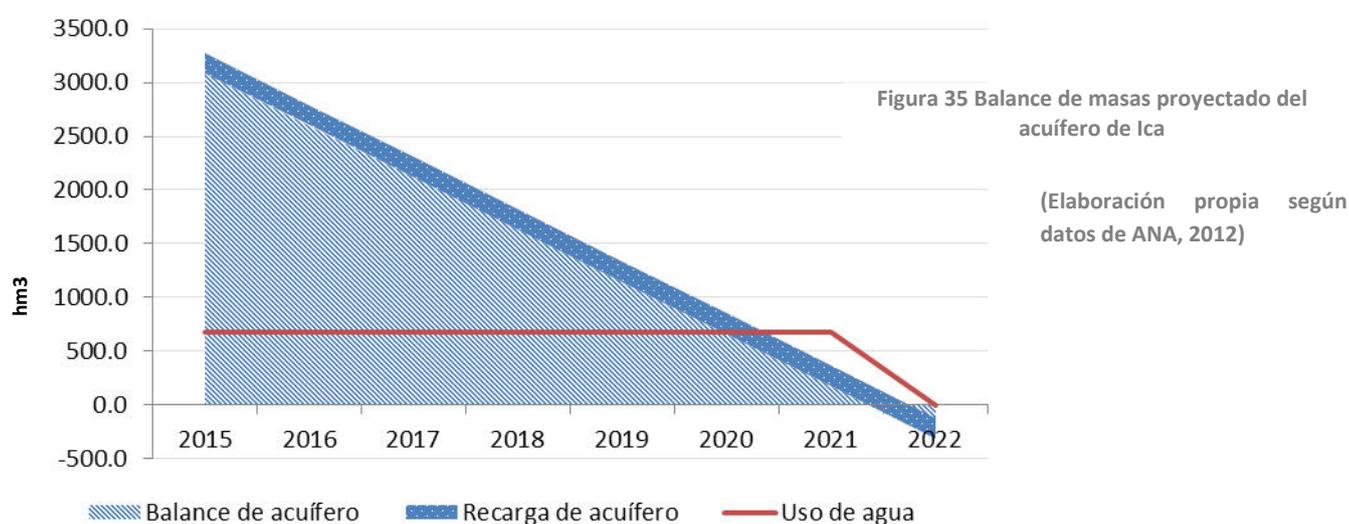
<sup>15</sup> "Plan de Gestión del acuífero del valle de Ica y pampas de Villacuri y Lanchas", MINAGRI, ANA.

<sup>16</sup> Incluido fresco, congelado y en conserva.

<sup>17</sup> "Agro exportación en el Valle de Ica", Rendón Schneir, E., Universidad Nacional Agraria – La Molina, 2014.

Sin embargo, a pesar de su considerable tamaño, el acuífero está severamente sobre-utilizado. La demanda de agua en la cuenca equivale a aproximadamente 840 hm<sup>3</sup> al año (más del 99% para uso agrícola), lo cual corresponde al doble del volumen anual suministrado por todas las fuentes de agua juntas. Esto no implica que los cultivos estén sub-abastecidos de agua sino que se está usando más agua que la que el sistema puede soportar sosteniblemente, esta “agua en exceso” viene del acuífero.

En 1939, por ejemplo, existían 47 pozos, pero en 1957 ya había 500 pozos y para el 2007 esta cifra se incrementó a 1550<sup>18</sup>. Si asumimos que la demanda anual en el valle de Ica permanece en 840 hm<sup>3</sup>, basado en valores de caudal promedio del río Ica y el suministro de la laguna Choclococha y la recarga del agua subterránea del 5% anual, se pronostica que el suministro de agua subterránea se habrá agotado para el año 2022 (Figura 35). Si la producción agrícola se expande sin una fuente de agua alternativa, el agotamiento del recurso ocurrirá antes.



Dada la creciente demanda de agua y las limitaciones en la disponibilidad de la misma, en el presente estudio se ha visto por conveniente analizar la sostenibilidad hídrica de la cuenca del río Ica desde el punto de vista ambiental, económico y social<sup>19</sup>.

### Análisis Ambiental

Para el análisis de la sostenibilidad ambiental, se comparó la huella hídrica azul de los principales cultivos agrícolas de la cuenca alta y baja con la oferta natural disponible (considerando en la parte baja, además del caudal, el agua del acuífero) (Figura 36 y 37)

<sup>18</sup> “Agro exportación en el valle de Ica”, Rendon Schneir, E., Universidad Nacional Agraria – La Molina, 2014.

<sup>19</sup> El análisis de la sostenibilidad hídrica en base a la huella hídrica toma los elementos conceptuales desarrollados en CTA (2013) “Resumen de Resultados: evaluación de la huella hídrica en la cuenca del río Porco”

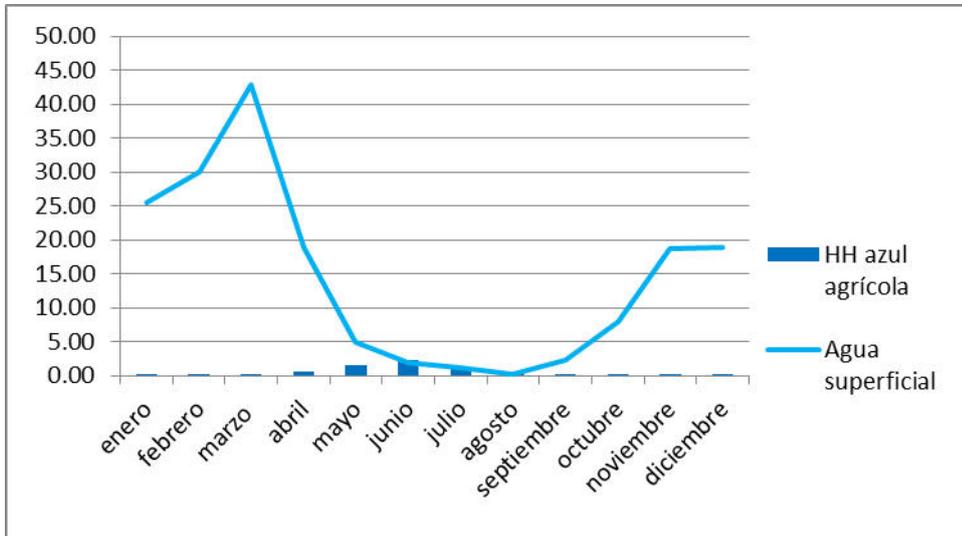


Figura 36 Huella hídrica agrícola y oferta natural disponible durante el año en la cuenca alta del río Ica (Elaboración propia según datos de ANA 2012, SENAMHI, MINAGRI)

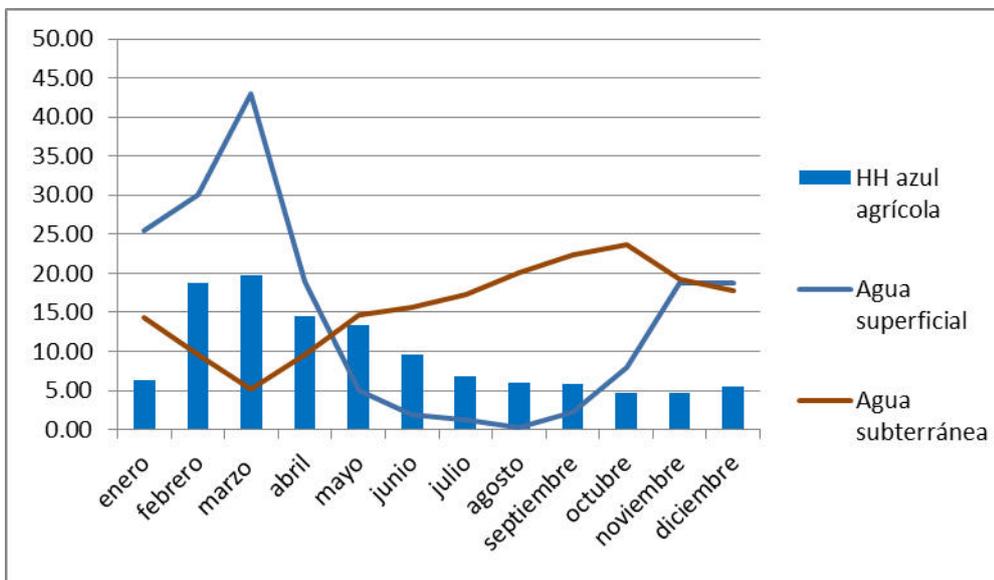


Figura 37 Huella hídrica agrícola y oferta natural disponible durante el año en la cuenca baja del río Ica (Elaboración propia según datos de ANA 2012, SENAMHI, MINAGRI)

A partir de este análisis se puede apreciar que si bien en la parte alta de la cuenca, donde la huella hídrica azul es bastante baja - pues se trata sobre todo de cultivos bajo secano - no se presentan conflictos asociados a la cantidad de agua; en la parte baja en cambio, la huella hídrica azul supera la disponibilidad de agua superficial durante los meses de mayo a septiembre, déficit que es compensado con el acuífero y que como se mencionó líneas arriba representa un riesgo para la sostenibilidad de la producción, debido a que el acuífero está severamente sobre-utilizado y se pronostica que al 2022 se habrá agotado.

Cabe aclarar que un análisis más detallado revela que la alta huella hídrica durante estos meses se debe sobre todo a la huella hídrica azul generada por el cultivo del algodón que tiene sus picos entre los meses de abril a junio.

### Análisis económico

Para relacionar la huella hídrica con el análisis económico, se utilizó los criterios de productividad aparente del agua azul (APW azul) y productividad aparente del agua verde (APW verde)<sup>20</sup> que muestra el valor generado por gota de agua usada en la producción. Las Figuras 38 y 39 ilustran algunas de estas variables.

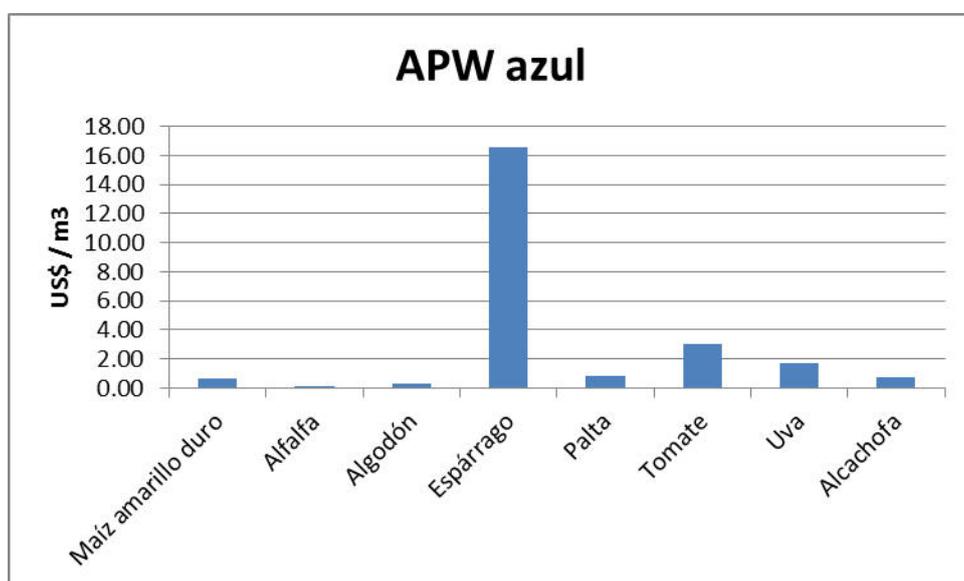


Figura 38 Productividad aparente del agua azul

(Elaboración propia según datos de ANA, SENAMHI, MINAGRI)

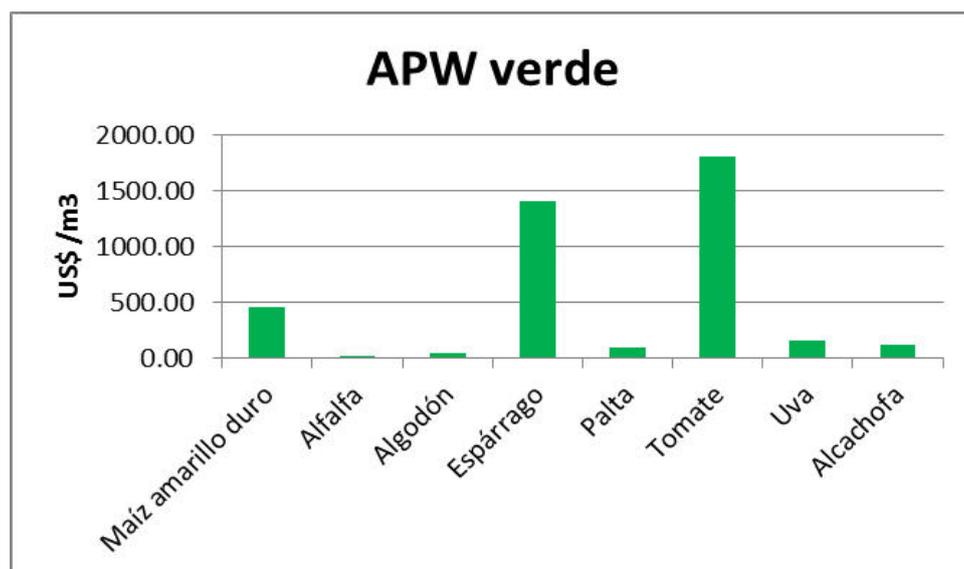


Figura 39 Productividad aparente del agua verde.

(Elaboración propia según datos de ANA, SENAMHI, MINAGRI)

Basado en los precios promedio de los cultivos entre el 2008 y el 2012, el tomate y el espárrago generan los mayores valores por gota de agua de irrigación usada, dado que además se trata de productos de exportación, se

<sup>20</sup> Estos conceptos incluidos en CTA (2013) “Resumen de Resultados: evaluación de la huella hídrica en la cuenca del río Porco” son tomados de Samoral et al., 2011 “Análisis de la huella hídrica extendida de la cuenca del Guadalquivir”

puede afirmar que el uso del agua para la irrigación de ambos cultivos es racional desde el punto de vista económico. Lo mismo ocurre, si miramos el valor por gota de los principales cultivos producidos en el valle, donde el espárrago tiene el más alto valor muy por encima de los demás cultivos, con excepción del tomate.

En el caso del algodón, vale la pena hacer énfasis en que la mayor parte de la cosecha es usada para la fabricación local de textiles de alto valor, una gran porción de los cuales son finalmente exportados. Por lo tanto, aunque el valor por gota de agua del algodón en sí no es particularmente alto, el valor por gota de agua de los productos textiles de exportación probablemente es bastante más alto.

### Análisis social

Para asociar la huella hídrica con el análisis económico, hemos utilizado el indicador de factor de empleo que no es otra cosa que el número relativo de días de trabajo por año necesarios para cultivar y cosechar cada producto (Figura 40).

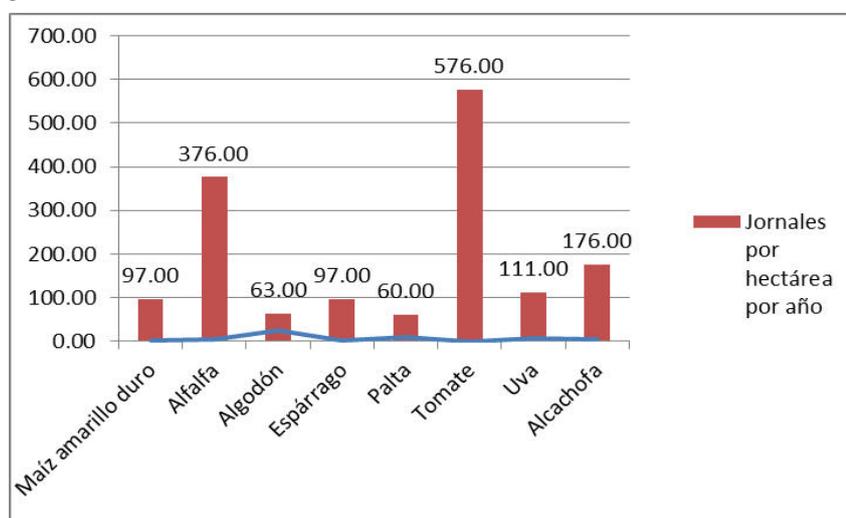


Figura 40 Huella hídrica agrícola v empleo  
(Elaboración propia según datos de ANA, SENAMHI, MINAGRI)

En términos de empleo, el tomate es definitivamente el cultivo que más empleo genera, mientras que los espárragos, el cultivo con el mayor valor por gota de agua azul requiere menos jornales por hectárea al año, menor incluso que la alfalfa, la alcachofa y la uva.

Si bien el factor de empleo es un indicador interesante de sostenibilidad social, también hay que considerar en el análisis la competencia por el uso del agua. En ese sentido, la cuenca de Ica presenta un caso interesante debido a que parte del caudal se obtiene del desvío de agua de la laguna Choclococha, que si bien teóricamente soluciona la necesidad de agua adicional del valle de Ica, en la realidad presenta numerosos desafíos sociales y ecológicos asociados.

### Posibles estrategias para mejorar la sostenibilidad

En respuesta al riesgo hídrico que enfrenta la región, algunas empresas agro exportadoras ya han empezado a invertir en nuevas técnicas de irrigación a fin de utilizar mejor las aguas del río Ica. Adicionalmente, se ha reportado un cambio progresivo en la producción de cultivos que consumen gran cantidad de agua por cultivos de

menos requerimiento de agua tales como la quinua y algunos granos,<sup>21</sup> sin embargo, ninguno de estos cambios ha sido suficiente hasta ahora para impactar significativamente en la disminución de la demanda total de agua.

Dado que este es un estudio de nivel nacional, es interesante comparar las huellas hídricas de los principales cultivos del valle de Ica con las huellas hídricas de los mismos cultivos producidos en otras partes del país. La Figura 41 muestra las huellas hídricas del espárrago, alcachofa y palta para las principales regiones donde se produce.

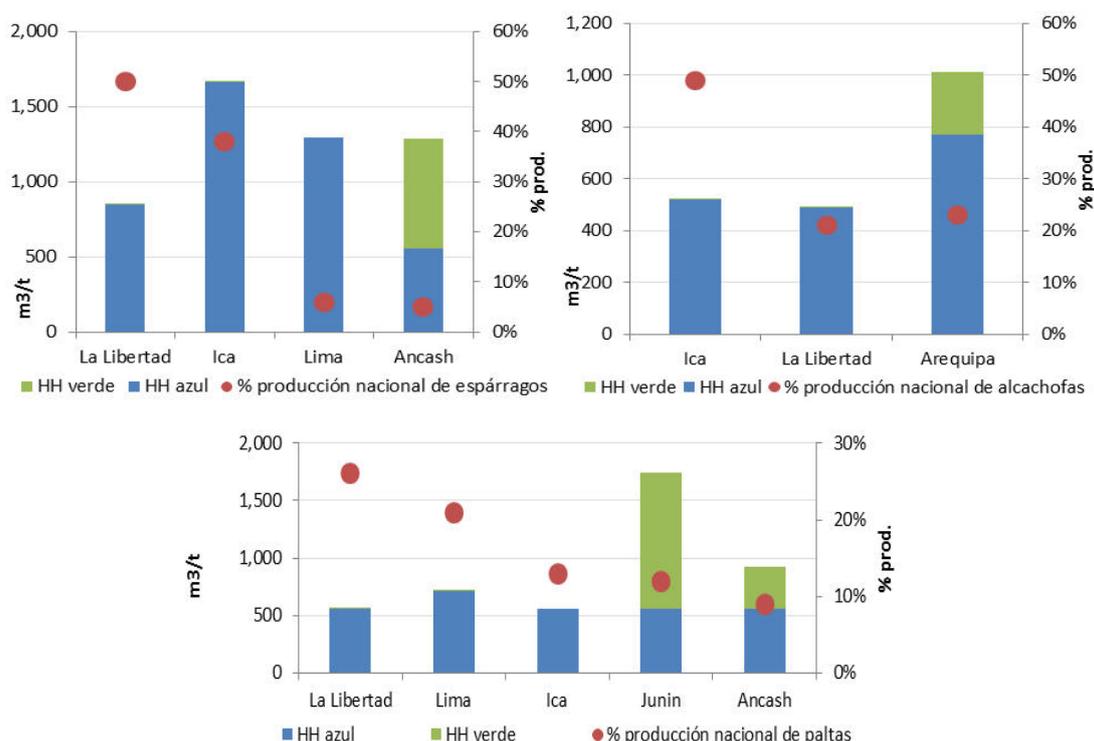


Figura 41 Huellas hídricas de la producción de espárragos, alcachofas y paltas en las principales regiones (Elaboración propia según datos de SENAMHI, MINAGRI)

Comparativamente, la producción de espárragos en Ica requiere considerablemente más irrigación por tonelada que la producción en las demás regiones; es especialmente notorio que la huella hídrica por tonelada de espárrago en La Libertad sea una de las menores, considerando que en esta región se produce cerca del 50% de la producción nacional. Por otro lado, los requerimientos de agua azul para el desarrollo óptimo de paltas y alcachofas en Ica son comparables o menores que en las otras regiones, La Libertad, Lima e Ica son todas regiones secas y por lo tanto, el uso eficiente y moderado del agua de irrigación es relevante para cada una de ellas.

Para comprender a cabalidad las ventajas y desventajas de la producción en diferentes regiones se necesita determinar los vínculos socio-económicos y ambientales más amplios con la producción en estas áreas. Aun cuando a Ica le sea favorable el uso de agua azul para ciertos cultivos en comparación a otras regiones, es innegable que la región está experimentando un severo estrés hídrico que si no es manejado adecuadamente, probablemente tendrá efectos residuales negativos en múltiples sectores tanto al interior de la región Ica como en el país en conjunto.

<sup>21</sup> "Escasez de agua amenaza la agricultura en el sur del Perú", Ortiz, O., 4 de Agosto del 2014, <http://www.peruthisweek.com/news-water-shortages-threaten-agriculture-in-southern-peru-103584>

### 3.4. Huella hídrica de las importaciones agropecuarias

Desde una perspectiva de valor económico, durante la última década y media, el Perú ha sido un exportador neto, sin embargo desde la perspectiva de la huella hídrica, el Perú es un importador neto. Las importaciones de trigo y maíz están incluidas entre los 10 principales productos importados en términos de valor económico; en el 2013, el valor de las importaciones de trigo y maíz alcanzó los USD 626 y USD 546 millones, respectivamente<sup>22</sup>. El aceite y la torta de soya se cuentan también entre las veinte principales importaciones del Perú. Sin embargo, a pesar de estos valores relativamente altos de importación agrícola, el Perú exporta más productos agrícolas crudos y procesados de los que importa.<sup>23</sup>

La Figura 42 muestra la balanza comercial del Perú entre 1980 y 2013. Con excepción del último año, el Perú ha sido un exportador neto desde el 2001. El trigo, el maíz y los productos a base de soya han constituido aproximadamente el 50% de las importaciones agrarias durante el último año.

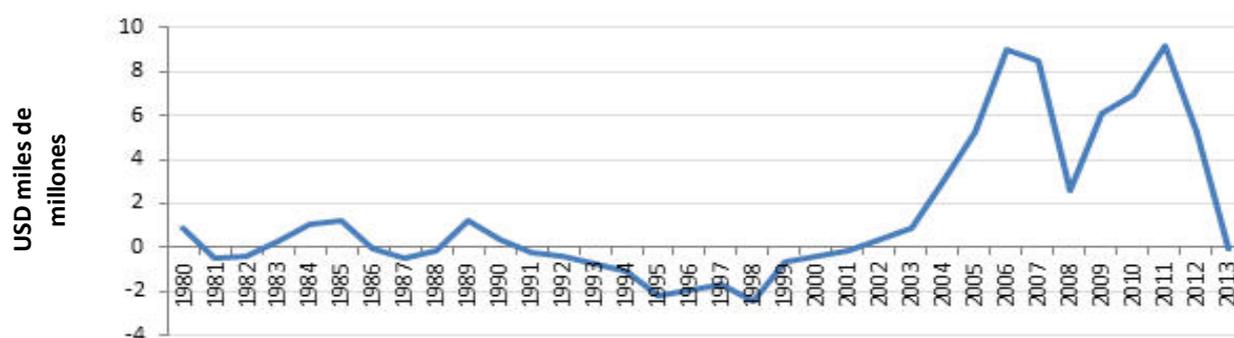


Figura 42 Balanza comercial histórica del Perú  
(Elaboración propia según datos del Banco Central de Reserva del Perú)

Si se compara el valor económico de los principales cultivos de importación y de exportación del Perú (Figura 43)<sup>24</sup>, se puede observar que el valor de las importaciones supera al de las exportaciones; sin embargo, el valor relativo ha ido disminuyendo desde el año 2008 (exportaciones como porcentaje de importaciones). En el 2011, el valor de las exportaciones de quinua, uva, espárrago, palta y alcachofa fue de 34% del valor de las importaciones de fibra de algodón, maíz, soya y productos a base de soya.

