



**CampeSENA**  
¡Una Esperanza Devida!

# MEDICIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA

DIRECCIÓN DE FORMACIÓN PROFESIONAL



# MEDICIÓN

## DE LA HUELLA HÍDRICA

Se desarrollan temáticas relacionadas con el agua, que es un recurso vital para la vida y fundamental para el desarrollo de la humanidad.

## **DESARROLLO DE CONTENIDOS**

Saludo del Director	<b>04</b>
Introducción	<b>10</b>
<b>1. El agua</b>	<b>12</b>
1.1 Ciclo hidrológico, usos y calidad	
1.2 Normatividad ambiental	
<b>2. La huella hídrica</b>	<b>21</b>
2.1 Evolución del concepto	
2.2 Tipos de huella	
<b>3. Metodología para el cálculo de la huella hídrica</b>	<b>27</b>
3.1 Water Footprint Network (WFT)	
3.2 Norma ISO 14046:2014	
<b>4. Estudios relacionados con la huella hídrica</b>	<b>35</b>
<b>5. Estudio nacional del agua</b>	<b>43</b>
<b>6. Cuantificación de la huella hídrica</b>	<b>48</b>
6.1 Huella hídrica del sector productivo	
6.2 Huella hídrica de una etapa del proceso	
6.3 Huella hídrica de un producto	
6.4 Huella hídrica de un consumidor o grupo de consumidores	
6.5 Huella hídrica de un área geográfica	
<b>7. Análisis de sostenibilidad de la huella hídrica</b>	<b>65</b>
<b>8. Medidas para reducir y mitigar la huella hídrica</b>	<b>67</b>
Glosario	<b>72</b>
Referencias bibliográficas	<b>74</b>
Créditos	<b>76</b>
Bitácora de actividades	<b>78</b>



**CampeSENA**  
¡Una Esperanza Devida!

## **PALABRAS DE BIENVENIDA DEL DIRECTOR**

Actualmente, la humanidad enfrenta grandes desafíos y dilemas: ¿el desarrollo o la conservación de la naturaleza? ¿El mercado por encima del estado? ¿La financiarización de la democracia? Pero de todos ellos, hay uno de especial interés para los propósitos de nuestra institución: ¿quién alimenta a las y los colombianos y cómo podemos ponernos a su servicio? Hay múltiples respuestas válidas para el contexto que se proponga.

Por ejemplo, la llamada revolución verde prometió alimentar a la humanidad, pero en realidad terminó por fortalecer a unas pocas empresas que desarrollaron tecnología para, entre otras cosas, producir semillas manipuladas genéticamente. No erradicó el hambre. Lo que hizo fue globalizar la alimentación a través de la agricultura extensiva y el monopolio del mercado, con sus respectivas consecuencias ambientales y climáticas. En contraste, la economía campesina ha conservado sus tradiciones, cultivando en pequeños predios con variedad, biodiversidad, luchando por las semillas nativas, por su territorialidad, por la protección y uso sostenible de los ecosistemas, y por su cultura y percepción de la riqueza. Son alrededor de 1.600.000 familias dueñas de pequeños predios, que generan empleo, dinamizan la economía y contribuyen a la conservación del ambiente.

Desde mi perspectiva, la economía campesina alimenta a Colombia. Por ello, la estrategia CampeSENA busca reivindicar y exaltar el papel de campesinas y campesinos a nivel nacional.

Los esfuerzos políticos, económicos, sociales, culturales y educativos que ha hecho el gobierno del presidente Gustavo Petro para llevar a cabo la reforma agraria son evidentes. En la historia del país, la entrega de tierras y el posicionamiento del tema campesino no habían tenido tanta relevancia en el imaginario colectivo y en la agenda nacional como en este momento. Fue este Gobierno el que enfiló todos sus esfuerzos para reconocer a nivel constitucional al campesinado como sujeto de especial protección constitucional y también fue el que se comprometió a implementar la Declaración de Naciones Unidas sobre Derechos del Campesinado.

Nuestra principal obsesión, en línea con las apuestas del Gobierno Nacional, es que la economía campesina, que provee alrededor del 74 % de los alimentos que consumimos en Colombia, tenga un acceso de calidad y pertinencia al conocimiento. Por eso, hemos flexibilizado la formación; hoy cualquier campesina o campesino, sin ningún grado de escolaridad, puede acceder a nuestra oferta educativa técnica o complementaria. Además, previa certificación de competencias, pueden ser instructoras o instructores del SENA. El Fondo Emprender también se ha rediseñado para que las asociaciones campesinas puedan acceder a sus recursos de manera prioritaria y sin las barreras de acceso que podían venirse presentando.

Toda nuestra institución se ha volcado al campo. "El SENA vuelve al campo" es el mantra que hemos adoptado y por el cual trabajamos sin pausa ni reposo por el campesinado colombiano. Esta cartilla que sostiene en sus manos, es muestra de nuestra preocupación por la formación de este sector, es la materialización de nuestro compromiso por la justicia social, ambiental y económica, y, estamos seguros, de que será una herramienta para los diferentes propósitos educativos y formativos que llevaremos al campo.

Emisoras, formadoras y formadores, recursos y mucho amor y cariño por el sector campesino son los instrumentos que hacen realidad el *slogan*: ¡O trabajamos juntos, o nos cuelgan por separado!

¡Mucho fundamento!

**Jorge Eduardo Londoño Ulloa**

Director General del SENA

Gobierno del Cambio



# CAMPESENA RADIAL

## CERRANDO BRECHAS, EMPODERANDO AL CAMPO COLOMBIANO

### ¿Qué es CampeSENA?

Es una estrategia del SENA para promover el reconocimiento de la labor del campesinado colombiano, fortalecer su economía y facilitar el acceso de esta población a los diferentes programas y servicios del SENA, con justicia social, ambiental y económica.

### ¿Para qué sirve?

Con esta estrategia, el SENA busca propiciar el reconocimiento del campesinado en la vida social, cultural y económica del país, con líneas de acción transversales para atender a esta población y generar capacidades para la articulación y consolidación de modelos asociativos campesinos.

Para fortalecer las capacidades, conocimientos y habilidades de la población campesina, y abrirle la puerta a nuevas opciones que le permitan incrementar sus ingresos y mejorar su calidad de vida.





### ¿Qué es CampeSENA Radial?

CampeSENA Radial nace desde nuestro campo colombiano, como una iniciativa que busca contribuir con la formación técnica a través de experiencias auditivas accesibles para los campesinos y campesinas del país, aprovechando el poder de la radio y los *podcasts* como medio para llevar el conocimiento y oportunidades a cada rincón del territorio nacional.



Mediante la narración de historias y la simulación de situaciones reales del campo colombiano, se transmiten conceptos clave, experiencias, buenas prácticas y procesos esenciales para el progreso y la sostenibilidad de nuestras fincas.



Uno de los pilares de la estrategia, es brindar a los campesinos del país una formación complementaria integral, pues CampeSENA Radial no solo se enfoca en mejorar sus técnicas agrícolas y que alcancen resultados más fructíferos en sus cultivos, sino que también fomenta la creatividad, facilita el aprendizaje sensorial y garantiza una experiencia educativa dinámica y efectiva. De este modo, los aprendices, experimentan una mejor retención de información y un desarrollo de sus habilidades cognitivas como la concentración, la memoria y el pensamiento crítico.

## PILARES DE CAMPESENA RADIAL

A través de la estrategia CampeSENA Radial, se busca empoderar a los campesinos y campesinas de nuestro país, convirtiéndolos en agentes activos de su propio desarrollo y del progreso del sector rural, al garantizar el acceso equitativo del conocimiento y oportunidades de aprendizaje, así, se fortalece la economía rural y se reduce la brecha digital en el campo, impulsando la productividad, la competitividad y la generación de recursos en las comunidades agrícolas. De igual manera, esta propuesta promueve la sostenibilidad ambiental, incentivando prácticas agrícolas amigables con el medio ambiente y la conservación de los recursos naturales.

Por tanto, para estimular el aprendizaje, la estrategia cuenta con diferentes materiales y recursos que buscan una participación activa de la comunidad campesina como:



### **Narraciones cautivadoras y personificaciones:**

Los conceptos se presentan a través de historias y situaciones cotidianas del campo, conectando con la realidad de los agricultores y facilitando la comprensión.



### **Efectos de sonido y música ambiental:**

se recrean ambientes rurales para crear una experiencia auditiva inmersiva y atractiva, manteniendo la atención y motivación de los participantes.



### **Encuentros presenciales de interacción:**

se fomentan espacios presenciales para que los campesinos intercambien ideas, compartan experiencias y se apoyen mutuamente en su proceso de aprendizaje.





### Material de apoyo:

son las cartillas digitales e impresas en las que se encuentra el contenido técnico para fortalecer las competencias de cada programa de formación.



### Programas de radio:

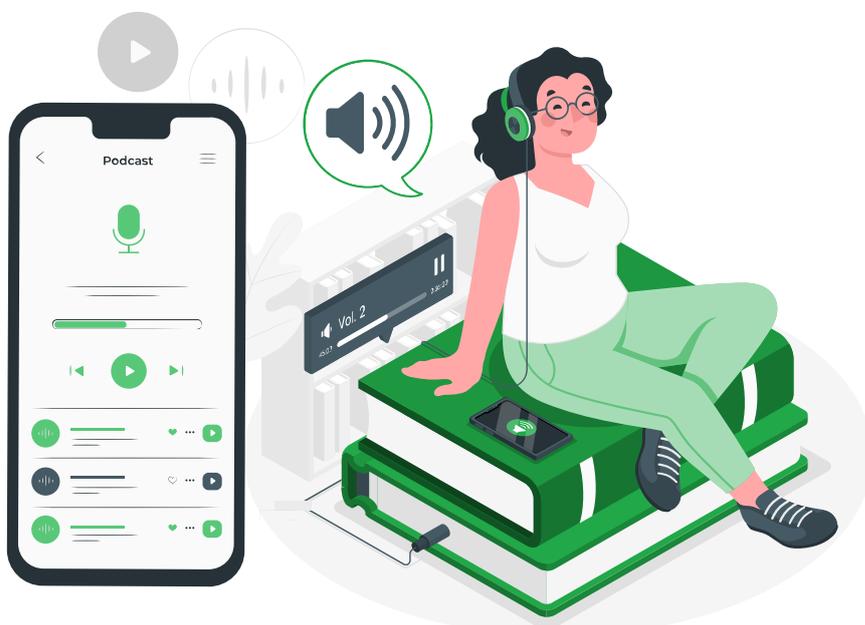
Una parrilla de programas radiales que se transmitirán a través de diferentes emisoras de todo el país, donde los aprendices podrán escuchar las experiencias y el contenido diseñado para apoyar el proceso formativo.



### Aplicación móvil:

Una aplicación que contiene *podcasts*, cartilla digital, glosario y actividad interactiva, permitiendo que el aprendiz consulte el material sin necesidad de tener acceso a internet.

CampeSENA Radial es una apuesta por el futuro del campo colombiano, donde la educación se convierte en la herramienta fundamental para el progreso y la transformación social.



# INTRODUCCIÓN

## LA HUELLA HÍDRICA

Se da la bienvenida al componente formativo denominado “La huella hídrica”, el cual hace parte del programa de formación complementaria “Medición de la huella hídrica”.

Se desarrollan temáticas relacionadas con el agua, que es un recurso vital para la vida y fundamental para el desarrollo de la humanidad.

Debido a la intervención del hombre, el estilo de vida, los productos que consume, y la forma de producción, este recurso está siendo malgastado y contaminado, haciendo que sea necesario cuantificar

la huella hídrica, que se define como: determinar el volumen real del agua empleada para la producción de bienes y la prestación de servicios.

Es por eso que la adecuada apropiación y desarrollo de las actividades planteadas en este componente formativo, permitirán conocer el ciclo del agua, las diversas metodologías existentes para la cuantificación de la huella hídrica y los diferentes estudios que se han realizado, tanto a nivel nacional como internacional, sobre la cuantificación de la huella hídrica.

## EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA HUELLA HÍDRICA

Le damos la bienvenida al componente formativo denominado “Evaluación y análisis de la huella hídrica”, el cual, hace parte del programa de formación complementaria “Medición de la huella hídrica”.

Se desarrollan temáticas como el estudio nacional de agua, realizado por el Instituto de Hidrología,

Meteorología y Estudios de Metales IDEAM, en el cual se reporta, de forma periódica, la situación actual y la situación futura del reporte hídrico, referente a su oferta, demanda, cantidad, calidad, distribución y riesgos hidrológicos.

También se describen procedimientos y fórmulas requeridas para la cuantificación de la huella hídrica de un producto, una etapa de un proceso, un consumidor o un grupo de consumidores, una zona geográfica específica y un sector productivo, específicamente el sector agropecuario, que es uno de los que presenta mayor consumo de agua a nivel mundial.

La cuantificación no solo debe ser numérica; es por esta razón, que se detalla el análisis de sostenibilidad, el cual permite identificar los puntos críticos y los impactos primarios y secundarios, de las huellas hídricas.

Además, también se especifica sobre cuáles son las medidas que se pueden aplicar para reducir la huella hídrica y compensar y mitigar, los impactos negativos, generados por esta.

Se expone, de forma detallada, el proceso de cuantificación, evaluación y análisis, de la huella hídrica.