<sup>22</sup> MINAGRI, [http://www.minag.gob.pe/portal/download/pdf/herramientas/boletines/boletineselectronicos/comercioexterior/exportaciones/2013/exp\\_agra\\_diciembre\\_13-270214.pdf](http://www.minag.gob.pe/portal/download/pdf/herramientas/boletines/boletineselectronicos/comercioexterior/exportaciones/2013/exp_agra_diciembre_13-270214.pdf).

<sup>23</sup> Atlas Media MIT, <http://atlas.media.mit.edu/profile/country/per/>.

<sup>24</sup> Este gráfico incluye los productos crudos y los productos procesados.

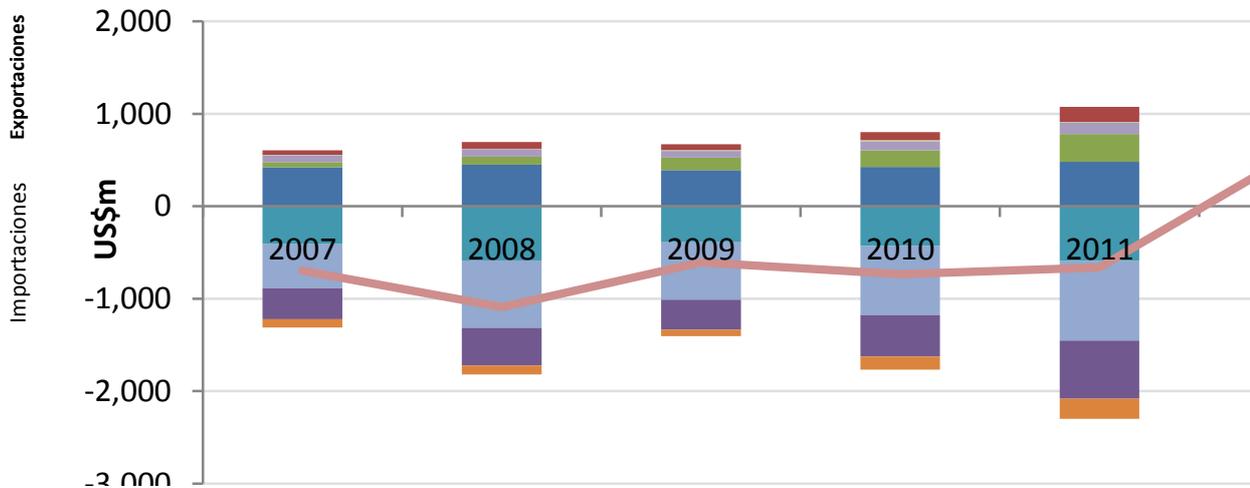
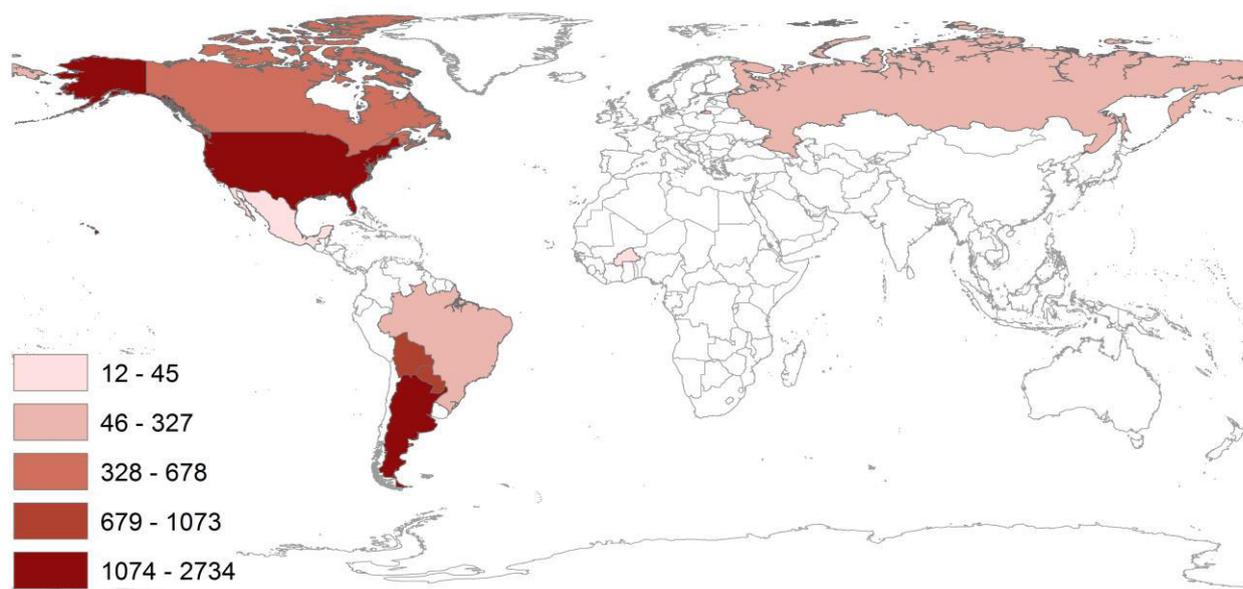


Figura 43 Valor de los principales cultivos importados y exportados

(Elaboración propia según datos de FAO, MINAGRI)

Desde la perspectiva de la huella hídrica, la magnitud de la diferencia entre las huellas hídricas de exportación e importación de estos productos agrícolas es mucho más grande. La huella hídrica de los principales cultivos de exportación equivale a menos del 5% de la huella hídrica de los principales cultivos de importación.

La mayor parte de los países de los cuales el Perú importa productos agrícolas se encuentran en Sudamérica, incluyendo Paraguay, Argentina, Bolivia y Brasil. Los EE.UU. es otro socio comercial importante, sobre todo para la importación de fibra de algodón (Figuras 44 y 45).



### Huella Hídrica Importada (hm<sup>3</sup>/año)

PAIS	Algodón	Maíz AD	Soya Subp	Trigo	TOTAL
Argentina	0	1163	957	614	2734
Bolivia	13	0	880	0	893
Brasil	0	110	217	0	327
Burkina Faso	12	0	0	0	12
Canada	0	0	0	678	678
Estados Unidos	390	223	149	1179	1941
Mexico	0	0	0	45	45
Paraguay	0	247	826	0	1073
Rusia	0	0	0	164	164

Figura 44 Huellas hídricas de las importaciones según origen en hm<sup>3</sup>/año  
(Elaboración propia según datos de FAO, WFN)

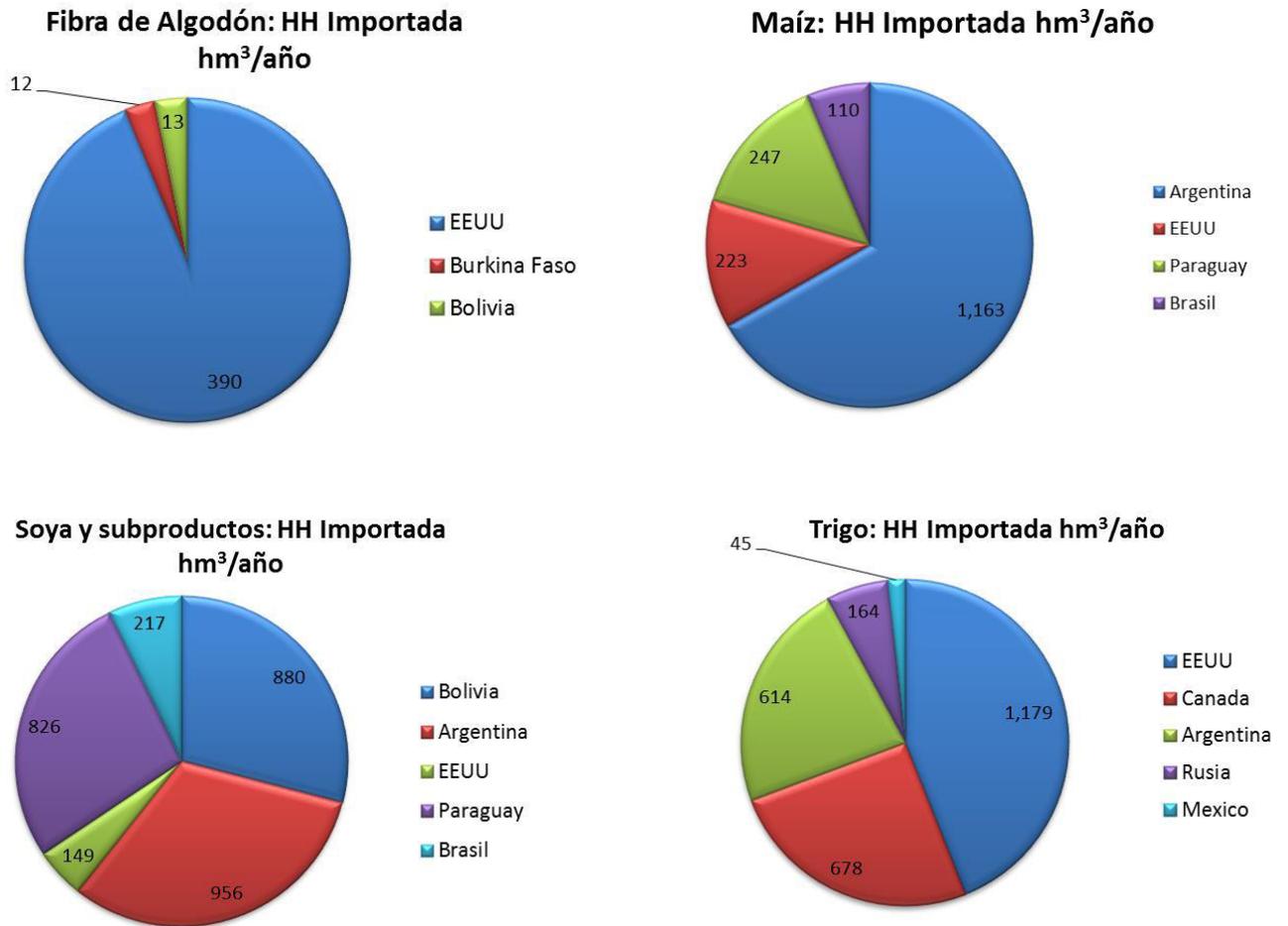


Figura 45 Huellas hídricas anuales de las importaciones según origen en hm<sup>3</sup> (Elaboración propia según datos de FAO, WFN)

Debido a que la ganadería normalmente requiere grandes cantidades de agua, los países que producen la mayor parte de los productos cárnicos y animales necesarios para el consumo interno tienen grandes huellas hídricas de producción asociadas con la ganadería. En el caso del Perú, sin embargo, la situación es algo diferente.

El Perú cuenta actualmente con más de 5.5 millones de cabezas de ganado y a lo largo del año llega a producir casi 600 millones de pollos, cifras que aumentan cada año y que requieren cantidades significativas de alimento, y consecuentemente de agua. Este alimento no se produce en su totalidad en el país, pues contiene una alta proporción de soya (en particular aceite y torta de soya) y maíz importados que va en aumento a medida que aumenta la producción (Figura 46). En consecuencia, una parte considerable de la huella hídrica del consumo pecuario del país se puede atribuir a las importaciones.

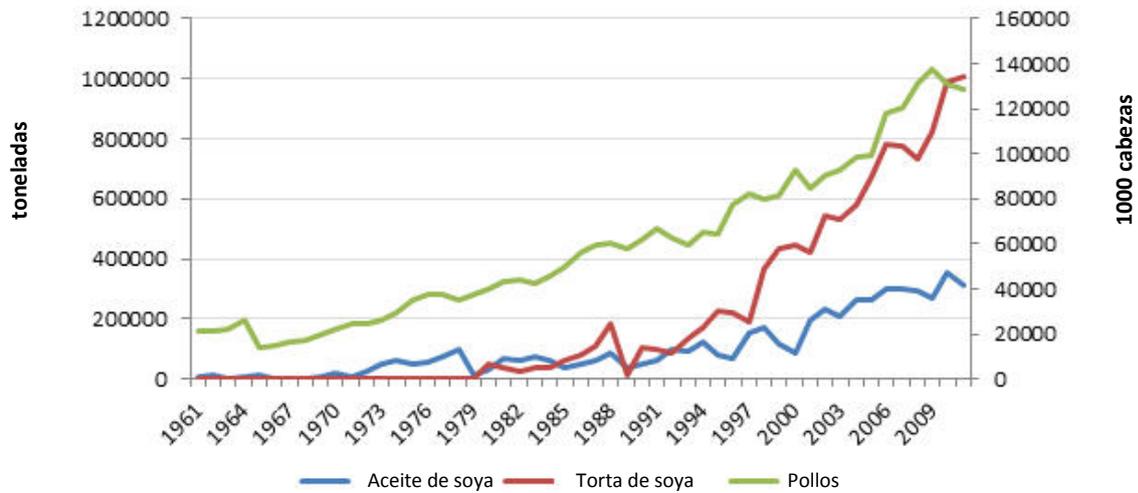


Figura 46 Importaciones históricas de aceite y torta de soya al Perú y producción de pollos

(Elaboración propia según datos de MINAGRI)

### 3.5. Balance de agua virtual

Si bien en términos de valor comercial el Perú importa más productos agrícolas de los que exporta, la huella hídrica de las exportaciones agrícolas es aproximadamente dos tercios de la huella hídrica de las importaciones agrícolas, lo que implica que el Perú es un importador neto de agua virtual y por lo tanto depende de recursos hídricos externos para satisfacer sus necesidades de consumo. Si bien la composición y el destino y origen de estos movimientos de agua virtual ya se analizó en los capítulos anteriores, un panorama general del flujo de agua virtual puede verse más claramente en la Figura 47.

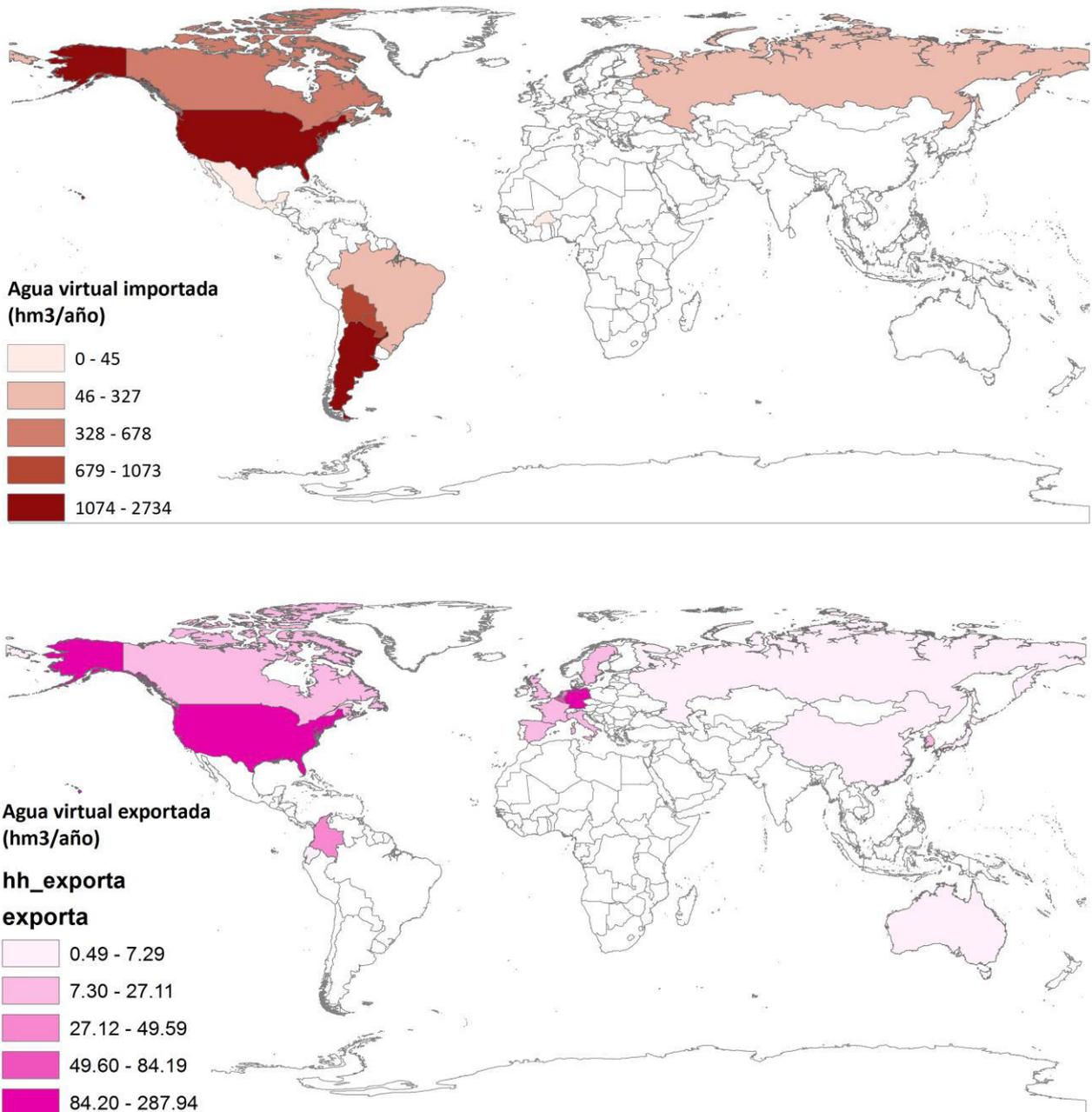


Figura 47 Flujo virtual de importaciones y exportaciones de los principales productos agropecuarios del Perú

(Elaboración propia según datos de MINAGRI, SENAMHI y FAO)

Por otro lado, la composición de estas huellas hídricas en términos de agua azul y agua verde también es diferente. La huella hídrica de las exportaciones tiene una proporción de agua azul aproximadamente cinco veces mayor que la proporción de agua azul de la huella hídrica de las importaciones, esto indica que el país exporta productos de valor relativamente alto que requieren de riego, al tiempo que importa productos de menor valor que utilizan más agua verde para su producción. Cabe aclarar que si bien no todos los cultivos en Perú que hacen uso intensivo de agua azul son cultivos de alto valor, si lo son la mayoría de los cultivos de exportación.

Con excepción de un corto periodo después de la crisis económica mundial del 2008/2009, tanto las importaciones como las exportaciones agrícolas del Perú se han incrementado en la última década y media. La Tabla 7 muestra los principales productos de importación y exportación del Perú. A ello hay que agregar que también hay otros productos cada vez más importantes y cotizados en el mercado internacional como la quinua, cuya demanda internacional ha experimentado un aumento considerable en los últimos años.

Tabla 7 Productos de exportación e importación principal basada en valores en 2013

<b>Importaciones</b>	Trigo	Maíz amarillo duro	Subproductos de soya	Aceite de soya	Arroz
<b>Exportaciones</b>	Café verde	Uva	Espárrago fresco	Palta	Espárrago preparado

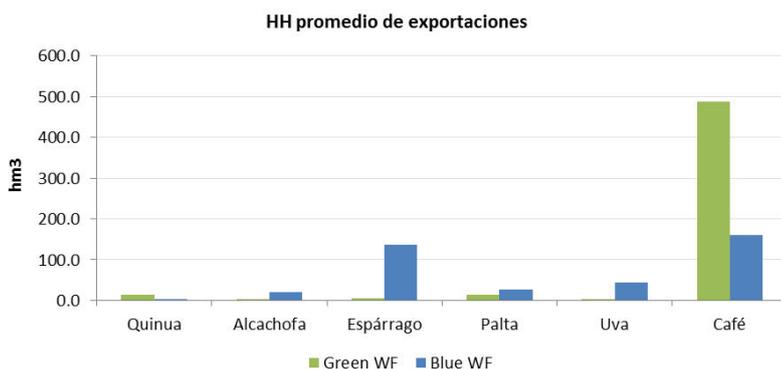
Elaboración propia en base a datos de MINAGRI

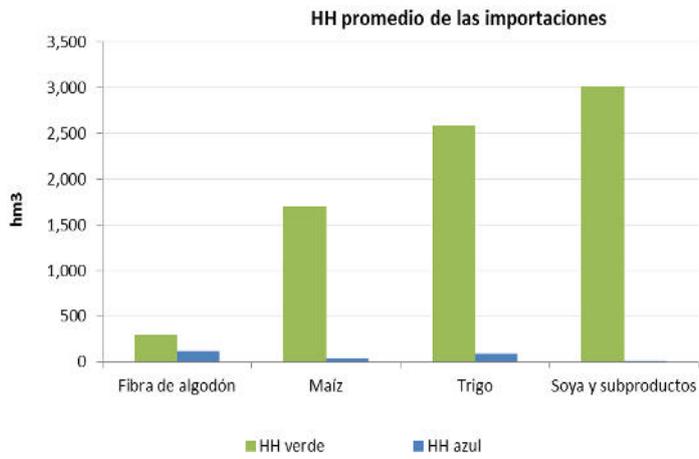
El tamaño de las huellas hídricas de los cultivos de importación y de exportación no necesariamente se correlaciona con el volumen (en toneladas) o el valor económico de los productos. En ese sentido, las políticas de fomento a las exportaciones e importaciones deberían considerar también índices como el valor por gota de agua de un producto, sobre todo considerando el tipo de agua utilizada para su producción (verde o azul).

Con la excepción de la fibra de algodón, los productos importados por el Perú tienen un valor económico relativamente bajo a diferencia de los productos exportados que son de alto valor económico. Cuando se comparan estos productos agrícolas con el agua requerida para su producción, se observa que los cultivos de importación de bajo valor económico utilizan agua verde de manera intensiva, mientras que los cultivos de exportación de alto valor económico utilizan sobre todo agua azul. Una mirada general de las huellas hídricas de los principales cultivos de importación y exportación se muestra en la Figura 48, donde se puede apreciar que la huella hídrica de las importaciones es particularmente intensa en huella verde, mientras que la huella hídrica de las exportaciones es particularmente intensa en huella azul.

Desde una perspectiva económica, el balance comercial de huella hídrica actual del Perú es de carácter práctico ya que otorga indirectamente valor a los escasos recursos de agua azul necesarios para la producción agrícola.

En general, la historia comercial agrícola y pecuaria del Perú debe ser vista de manera más minuciosa a fin de comprender plenamente las causas subyacentes y las consecuencias de los productos comerciales importantes del país en términos de valor, requerimientos de agua y demandas de consumo.





**Figura 48 Huellas hídricas promedio de la importación y exportaciones**

(Elaboración propia según datos de FAO, MINAGRI)

#### Caso 4: La fibra de algodón y la industria textil del Perú

El Perú es uno de los líderes mundiales en la producción textil. Si bien en términos de valor generado, el sector textil aporta alrededor del 3% del PBI, es el quinto mayor contribuyente a las exportaciones del país, después de los sectores minero metálico y no metálico, agrícola y agroindustrial, pesquero y petrolero. Aproximadamente el 70% del valor de las exportaciones de textiles y prendas de vestir se debe a prendas en base de algodón, pero esto corresponde sólo al 40% de las exportaciones en términos de volumen, ello indica que las prendas de algodón exportadas son prendas de alto valor económico. Más allá de la esfera puramente económica, la industria del algodón proporciona aproximadamente 500 000 puestos de trabajo directos, y es fuente de ingresos de aproximadamente 1.5 millones de familias peruanas<sup>25</sup>. Interessantemente, durante la última década las exportaciones de productos textiles en base de algodón de alto valor han aumentado a una tasa de crecimiento de aproximadamente 10% al año.<sup>26</sup>

Este sector en crecimiento necesita grandes volúmenes de materias primas - fibra de algodón - sin embargo, actualmente la producción peruana de fibra de algodón sólo cubre el 40% de la demanda de la industria textil peruana; el 60% restante se importa, principalmente de los EE.UU. y en menor volumen de Bolivia, Burkina Faso, Colombia y España<sup>27</sup>. La tendencia a la disminución de la producción se da a partir de los años 60 y es compensada con la importación de fibra desde inicios de los años 90 con una tendencia creciente a la fecha (Figura 49).

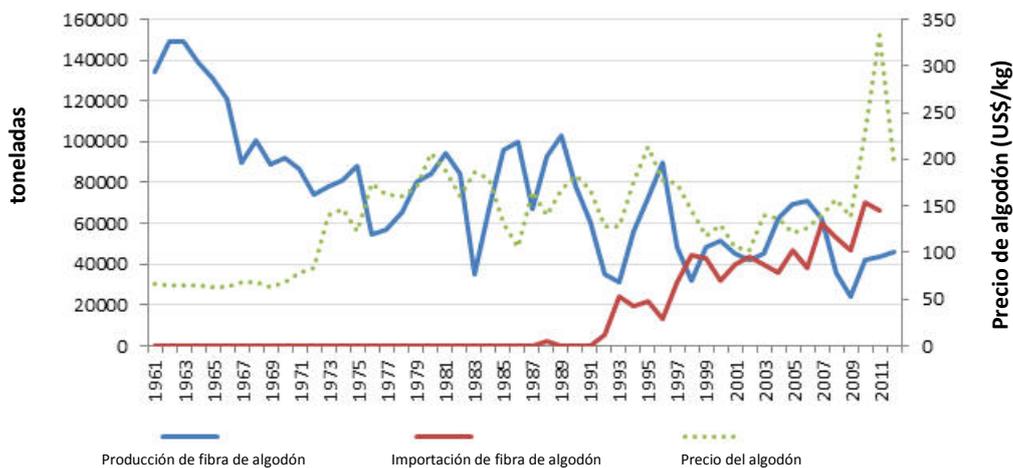


Figura 49 Volúmenes históricos peruanos de importación y producción de fibra de algodón y precio del algodón

(Fuente: FAO, Banco Mundial)

<sup>25</sup> Ibid.

<sup>26</sup> Peru as a Sourcing Option, Textile Committee National Society of Industries: Peru, The Cotton Forum, 2012.

<sup>27</sup> <http://www.peruthisweek.com/news-cotton-production-woes-affect-peruvian-textile-industry-100546>

Más del 60% de la fibra de algodón producida en el Perú proviene del departamento de Ica, cantidades más pequeñas (aproximadamente 10%) provienen de Ancash y La Libertad respectivamente.

Existen tanto ventajas como desventajas asociadas con la importación de fibra de algodón para la industria textil y su reexportación. Considerando que el algodón es un cultivo que requiere mucha agua para su producción, el análisis del flujo de agua virtual, ofrece una interesante visión sobre esta dinámica comercial. Así, la Figura 50 ilustra la huella hídrica asociada con la producción de fibra de algodón en las principales regiones del país y los Estados Unidos, país que suministra al Perú casi el 90% de sus importaciones de fibra de algodón, o aproximadamente el 45% de insumo de algodón para la industria textil.

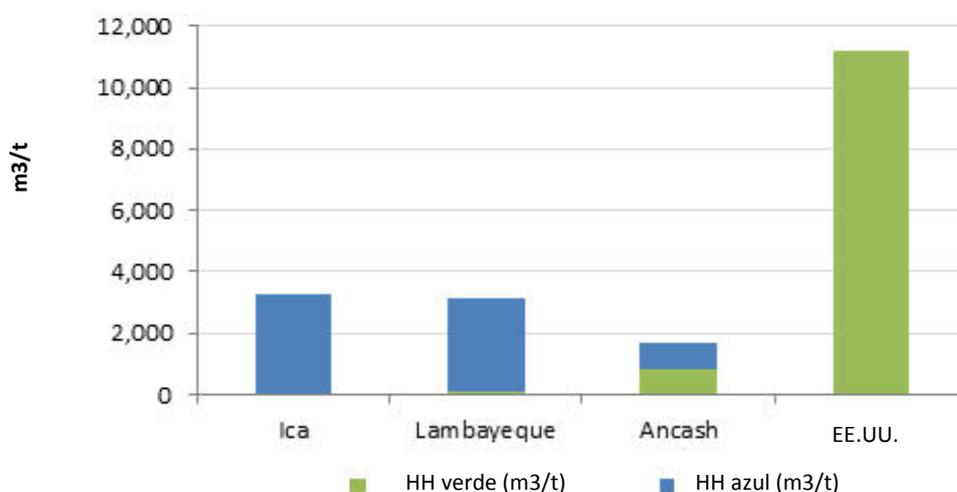


Figura 50 Huellas hídricas de la producción de algodón por región

(Elaboración propia según datos de WFN, SENAMHI, MINAGRI)

Mientras la huella hídrica del algodón en las tres principales regiones productoras del Perú no supera los 4 000 m<sup>3</sup>/t, en los EE.UU. la huella es de algo más de 11 000 m<sup>3</sup>/t. Sin embargo en este último caso, el requerimiento de agua se satisface a través del agua de lluvia, mientras que en el Perú, la producción de algodón se encuentra principalmente en regiones secas, donde los promedios de precipitación son muy bajos y por lo tanto, se debe suministrar riego para que el cultivo produzca los volúmenes adecuados.



## 4. Huella hídrica del consumo en Lima: *Rastreamo el agua de Lima a lo largo del país*

Perú es una de las economías con mejor desempeño en América Latina. Desde el 2010, la tasa de crecimiento del PBI del país ha oscilado entre el 5.8% (en 2013) y 8.5% (en 2010), lo cual refleja niveles muy altos de crecimiento a escala mundial. Lima, la capital del Perú, que alberga a casi 10 millones de personas, un tercio de la población nacional, es el motor económico y financiero de este crecimiento, contribuyendo a más del 50% del PBI del país. Según una evaluación de la capacidad de atracción para la inversión de las ciudades de América Latina realizada en el 2013, Lima ocupa el cuarto puesto después de Santiago de Chile, Sao Paulo y Ciudad de México.<sup>28</sup>

Sin lugar a dudas, Lima es un centro económico dinámico y en auge, con un crecimiento comparable al de muchas grandes ciudades europeas o estadounidenses, ello da lugar a suponer que el nivel de consumo en Lima y el agua incluida en este sea superior al promedio nacional; sin embargo esto no es el panorama que encontramos al analizar la huella hídrica de esta ciudad y se explica al comprender los flujos de agua virtual al interior del país. En este capítulo se muestra que la huella hídrica del consumo de Lima está estrechamente relacionada con las regiones específicas de las cuales Lima se abastece.

Una estimación de la huella hídrica agropecuaria de Lima, a partir de la suma de la huella hídrica de los productos agrícolas que ingresan a Lima de otras partes del país, adicionándole una porción de la huella hídrica de los productos agrícolas importados de otros países<sup>29</sup> y atribuyendo todos los productos agrícolas producidos en el departamento de Lima de acuerdo a la demanda de la ciudad, encontramos que esta corresponde a un poco menos de un tercio de la huella hídrica total del sector agropecuario del Perú. Si bien existen numerosos supuestos detrás de esta estimación, en general lo que esto implica es que el consumo per cápita de Lima en términos de agua no es significativamente más intenso que el promedio nacional (Figura 51).

<sup>28</sup> Ranking de Ciudades Latino Americanas para la Atracción de Inversiones, Universidad del Rosario (Centro de Pensamiento en Estrategias Competitivas & Inteligencia de Negocios, 2013).

<sup>29</sup> Porcentaje basado en el tamaño de la población de Lima en relación a la población nacional

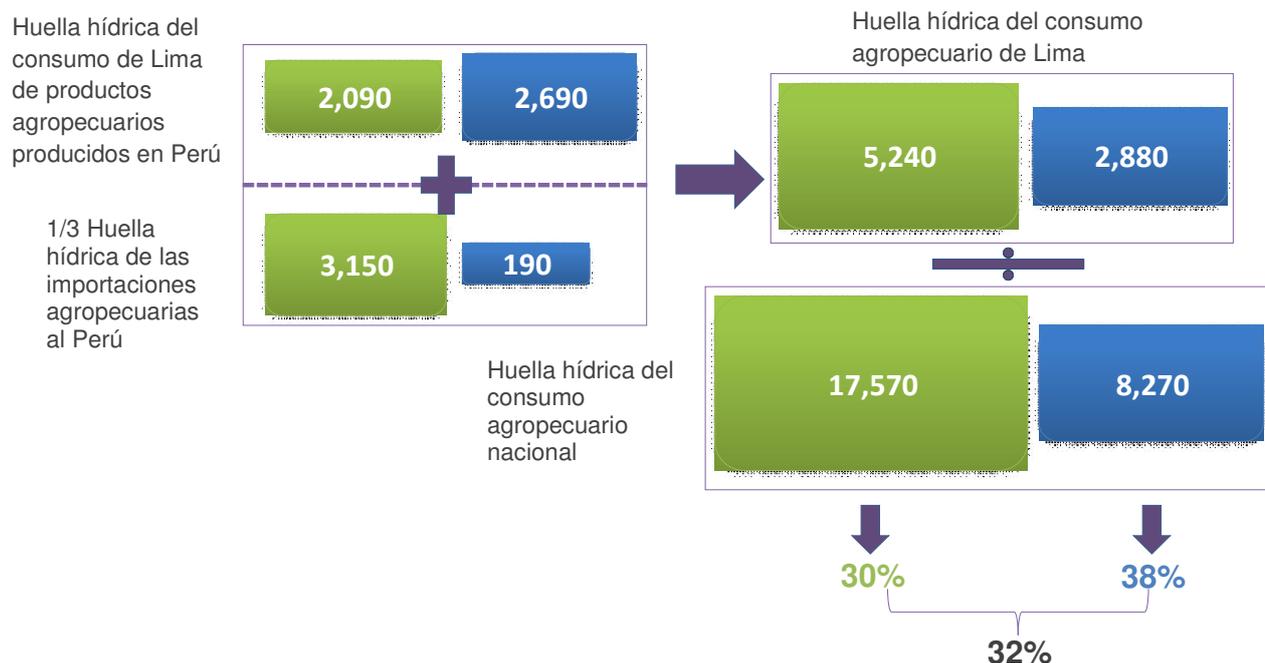


Figura 51 Huella hídrica agropecuaria de Lima en relación a la Huella hídrica agropecuaria nacional (Elaboración propia)

#### 4.1. Consumo agropecuario de Lima

Existen una serie de factores que influyen en los patrones de consumo. A nivel microeconómico, la situación económica y los ingresos disponibles son algunos de los factores que influyen en el volumen y el tipo de consumo per cápita. Por lo general, conforme aumentan los niveles del PBI per cápita, también lo hace el consumo de carne pero luego se estabiliza.

A nivel macroeconómico, la producción y el comercio nacional también influyen en aquello que está disponible para el consumo; mientras que el contexto geográfico del país y la ubicación de sus nodos comerciales tienen un impacto en la logística y el acceso, y por lo tanto, en el consumo. Todos estos elementos explican los patrones de consumo de productos agropecuarios de Lima.

El ingreso promedio per cápita de la población de Lima es más alto que el promedio nacional, además la ciudad alberga al mayor puerto de exportaciones del Perú, y por ello la mayoría de los productos de exportación del país circulan a través de esta ciudad. Por otro lado, debido a la complejidad geográfica del país, algunos productos que ingresan a Lima para el consumo local provienen de regiones que no son las principales productoras de un bien en particular, lo cual también podría deberse a que las principales regiones productoras destinen sus productos para la exportación y no para el consumo interno. La Figura 52 destaca algunas de estas características y además ilustra el consumo promedio per cápita de la canasta básica de Lima Metropolitana con respecto al promedio nacional.

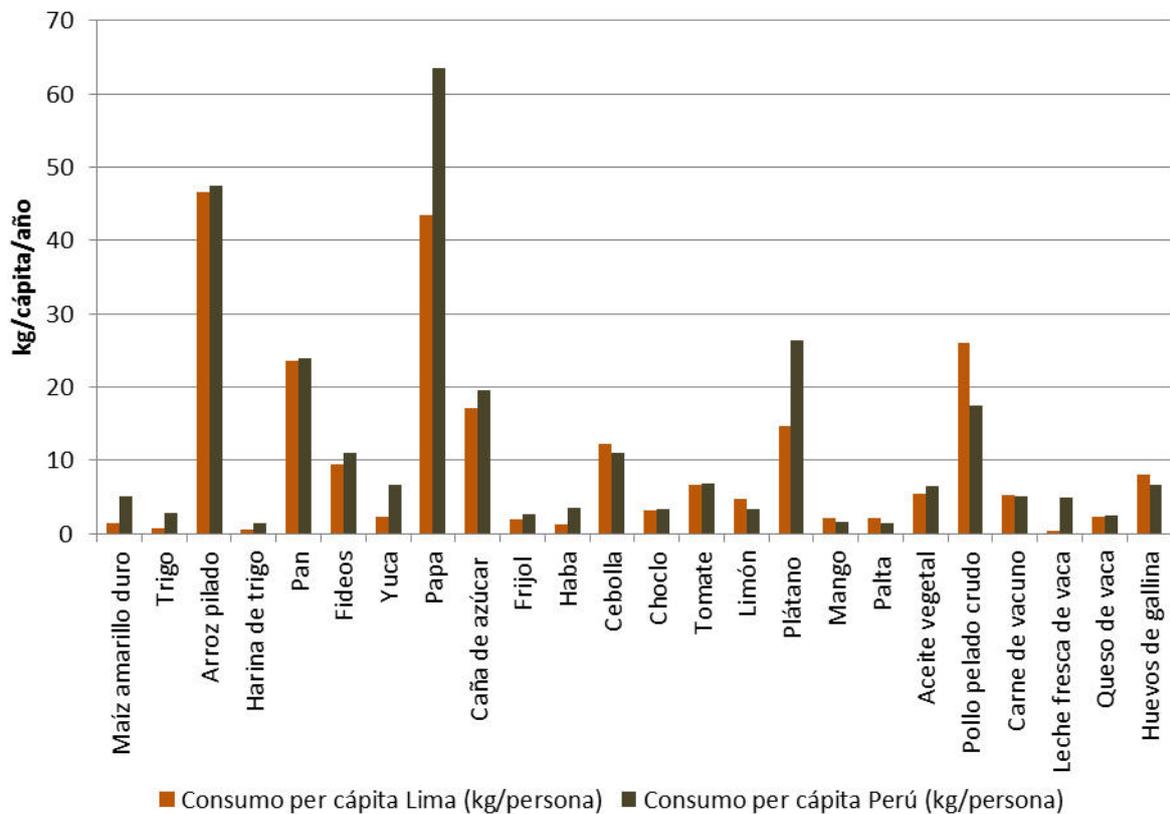


Figura 52 Consumo de Lima Metropolitana y nacional de los productos agropecuarios de la canasta básica

(Elaboración propia según datos de INEI, 2013)

Como se puede apreciar, el consumo per cápita en Lima de todos los productos de origen animal es mayor que el promedio nacional, ello podría explicarse bajo la teoría de que existe una asociación entre el mayor nivel de ingresos y un mayor consumo de proteína. El único caso en que el consumo en Lima es visiblemente menor que el consumo nacional es el de la papa; el consumo de este tubérculo varía considerablemente en todo el país, desde 12.8kg per cápita en Iquitos a 99.6kg per cápita en Pasco (INEI, 2012). La papa no es un producto comercial industrial en el Perú y por lo tanto se cultiva principalmente a través de la agricultura de pequeña y mediana escala y se consume localmente. La producción es más alta en las zonas rurales de la Sierra, y por lo tanto también el consumo es más alto en estas zonas.

Para analizar la huella hídrica del consumo de productos agropecuarios en Lima es útil comparar la demanda de consumo de Lima con el ingreso de productos de otras zonas del país (Figura 53) para determinar cuáles son los productos de otras regiones del Perú de las que depende la ciudad, y con qué fines.

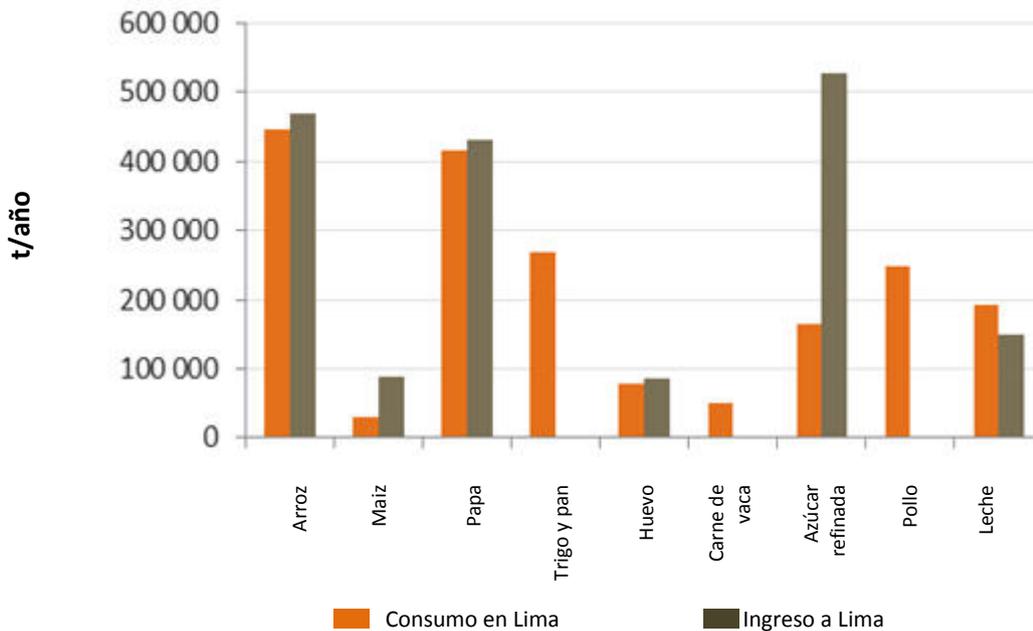


Figura 533 Consumo e ingreso de productos nacionales a Lima Metropolitana

(Elaboración propia en base a datos de INEI, MINAGRI)

Las cifras de comercio interno de varios de los cultivos presentados aquí son casi similares a las de su consumo<sup>30</sup>, sin embargo esto no ocurre en todos los casos. En el caso de la azúcar refinada por ejemplo, el alto volumen que ingresa a la capital puede estar relacionado con una gran cantidad de fabricantes de alimentos locales que requieren suministros de azúcar para su procesamiento. El ingreso nulo de pollo se debe a que las granjas avícolas más importantes del país se ubican en las afueras de la ciudad, pero dentro de la provincia de Lima por lo tanto no se considera un producto de comercio interno, esta producción local generalmente satisface las necesidades de consumo de carne de pollo de la ciudad<sup>31</sup>.

En promedio, se consume en Lima más pollo que carne de res, que si bien no se produce en su totalidad en la región Lima no se registra como un ingreso debido a que el ganado ingresa a Lima antes de ser sacrificado, transportado desde las zonas andinas a centros de engorde que se encuentran en Lima, donde recibe alimentos con alta concentración de nutrientes para que aumenten su peso. Del mismo modo, el aparente déficit de leche se debe a que la leche que ingresa a Lima sólo se refiere a la leche fresca y en realidad, una parte mucho mayor de las necesidades de leche de la población local se satisface con leche evaporada.

El gran déficit en la oferta interna de trigo se compensa con la importación de trigo de otros países. El trigo constituye en realidad uno de los productos agropecuarios de importación más importantes del Perú, tanto en términos de tonelaje como de huella hídrica<sup>32</sup>.

<sup>30</sup> Pequeñas diferencias pueden atribuirse a pérdidas y promedio al realizar los cálculos.

<sup>31</sup> Es necesario precisar que Lima importa grandes volúmenes de maíz amarillo duro especialmente para la alimentación de pollos

<sup>32</sup> El volumen promedio anual de trigo importado en el país es muy superior a la cantidad necesaria para el consumo local en Lima, por ejemplo, el Perú importó en el 2012 aproximadamente 1 700 000 de toneladas de trigo de países extranjeros; mientras que el consumo de trigo y de productos de panificación en Lima se estimó en menos de 415 000 toneladas.

Por último, el ingreso de maíz que se muestra en el gráfico se refiere al “maíz choclo”, maíz exclusivo de consumo humano. El exceso de éste sobre las necesidades de consumo se explica por los requerimientos de maíz por parte de la industria local de procesamiento de alimentos.

Como se sabe, los productos pecuarios requieren de productos agrícolas para su producción, en el caso de Lima, se importa cantidades importantes de harina de soya para la alimentación de pollos y ganado vacuno. Por lo tanto, aunque se evidencia la importación nacional de productos de origen animal, estos productos también están relacionados con grandes importaciones internacionales. No obstante, la mayor parte de los requerimientos agropecuarios de Lima se satisface en gran medida gracias a la producción nacional. En la siguiente sección se presentan los requerimientos de agua de esta producción mediante la identificación de las principales regiones de las cuales depende Lima.

## 4.2. Huella hídrica del consumo agropecuario en Lima

La huella hídrica de los productos agropecuarios que ingresan a Lima no guarda relación con el volumen de los mismos, y es que los productos que ingresan en mayor proporción no son necesariamente los que mayor huella tienen. Como se verá más adelante, la huella hídrica agropecuaria muchas veces está más relacionada a las condiciones climáticas del lugar donde se produce un cultivo que a los volúmenes de consumo (Figura 54).

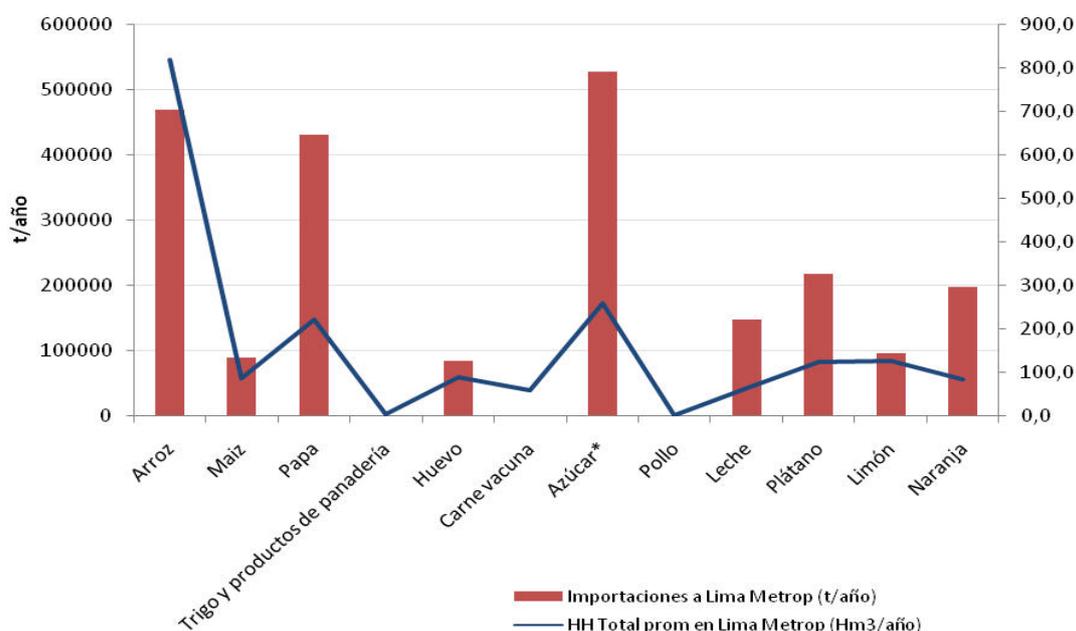


Figura 544 Comercio interno y huella hídrica anual de los principales productos agropecuarios consumidos en Lima Metropolitana (Elaboración propia, según datos de MINAGRI, SENAMHI)

Por otro lado, también la composición azul y verde de las huellas hídricas de algunos de los productos agropecuarios más consumidos en Lima difiere de la composición de la huella hídrica de dichos productos a nivel nacional (Figuras 55 y 56). A fin de entender la causa de estas diferencias, se analiza a mayor detalle algunos de los productos más importantes.

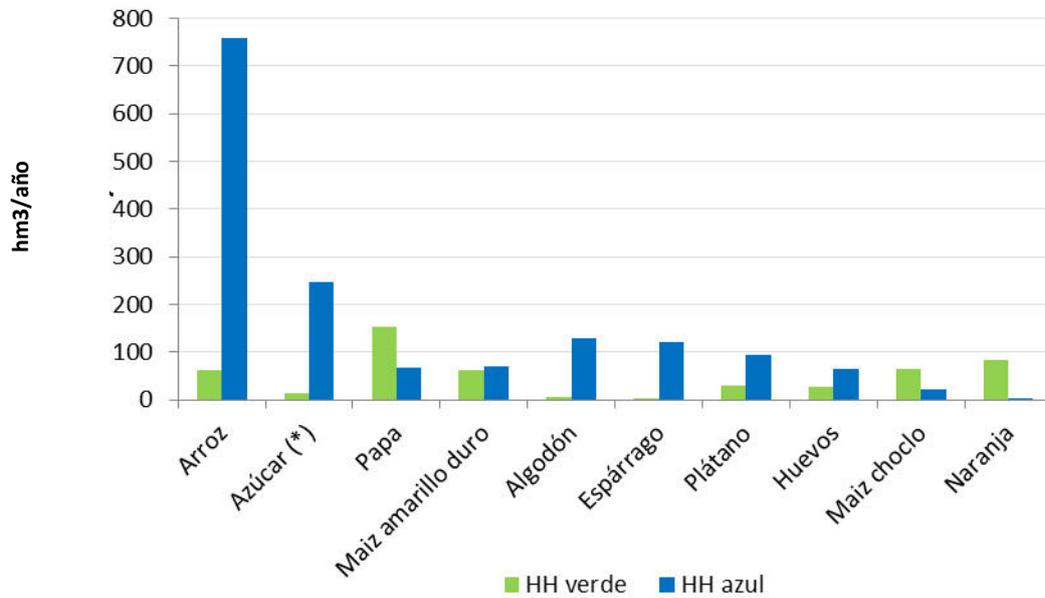


Figura 55 Composición de la Huella Hídrica de los principales productos consumidos en Lima provenientes de otras regiones del país (Elaboración propia según datos de, SENAMI, MINAGRI)

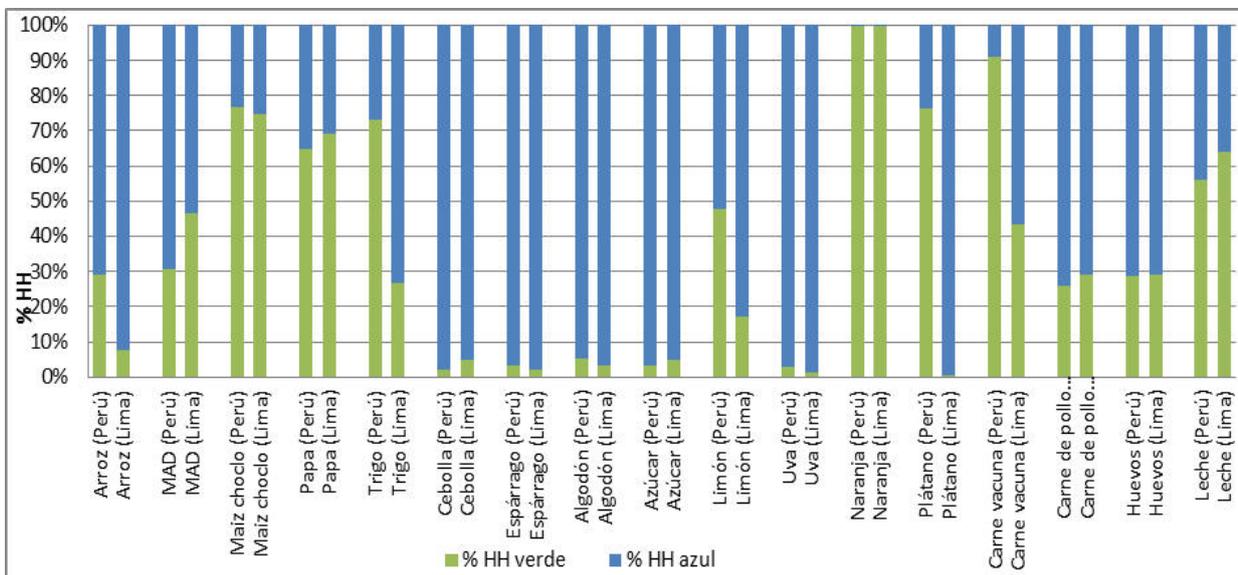


Figura 56 Porcentaje de Huella Hídrica de los principales productos agropecuarios consumidos en Lima versus la HH de los mismos a nivel nacional (Elaboración propia)

### Arroz

El arroz representa la porción más significativa de la huella hídrica de los productos agropecuarios que ingresan a Lima, sin embargo la huella hídrica del arroz consumido en Lima corresponde a menos de un tercio de la huella hídrica total de la producción de arroz en el Perú. Dado que el consumo de arroz per cápita promedio en Lima es sólo ligeramente inferior al promedio nacional, esta diferencia se explica por las importaciones de arroz

extranjero, ya que en promedio Perú importa alrededor del 5% del arroz que consume al año. Por otro lado, la proporción de huella hídrica azul del arroz que ingresa a Lima es aproximadamente 20% mayor que la proporción de la huella hídrica azul de la producción de arroz a nivel nacional, ello se explica por el hecho de que aproximadamente el 70% del arroz consumido en Lima proviene de Lambayeque, que en realidad sólo constituye menos del 15% de la producción nacional de arroz y que es la región donde este producto tiene el mayor requerimiento de agua azul.