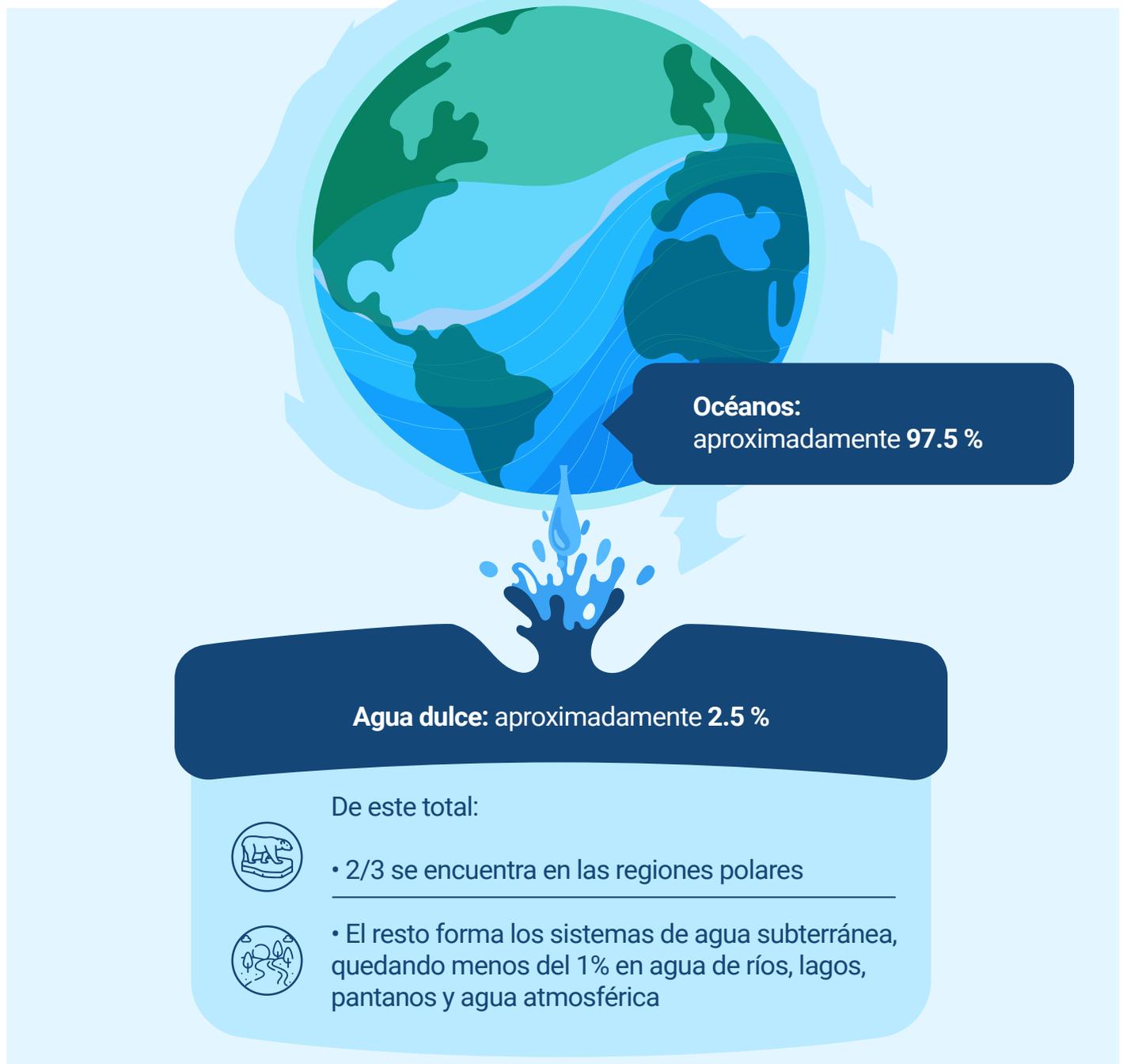


# 1

## EL AGUA

El agua es la fuente y el motor indispensable de vida en el planeta; esta cubre aproximadamente el 75% de su superficie, la gran mayoría de esta agua es salada y pertenece a los mares y océanos; tan solo el 2,5% es agua dulce, de la cual proviene el 80% de las regiones polares, el 19% de agua subterránea y tan solo el 1% de agua de superficie accesible, la cual según Cirelli, A. F. (2012), se encuentra principalmente en lagos (52%), humedales (38%) y ríos y vapor atmosféricos (10%).

### Distribución del agua



Nota. Tomado de Mazari-Hiriart, M. (2003).



En el caso específico de Colombia, el país cuenta con un patrimonio hídrico importante entre humedales, ríos, lagunas, lagos, ciénagas, arrecifes, y estuarios, etc., siendo uno de los países con mayor oferta hídrica natural, lo que hace que sea catalogado como potencia hídrica mundial como lo indica la principal organización de conservación de la naturaleza a nivel global, WWF.

Pero esta riqueza hídrica, principalmente por la acción irresponsable y desmesurada del hombre en búsqueda del desarrollo, viene siendo afectada y contaminada, presentando alteraciones físicas, químicas y biológicas que generan una modificación

en su composición, perdiendo sus características naturales y variaciones en el ciclo natural del agua, el cual es denominado ciclo hidrológico que permite identificar la ubicación, distribución y circulación del agua en el planeta.

Por tanto, es primordial para conservar la vida, ya que los seres humanos son dependientes de este líquido vital, realizar uso sostenible, una adecuada gestión del recurso hídrico, donde haya una verdadera conciencia sobre los efectos e impactos negativos que se generan sobre el agua por el estilo de vida los productos que se consumen y las formas de producción actual.