#### **Azúcar**

La huella hídrica de la azúcar que ingresa a Lima tiene una proporción de agua verde y azul bastante similar a la de la huella hídrica nacional de este cultivo, ello se debe a que la mayor parte del azúcar que llega a la ciudad de Lima proviene de La Libertad, Lima y Lambayeque, que son también las regiones con mayor producción a nivel nacional. Lima también recibe aproximadamente un tercio de la producción nacional, lo cual coincide con el tamaño relativo de la población de Lima. Esta azúcar se utiliza tanto para el consumo humano directo como para la industria local; una parte de este último probablemente salga de Lima como producto de exportación internacional o nacional, de ser así la huella hídrica per cápita del azúcar para el consumo humano directo en Lima sería menor que la huella hídrica per cápita promedio nacional.

#### **Papa**

La huella hídrica per cápita de la papa consumida en Lima es casi un tercio menor que la huella hídrica per cápita de la producción nacional de papa. Aunque Lima recibe papa de regiones que no son necesariamente las principales regiones productoras de papa, la huella hídrica relativamente menor se debe más a los bajos niveles de consumo en la capital que a las posibles diferencias de requerimientos de agua para la producción entre las regiones.

#### **Maíz**

Existen dos tipos de maíz que ingresan a Lima del resto del país. El maíz amarillo duro, destinado principalmente a la alimentación de pollos en las granjas avícolas de Lima y el choclo es el tipo más comercial que se utiliza principalmente en la alimentación humana. La huella hídrica del maíz amarillo duro que ingresa a Lima es menos del 20% de la huella hídrica de la producción de maíz amarillo duro en el Perú, esto se explica debe a que el Perú es un gran importador de maíz amarillo duro de países como Argentina y EEUU.

La huella hídrica del choclo que ingresa a Lima es ligeramente menor sobre una base per cápita que el promedio de la huella hídrica de la producción per cápita a nivel nacional. No obstante, el consumo per cápita de maíz en Lima también es menor que el promedio nacional y por lo tanto es previsible una diferencia entre las huellas hídricas.

El análisis del comercio interno hacia Lima del arroz, azúcar, papa y maíz ofrece una idea sobre los orígenes de estos productos, así como sobre el tamaño y la composición de las huellas hídricas asociadas con respecto a los promedios nacionales. Mayor información sobre la dependencia de Lima con respecto al resto del país se puede apreciar en la Figura 57, donde se muestra los flujos de agua virtual que ingresan a Lima del resto del país.

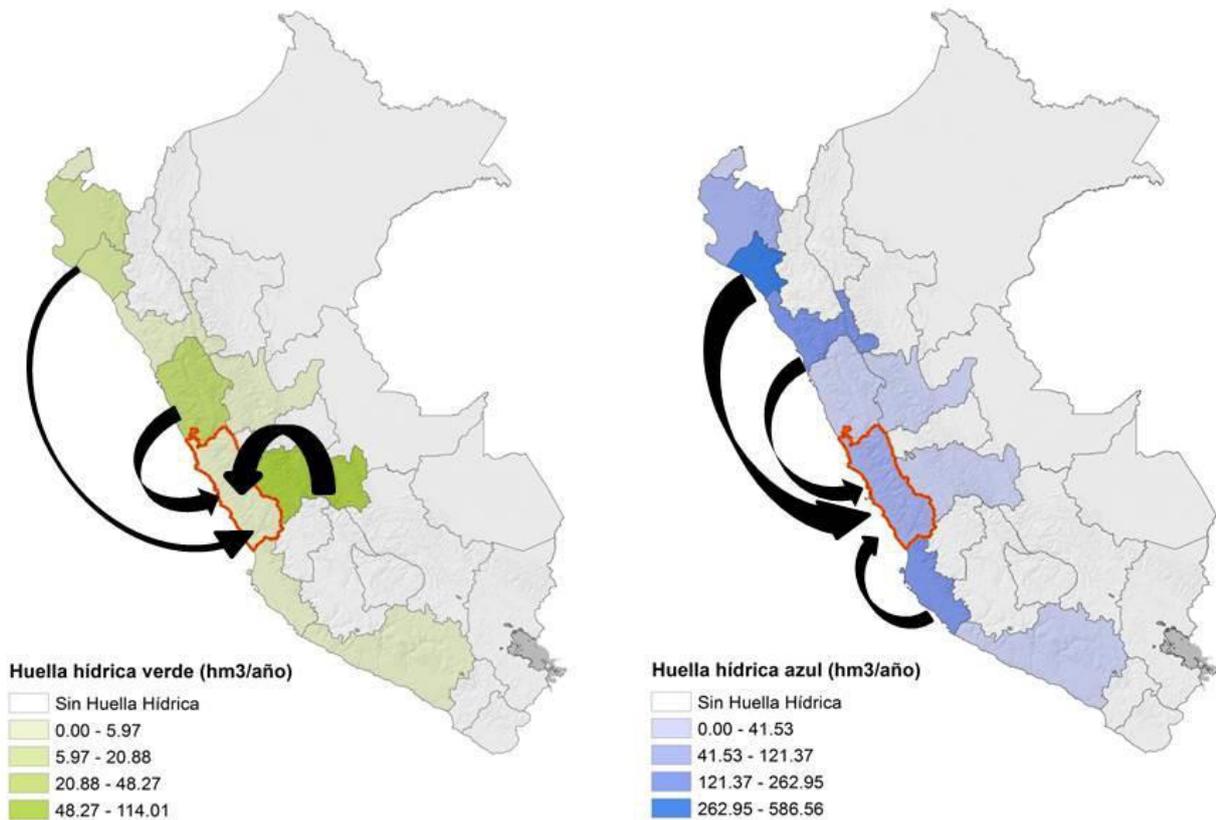


Figura 57 Flujos de agua virtual verde y azul que ingresan a Lima del resto del país, hm3/año  
(Elaboración propia según datos de SENAMHI, MINAGRI)

Teniendo en cuenta el origen de los productos que se consumen en Lima y el consumo mínimo de acuerdo a lo establecido en la canasta básica de alimentos, es posible conocer el consumo mínimo de agua de un ciudadano promedio de la ciudad de Lima. La Figura 58 muestra el consumo, la huella hídrica verde y azul de un ciudadano limeño promedio, de acuerdo a lo establecido en la canasta básica por el INEI (2013). De acuerdo a ello, el consumo de agua anual incluida en los productos agrícolas de un limeño sería de 210.3 litros de los cuales el 41% corresponde a agua verde, mientras que el 59% corresponde a la mayor proporción de agua azul de algunos de los productos agrícolas incluidos en la canasta básica en Lima, con respecto al promedio nacional).

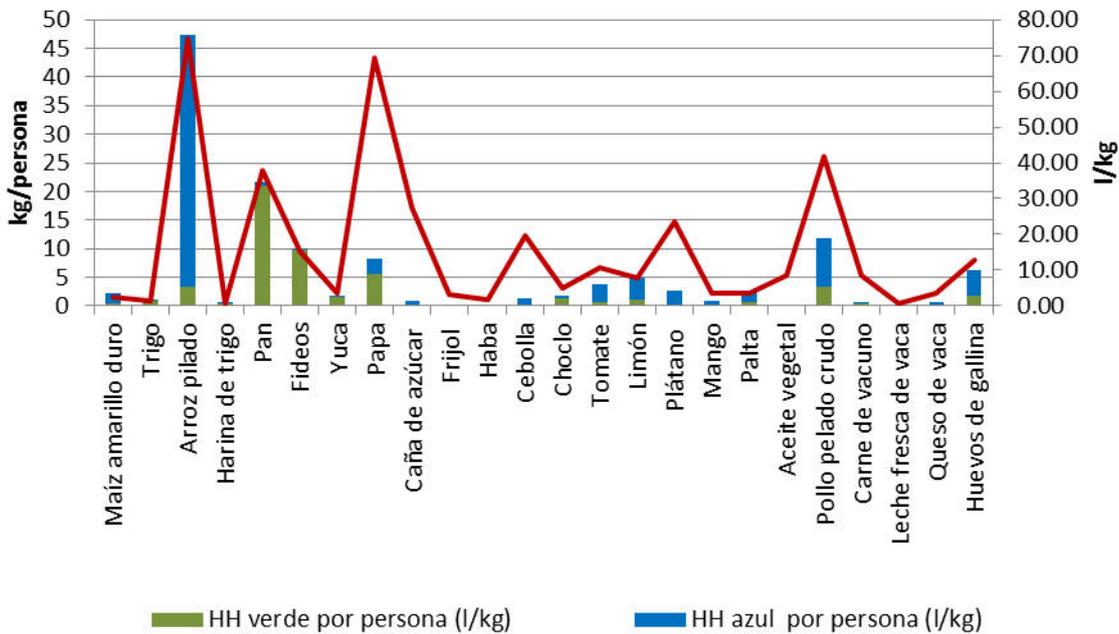


Figura 58 Huella hídrica de la canasta básica de productos agropecuarios en Lima

Conocer la composición de la huella hídrica de cada producto y su lugar de origen, permite pensar en medidas para su sostenibilidad. Para un ciudadano promedio, los datos de huella hídrica expresados en hm<sup>3</sup>/año pueden resultar poco accesibles, por ello se ha considerado interesante realizar el ejercicio de calcular la huella hídrica y mostrar su lugar de origen para dos platos típicamente limeños: el ceviche y el lomo saltado. Esta información podrá ser utilizada para generar mensajes comunicacionales que alienten a los ciudadanos a reflexionar sobre el uso del agua en la producción de nuestros alimentos y en la importancia de buscar alternativas para un uso sostenible del agua en el país. No es la intención de este ejercicio causar alarma o algún tipo de rechazo hacia estos platos, pues todos los productos agrícolas - sin excepción - requieren de agua para su producción. Por el contrario se busca generar conciencia sobre este hecho y fomentar la curiosidad sobre la proveniencia del agua (incluida en los productos agrícolas) que consumimos.

### Caso 5: Huella hídrica del ceviche

El plato peruano “Ceviche” muy conocido y consumido por los peruanos, y en especial por aquellos que viven en la costa, se prepara típicamente a base de pescado crudo y mariscos que se cocinan con jugo de limón, se adereza con ají y otras especias y se acompaña normalmente con camote y choclo.

Si uno come ceviche en Lima, se podría asumir que el pescado, el ingrediente principal proviene del mar aledaño, sin embargo muchos de sus otros ingredientes provienen de otros lugares del país.

Para calcular la huella hídrica promedio de un plato de ceviche que se consume en Lima, usamos esta receta simple como un ejemplo ilustrativo:



Figura 59 Huella hídrica de principales ingredientes del ceviche (Elaboración propia)

En aras de la simplicidad, podemos asumir que las huellas hídricas de los ingredientes que se utilizan en pequeñas cantidades (sal, ají, culantro, entre otros) son insignificantes. Por otro lado, el agua requerida para el procesamiento del pescado puede variar considerablemente, sin embargo, un volumen promedio para la limpieza del pescado, equipo de lavado, pisos, etc. se estima en 10 litros/ kg.<sup>33</sup> La suma de este volumen con el del agua requerida para preparar el plato, y considerando que la mitad de esta vuelve al sistema de agua, da como resultado una huella hídrica de aproximadamente 5 litros.

Los mayores contribuyentes a la huella hídrica del ceviche estarían entonces en la producción de limones, cebollas y choclos, que para el caso de Lima provienen principalmente de Piura, Arequipa y Junín respectivamente. Las huellas hídricas de las cantidades requeridas de cada producto, en función de estas regiones de producción, se muestran en la Figura 59.

De esta manera, la huella hídrica total de un plato de ceviche es aproximadamente:

**913 litros**

<sup>33</sup> “Saving water through sustainable consumption & production”, UNEP DTIE

### Caso 6: Huella hídrica del lomo saltado

El “Lomo saltado” es un plato muy común en Lima y se prepara típicamente en base a carne de res, papas, cebollas y tomates, aderezado con ajo y otras especias y generalmente servido acompañado de una porción de arroz. Para fines de calcular la huella hídrica de un plato típico de lomo saltado, utilizaremos la siguiente receta:



- Ingredientes:  
 0,3 kg de carne picada  
 0,2 kg papa  
 0,1 kg de tomate  
 0,1 kg cebolla  
 0,2 kg de arroz

En el caso de la carne, la huella hídrica de esta varía según su procedencia y la alimentación a la que es sujeta la res, sin embargo en promedio, para la zona andina de la que provienen las reses cuya carne se consume en Lima, consideramos una huella de 73L. Los demás ingredientes considerados son papa de Junín, tomate de Lima y cebolla de Arequipa.

Por cuestiones de simplicidad, no consideramos aquí la huella hídrica de los condimentos, pues por el volumen utilizado en un plato esta sería casi insignificante.

En vista de que el lomo saltado generalmente se acompaña con arroz, hemos considerado aquí la huella hídrica de una porción (200gr) que como se puede ver en la Figura 60 es el producto que mayor huella hídrica aporta al plato.

Si bien estos cálculos pueden variar según la procedencia de los productos utilizados, considerando las principales regiones de las que Lima recibe sus productos, podemos considerar que en promedio la huella hídrica de un plato de lomo saltado es:

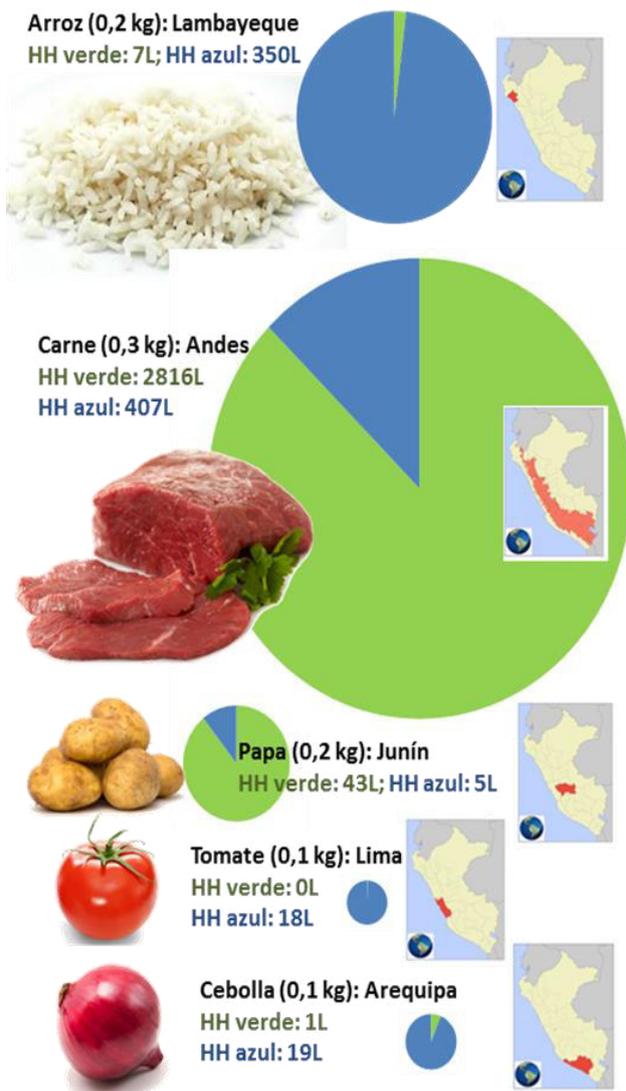


Figura 60 Huella hídrica de principales ingredientes del lomo saltado

Elaboración propia

**3 666 litros**

### 4.3. Abastecimiento de agua y energía en Lima

Las casi 10 millones de personas que viven en Lima dependen para su abastecimiento de agua de los ríos Rímac, Chillón y Lurín – sólo para fines agrícolas - y además las aguas de la cuenca del río Mantaro que llegan por trasvase a la cuenca del Rímac (Figura 61). Durante siglos, estos ríos se utilizaron principalmente para la producción agrícola; sin embargo, debido al crecimiento demográfico y al aumento de la urbanización, el porcentaje de asignación de estas fuentes de agua para el sector vivienda e industrial ha aumentado de forma radical.

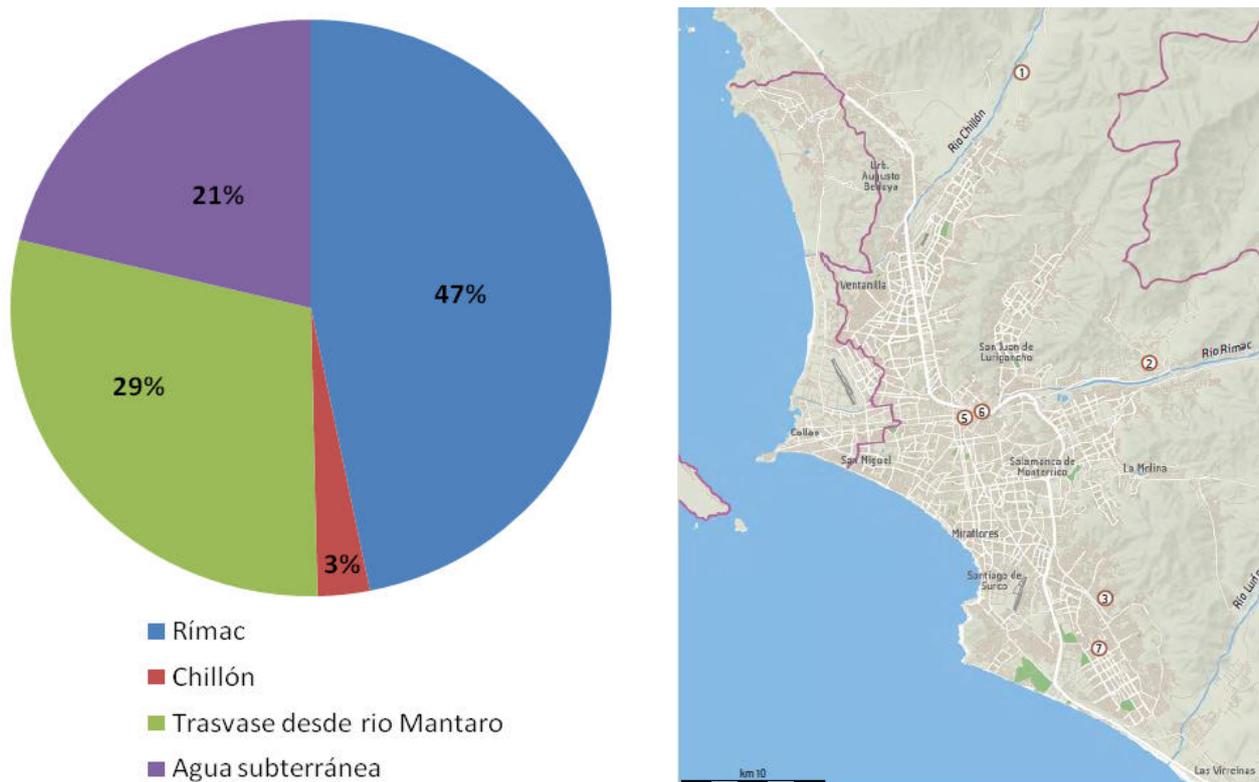


Figura 61 Fuentes de abastecimiento de agua potable en Lima metropolitana  
(Elaboración propia según datos de SEDAPAL, 2011<sup>34</sup> y mapa de FAO)

El río Rímac es definitivamente la principal fuente de agua para Lima. El Rímac desempeña un rol vital como fuente de abastecimiento de agua para el consumo humano, agrícola y energético, sosteniendo cinco centrales hidroeléctricas importantes, así como actividad minera concentrada en las zonas más altas. Los principales cultivos de esta cuenca son alfalfa, cereales, tubérculos (especialmente papa) y granos.

El río Chillón es la segunda fuente de agua potable de la ciudad y también abastece a la mayor parte de las tierras agrícolas de la provincia. Los cultivos principales que se producen en la cuenca de este río incluyen maíz, algodón, tomate, papa y algunas frutas.

El tercer río, Lurín, se utiliza principalmente como fuente de agua para agricultura. Los principales cultivos que se producen en esta cuenca incluyen una variedad de frutas y verduras, tubérculos, granos y cereales; y la crianza de ganado en las zonas altas.

<sup>34</sup> Estudio para SEDAPAL "Manejo Integrado de los Recursos Hídricos para el Abastecimiento de Agua a Lima Metropolitana" 2011 por Nippon Koei.



Debido a la alta demanda de agua de Lima, una parte de esta se satisface mediante aguas subterráneas; sin embargo, la sobreexplotación de estas aguas también ha causado que los niveles de agua subterránea disminuyan sustancialmente en los últimos años, lo cual a la larga produce la intrusión de agua salada en los acuíferos costeros.<sup>35</sup>

La rápida urbanización en los últimos años ha reemplazado grandes extensiones de tierras agrícolas, las que quedan compiten por el agua con la demanda urbana y es que el uso de agua para abastecer a la masa urbana y a las industrias locales de rápido crecimiento representa en la actualidad aproximadamente el 65% del agua superficial suministrada por las tres cuencas, así como la mayor parte de las aguas subterráneas disponibles de la ciudad (en conjunto equivalen aproximadamente a 600 hm<sup>3</sup> por año).<sup>36</sup> No obstante, a pesar de la creciente demanda doméstica e industrial de agua que enfrenta Lima, la agricultura periurbana sigue siendo una actividad socioeconómica importante y creciente en la región, proporcionando alimentos y fuentes de ingresos para la población local.

Por otro lado, en las zonas altas de la cuenca del río Rímac, éste abastece a una serie de centrales hidroeléctricas importantes que generan electricidad para la red nacional. En el año 2013, las plantas hidroeléctricas ubicadas en la región Lima produjeron más de 5,000GWh, equivalente aproximadamente al 13% de la producción eléctrica nacional (Figura 62). Lima, por su parte consume cerca de 16 000 GWh, es decir 44.4% del consumo eléctrico nacional<sup>37</sup> (Figura 63).