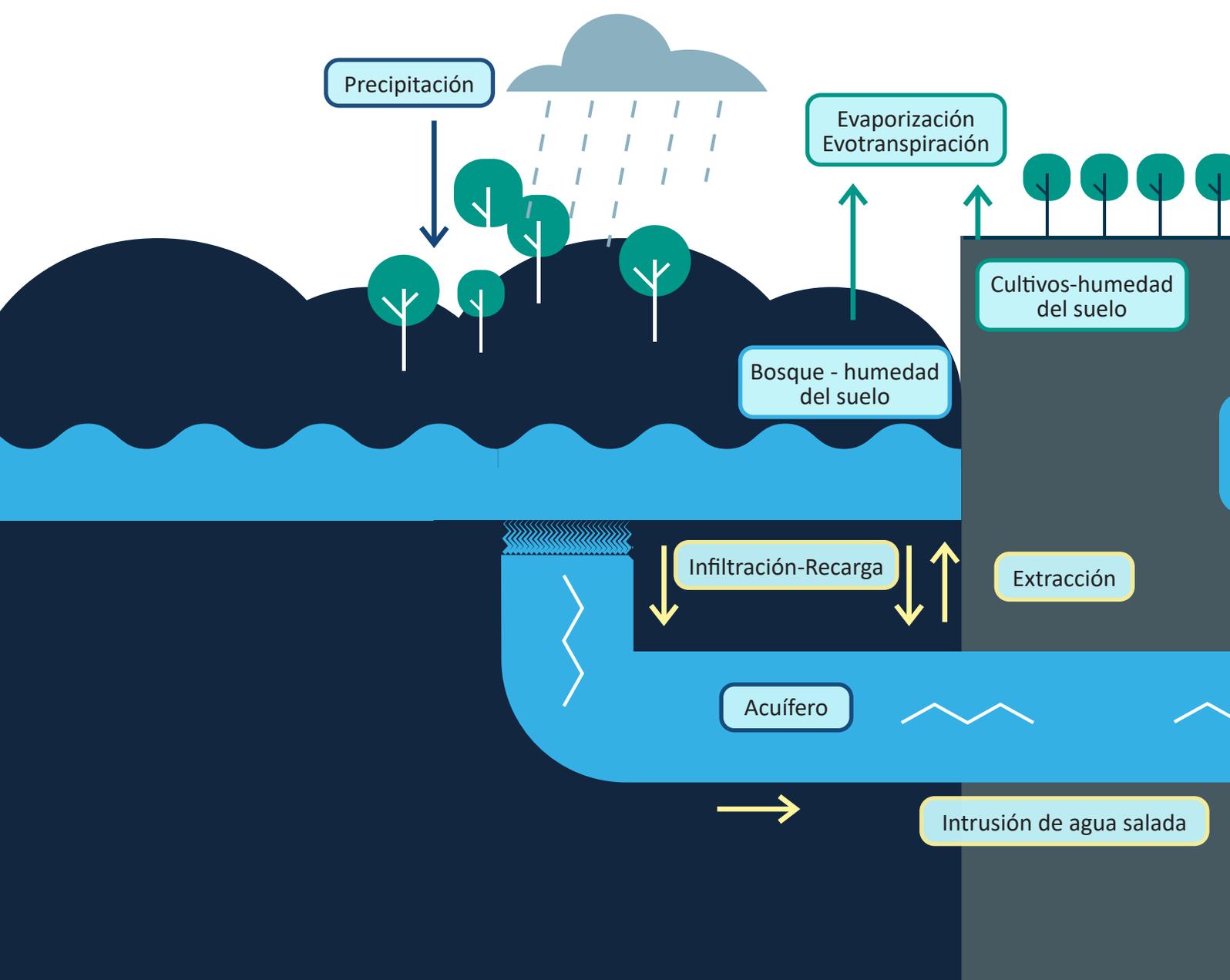


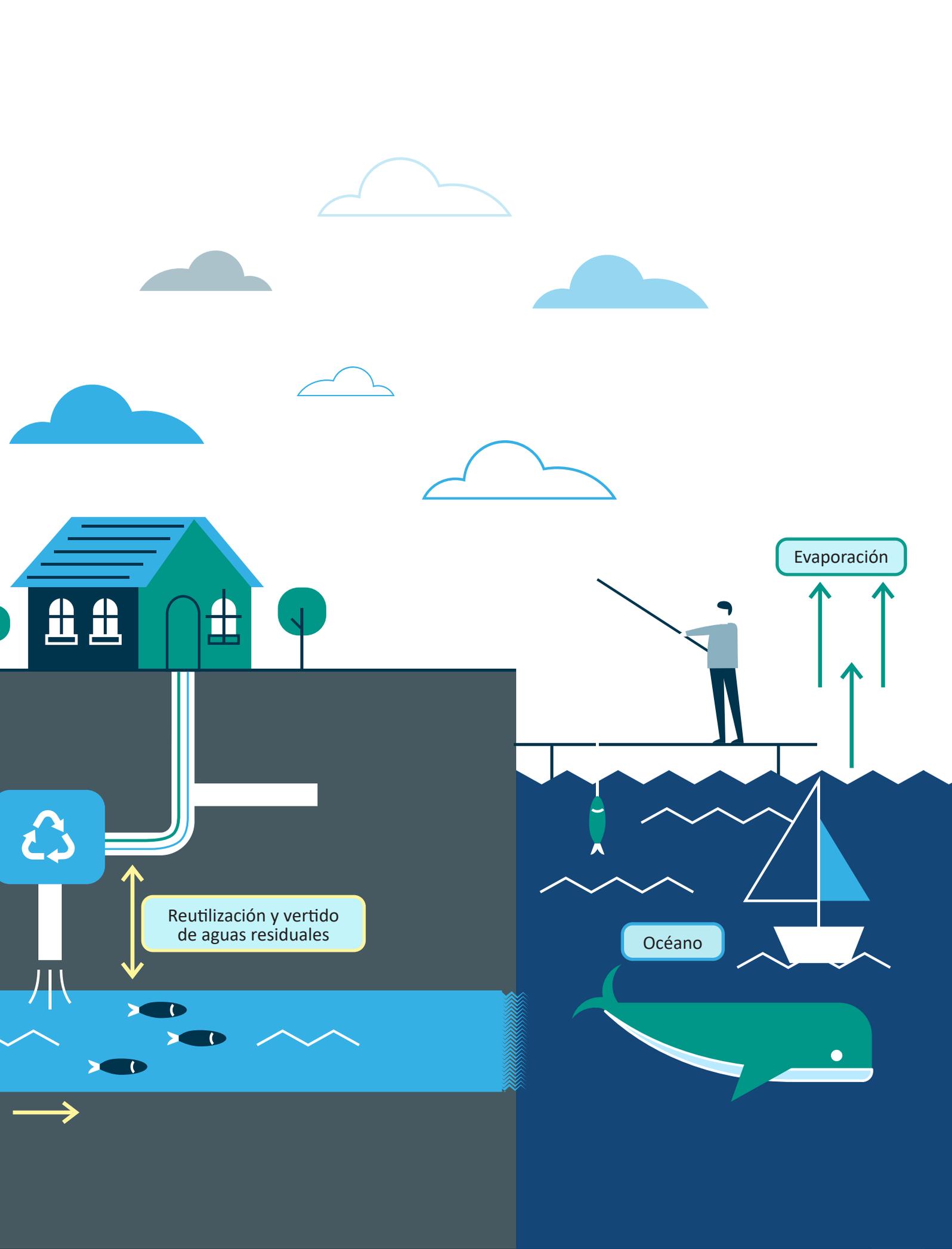
## 1.1 CICLO HIDROLÓGICO, USOS Y CALIDAD

El agua es un recurso finito, que además de ser esencial para la vida, es fundamental para el desarrollo de las sociedades; este líquido vital tiene gran variedad de usos tanto naturales (mantenimiento de ríos, plantas, ecosistemas, transporte de sedimentos, etc.) como antrópicos (aprovisionamiento, industria, agricultura, ganadería, recreación, domésticos, minería, energía, etc.), los cuales son necesarios identificar y conocer, para así lograr hacer un uso sustentable de este líquido vital, donde se conozca y tenga en cuenta todas y cada una de las fases del ciclo hidrológico.

El agua está en continuo movimiento y circulación, cambia de un estado (líquido, sólido y gaseoso) pero no disminuye ni aumenta su cantidad; de forma continua se encuentra transitando entre los diversos depósitos existentes en la atmósfera, lo que ocasiona que su funcionamiento se da a través de un ciclo denominado ciclo hidrológico, el cual es un proceso que incluye las precipitaciones, evaporación, escorrentía e infiltración.

Figura 1. Componentes de la huella hídrica





A pesar de que la cantidad de agua existente es constante, la distribución en el tiempo varía y aumenta el deterioro en la calidad del producto, debido al crecimiento demográfico e industrial y de las actividades que se desarrollan, se hace indispensable conocer la relación directa que hay entre el uso del agua y los ecosistemas que la proporcionan, para así lograr que el agua dulce sea eficientemente distribuida y utilizada, preservando las fuentes naturales o lugares de captación y realizando los tratamientos requeridos para la eliminación de aguas contaminadas y desechos.



El agua es usada para gran cantidad de finalidades, pero en diversas partes del mundo existe un déficit hídrico debido a que el requerimiento de agua es mayor a la oferta hídrica existente, lo que hace que la cuantificación de la huella hídrica tenga gran relevancia y ayude a conservar la disponibilidad del recurso hídrico, ya que de acuerdo a Cirelli, A. F. (2012), el sector económico que mayor demanda de agua requiere es la agricultura, le sigue la creciente demanda para el turismo y finalmente el uso urbano e industrial, lo cual evidencia que la necesidad de acceso a este líquido vital aumenta cada día y a la vez es menos disponible.



Además de la disponibilidad, otro factor a tener en cuenta es la calidad del agua, la cual tiene efectos directos en la salud, pues es diferente el agua empleada en la agricultura (cultivos, riegos) que la del consumo humano, siendo una premisa no emplear agua de calidad superior a la requerida; por tanto, para lograr determinar la alteración del agua se hace necesario verificar la cantidad y concentración de sustancias (suspendidas o disueltas) y de microorganismos.

## 1.2 NORMATIVIDAD AMBIENTAL

A nivel internacional se han desarrollado políticas y objetivos de desarrollo sostenible, para lograr garantizar la disponibilidad y sostenibilidad de los recursos hídricos, mediante el uso eficiente del agua, las cuales han sido adoptadas por organizaciones como las Naciones Unidas (ONU) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE).

**Tabla 1.** *Tabla de normativa ambiental*

NORMATIVIDAD	
Decreto - ley 2811 de 1974	Código nacional de recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente.
Decreto 1449 de 1977 Decreto 1541 de 1978	Reiteran estos lineamientos del decreto 2811 de 1974.
Decreto 1594 de 1984	Usos del agua y residuos líquidos. Establece los parámetros para los diversos tratamientos de aguas de acuerdo con su uso y disposición.
Ley 373 de 1997	Establece el programa para el uso eficiente y ahorro de agua.
Decreto 475 de 1998	Normas técnicas de calidad del agua potable.
Guía de ahorro y uso eficiente del agua 2002	Guía de ahorro y uso eficiente del agua, la cual incluyó estrategias para el ahorro y uso eficiente del agua.

## NORMATIVIDAD

Decreto 3440 de 2004	Tazas retributivas por vertimientos.
Decreto 155 de 2004	Sobretasas por utilización de agua.
Decreto 1433 de 2004	Reglamenta planes de saneamiento y manejo de vertimientos.
Decreto 4742 de 2005	Modifica el decreto 155 de 2004. Sobretasas por utilización de agua.
Decreto 1480 de 2007	Prioriza a nivel nacional el ordenamiento e intervención de cuentas hidrográficas.
Decreto 1323 de 2007	Creación de sistemas de información del recurso hídrico.
Decreto 1324 de 2007	Creación del registro de Usuarios del Recurso Hídrico.
Decreto 3930 de 2010	Disposiciones relacionadas con los usos del recurso hídrico y los vertimientos del recurso hídrico, al suelo y alcantarillados.
Política Nacional de Gestión Integral de Recursos Hídricos (2010)	Instrumento orientador de la gestión integral del agua, que cuenta con un horizonte de 12 años que contiene la formulación de los objetivos y estrategias del país para el recurso eficiente del agua, como también el manejo de recursos por parte de todos los sectores, considerando la concertación de los aspectos sociales, económicos y ambientales.  Se implementará a través del Plan Hídrico Nacional, mediante sus líneas de acción estratégicas, con programas y proyectos específicos a implementar en el corto plazo (2014), medio plazo (2018) y largo plazo (2022).
Decreto 2667 de 2012	Reglamenta la tasa retribuida por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones.
Resolución 0631 de 2015	Por la cual se establecen los parámetros y los valores máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpo de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.
Decreto 1076 de 2015	Decreto único reglamentario del sector ambiente y desarrollo sostenible.

*Tomada de la normatividad del Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible.*



En Colombia existe gran cantidad de normatividad ambiental y políticas públicas para la gestión, uso eficiente y ahorro del agua (ver Tabla de normatividad Ambiental), siendo el Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible la institución encargada de la gestión del medio ambiente y de los recursos naturales, este organismo rector formula las políticas y la reglamentación entorno al recurso hídrico y tiene adscrito otras entidades de apoyo técnico y científico que se encargan del ordenamiento, manejo y uso del agua, como el Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) o corporaciones autónomas regionales; pero de manera específica en el país no existe normatividad específica de la huella hídrica, estas entidades lo que han adelantado son evaluaciones multisectoriales de la huella hídrica en Colombia.



# Actividad 1

¡Saludos! En esta actividad, tu misión es conectar cada función descrita como dueño de una finca, es importante que comprendas el recurso hídrico del agua. Esto te permitirá tomar mejores decisiones y optimizar tus recursos. Una vez completes las preguntas revisa las respuestas y reflexiona.

1

Colombia es una potencia hídrica mundial debido a su valioso patrimonio hídrico que incluye...

A

1%

2

Área de agua salada que cubre la mayor parte de la superficie de la Tierra.

B

Humedales, ríos y lagunas

3

Acción irresponsable del ser humano que altera y contamina el agua, afectando su composición natural y el ciclo hidrológico.

C

Océanos

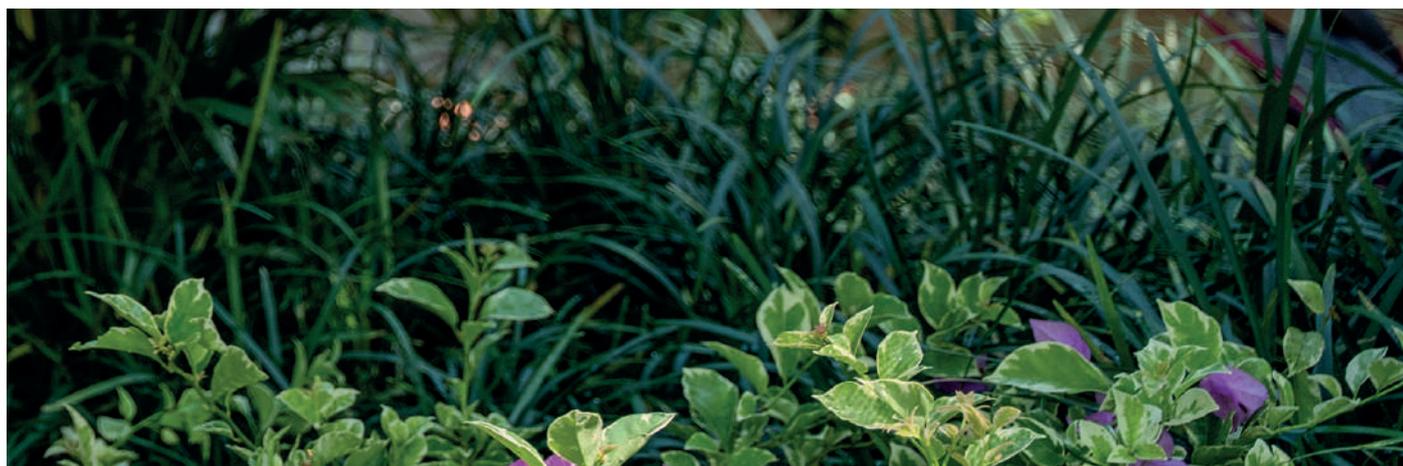
4

Porcentaje del agua dulce que se encuentra en las regiones polares.

D

Contaminación

Respuestas: 1A/2C/3D/4A





## 2

# LA HUELLA HÍDRICA

La crisis que existe a nivel mundial sobre el agua, generada por el incremento de la demanda, la contaminación y en general la actividad antrópica, conlleva reconocer la verdadera importancia de este líquido fundamental para la existencia de la vida y la necesidad de mejorar la gestión y alcanzar el desarrollo sostenible de este recurso natural; lo que aumenta el interés de desarrollar y aplicar metodologías o indicadores de sostenibilidad que permitan determinar y cuantificar la cantidad de agua que se consume y los impactos que se derivan.

La huella hídrica tiene por objetivo dar cuenta del uso del agua y su contaminación con relación al consumo de las personas. Además, la huella hídrica se toma como indicador de consumo y contaminación con fines productivos, porque permite saber el volumen de agua directa e indirecta usada y contaminada que

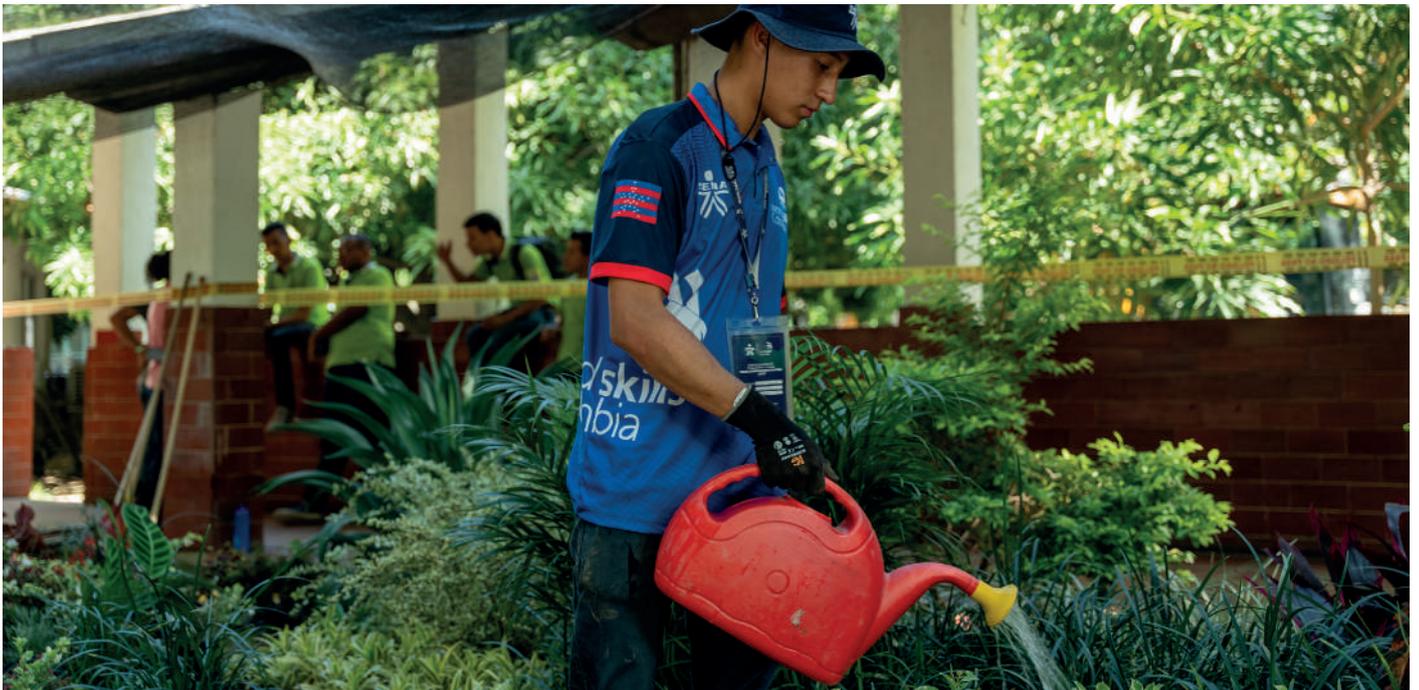
se emplea al interior de una organización, ya sea para producir bienes u ofrecer servicios.

La huella hídrica tiene en cuenta para su cálculo el ciclo de vida y el agua utilizada de los ríos, lagos y acuíferos (aguas superficiales y subterráneas) para la agricultura, la industria y el uso doméstico, así como el agua de lluvia utilizada para los cultivos (Schneider y Samaniego, 2009). Además, según información del Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF por sus siglas en inglés), se contempla también el consumo doméstico y la importancia del agua virtual del país (WWF citado por Schneider y Samaniego, 2009).

La huella hídrica es una de las herramientas que ayuda a detectar los impactos y evaluar los riesgos asociados al uso del agua y hábitos de consumo.



Por tanto, teniendo en cuenta los riesgos, se deben desarrollar estrategias que permitan mitigarlos y quedarse solamente con la cuantificación o con determinar la cantidad de agua consumida y contaminada, sino que se debe realizar de manera permanente la evaluación de impactos y priorización de medidas y acciones para minimizarlos.