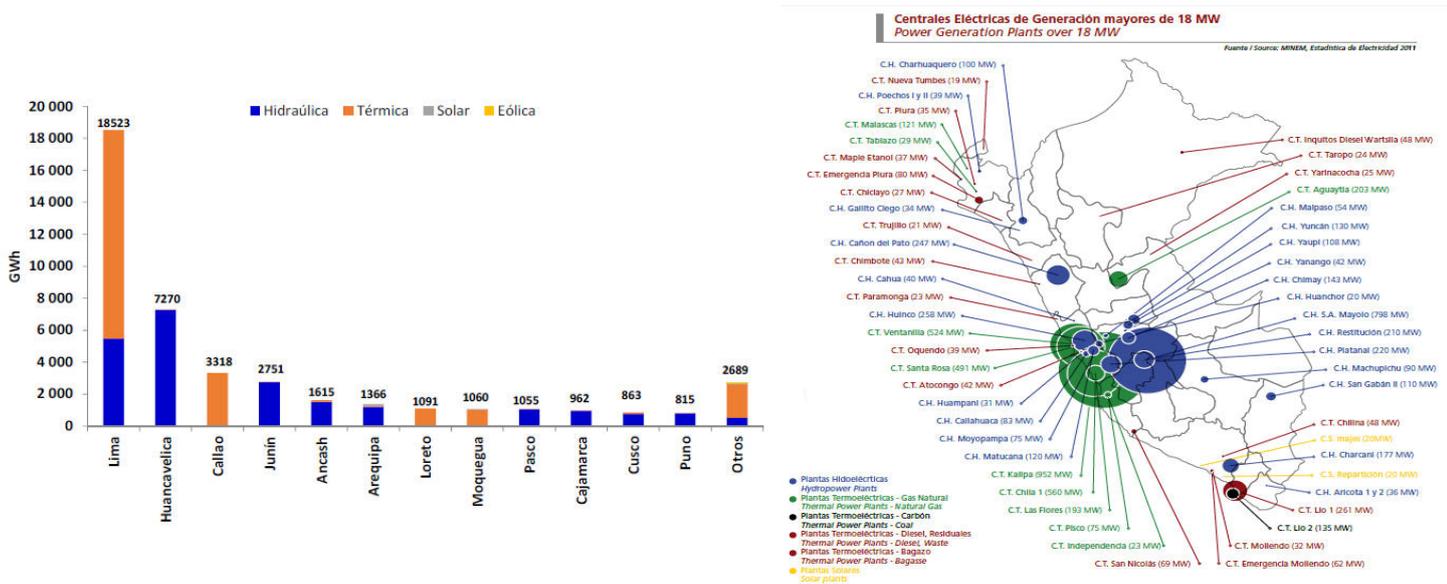


Figura 62 Generación de electricidad según región y tipo (Fuente: Anuario Ejecutivo de Electricidad 2013 – MINEM)

<sup>35</sup> “Integrated urban water management in Lima, Peru: Building capacity for treatment and reuse of wastewater for green spaces and urban agriculture”, Castro, C. et al., <http://www.switchurbanwater.eu/>

<sup>36</sup> ANA, 2011.

<sup>37</sup> “Anuario Ejecutivo de Electricidad 2013” MINEM.

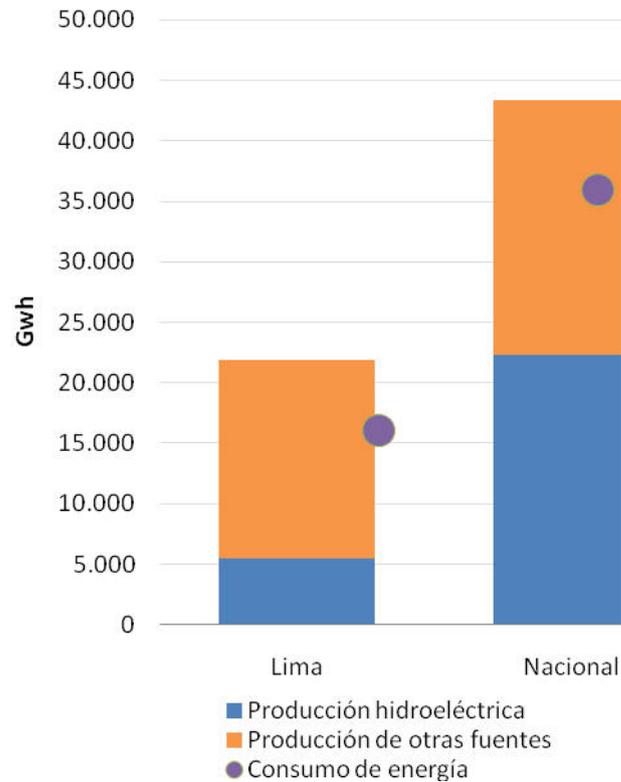


Figura 63 Producción y consumo de electricidad en Lima y Perú, 2013  
(Elaboración propia en base a datos de Anuario Ejecutivo de Electricidad 2013 – MINEM)

En resumen, existe un sistema escalonado de uso de agua en Lima, principalmente en la cuenca del Rímac, que comienza con las represas generadoras de energía hidroeléctrica en las zonas altas y continúa en las tierras agrícolas antes de llegar a la ciudad en la parte baja de las cuencas. En Lima Metropolitana, el abastecimiento de agua para uso doméstico se obtiene de los ríos aguas abajo y por lo tanto está influenciado por la utilización del agua para la agricultura y la generación de electricidad aguas arriba. De cara al futuro, para mantener el equilibrio del uso de agua en este sistema, se debe tener en consideración este nexo agua-alimentos-energía y las ventajas y desventajas que pueden materializarse entre estos sectores.

Los desafíos de abastecimiento y calidad de agua no son nuevos en Lima, sin embargo, conforme siga creciendo la población metropolitana y aumenten las demandas de agua, alimentos y electricidad, también se agudizarán estos desafíos. Mientras que la ciudad de Lima importa una gran cantidad de sus productos agrícolas de otras regiones del Perú y de otros países, una parte considerable de los productos agropecuarios consumidos en Lima provienen de la misma región, producción de alto riesgo considerando la baja disponibilidad de agua de la Costa peruana.

## 5. Reflexiones finales: *un futuro inteligente para el agua del Perú*

Dos factores están modelando cada vez más la relación del agua con la economía del Perú, especialmente en el sector agropecuario, el cambio climático por un lado, y el rápido crecimiento económico del país por el otro, determinado en gran medida por el impulso en las exportaciones. En ese escenario, el suministro confiable y accesible de agua es cada vez menor y más incierto. Sobre el primer factor, predicciones científicas anticipan una reducción significativa de entre 10% a 20% de las precipitaciones a lo largo del país y una significativa reducción de los recursos hídricos disponibles en la zona costera, lo cual puede traer como consecuencia fuertes impactos en los sectores bajo análisis. En la economía, en cambio, destaca el crecimiento vinculado al sector extractivista con fines de exportación que aun cuando no es el principal aportante al PBI del Perú ni el principal sector usuario del agua, es probable que genere una mayor demanda del recurso hídrico y por lo tanto mayor competencia sobre su uso. Ante ello este análisis de las huellas hídricas se presenta como una oportunidad para entender mejor la relación del agua con la economía, el desarrollo y los ecosistemas del país.

Este reporte demuestra que el Perú, si bien es un país exportador neto en términos económicos, es un importador neto en términos de agua, básicamente porque la mayor parte de la huella hídrica se genera en la región árida de la costa y por lo tanto basa gran parte de su consumo de productos agrícolas demandantes de agua en productos importados que traen agua virtual al país. Ello se explica por la geografía del país y condiciones climáticas, pero también a las políticas económicas relacionadas al agro. El gobierno, el sector privado y la sociedad civil en su conjunto deben conocer de estas relaciones de dependencia de los flujos de agua para mitigar los riesgos relacionados al agua que acarrea nuestra dependencia de este recurso.

Si bien conocer y comprender la huella hídrica nacional es un primer paso para abordar los problemas que representa el uso del agua en un país, esto sólo es útil si a partir de esta comprensión se originan respuestas prácticas por parte de todos los interesados. No es nuestra intención ofrecer soluciones definitivas a estos problemas, pues consideramos que estas tienen que ser construidas colectivamente en el marco de políticas públicas y privadas, pero si queremos llamar a la reflexión sobre la necesidad de acción respecto a los principales temas abordados en este estudio.

### **Acciones desde el sector público:**

La huella hídrica de los principales cultivos de exportación del Perú es intensa en agua azul, lo que indica que el país está exportando cultivos de riego intensivo. Dado que la mayor parte de la producción agrícola se realiza en la costa donde los recursos hídricos son escasos, tiene sentido económico políticas de fomento a una producción agrícola de alto valor y de riego intensivo, pues implica utilizar la escasa agua disponible para la generación de productos de exportación que generen divisas al país.

Las políticas de fomento al agro deberán tener en cuenta que el cultivo de productos de bajo valor económico altamente demandantes en agua, como el arroz por ejemplo, en zonas áridas como la costa peruana no representan un uso estratégico del agua. En ese caso, se deberá analizar los costos de oportunidad de la producción de estos cultivos en otras zonas del país o la conveniencia de su importación, generando un agua virtual de importación de bajo costo.

También existe la opinión de que una mayor producción debe tener lugar en la región oriental más húmeda del país, donde el suministro de agua es abundante, esta visión no tiene en cuenta la degradación del medio ambiente que esto produciría, especialmente la deforestación, sin mencionar las dificultades logísticas de la producción en esta región.



En ese sentido, si se continua con el impulso al desarrollo agroindustrial en la costa, desde el punto de vista económico resulta estratégico generar políticas de desarrollo agrícola que impulsen la exportación de productos de baja huella hídrica, mientras que importemos aquellos de alta huella hídrica.

Además de la dimensión económica, las políticas públicas también deben considerar la utilización del agua para la generación de empleo, generación de alimentos y generación de energía y la sostenibilidad ambiental de estas propuestas.

En zonas como la costa norte del Perú, donde el agua es escasa, los indicadores de valor económico por gota de agua utilizada (en US\$/m<sup>3</sup>) y el contenido calórico generado por gota de agua (L/Kcal) son útiles para comparar las ventajas y desventajas de producir determinados cultivos en ciertas regiones. Este estudio ha demostrado que los cultivos con un uso más intensivo de agua azul en el Perú (arroz, caña de azúcar y alfalfa) si bien tienen una baja rentabilidad económica, requieren relativamente poca cantidad de agua por cada caloría que proporcionan aportando a mejorar la calidad de la alimentación.

Otra consideración a tener en cuenta en la eficiencia en el uso del agua es la temporalidad de la producción; tanto los meses de siembra como los meses en los cuales el cultivo alcanza ciertas fases en su ciclo de desarrollo impactan en la cantidad final de irrigación que el cultivo necesitará para alcanzar su productividad óptima. Ante ello se necesita políticas para promover un mejor calendario de siembra, de modo que se aproveche el agua de lluvia sobre todo en las regiones secas para disminuir la dependencia del agua de riego.

Además de estas cuestiones específicas, algunas consideraciones generales sobre el papel de los gobiernos respecto al uso del agua en la economía incluyen i) la generación de conciencia sobre la importancia y el valor del agua, ii) la generación de condiciones técnicas y económicas para una mayor eficiencia en el uso del agua, iii) la planificación del desarrollo del país integrando el tema de agua y agricultura con otros sectores como energía, desarrollo económico y seguridad alimentaria y iv) fomentando el diálogo estratégico informado ente actores del gobierno, la sociedad civil y el sector privado.

Un tema especialmente crítico es la producción, disponibilidad y acceso a la información. La mayoría de herramientas de análisis y planificación del uso de agua requiere de información continua, actualizada y confiable de producción y de condiciones climáticas, algo de lo que en líneas generales, el Perú adolece. Medidas concretas para mejorar la disponibilidad de información de esta naturaleza serán cruciales para una adecuada planificación del uso de agua en el futuro.

### Acciones desde el sector privado

El contar con información sobre el lugar donde se producen los cultivos y por lo tanto su huella hídrica y la sostenibilidad de la misma, permitirá a cualquier empresario o inversionista identificar qué cultivos son altamente dependientes del agua y, a su vez, los riesgos y las oportunidades asociados con la producción de un determinado cultivos en diferentes partes del país.

De cara a los efectos del cambio climático, los riesgos relacionados al agua son cada vez mayores, por lo que los pequeños productores y las empresas privadas deben utilizar la información de la huella hídrica del sector agropecuario peruano para medir sus riesgos relacionados al agua y generar estrategias de mitigación correspondientes. Esto es particularmente significativo tanto para el caso de las agroindustrias como para la pequeña agricultura que sostiene a 30% de los hogares peruanos.

A nivel de los pequeños y medianos productores, las medidas a tomar están más relacionada con los cultivos a producir y los lugares y épocas en que deberán producirlos. A medida que los patrones de cambio climático generen cambios en la estacionalidad de la temperatura y precipitación, también la cantidad de agua requerida para la producción agrícola será diferente. Desde una perspectiva de riesgo hídrico, los cultivos altamente dependientes del agua son cultivos de alto riesgo, por lo que los productores deberán i) determinar los productos



más apropiados para ser cultivados en una determinada zona en términos de uso de agua y condiciones climáticas, ii) ceñirse a un calendario agrícola adecuado y iii) analizar la conveniencia de utilizar sistemas de riego que permitan aprovechar mejor el agua azul cuando el agua verde es escasa.

A nivel de las empresas productoras o transformadoras de productos agrícolas, las principales consideraciones a tomar en cuenta son i) mejorar su eficiencia en el uso del agua, integrar estrategias de uso del agua a lo largo de toda la cadena de producción, iii) involucrarse en acciones de responsabilidad compartida o custodia del agua a lo largo de las cuencas donde se genera su producción.

### **Acciones desde la sociedad civil**

Como principal consumidor del agua a través de la agricultura, es importante que los ciudadanos estén informados sobre el agua usada en la producción de los productos que consumen, sin embargo, esto no se resuelve con el uso de etiquetas que indiquen el valor de la huella hídrica de cada producto, pues como se ha visto, una huella hídrica debe ser analizada de acuerdo al contexto donde es producida. El conocimiento sobre el origen del agua contenida en un producto y las condiciones en que se ha producido, es necesario para que los ciudadanos participen activamente en la elaboración de políticas públicas sobre el desarrollo del agro, el uso del agua y las relaciones de comercio internacional.

## Anexo 1: Metodología del cálculo de la huella hídrica agrícola

### Información requerida

Para calcular la huella hídrica de un cultivo en una región específica se requiere una serie de datos como insumo, tanto en lo referido a condiciones meteorológicas como a información de producción agropecuaria; sin embargo en los casos en que esta información no esté disponible, se puede utilizar datos provenientes de bases de datos internacionales como: Climwat (para datos climático) y FAO (para datos de producción).

Para ejemplificar la metodología utilizada en el informe de huella hídrica de Perú, se ha tomado como caso la producción de arroz en Piura, para lo cual se recopiló la siguiente información:

#### Datos climáticos:

- Temperatura mínima promedio (mensual)
- Temperatura máxima promedio (mensual)
- Humedad promedio (mensual)
- Velocidad del viento promedio (mensual)
- Precipitación promedio (mensual)
- Altitud
- Coordenadas geográficas

#### Datos de producción de arroz en Piura:

- Fechas de siembra y cosecha
- Volúmenes de producción en toneladas (anual)
- Rendimientos promedios (anual)

Para la medición de la huella hídrica de Perú, las huellas hídricas de los cultivos se calcularon en base a los requerimientos para el crecimiento óptimo, es por ello que no se consideraron datos de irrigación que, según el caso, pueden estar por encima o por debajo del requerimiento óptimo.

Para efectos de este documento, los datos de producción en Perú provienen de fuentes oficiales de MINAGRI, particularmente la base de datos en línea: <http://frenteweb.minagri.gob.pe/sisca/>. Para el caso de los datos meteorológicos se han seleccionado distintas estaciones meteorológicas del SENAMHI, utilizando series de datos de 30 años que han permitido calcular promedios mensuales de temperatura, precipitación, velocidad del viento y radiación solar. La selección de las estaciones, se ha realizado buscando aquellas más cercanas a las cuencas con mayor producción de un cultivo determinado por departamento, sin embargo esto no siempre ha sido posible dada la escases de estaciones meteorológicas a lo largo del país y la disparidad de datos de varias de las estaciones existentes. En aquellos casos en que no se contó con información sobre velocidad del viento o radiación para una estación, estos datos fueron reemplazados por la de una estación de una zona con características similares.

### Metodología: Medición de la huella hídrica del arroz en Piura

El primer caso para el cálculo fue determinar que estaciones meteorológicas serían las más adecuadas para evaluar la huella hídrica de la producción en Piura, teniendo como opción “Miraflores” o “Mallares”. Los siguientes cálculos, muestran el proceso de cálculo seguido utilizando los datos de “Miraflores”.



	A	B	C	D	E
13	Asparragus	La Libertad	Trujillo	FAO	
14			Trujillo	SENAMHI	climatologica
15		Ica	San Camilo	SENAMHI	meteorologica agricola principal
16	Cotton	Ica	San Camilo	SENAMHI	automatica agrometeorologica
17		Lambayeque	Lambayeque	FAO	
18	Rice	Piura	Miraflores	SENAMHI	meteorologica agricola principal
19			Mallares	SENAMHI	climatologica principal
20			Mallares	SENAMHI	meteorologica agricola principal
21		San Martín	Tarapoto	FAO	
22			Tarapoto	SENAMHI	climatologica ordinaria
23			El Porvenir	SENAMHI	meteorologica agricola principal
24		Lambayeque	Lambayeque	FAO	
25		La Libertad	Limon Carro	FAO	
26			Talla Guadalupe	SENAMHI	
27	Potato	Puno	Chuquibambilla	SENAMHI	
28			Chiquibambilla	FAO	
29		Huanuco	Huanuco	FAO	

Una vez seleccionada la estación meteorológica, se reunieron los datos climáticos indicados líneas arriba y se calcularon los promedios mensuales de largo plazo.

Los datos fueron arreglados de manera que pudiesen ser copiados directamente al Cropwat y en aquellos casos en que se requirió, fueron ajustados para que sus unidades correspondiesen a aquellas requeridas por el Cropwat.

El Cropwat – software libre posible de descargar en ([http://www.fao.org/nr/water/infores\\_databases\\_cropwat.html](http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_cropwat.html)) se basa en una serie de modelos por especie para calcular la evapotranspiración de los cultivos y la precipitación efectiva por región – ambos datos a su vez necesarios para determinar la huella hídrica del cultivo).

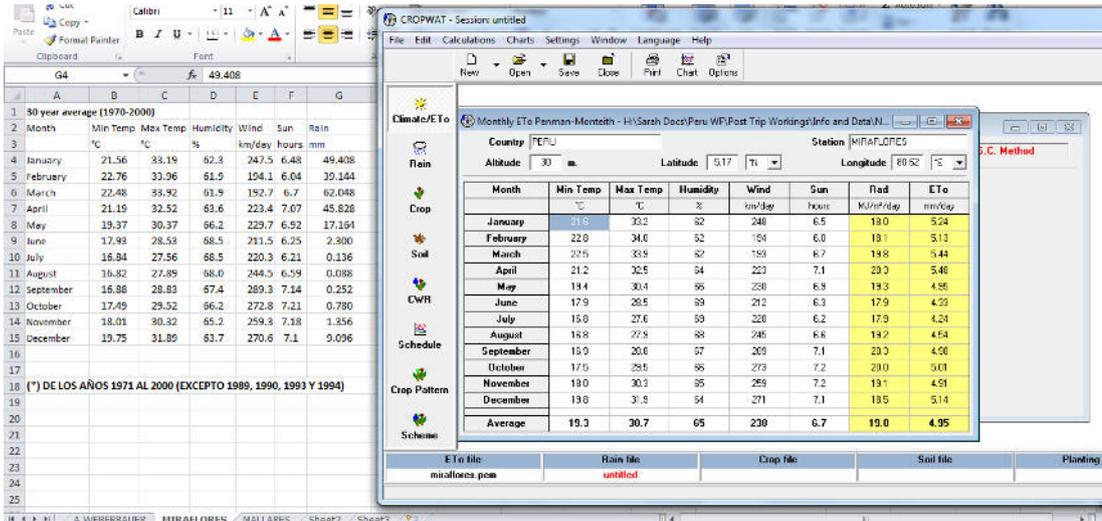
En vista de que el programa sólo cuenta con modelos para un número determinado de cultivos, para la elaboración de este documento se utilizaron cultivos a manera de proxy para aquellos casos en que no se contaba con un modelo – considerando el comportamiento y características de cada especie. Únicamente en el caso del café, se empleó un modelo desarrollado por Pegasys para el cálculo de la huella hídrica, el cual fue incorporado al Cropwat.”

A continuación se muestra el diseño de la hoja de datos de Cropwat:

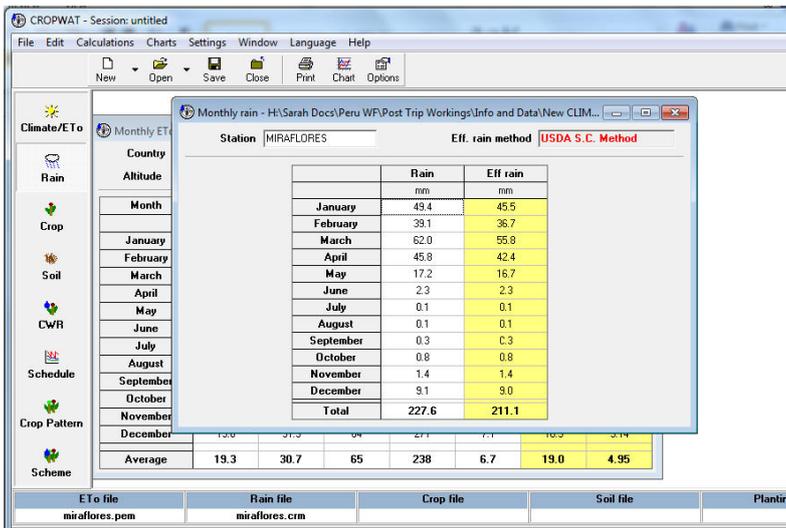
1	30 year average (1970-2000)									
2	Month	Min Temp	Max Temp	Humidity	Wind	Sun	Rain		Wind	Wind
3		°C	°C	%	km/day	hours	mm		m/sec	km/day
4	January	21.56	33.19	62.3	247.5	6.48	49.408		2.86	247.505
5	February	22.76	33.96	61.9	194.1	6.04	39.144		2.25	194.122
6	March	22.48	33.92	61.9	192.7	6.7	62.048		2.23	192.686
7	April	21.19	32.52	63.6	223.4	7.07	45.828		2.59	223.369
8	May	19.37	30.37	66.2	229.7	6.92	17.164		2.66	229.657
9	June	17.93	28.53	68.5	211.5	6.25	2.300		2.45	211.490
10	July	16.84	27.56	68.5	220.3	6.21	0.136		2.55	220.254
11	August	16.82	27.89	68.0	244.5	6.59	0.088		2.83	244.529
12	September	16.88	28.83	67.4	289.3	7.14	0.252		3.35	289.280
13	October	17.49	29.52	66.2	272.8	7.21	0.780		3.16	272.763
14	November	18.01	30.32	65.2	259.3	7.18	1.356		3.00	259.316
15	December	19.75	31.89	63.7	270.6	7.1	9.096		3.13	270.649

18 (\*) DE LOS AÑOS 1971 AL 2000 (EXCEPTO 1989, 1990, 1993 Y 1994)

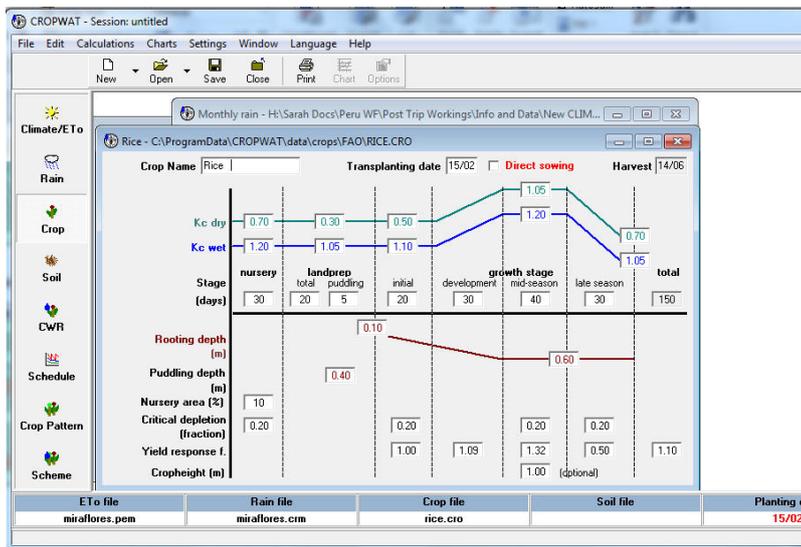
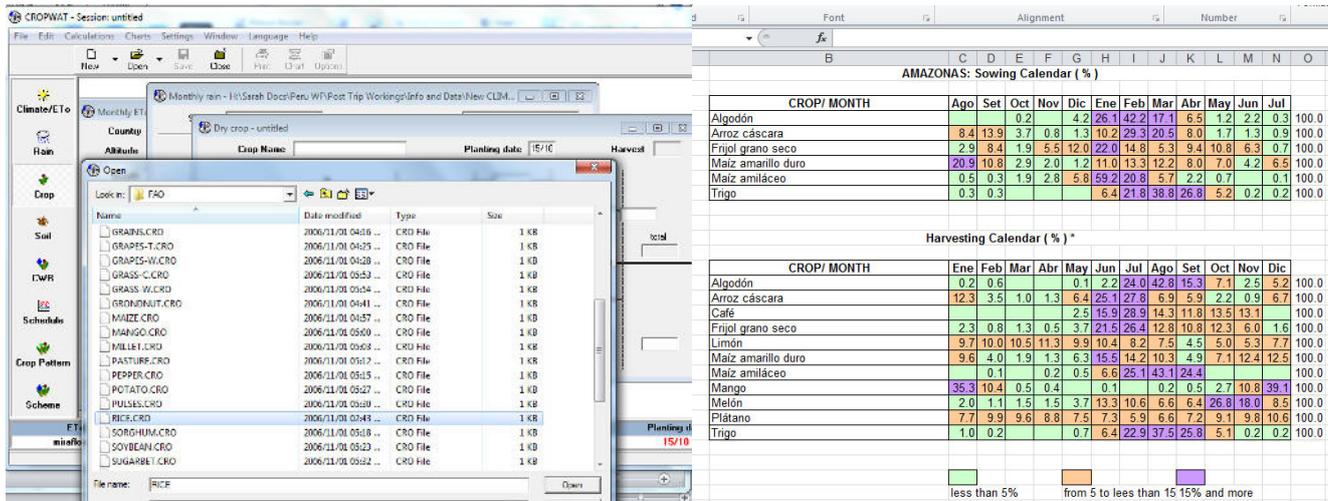
Los datos fueron copiados directamente al Cropwat, de acuerdo a las hojas “Clima/Evaporación” y “Lluvia”. En la hoja de Clima/EvapoT, se incluyó también los datos de altitud y coordenadas de la estación de Miraflores. El resultado se muestra a continuación:



El mismo proceso fue llevado a cabo con la hoja de precipitación, tal como se muestra a continuación:



En la hoja “Cultivo”, se seleccionó “arroz” de la lista de cultivos de FAO. Esta carpeta de arroz contiene datos relevantes del cultivo del arroz, incluyendo el valor Kc, profundidad de raíz, duración de cada fase de crecimiento, altura del cultivo, etc. Sin embargo, para determinar los requerimientos efectivos del cultivo, se requirió incluir los meses en que este es sembrado y cosechado. Para esta evaluación en particular, se indicó febrero como el mes durante el cual se siembra la mayor parte del cultivo en Piura.