## 2.1 EVOLUCIÓN DEL CONCEPTO

El concepto de huella hídrica ha evolucionado con el pasar del tiempo; este término surgió en el año 2002 por Arjen Hoekstra quien es considerado el padre de esta denominación, pero tiene raíces desde el año 1992, a partir del nombre de huella ecológica o también como huella medioambiental, acuñado por William Rees y Mathis Wackernagel. A continuación, se presentan los cambios nominales y las relaciones con el agua.

### Denominación: huella ecológica - William Rees y Mathis Wackernagel - año 1992

Es un indicador de sostenibilidad que permite medir el impacto ambiental de la sociedad sobre el entorno, mediante la estimación de los recursos naturales existentes y los requerimientos para satisfacer las necesidades de la población y la asimilación de los residuos producidos.

Se encarga de cuantificar la cantidad de superficie de terreno necesaria para producir lo que la población consume y absorber los desechos que se generan.

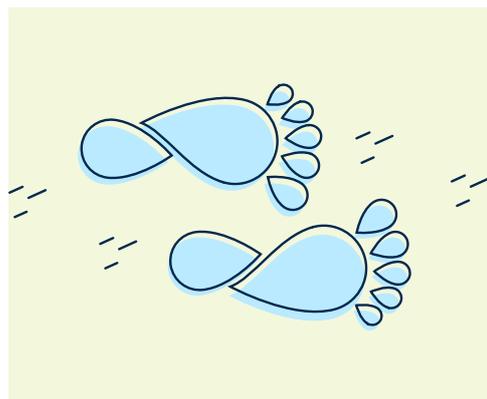


### Denominación: agua virtual - John Anthony Allan - año 1998

Este indicador hace referencia a la cantidad de agua requerida para la elaboración de un producto o servicio, midiendo los litros de agua utilizados durante el cultivo, el crecimiento, el procesamiento, la fabricación, el transporte y la venta del producto, porque no solo cuantifica el agua directa, sino que también la indirecta.

### Denominación: huella hídrica - Arjen Hoekstra - año 2002

Este concepto está ligado al de agua virtual, el cual tiene una aplicación más amplia porque no solo se refiere a la cuantificación del volumen de agua contenido en cada producto, sino que es un indicador de consumo y contaminación con fines productivos, es decir que permite conocer la cantidad de agua que aprovecha una persona, un grupo de consumidores, una región, país o toda la humanidad en su utilización diaria para producir comida, en procesos industriales, en generación de energía, etc. La huella hídrica se clasifica en azul, verde y gris.



### Denominación: huella de agua - ISO 14046. - Año: 2014

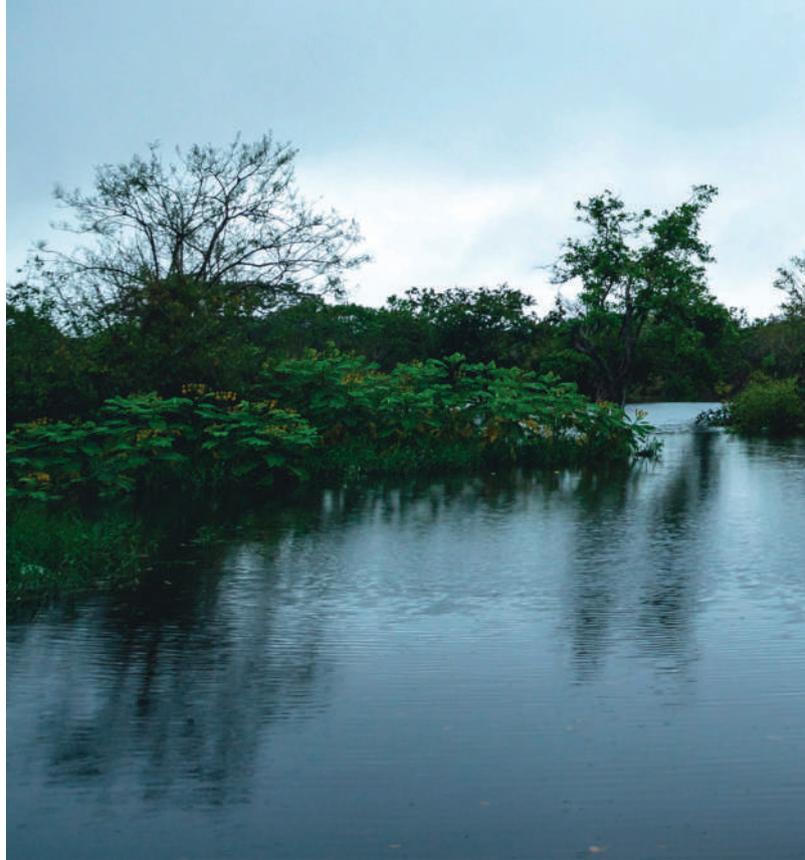
Hace referencia a la cuantificación de los impactos del uso y contaminación del agua que resultan del ciclo de vida, contando con un ámbito específico que se basa en el análisis del ciclo de vida de productos, procesos y organizaciones.

La huella de agua hace una evaluación de los posibles impactos medioambientales relacionados con dicho consumo, ya que es un enfoque de impacto ambiental.



## 2.2 TIPOS DE HUELLA

Con la evolución del concepto de huella hídrica a través del tiempo, también evolucionaron y se ampliaron los campos de aplicación, llegando a ser una herramienta adicional que complementa los mecanismos tradicionales y convencionales para la gestión integral del recurso hídrico. Pero, para lograr entender todo lo referente a la huella hídrica, se hace necesario conocer y entender conceptos básicos previos como agua azul, agua verde, agua gris y agua virtual, los cuales son fundamentales y sirven de base conceptual para los diferentes tipos de huellas hídricas existentes; además, son primordiales a la hora de emplear algunas metodologías para la cuantificación de la huella hídrica, debido a que la cuantificación de la huella hídrica es producto de la identificación y caracterización de procesos antrópicos que afectan el agua verde o el agua azul.



### Clasificación del agua y los tipos de huella hídrica

Todo lo que nosotros consumimos tiene un gasto de agua, bien sea producido por las fábricas, o por quien consume productos, porque la huella hídrica busca identificar cuántos litros de agua se han utilizado en la elaboración de productos, sean de uso o de consumo alimenticio. Un ejemplo de esto es el siguiente: conocer cuánta agua se ha utilizado en la elaboración de un Jean, comenzando por la siembra del algodón, el riego del cultivo, pasando por la fabricación y finalizando en las manos del cliente.



El agua azul, representa el recurso hídrico dulce proveniente de escorrentías, ríos, lagos y de las fuentes subterráneas o acuíferos.



El agua verde es aquella almacenada en el suelo de las vegetaciones, es decir, la que mantiene hidratados los cultivos, produciendo todo lo verde, incluidas las plantas.



El agua gris es aquella contaminada con sustancias o los desechos, generados por la actividad humana.





Es importante tener en cuenta que, en nuestro planeta Tierra, siempre ha existido la misma cantidad de agua y lo que ha cambiado es la potabilidad de la misma; es decir, que sea consumible o no, porque el agua, al contaminarse, pierde el beneficio del consumo y, por ende, se reduce el nivel de la cantidad de agua para su utilización en favor del ser humano.

Esta es la tarea principal de la huella hídrica: cuantificar y comparar la cantidad de agua azul y verde, en litros de agua que se usan para elaborar productos y alimentos de la vida cotidiana y, obviamente, cuánta ha sido descontaminada, en el mismo proceso.



La huella hídrica azul, busca cuantificar el agua consumida en el día a día de un individuo y en la producción de bienes y servicios, provenientes de ríos, cuencas, lagos o lagunas.

La huella hídrica verde, busca cuantificar el agua lluvia utilizada en el riego de cultivos y que no retorna a su cuenca de origen.

La huella hídrica gris, es el volumen de agua dulce que se requiere para diluir los contaminantes vertidos a un afluente, buscando cumplir con los estándares de calidad del agua.



La búsqueda del desarrollo y las diversas actividades del ser humano, han generado un alto nivel de contaminación, afectando significativamente el medio ambiente y la calidad del agua.

A esta situación, se le ha llamado huella hídrica.

Para controlar el impacto generado, se han diseñado diversos enfoques metodológicos que cuantifican la huella hídrica y la huella de agua: estos enfoques están basados en el ciclo de vida y son herramientas que buscan conocer el consumo de agua relacionado con diferentes tipos de análisis y las consecuencias de ese consumo y para ello se utilizan diferentes metodologías.

Cada metodología tiene distinto campo de aplicación y esto depende del objetivo del estudio que se quiera llevar a cabo y el fin que quiera darse a los resultados obtenidos; sin embargo, cada enfoque es complementario del otro y a pesar de sus diferencias, ambos son necesarios para la toma de decisiones sobre la sustentabilidad en el uso de los recursos hídricos que favorecen las necesidades humanas.

Son dos enfoques metodológicos que permiten cuantificar la huella hídrica son:



### Metodología de la Water Footprint Network (WFN)

Tiene en cuenta, la cantidad de agua necesaria (empleada directa e indirectamente) para producir un producto u ofrecer un servicio y asimilar los contaminantes que se generan, para lo que incluye el agua azul, agua verde y agua gris.



International  
Organization for  
Standardization

### Metodología ISO 14046

Se enfoca en el concepto de huella de agua y está basado en métricas que cuantifican los potenciales impactos medioambientales relacionados con la contaminación del agua durante el ciclo de vida de un producto.

### 3.1 WATER FOOTPRINT NETWORK (WFT)



De acuerdo con la metodología planteada por la “Water Footprint Network” (WTF), la huella hídrica es un indicador multidimensional que establece el volumen de consumo por origen, por contaminación y, además, está vinculada a una localización geográfica y a un periodo de tiempo determinado, es decir lugar – tiempo claro.

Según lo propuesto por Arjen Hoekstra (2002), la huella hídrica está compuesta por tres tipos de usos de agua, denominados huella azul, gris y verde, pero se les une el Agua Virtual; la cual como ya se ha mencionado, hace relación al agua que contiene la exportación e importación de productos y según (Allan, 1998 citado por Schneider, H., & Samaniego, J. 2009), el concepto fue introducido como una forma de solucionar los problemas de escasez a través de la importación del agua que contienen los productos, ya sean éstos agrícolas o industriales.

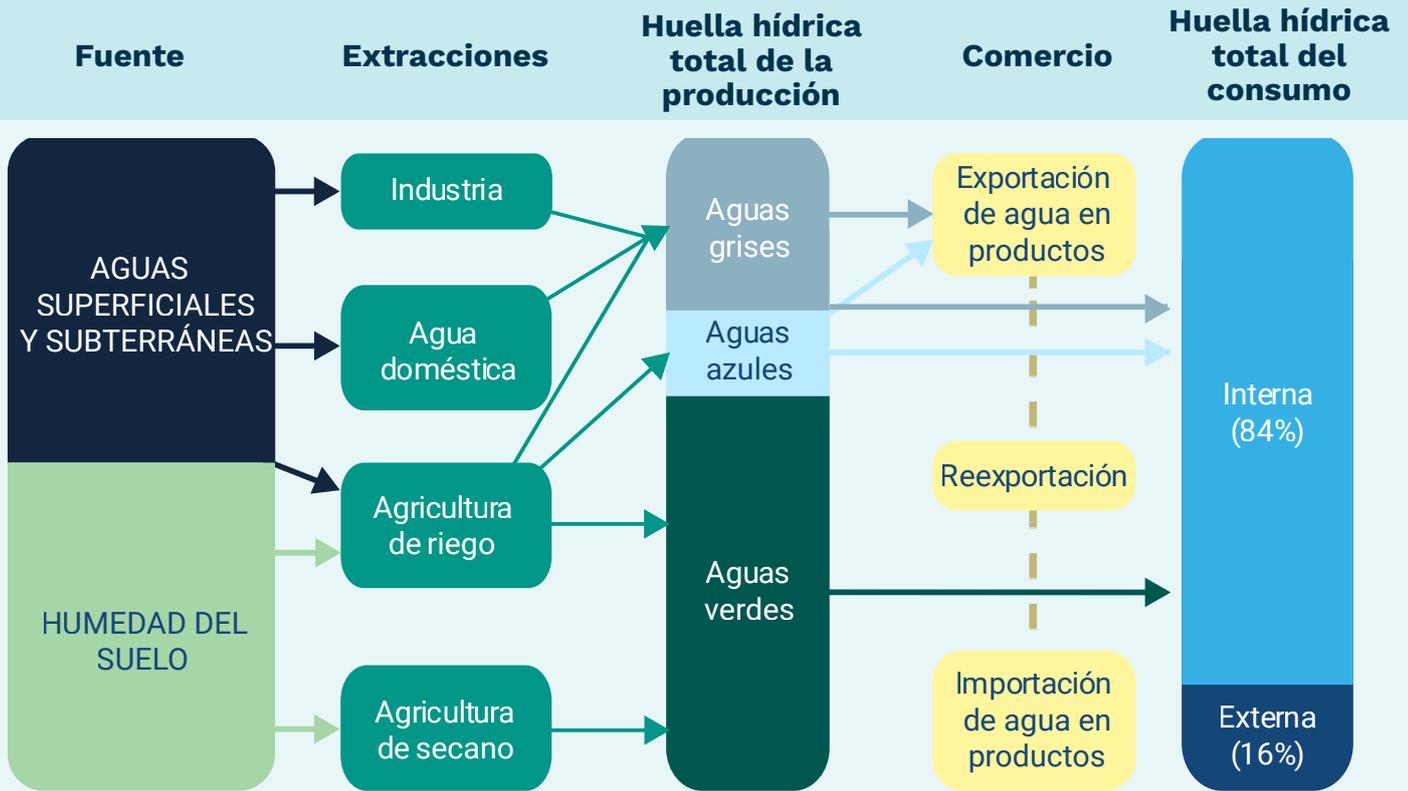
Siendo necesario para el cálculo total de la huella hídrica la identificación y caracterización de las huellas azul, verde y gris, lo que hace que sea un indicador diferente a la medida clásica de extracción de agua, ya que esta contempla estos componentes, como también no se limita al uso directo del agua, sino que incluye el uso indirecto.

En general, los componentes de la huella hídrica se muestran en la figura 4 y, de acuerdo con la metodología para la cuantificación de la huella hídrica propuesta por Water Footprint Network (WTF), está enfocada no solo a cuantificar el uso y contaminación directa o indirecta del agua de acuerdo al área de interés, es decir, la huella hídrica bajo esta metodología puede ser aplicada a gran variedad de casos:

- ▶ Sectores económicos.
- ▶ Organizaciones específicas.
- ▶ Empresa o sector empresarial.
- ▶ Procesos o grupo de procesos antrópicos.
- ▶ Etapa del proceso.
- ▶ Producto o servicio.
- ▶ Consumidor o grupo de consumidores.
- ▶ Nivel geográfico (municipio, provincia, nación, zona de captación o cuenca hidrográfica).