Nótese que existen dos métodos de estimación usados por Cropwat para calcular la evapotranspiración de un cultivo: i) calendario de requerimiento de agua del cultivo y ii) calendario de irrigación. El primero, que es el aplicado en esta evaluación, no requiere de datos específicos del suelo, y por lo tanto en la hoja "Suelo" se puede seleccionar cualquier tipo de suelo, pues no va a influenciar en el cálculo.

Una vez que se han completado las hojas Clima/Evapotranspiración, Lluvia, Cultivo y Suelo, Cropwat inicia el procesamiento generando como resultado una serie de datos que a su vez son necesarios para el cálculo de la huella hídrica. Estos datos fueron copiados y pegados directamente en el Excel para los siguientes pasos en el cálculo de la huella hídrica.



The image shows the CROPWAT software interface on the left and an Excel spreadsheet on the right. The spreadsheet is titled "Copied from Cropwat" and contains a table with columns for Month, Decade, Stage, Kc, ETC, Eff rain, Irr. Req., Green Water, and Blue Water. A red circle highlights the Irr. Req. column, and a red box highlights the Green Water and Blue Water columns. A red arrow points from the Irr. Req. column to the Blue Water column, and another red arrow points from the Blue Water column to the Blue Water footprint calculation (WF b).

Para determinar las huellas hídricas azul y verde (en el círculo de la derecha en la figura arriba), se tuvo que realizar una serie de pasos, el último de los cuales requiere el rendimiento promedio del cultivo. Valores históricos de rendimientos fueron obtenidos a través de la base de datos del Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). En el caso de la evaluación en Perú, se utilizó el promedio de una serie de años para calcular la huella hídrica de cada cultivo por año. Por ahora, sin embargo, la imagen muestra los pasos para el cálculo sólo para un año:

The spreadsheet shows the following data and calculations:

Stage	Kc	ETc	ETc	Eff rain	Irr. Req.	Green Water	Blue Water	Evapotranspiration
	coeff	mm/day	mm/dec	mm/dec	mm/dec	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Nurs	1.2	0.67	3.3	8.6	0	3.3	0	Etg 172.6 mm
Nurs/LPr	1.13	3.49	38.4	15.6	114.3	15.6	114.3	Etb 876.9 mm
Nurs/LPr	1.06	5.77	57.7	12.3	135.4	12.3	135.4	Et 1049.5 mm = Etv + Eta
Init	1.09	5.8	58	10.9	97.9	10.9	97.9	CWUg 1726 m3/ha = Etv x 10
Deve	1.1	5.99	59.9	17.5	42.4	17.5	42.4	CWUb 8769 m3/ha = Eta x 10
Deve	1.13	6.2	62	20.1	41.8	20.1	41.8	CWU 10495 m3/ha
Deve	1.17	6.32	69.5	18.1	51.3	18.1	51.3	
Mid	1.2	6.4	64	16	48	16	48	Y* 9.1 ton/ha
Mid	1.2	6.35	63.5	14.7	48.8	14.7	48.8	
Mid	1.2	6.1	61	11.7	49.3	11.7	49.3	WF g 189.7 m3/ton = CWUg / yield
Mid	1.2	5.85	58.5	8.1	50.4	8.1	50.4	WF b 963.6 m3/ton = CWUb / yield
Late	1.19	5.57	55.7	5.1	50.6	5.1	50.6	
Late	1.14	5.08	55.9	3.6	52.2	3.6	52.2	
Late	1.09	4.59	45.9	2	43.9	2	43.9	
Late	1.05	4.2	42	0.1	16.7	0.1	16.7	
			817.5	178	877.1	172.6	876.9	= suma de Agua Verde y Azul

Para mayor información sobre estos pasos, le recomendamos revisar las hojas de cálculo Excel adjuntas a este documento.

Los valores de HH verde y la HH azul indicados arriba (celdas O14 y O15) se refieren a la cantidad de agua verde y azul requerida para cultivar arroz en Piura durante una temporada de producción y bajo condiciones óptimas



(note que los requerimientos de agua azul no incluye el agua que se queda en los arrozales inundados. Por el contrario, el agua azul se refiere aquí al agua de irrigación que es tomada por el cultivo y evapotranspirada). Los valores de HH verde y HH azul también se basan en los rendimientos de sólo un año, que pueden no ser representativos del promedio.

La imagen siguiente ilustra los números de rendimiento y producción requeridos para calcular la huella hídrica del arroz en Piura para cada año desde el 2008 al 2012; incluyendo los valores finales de huella hídrica en hm<sup>3</sup> y m<sup>3</sup>/t.

la producción de diferentes cultivos, o de los mismos cultivos en diferentes regiones, es recomendable utilizar los valores en m<sup>3</sup>/t. Para pasar de la HH verde y HH azul (en m<sup>3</sup>/t) como se ilustra en la hoja de cálculo arriba, sólo se tiene que multiplicar el valor por el valor de la producción (en toneladas) para el año en cuestión. Para obtener un estimado del promedio de HH del arroz en Piura (en Mm<sup>3</sup> y m<sup>3</sup>/t), se debe sumar los valores anuales del 2008 al 2012 y dividir entre cinco.

### Total de huella hídrica del arroz en el Perú

Para calcular la huella hídrica total del arroz en el Perú, se aplica el mismo proceso descrito líneas arriba a todas las regiones donde se cultiva este producto. Las huellas hídricas, expresadas en Mm<sup>3</sup> se suman para determinar el total nacional.

Sin embargo, si uno desea determinar la huella hídrica nacional promedio para la producción de arroz en el Perú en m<sup>3</sup>/t, se debe hacer un promedio ponderado. En la tabla que se muestra a continuación se incluye información detallada de la producción de arroz por región. El promedio ponderado fue calculado sumando el producto de m<sup>3</sup>/t de arroz de cada región multiplicado por el porcentaje de producción por región.

úmero es  
deración  
da) en la



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z				
		Region 1	Approx. t	% Total	Region 2	Approx. t	% Total	Region 3	Approx. t	% Total	Region 4	Approx. t	% Total	Region 5	Approx. t	% Total	Region 6	Approx. t	% Total	Region 7	Approx. t	% Total	Region 8	Approx. t	% Total	Region 9				
Sugarcane	La Libertad	5 234 478	50%	Lambayeque	2 767 051	27%	Lima	#####	15%	Huarez (An)	9 286	8%	Trujillo (La)	5 902	5%	Piura	5 482	5%	Lima	4 757	4%	Chachap.	214 768	7%	Puerto-E	134 849	4%	Guaya		
Cotton	Ica	67 355	61%	Lambayeque	13 954	13%	Huarez (An)	4 210 38	14%	La Libertad	335 560	11%	La Libertad	286 289	9%	Arequipa	341 438	8%	Abancay	341 438	8%	Huamanga	329 853	7%	Arequipa	297 427	7%			
Rice	Piura	607 847	20%	San Martin	575 558	19%	Cuzco	432 127	10%	Junin	409 402	9%	Abancay	2 095	5%															
Potato	Puno	567 612	13%	Huancayo	566 988	13%	Cuzco	2 231	5%	Huancayo	2 095	5%																		
Quinoa	Puno	30 173	68%	Ayacucho	4 188	9%	Cuzco	2 231	5%	Huancayo	2 095	5%																		
Asparagus	La Libertad	188 254	50%	Ica	143 987	38%	Lima	21 447	6%	Huancayo	18 439	5%																		
Grape	Ica	149 768	41%	Piura	65 537	18%	Lima	59 535	16%	Trujillo (La)	44 010	12%																		
Wheat	La Libertad	60 631	27%	Cajamarca	33 534	15%	Arequipa	25 887	11%	Cuzco	19 382	9%	Huancayo	18 274	8%	Tingo-Mi	16 461	7%	San-Ron	15 173	7%									
Soy	Piura	891	40%	Chachap.	607	27%	Cajamarca	378	17%		0%																			
Coffee	Junin	76 714	24%	San Martin	68 712	22%	Cajamarca	64 901	21%	Chachap.	38 317	12%	Cuzco	35 730	11%	San Ram	9 596	3%	Puno Gra	7 364	2%									
Avocado	La Libertad	68 400	28%	Lima	56 160	21%	Pisco (Ica)	34 235	13%	San Ram	33 176	12%	Huancayo	23 100	9%															
Alfalfa	Arequipa	3 139 099	47%	Puno Gran	604 673	9%	Taona (Mo)	536 397	8%	Lima	425 372	6%	Huamanga (A)	296 346	4%	Taona	248 261	4%	Huancayo	218 740	3%	Trujillo (L)	204 176							
Antichokes	Ica	73 188	49%	La Libertad	34 154	23%	Arequipa	34 154	23%																					
Hard yellow corn	La Libertad	308 530	22%	Lima	267 042	19%	Lambayeque	150 873	11%	Pisco (Ica)	108 303	8%	Tarapoto (Sar)	122 951	9%															



## Anexo 2: Referencias y fuentes de datos

### Bibliografía

AgroBanco. 2012. Especial del cultivo de quinua.

Autoridad Nacional de Agua (ANA). 2012. Plan de Gestión del acuífero del valle de Ica y pampas de Villacurí y Lanchas.

ANA. Plan Nacional de Recursos Hídricos del Perú 2013.

ANA. Recursos Hídricos del Perú en cifras 2010.

ANA. Recursos Hídricos en el Perú 2012.

Carranza, L., Gallardo, JP., Vidal, R. 2012. Las barreras del crecimiento económico en San Martín. BID, CIES, USMP.

Castro, C. et al. 2010. Integrated urban water management in Lima, Peru: Building capacity for treatment and reuse of wastewater for green spaces and urban agriculture. <http://www.switchurbanwater.eu/>

Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia (CTA). 2013. Análisis de sostenibilidad de Huella Hídrica de la cuenca del Rio Porce.

Centro de Pensamiento en Estrategias Competitivas & Inteligencia de Negocios. 2013. Ranking de Ciudades Latino Americanas para la Atracción de Inversiones. Universidad del Rosario.

Culqui, M. 2012. Uso de aguas residuales en el Perú. ANA.

Division of Technology, Industry and Economics (DTIE). Saving water through sustainable consumption & production. United Nations Environment Programme (UNEP).

Emanuel, J., Escurra, J. 2000. Informe Nacional sobre la Gestión del Agua en el Perú. ANA.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Evapotranspiración del cultivo en condiciones no estándar.

Gnehm, F., The Swiss Water Footprint Report: A global picture of Swiss water dependence, WWF, 2011.

Hidalgo, V. 2013. Formulación de alimentos Balanceados para el engorde de ganado vacuno. Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

Hoekstra, A.Y. and Hung, P.Q., Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade, UNESCO-IHE, Delft, Holanda, 2002.

Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M. & Mekonnen, M.M., Water footprint manual: State of the art 2009, Water Footprint Network, Enschede, Holanda, 2009.

Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M., & Mekonnen, M. M., The water footprint assessment manual: Setting the global standard, Earthscan, Londres, RU, 2011.



- Instituto Nacional de Estadística (INEI). 2012. Consumo per cápita de los principales alimentos 2008-2009 .
- International Institute for Sustainable Development (IISD). 2013. Resiliencia climática y seguridad Alimentaria.
- IPCC (2013) Summary for Policymakers. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (ed. by T.F. Stocker, D. Quin, G.-K. Plattner, M. Tignor and S.K. Allen). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and NewYork, NY,USA.
- Libélula, 2011. Diagnóstico de la Agricultura en el Perú. Informe final. Lima, 2011.
- Mekonnen, M.M. & Hoekstra, A.Y., National Water Footprint Accounts: The Green, Blue and Grey Water Footprint of Production and Consumption, University of Twente, 2011.
- MINAG, 2012. Principales aspectos de la cadena productiva del Maíz Amarillo Duro. Lima 2012
- MINAGRI. Condiciones Agroclimáticas del cultivo de Algodón.
- MINAGRI. Condiciones Agroclimáticas del cultivo de Mango.
- MINAGRI. Condiciones Agroclimáticas del cultivo de Maíz.
- MINAGRI. Condiciones Agroclimáticas del cultivo de Arroz.
- MINAGRI. Condiciones Agroclimáticas del cultivo de uva.
- MINAGRI. Condiciones Agroclimáticas del cultivo de Cebolla.
- MINAGRI. Condiciones Agroclimáticas del cultivo de Café.
- MINAGRI. Condiciones Agroclimáticas del cultivo de olivo.
- MINAGRI. Condiciones Agroclimáticas del cultivo de papa.
- MINAGRI. Condiciones Agroclimáticas del cultivo de plátano.
- MINAGRI. Condiciones Agroclimáticas del cultivo de limón.
- MINAGRI. Condiciones Agroclimáticas del cultivo de cacao.
- MINAGRI. Condiciones Agroclimáticas del cultivo de caña de azúcar.
- MINAGRI. Condiciones Agroclimáticas del cultivo de espárrago.
- MINAGRI (2013). Comercio exterior Agrario – Diciembre 2013
- Ministerio de Energía y Minas (MEM). Estadística Eléctrica por regiones 2012.
- Moscoso, JC. 2011. Estudio de opciones de Tratamiento y reuso de aguas residuales el Lima Metropolitana. Lima Water.
- Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos del MINAGRI (OEEE). Producción Pecuaria e Industria Avícola 2013.



OEEE. 2013. Dinámica Agropecuaria 2003-2012.

Ordoñez, J., Vera, H. 2007. Balance Hídrico Superficial del Perú a nivel multianual. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).

Proyecto Especial Chira Piura (PECHP). Operador de Infraestructura Hidráulica Mayor – Región Piura.

Rendón S.E. 2009. Agro exportación, desempeño ambiental y propuesta de manejo sostenible de recursos hídricos en el valle de Ica 1950 – 2007. Tesis doctoral en Economía ambiental y de los Recursos Naturales, Universidad Nacional Autónoma de México y Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.

Rendón Schneir, E. 2014. Agro exportación en el Valle de Ica. UNALM.

Riveros, J.C., Germaná, C., Alvarez, C. 2014. Un frágil ciclo: Agua, Energía y población en Lima. WWF Perú.

Servicio de Agua Potable y Alcantarillado (SEDAPAL) - Nippon Koei. 2011. Manejo Integrado de los Recursos Hídricos para el Abastecimiento de Agua a Lima Metropolitana.

Smtih, M. 2012. Yield response to water: the original FAO water production function. FAO.

The Cotton Forum. 2012. Peru as a Sourcing Option, Textile Committee National Society of Industries.

The Nature Conservancy. [www.nature.org](http://www.nature.org)

WWF, The Water Footprint of Mexico in the Context of North America, WWF, 2012.

Yzarra, W., López, F. 2011. Manual de Observaciones Fenológicas. SENAMHI

### Consultas electrónicas

Banco Central de Reserva del Perú (BCRP). <http://estadisticas.bcrp.gob.pe/>

FAOSTATS. <http://faostat3.fao.org/home/E>

INEI. <http://www.inei.gob.pe/estadisticas/>

ThePoultrySite.com - news, features, articles and disease information for the poultry industry  
<http://www.thepoultrysite.com/articles/2798/peru-2013-grain-markets-impacted-by-poultry-sector>

Massachusetts Institute of Technology (MIT). Observatory of Economic complexity (OEC).  
<http://atlas.media.mit.edu/profile/country/per/>

MIT. Atlas Media. <http://atlas.media.mit.edu/profile/country/per/>

Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). Calendario Agrícola. <http://www.minag.gob.pe/portal/sector-agrario/agricola/calendario-agr%C3%Adcola>

MINAGRI. Sistema de Comercio Exterior para el Agro (SISCEX). <http://sistemas.minagri.gob.pe/siscex/#>

MINAGRI. Sistema de Precios y Abastecimiento (SISAP). <http://sistemas.minag.gob.pe/sisap/portal/>



OEEE. Boletín diario de precios. <http://www.minag.gob.pe/portal/herramientas/boletines/boletin-diario-de-precios>

OEEE. Frente Web Series Históricas de Producción Agrícola.  
[http://frenteweb.minagri.gob.pe/sisca/?mod=consulta\\_cult](http://frenteweb.minagri.gob.pe/sisca/?mod=consulta_cult)

Ortiz, O. 2014. Escasez de agua amenaza la agricultura en el sur del Perú. <http://www.peruthisweek.com/news-water-shortages-threaten-agriculture-in-southern-peru-103584>

Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS). Indicadores y Variables de las EPS a nivel Nacional. <http://www.sunass.gob.pe/websunass/index.php/sunass/supervision-y-fiscalizacion/indicadores-de-gestion/indicadores-de-las-eps/indicadores-eps-por-departamentos>

World Poultry. 2013. Peruvian poultry production in continuous growth.  
<http://www.worldpoultry.net/Broilers/Markets--Trade/2013/10/Peruvian-poultry-production-in-continuous-growth-1389653W/>

## Anexo 3: Glosario

### ACRÓNIMOS

AAA: Autoridad Administrativa del Agua

ALA: Autoridad Local del Agua

ANA: Autoridad Nacional del Agua

COSUDE: Cooperación Suiza para el Desarrollo

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación

HH: Huella Hídrica

IISD: Instituto Internacional para el Desarrollo Sostenible

INEI: Instituto Nacional de Estadística e Información

MINAGRI: Ministerio de Agricultura y Riego

MINAM: Ministerio del Ambiente

MINEM: Ministerio de Energía y Minas

MVCS: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento

PBI: Producto Bruto Interno

RRHH: Recursos Hídricos

SEDAPAL: Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima

SENAMHI: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología

SUNASS: Superintendencia Nacional de Servicios Sanitarios

UH: Unidad Hidrográfica

UNESCO: Organización Educativa, Científica y Cultural de las Naciones Unidas

WFN: Red de huella hídrica

### DEFINICIONES

Caudal: cantidad de agua que corre por el río en un tiempo determinado.

Cuenca: territorio cuyas aguas fluyen todas a un mismo río.

Escasez de agua: cuando el agua disponible en la cuenca es muy limitada, característico de ecosistemas secos.

Riesgo hídrico: proximidad de un impacto negativo en la calidad y/o disponibilidad del agua frente a una amenaza natural o antropogénica.

Stress hídrico: cuando la disponibilidad de agua llega a ser menor a la necesaria para cubrir la demanda tanto humana como ecológica, a causa del uso excesivo de este recurso.

Represa hidroeléctrica: barrera que detiene el flujo del río para la generación de energía.

### UNIDADES

GWh: Gigavatio hora (1 000 000 kilovatios suministrados en 1 hora)

hm<sup>3</sup>: hectómetro cúbico (=1 000 000m<sup>3</sup>)

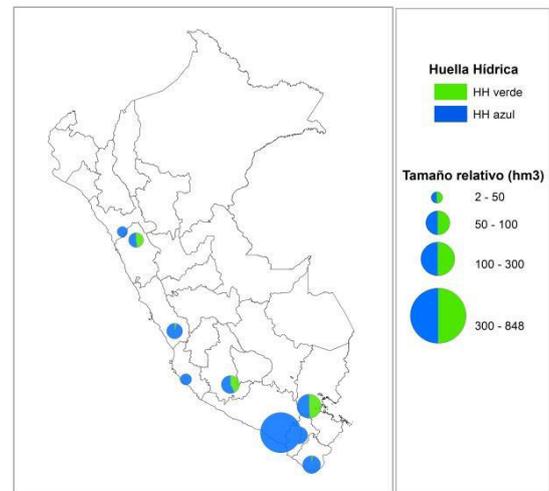
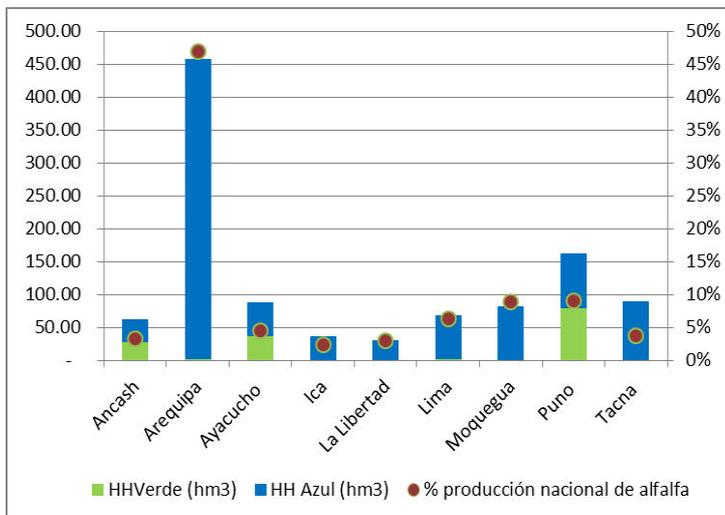
t: tonelada (=1000kg)

## Anexo 4: Resultados de la HH por cultivo (tablas, gráficos y mapas)

### ALFALFA

Huella hídrica de la alfalfa en hectómetros cúbicos vs el porcentaje de producción

Región	HH Verde (hm3)	HH Azul (hm3)	HH Total (hm3)	% producción nacional de alfalfa
Ancash	28.92	32.27	61.18	3%
Arequipa	2.00	454.53	456.53	47%
Ayacucho	37.09	51.08	88.17	4%
Ica	-	35.47	35.47	2%
La Libertad	0.29	30.03	30.33	3%
Lima	2.84	64.56	67.40	6%
Moquegua	1.66	79.81	81.47	9%
Puno	79.38	81.62	161.00	9%
Tacna	1.81	86.94	88.74	4%
<b>Total (100%)</b>	<b>173.31</b>	<b>1,030.37</b>	<b>1,203.68</b>	<b>88%</b>



## Huella hídrica de la alfalfa en metros cúbicos por tonelada y en litros por kilogramo del cultivo

Región	HH Verde (m <sup>3</sup> /t)	HH Azul (m <sup>3</sup> /t)	HH Total (m <sup>3</sup> /t)	HH total (l/kg)
Ancash	147.21	164.26	311.47	311.47
Arequipa	0.65	147.15	147.80	147.80
Ayacucho	122.34	168.47	290.82	290.82
Ica	-	224.43	224.43	224.43
La Libertad	1.57	162.19	163.76	163.76
Lima	6.24	141.78	148.02	148.02
Moquegua	3.29	158.58	161.88	161.88
Puno	194.93	200.44	395.38	395.38
Tacna	6.97	335.44	342.41	342.41

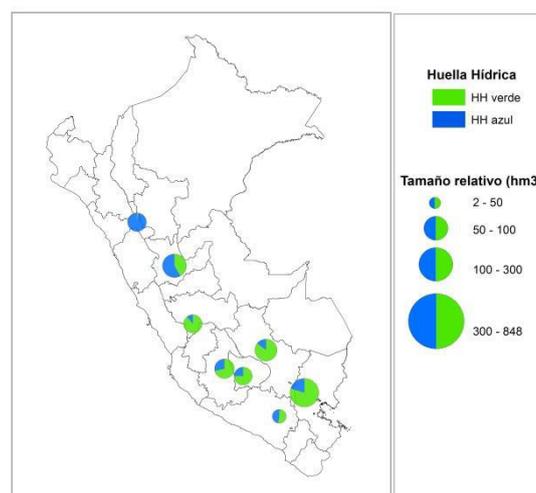
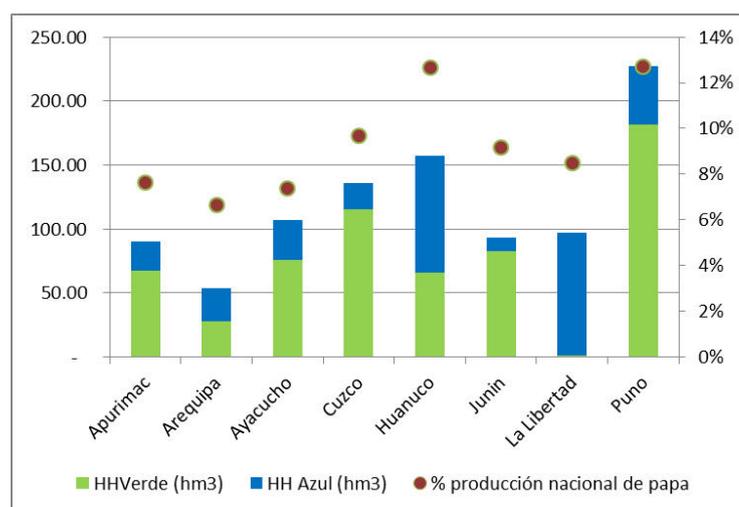
## Huella hídrica de la alfalfa en metros cúbicos por hectárea

Región	Rendimiento promedio (t/ha)	HH Verde (m <sup>3</sup> /ha)	HH Azul (m <sup>3</sup> /ha)	HH total (m <sup>3</sup> /ha)
Ancash	27.80	4,092.00	4,566.00	8,658.00
Arequipa	74.02	48.00	10,892.00	10,940.00
Ayacucho	34.40	4,209.00	5,796.00	10,005.00
Ica	31.18	-	6,997.00	6,997.00
La Libertad	45.77	72.00	7,423.00	7,495.00
Lima	39.58	247.00	5,612.00	5,859.00
Moquegua	49.47	163.00	7,845.00	8,008.00
Puno	19.60	3,821.00	3,929.00	7,750.00
Tacna	23.39	163.00	7,845.00	8,008.00

## PAPA

Huella hídrica de la papa en hectómetros cúbicos vs el porcentaje de producción

Región	HH Verde (hm3)	HH Azul (hm3)	HH Total (hm3)	% producción nacional de papa
Apurímac	68.04	21.71	89.75	8%
Arequipa	28.47	24.52	52.99	7%
Ayacucho	75.81	30.47	106.28	7%
Cuzco	115.75	19.72	135.47	10%
Huánuco	65.88	90.73	156.61	13%
Junín	82.93	9.88	92.80	9%
La Libertad	1.66	94.70	96.36	8%
Puno	181.79	45.27	227.06	13%
<b>Total (100%)</b>	<b>869.42</b>	<b>472.29</b>	<b>1,341.72</b>	<b>74%</b>



Huella hídrica de la papa en metros cúbicos por tonelada y en litros por kilogramo del cultivo

Región	HH Verde (m3/t)	HH Azul (m3/t)	HH Total (m3/t)	HH total (l/kg)
Apurímac	274.64	87.64	362.28	362.28
Arequipa	107.71	92.78	200.49	200.49
Ayacucho	329.54	132.45	461.99	461.99
Cuzco	348.53	59.37	407.90	407.90
Huánuco	140.72	193.78	334.50	334.50
Junín	216.09	25.74	241.83	241.83
La Libertad	4.76	271.86	276.62	276.62
Puno	336.75	83.86	420.61	420.61

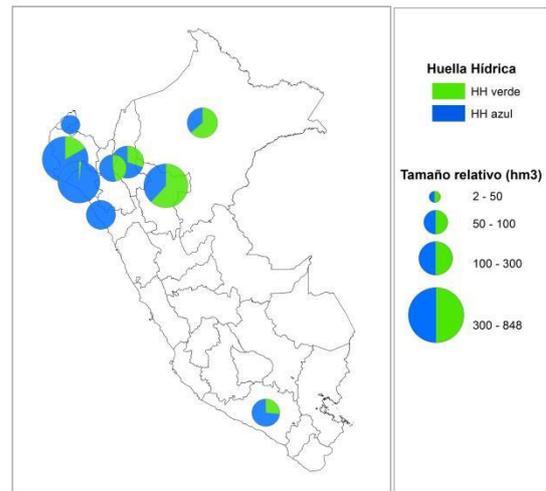
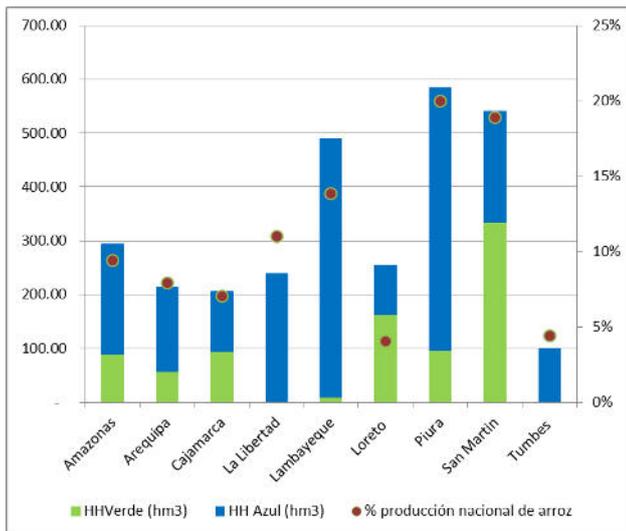
## Huella hídrica de la papa en metros cúbicos por hectárea

Región	Rendimiento promedio (t/ha)	HH Verde (m3/ha)	HH Azul (m3/ha)	HH total (m3/ha)
Apurímac	13.22	3,632.00	1,159.00	4,791.00
Arequipa	31.61	3,405.00	2,933.00	6,338.00
Ayacucho	10.43	3,436.00	1,381.00	4,817.00
Cuzco	10.43	3,634.00	619.00	4,253.00
Huánuco	14.13	1,989.00	2,739.00	4,728.00
Junín	17.02	3,677.00	438.00	4,115.00
La Libertad	15.11	72.00	4,108.00	4,180.00
Puno	10.66	3,590.00	894.00	4,484.00

## Arroz

Huella hídrica del arroz en hectómetros cúbicos vs el porcentaje de producción

Región	HH Verde (hm3)	HH Azul (hm3)	HH Total (hm3)	% producción nacional de arroz
Amazonas	88.98	205.29	294.28	9%
Arequipa	56.95	157.94	214.89	8%
Cajamarca	95.34	110.42	205.76	7%
La Libertad	-	239.48	239.48	11%
Lambayeque	9.61	481.16	490.77	14%
Loreto	162.66	92.84	255.50	4%
Piura	96.14	488.45	584.59	20%
San Martín	334.52	206.44	540.96	19%
Tumbes	0.66	98.68	99.34	4%
<b>Total (100%)</b>	<b>878.35</b>	<b>2,163.14</b>	<b>3,041.49</b>	<b>97%</b>



Huella hídrica del arroz en metros cúbicos por tonelada y en litros por kilogramo del cultivo

Región	HH Verde (m3/t)	HH Azul (m3/t)	HH Total (m3/t)	HH total (l/kg)
Amazonas	293.85	677.92	971.77	971.77
Arequipa	235.87	654.12	889.99	889.99
Cajamarca	439.12	508.59	947.71	947.71
La Libertad	-	751.26	751.26	751.26
Lambayeque	24.29	1,216.47	1,240.76	1,240.76
Loreto	1,588.58	906.70	2,495.29	2,495.29
Piura	189.67	963.65	1,153.32	1,153.32
San Martín	627.24	387.09	1,014.33	1,014.33
Tumbes	5.18	772.86	778.04	778.04

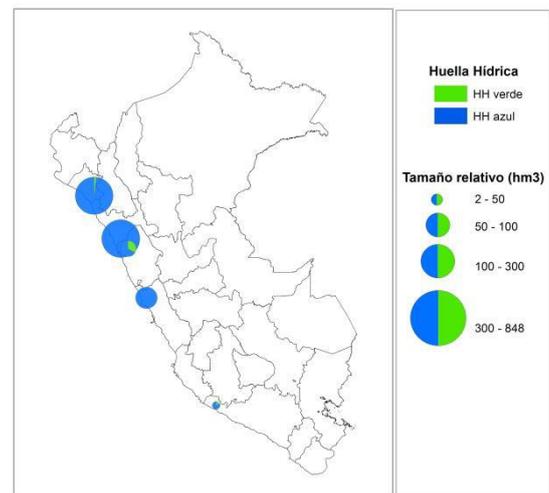
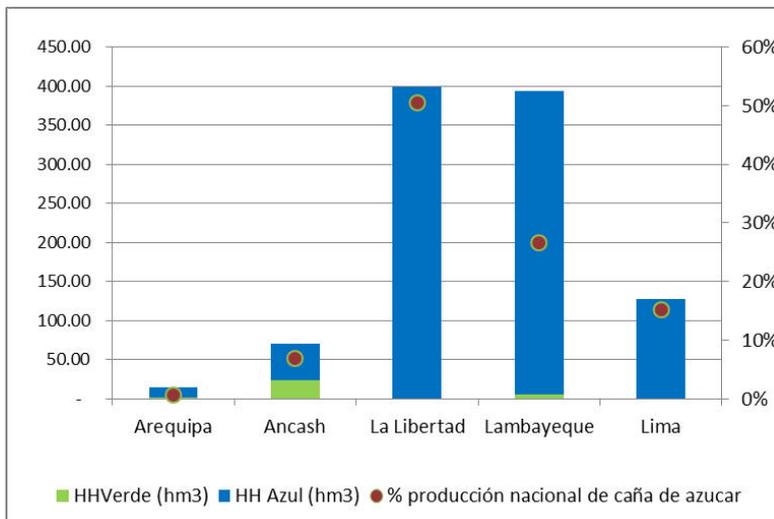
## Huella hídrica del arroz en metros cúbicos por hectárea

Región	Rendimiento promedio (t/ha)	HH Verde (m3/ha)	HH Azul (m3/ha)	HH total (m3/ha)
Amazonas	7.38	2,169.00	5,004.00	7,173.00
Arequipa	13.25	3,126.00	8,669.00	11,795.00
Cajamarca	7.67	3,369.00	3,902.00	7,271.00
La Libertad	9.99	-	7,504.00	7,504.00
Lambayeque	8.28	201.00	10,067.00	10,268.00
Loreto	2.97	4,720.00	2,694.00	7,414.00
Piura	9.10	1,726.00	8,769.00	10,495.00
San Martín	6.68	4,192.00	2,587.00	6,779.00
Tumbes	8.30	43.00	6,413.00	6,456.00

## CAÑA DE AZÚCAR

Huella hídrica de la caña de azúcar en hectómetros cúbicos vs el porcentaje de producción

Región	HH Verde (hm3)	HH Azul (hm3)	HH Total (hm3)	% producción nacional de caña de azúcar
Arequipa	2.13	13.01	15.14	1%
Ancash	23.70	47.21	70.90	7%
La Libertad	-	398.90	398.90	50%
Lambayeque	6.29	387.16	393.46	27%
Lima	-	128.04	128.04	15%
<b>Total (100%)</b>	<b>32.12</b>	<b>974.32</b>	<b>1,006.43</b>	<b>100%</b>



Huella hídrica de la caña de azúcar en metros cúbicos por tonelada y en litros por kilogramo del cultivo

Región	HH Verde (m3/t)	HH Azul (m3/t)	HH Total (m3/t)	HH total (l/kg)
Arequipa	33.06	202.12	235.19	235.19
Ancash	38.07	75.84	113.91	113.91
La Libertad	-	81.84	81.84	81.84
Lambayeque	2.24	137.61	139.84	139.84
Lima	-	85.15	85.15	85.15

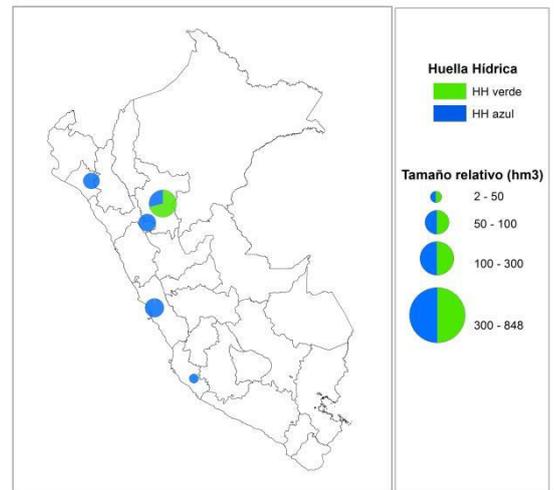
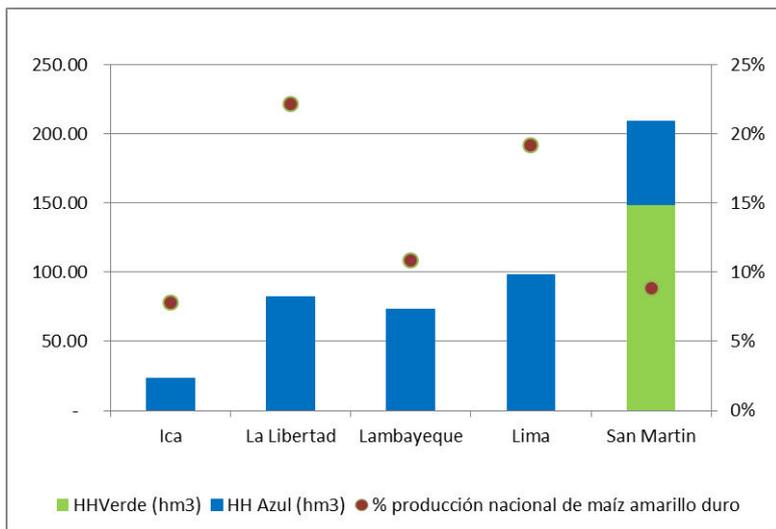
## Huella hídrica de la caña de azúcar en metros cúbicos por hectárea

Región	Rendimiento promedio del cultivo (t/ha)	HH Verde (m3/ha)	HH Azul (m3/ha)	HH total (m3/ha)
Arequipa	95.51	3,158.00	19,305.00	22,463.00
Ancash	115.06	4,380.00	8,726.00	13,106.00
La Libertad	143.49	-	11,744.00	11,744.00
Lambayeque	112.24	251.00	15,445.00	15,696.00
Lima	131.75	-	11,218.00	11,218.00

## MAÍZ AMARILLO DURO

Huella hídrica del maíz amarillo duro en hectómetros cúbicos vs el porcentaje de producción

Región	HH Verde (hm3)	HH Azul (hm3)	HH Total (hm3)	% producción nacional de maíz amarillo duro
Ica	-	23.05	23.05	8%
La Libertad	-	82.25	82.25	22%
Lambayeque	0.48	72.40	72.88	11%
Lima	0.29	97.68	97.97	19%
San Martín	148.55	60.28	208.84	9%
<b>Total (100%)</b>	<b>223.45</b>	<b>502.12</b>	<b>725.57</b>	<b>69%</b>



Huella hídrica del maíz amarillo duro en metros cúbicos por tonelada y en litros por kilogramo del cultivo

Región	HH Verde (m3/t)	HH Azul (m3/t)	HH Total (m3/t)	HH total (l/kg)
La Libertad	-	313.64	313.64	313.64
Lima	1.11	377.65	378.76	378.76
Lambayeque	3.82	570.75	574.57	574.57
Ica	-	240.67	240.67	240.67
San Martín	1,254.85	509.22	1,764.08	1,764.08

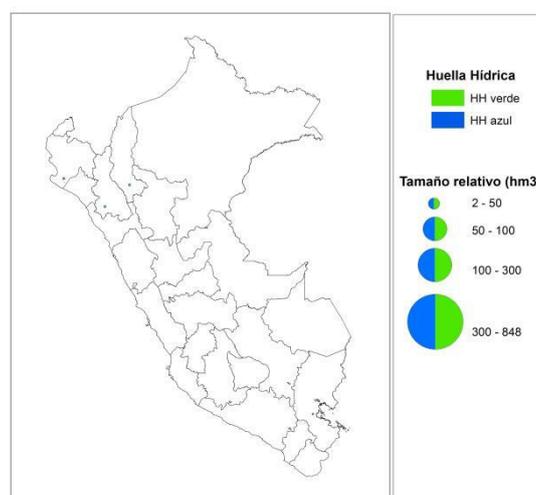
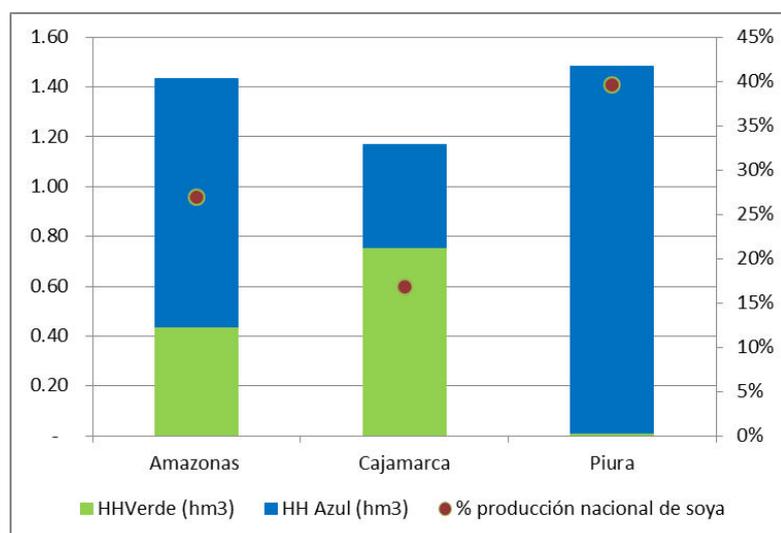
## Huella hídrica del maíz amarillo dura en metros cúbicos por hectárea

Región	Rendimiento promedio (t/ha)	HH Verde (m3/ha)	HH Azul (m3/ha)	HH total (m3/ha)
La Libertad	8.38	-	2,629.00	2,629.00
Lima	8.97	10.00	3,389.00	3,399.00
Lambayeque	6.02	23.00	3,435.00	3,458.00
Ica	8.63	-	2,078.00	2,078.00
San Martín	2.06	2,585.00	1,049.00	3,634.00

## SOYA

Huella hídrica de la soya en hectómetros cúbicos vs el porcentaje de producción

Región	HH Verde (hm3)	HH Azul (hm3)	HH Total (hm3)	% producción nacional de soya
Amazonas	0.44	1.00	1.43	27%
Cajamarca	0.76	0.41	1.17	17%
Piura	0.01	1.47	1.48	40%
<b>Total (100%)</b>	<b>1.77</b>	<b>4.35</b>	<b>6.12</b>	<b>83%</b>



Huella hídrica de la soya en metros cúbicos por tonelada y en litros por kilogramo del cultivo

Región	HH Verde (m3/t)	HH Azul (m3/t)	HH Total (m3/t)	HH total (l/kg)
Amazonas	912.22	631.78	1,543.99	1,543.99
Cajamarca	849.10	463.35	1,312.45	1,312.45
Piura	21.62	2,463.87	2,485.48	2,485.48

Huella hídrica de la soya en metros cúbicos por hectárea

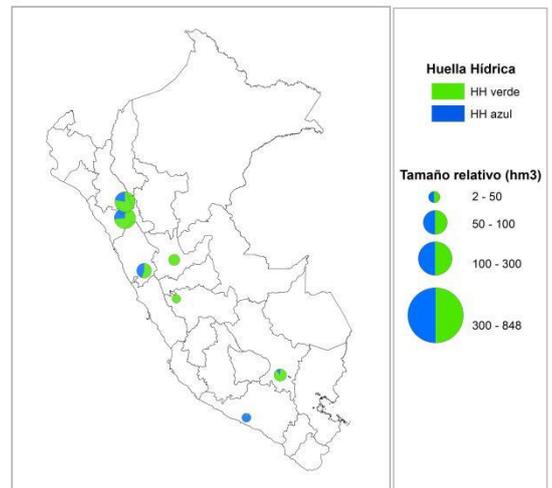
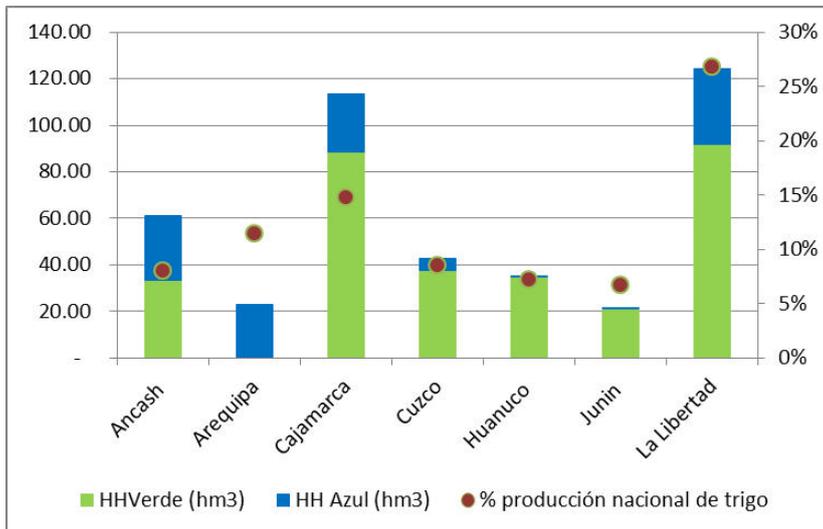
Región	Rendimiento promedio (t/ha)	HH Verde (m3/ha)	HH Azul (m3/ha)	HH total (m3/ha)
Amazonas	1.92	1,750.00	1,212.00	2,962.00
Cajamarca	2.18	1,849.00	1,009.00	2,858.00
Piura	1.62	35.00	3,989.00	4,024.00



## TRIGO

Huella hídrica del trigo en hectómetros cúbicos vs el porcentaje de producción

Región	HH Verde (hm3)	HH Azul (hm3)	HH Total (hm3)	% producción nacional de trigo
Ancash	33.43	27.93	61.36	8%
Arequipa	0.49	22.33	22.82	11%
Cajamarca	88.62	24.75	113.37	15%
Cuzco	37.62	4.95	42.57	9%
Huánuco	34.81	0.12	34.93	7%
Junín	20.96	0.07	21.03	7%
La Libertad	91.57	32.84	124.41	27%
<b>Total (100%)</b>	<b>371.44</b>	<b>136.49</b>	<b>507.93</b>	<b>84%</b>



Huella hídrica del trigo en metros cúbicos por tonelada y en litros por kilogramo del cultivo

Región	HH Verde (m3/t)	HH Azul (m3/t)	HH Total (m3/t)	HH total (l/kg)
Ancash	1,768.43	1,477.20	3,245.63	3,245.63
Arequipa	20.24	922.72	942.96	942.96
Cajamarca	2,702.20	754.81	3,457.01	3,457.01
Cuzco	1,979.42	260.45	2,239.86	2,239.86
Huánuco	2,419.28	8.46	2,427.74	2,427.74
Junín	1,575.46	5.37	1,580.82	1,580.82
La Libertad	1,568.56	562.46	2,131.02	2,131.02

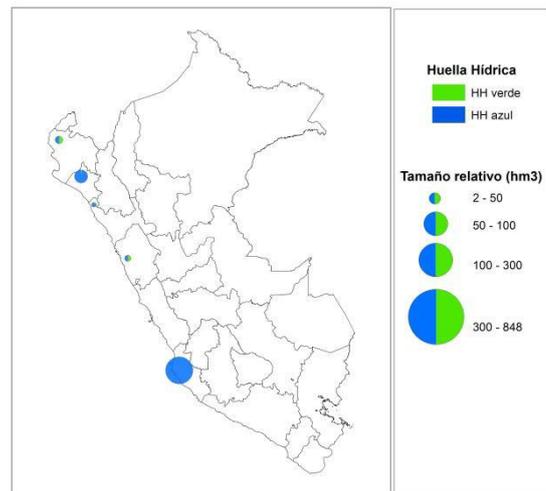
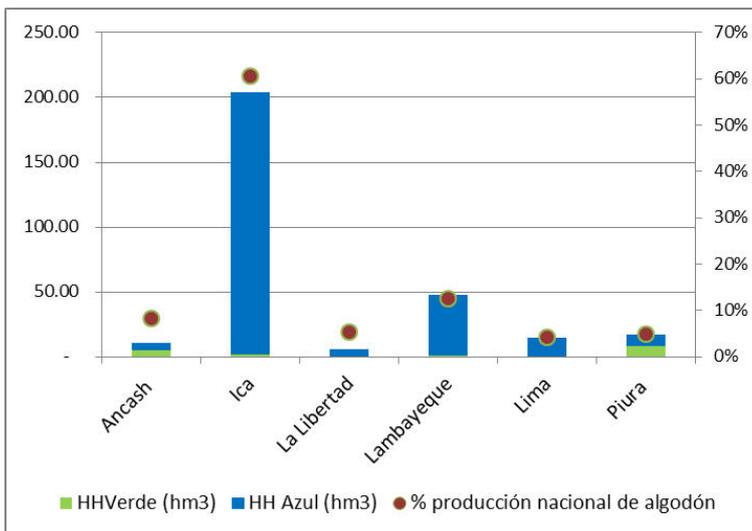
## Huella hídrica del trigo en metros cúbicos por hectárea

Región	Rendimiento promedio (t/ha)	HH Verde (m3/ha)	HH Azul (m3/ha)	HH total (m3/ha)
Ancash	1.00	1,763.12	1,472.77	3,235.89
Arequipa	6.12	123.75	5,642.46	5,766.21
Cajamarca	1.04	2,821.10	788.02	3,609.12
Cuzco	1.51	2,984.96	392.76	3,377.72
Huánuco	1.23	2,966.04	10.37	2,976.41
Junín	2.18	3,434.49	11.70	3,446.19
La Libertad	1.83	2,873.61	1,030.43	3,904.03

## ALGODÓN

Huella hídrica del algodón en hectómetros cúbicos vs el porcentaje de producción

Región	HH Verde (hm3)	HH Azul (hm3)	HH Total (hm3)	% producción nacional de algodón
Ancash	5.32	5.32	10.63	8%
Ica	1.37	202.92	204.29	61%
La Libertad	0.05	5.53	5.58	5%
Lambayeque	0.89	46.77	47.66	13%
Lima	0.08	14.20	14.28	4%
Piura	8.37	8.37	16.73	5%
<b>Total (100%)</b>	<b>16.90</b>	<b>297.81</b>	<b>314.71</b>	<b>96%</b>



Huella hídrica del algodón en metros cúbicos por tonelada y en litros por kilogramo del cultivo

Región	HH Verde (m3/t)	HH Azul (m3/t)	HH Total (m3/t)	HH total (l/kg)
Ancash	1,049.12	838.44	1,887.56	1,887.56
Ica	21.69	3,216.97	3,238.66	3,238.66
La Libertad	13.99	1,490.28	1,504.28	1,504.28
Lambayeque	56.72	2,964.06	3,020.79	3,020.79
Piura	760.32	1,990.21	2,750.52	2,750.52
Lima	10.90	1,846.21	1,857.11	1,857.11

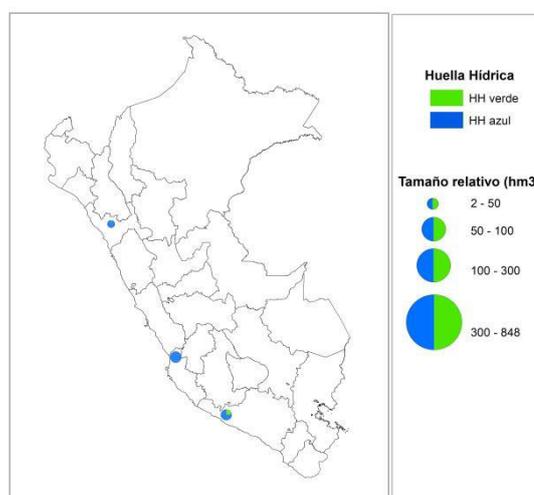
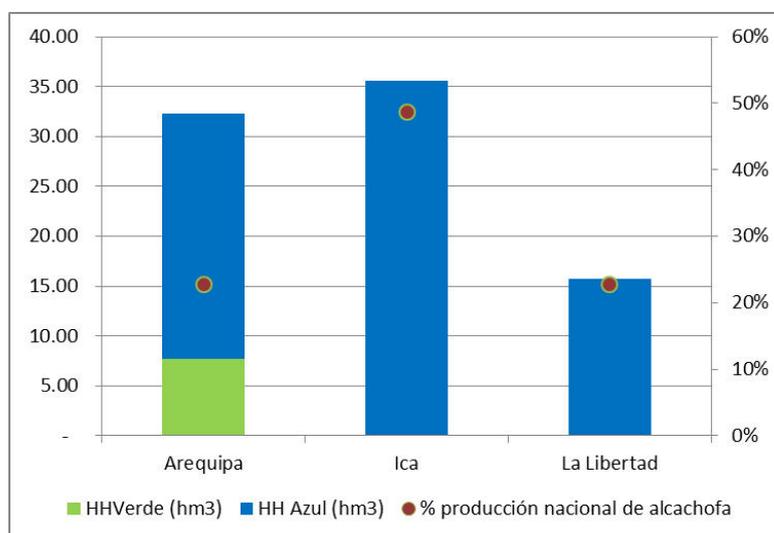
## Huella hídrica del algodón en metros cúbicos por hectárea

Región	Rendimiento promedio (t/ha)	HH Verde (m <sup>3</sup> /ha)	HH Azul (m <sup>3</sup> /ha)	HH total (m <sup>3</sup> /ha)
Ancash	3.27	3,426.00	2,738.00	6,164.00
Ica	2.44	53.00	7,861.00	7,914.00
La Libertad	3.86	54.00	5,751.00	5,805.00
Lambayeque	2.63	149.00	7,786.00	7,935.00
Piura	2.00	1,522.00	3,984.00	5,506.00
Lima	2.94	32.00	5,419.00	5,451.00

## ALCHOFA

Huella hídrica de la alcachofa en hectómetros cúbicos vs el porcentaje de producción

Región	HH Verde (hm3)	HH Azul (hm3)	HH Total (hm3)	% producción nacional de alcachofa
Arequipa	7.72	24.53	32.24	23%
Ica	0.16	35.42	35.58	49%
La Libertad	0.11	15.55	15.66	23%
<b>Total (100%)</b>	<b>8.10</b>	<b>76.49</b>	<b>84.59</b>	<b>94%</b>



Huella hídrica de la alcachofa en metros cúbicos por tonelada y en litros por kilogramo del cultivo

Región	HH Verde (m3/t)	HH Azul (m3/t)	HH Total (m3/t)	HH total (l/kg)
Arequipa	241.88	768.93	1,010.82	1,010.82
Ica	2.33	515.89	518.21	518.21
La Libertad	3.54	486.49	490.03	490.03

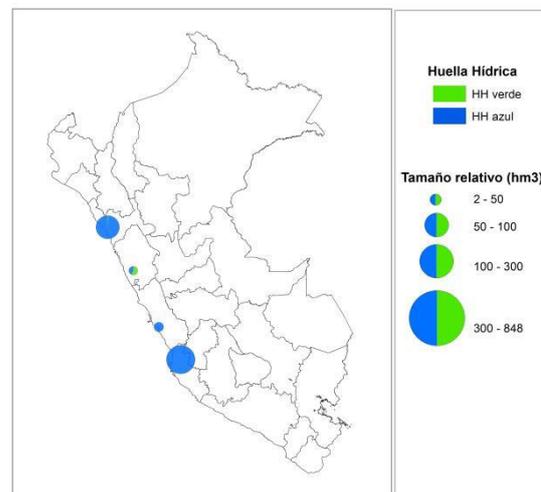
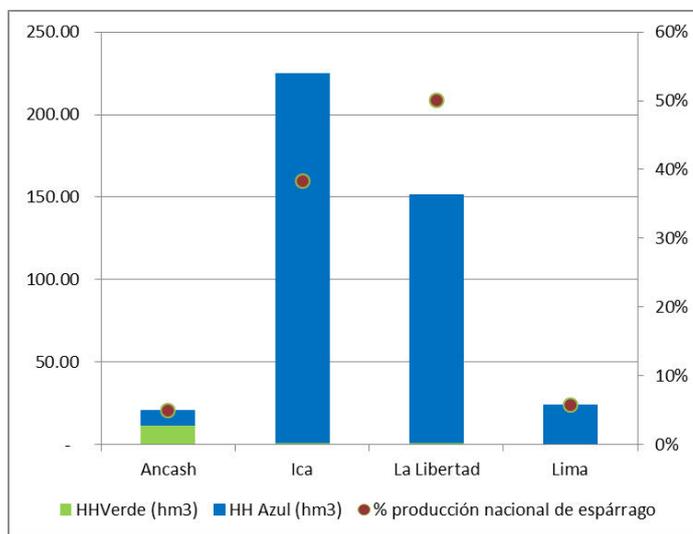
Huella hídrica de la alcachofa en metros cúbicos por hectárea

Región	Rendimiento promedio (t/ha)	HH Verde (m3/ha)	HH Azul (m3/ha)	HH total (m3/ha)
Arequipa	18.21	4,404.00	14,000.00	18,404.00
Ica	22.34	52.00	11,524.00	11,576.00
La Libertad	20.36	72.00	9,905.00	9,977.00

## ESPÁRRAGO

Huella hídrica del espárrago en hectómetros cúbicos vs el porcentaje de producción

Región	HH Verde (hm3)	HH Azul (hm3)	HH Total (hm3)	% producción nacional de espárrago
Ancash	11.73	9.00	20.72	5%
Ica	1.29	223.38	224.68	38%
La Libertad	1.01	150.48	151.49	50%
Lima	-	24.09	24.09	6%
<b>Total (100%)</b>	<b>14.08</b>	<b>408.19</b>	<b>422.27</b>	<b>99%</b>



Huella hídrica del espárrago en metros cúbicos por tonelada y en litros por kilogramo del cultivo

Región	HH Verde (m3/t)	HH Azul (m3/t)	HH Total (m3/t)	HH total (l/kg)
Ancash	512.25	393.00	905.25	905.25
Ica	12.18	2,101.48	2,113.66	2,113.66
La Libertad	5.70	846.59	852.29	852.29
Lima	-	1,285.04	1,285.04	1,285.04

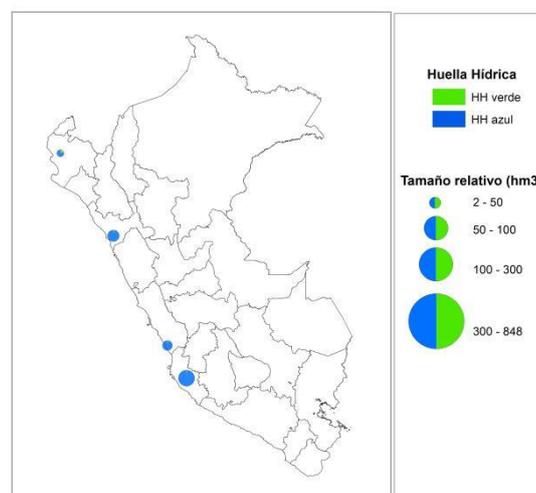
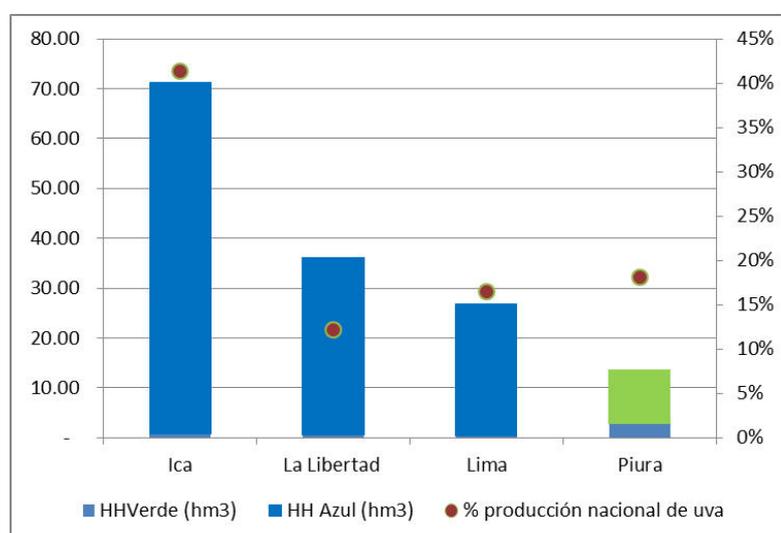
## Huella hídrica del espárrago en metros cúbicos por hectárea

Región	Rendimiento promedio (t/ha)	HH Verde (m3/ha)	HH Azul (m3/ha)	HH total (m3/ha)
Ancash	12.62	6,465.78	4,960.62	11,426.40
Ica	11.02	134.21	23,162.14	23,296.35
La Libertad	8.70	49.65	7,369.40	7,419.05
Lima	6.19	-	7,948.73	7,948.73

## UVA

Huella hídrica de la uva en hectómetros cúbicos vs el porcentaje de producción

Región	HH Verde (hm <sup>3</sup> )	HH Azul (hm <sup>3</sup> )	HH Total (hm <sup>3</sup> )	% producción nacional de uva
Ica	0.71	70.55	71.25	41%
La Libertad	0.51	35.61	36.12	12%
Lima	0.33	26.57	26.90	16%
Piura	2.84	10.65	13.49	18%
<b>Total (100%)</b>	<b>4.90</b>	<b>160.02</b>	<b>164.93</b>	<b>88%</b>



Huella hídrica de la uva en metros cúbicos por tonelada y en litros por kilogramo del cultivo

Región	HH Verde (m <sup>3</sup> /t)	HH Azul (m <sup>3</sup> /t)	HH Total (m <sup>3</sup> /t)	HH total (l/kg)
Ica	5.55	553.54	559.09	559.09
La Libertad	11.64	819.00	830.64	830.64
Lima	5.94	475.93	481.87	481.87
Piura	98.65	370.65	469.31	469.31

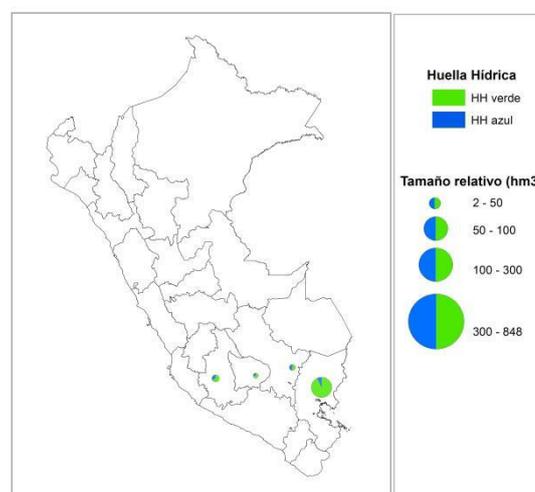
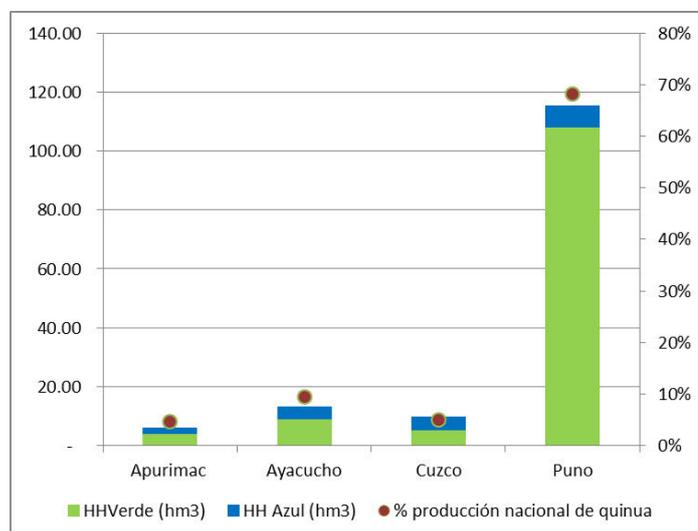
Huella hídrica de la uva en metros cúbicos por hectárea

Región	Rendimiento promedio (t/ha)	HH Verde (m <sup>3</sup> /ha)	HH Azul (m <sup>3</sup> /ha)	HH total (m <sup>3</sup> /ha)
Ica	18.56	103.00	10,272.00	10,375.00
La Libertad	6.19	72.00	5,066.00	5,138.00
Lima	15.82	94.00	7,531.00	7,625.00
Piura	20.95	2,067.00	7,766.00	9,833.00

## QUINUA

Huella hídrica de la quinua en hectómetros cúbicos vs el porcentaje de producción

Región	HH Verde (hm <sup>3</sup> )	HH Azul (hm <sup>3</sup> )	HH Total (hm <sup>3</sup> )	% producción nacional de quinua
Apurímac	4.13	1.93	6.06	5%
Ayacucho	9.19	4.02	13.20	9%
Cuzco	5.30	4.25	9.54	5%
Puno	108.18	7.10	115.29	68%
<b>Total (100%)</b>	<b>140.72</b>	<b>19.21</b>	<b>159.93</b>	<b>88%</b>



Huella hídrica de la quinua en metros cúbicos por tonelada y en litros por kilogramo del cultivo

Región	HH Verde (m <sup>3</sup> /t)	HH Azul (m <sup>3</sup> /t)	HH Total (m <sup>3</sup> /t)	HH total (l/kg)
Apurímac	3,260.87	1,525.35	4,786.22	4,786.22
Ayacucho	4,110.12	1,798.77	5,908.90	5,908.90
Cuzco	2,718.49	2,178.44	4,896.93	4,896.93
Puno	3,649.34	239.65	3,888.99	3,888.99

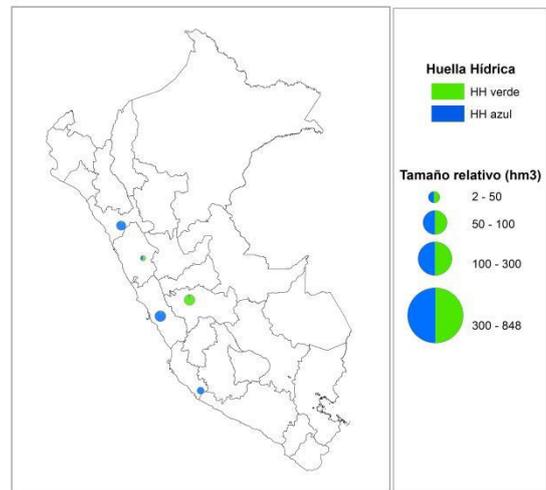
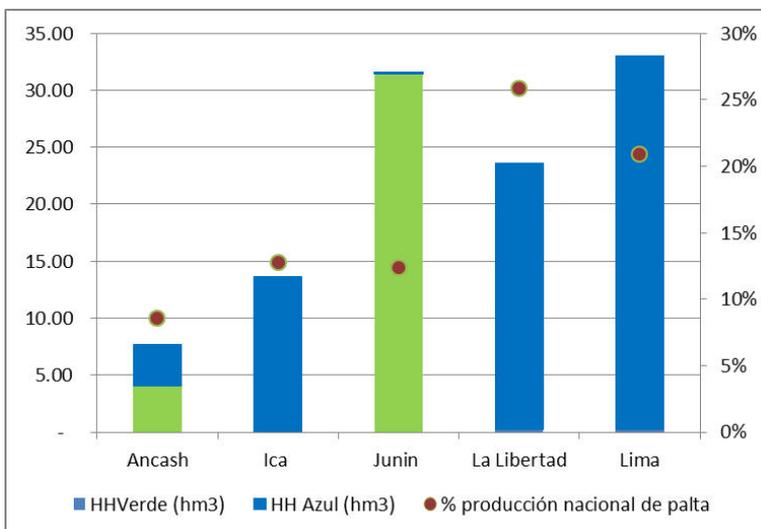
Huella hídrica de la quinua en metros cúbicos por hectárea

Región	Rendimiento promedio (t/ha)	HH Verde (m <sup>3</sup> /ha)	HH Azul (m <sup>3</sup> /ha)	HH total (m <sup>3</sup> /ha)
Apurímac	1.11	3,615.00	1,691.00	5,306.00
Ayacucho	0.95	3,889.00	1,702.00	5,591.00
Cuzco	0.93	2,532.00	2,029.00	4,561.00
Puno	1.14	4,142.00	272.00	4,414.00

## PALTA

Huella hídrica de la palta en hectómetros cúbicos vs el porcentaje de producción

Región	HH Verde (hm3)	HH Azul (hm3)	HH Total (hm3)	% producción nacional de palta
Ancash	4.03	3.67	7.71	9%
Ica	-	13.68	13.68	13%
Junín	31.44	0.17	31.61	12%
La Libertad	0.22	23.35	23.57	26%
Lima	0.19	32.78	32.97	21%
<b>Total (100%)</b>	<b>45.41</b>	<b>93.14</b>	<b>138.55</b>	<b>80%</b>



Huella hídrica de la palta en metros cúbicos por tonelada y en litros por kilogramo del cultivo

Región	HH Verde (m3/t)	HH Azul (m3/t)	HH Total (m3/t)	HH total (l/kg)
Ancash	354.00	322.45	676.45	676.45
Ica	-	547.54	547.54	547.54
Junín	1,163.07	6.17	1,169.23	1,169.23
La Libertad	5.18	550.44	555.63	555.63
Lima	4.06	711.86	715.93	715.93



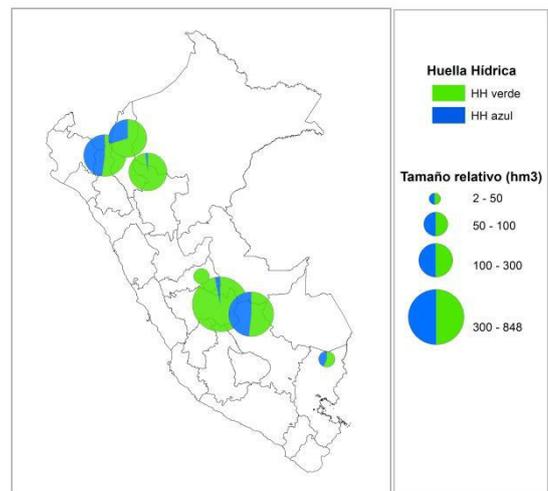
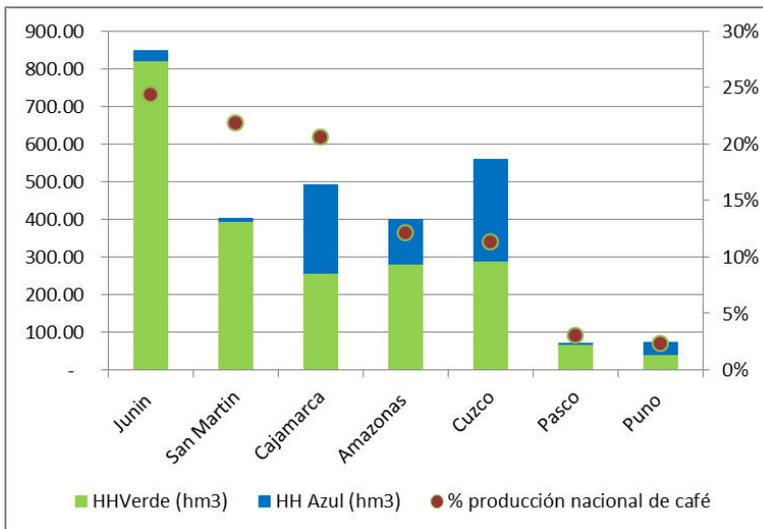
## Huella hídrica de la palta en metros cúbicos por hectárea

Región	Rendimiento promedio (t/ha)	HH Verde (m3/ha)	HH Azul (m3/ha)	HH total (m3/ha)
Ancash	12.30	4,353.00	3,965.00	8,318.00
Ica	12.93	-	7,078.00	7,078.00
Junín	6.97	8,111.00	43.00	8,154.00
La Libertad	13.89	72.00	7,646.00	7,718.00
Lima	11.56	47.00	8,232.00	8,279.00

## CAFÉ

Huella hídrica del café en hectómetros cúbicos vs el porcentaje de producción

Región	HH Verde (hm <sup>3</sup> )	HH Azul (hm <sup>3</sup> )	HH Total (hm <sup>3</sup> )	% producción nacional de café
Junín	821.84	25.48	847.32	24%
San Martín	393.62	7.70	401.32	22%
Cajamarca	256.66	234.50	491.16	21%
Amazonas	279.82	118.47	398.28	12%
Cuzco	289.22	270.08	559.30	11%
Pasco	66.74	0.25	66.99	3%
Puno	40.53	32.16	72.69	2%
<b>Total (100%)</b>	<b>2,246.91</b>	<b>720.28</b>	<b>2,967.19</b>	<b>96%</b>



Huella hídrica del café en metros cúbicos por tonelada y en litros por kilogramo del cultivo

Región	HH Verde (m <sup>3</sup> /t)	HH Azul (m <sup>3</sup> /t)	HH Total (m <sup>3</sup> /t)	HH total (l/kg)
Junín	10,992.26	340.83	11,333.09	11,333.09
San Martín	7,030.54	137.54	7,168.07	7,168.07
Cajamarca	5,386.86	4,921.83	10,308.69	10,308.69
Amazonas	6,472.07	2,740.11	9,212.18	9,212.18
Cuzco	7,853.04	7,333.44	15,186.48	15,186.48
Pasco	8,832.07	33.59	8,865.66	8,865.66
Puno	6,326.17	5,019.13	11,345.30	11,345.30

## Huella hídrica del café en metros cúbicos por hectárea

Región	Rendimiento promedio (t/ha)	HH Verde (m3/ha)	HH Azul (m3/ha)	HH total (m3/ha)
Junín	0.83	9,095.00	282.00	9,377.00
San Martín	0.92	6,492.00	127.00	6,619.00
Cajamarca	0.96	5,148.76	4,704.29	9,853.05
Amazonas	0.75	4,885.11	2,068.24	6,953.35
Cuzco	0.63	4,927.00	4,601.00	9,528.00
Pasco	0.92	8,152.00	31.00	8,183.00
Puno	0.68	4,298.00	3,410.00	7,708.00