Figura 2. Componentes de la huella hídrica



Es importante tener en cuenta que esta metodología no se queda solo con calcular un volumen de agua, sino que también analiza y establece estrategias para lograr la sostenibilidad del recurso hídrico. Para lograrlo, el proceso de evaluación de la huella hídrica se desarrolla en 4 fases:

- 01**



**Fase I:** definición del alcance.

La primera fase, es primordial y clave, y consiste en definir los objetivos y el alcance del estudio de la evaluación de la huella hídrica, es decir, se debe determinar el área o sector de interés que se va a evaluar, la resolución temporal, la escala espacial y las fases que va a incluir (un estudio no obligatoriamente debe contener las 4 fases).
- 02**



**Fase II:** cuantificación.

En la segunda fase se toma en cuenta lo que se requiere recolectar en la huella hídrica, la información y datos necesarios para realizar la cuantificación.
- 03**



**Fase III:** evaluación de sostenibilidad.

La tercera fase es la evaluación o análisis de la sostenibilidad desde el ámbito social, económico y ambiental y, por último en la fase cuarta se proponen respuestas, estrategias y políticas requeridas.
- 04**



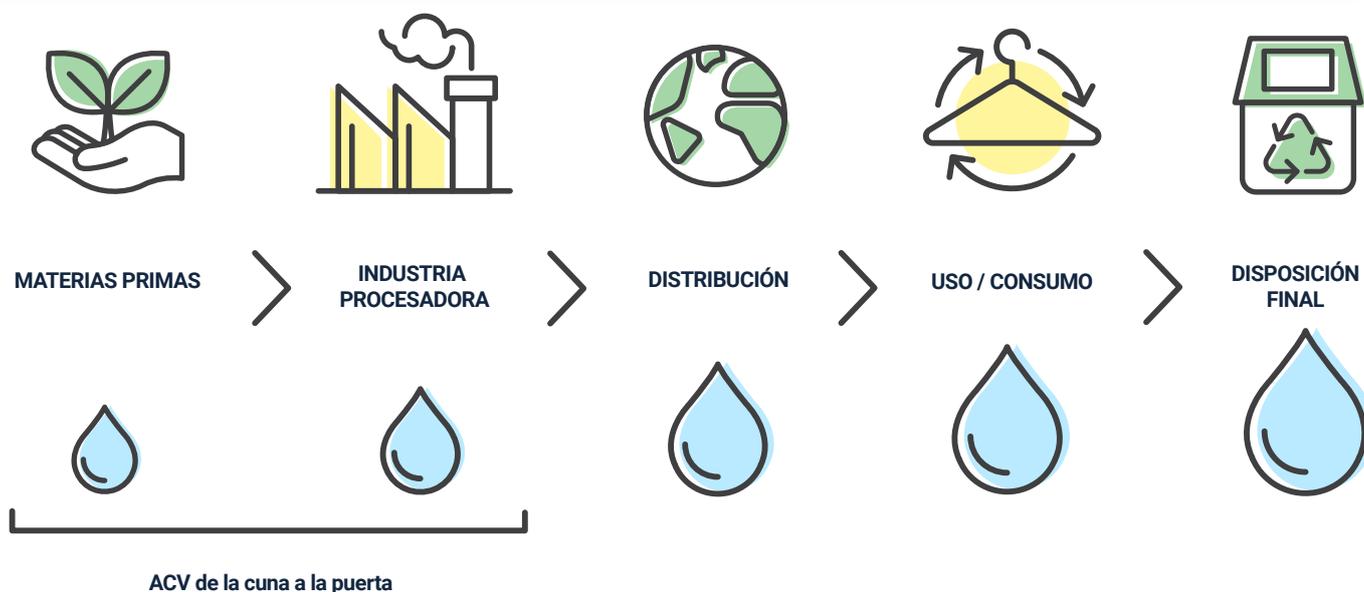
**Fase IV:** formulación de respuesta.

### 3.2 NORMA ISO 14046:2014

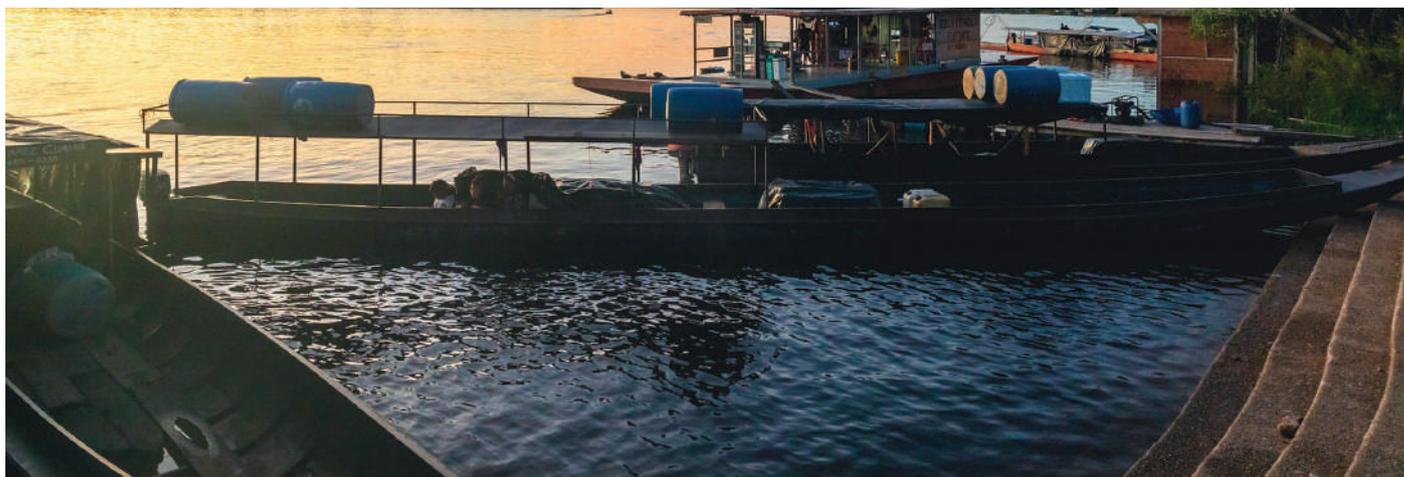
La Norma ISO 14046 específicamente no habla de huella hídrica sino el término empleado es “huella de agua” y la define como la métrica o métricas con las que se cuantifican los impactos ambientales potenciales relacionados con el agua (ISO 14046:2014); se busca evaluar el impacto que se genera a este recurso vital, basado en un factor principal que es el ciclo de vida, con el objetivo de cuantificar la huella y así lograr plantear medidas para mitigarla, mediante estrategias de sostenibilidad social, económica y ambiental enfocadas al recurso hídrico.

Por tanto, el ciclo de vida fundamental permite determinar y evaluar los impactos ocasionados por el hombre al medio ambiente, los ecosistemas y los recursos; pero, es importante resaltar que la huella hídrica total es la suma de las huellas directas e indirectas, porque cada etapa del ciclo de vida cuenta con una huella hídrica directa e indirecta, es decir, se debe considerar en cada etapa y cadena de valor los usos tanto directos como los indirectos de agua. Además, el ciclo de vida puede realizarse para las organizaciones, los procesos, los productos o los servicios, de forma global y puede ser delimitado o por fases.

#### ENFOQUE DEL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA EN EL CÁLCULO DE LA HUELLA HÍDRICA:



De acuerdo a la norma ISO 14046:2014, la metodología planteada para evaluar la huella de agua se basa en las etapas de objetivos y alcance, análisis de inventario y evaluación de impactos. Pero también, se debe tener en cuenta para cada una de las etapas el avance e interpretación de los resultados de acuerdo a los objetivos establecidos, lo cual permite establecer si es necesario realizar algún ajuste o modificación.



**Figura 3. Etapas para el cálculo de la huella de agua**



En conclusión, las características principales y la finalidad de la evaluación de la huella de agua, de acuerdo con la metodología descrita por la norma ISO 14046:2014, se puede observar a continuación:



### Características

- ▶ Se basa en el análisis del ciclo de vida.
- ▶ Huellas del agua de diferentes etapas del ciclo de vida, pueden sumarse para representar el resultado de la huella de agua.
- ▶ Incluye dimensiones geográficas y temporales pertinentes.
- ▶ Identifica el o los impactos ambientales potenciales relacionados con el agua.
- ▶ Identifica la cantidad de consumo de agua y los cambios en la calidad.
- ▶ Utiliza conocimientos de hidrología.



### Finalidad

- ▶ Evaluar la magnitud de impactos ambientales relacionados con el agua.
- ▶ Gestión estratégica del riesgo relacionada con el agua.
- ▶ Facilitar la eficiencia del agua y la optimización de la gestión del agua.
- ▶ Proporcionar información coherente confiable para dar informe de los resultados de la huella de agua.

Adicionalmente a estas dos metodologías, existen diversas herramientas informáticas que ayudan al cálculo de la huella hídrica, mediante “software” como Extended Calculator, Zerofootprint, Air.e (desarrollado por la compañía Solid Forest), Siampro, GaBi, Open LCA, TEAM, UMBERTO, los cuales, en algunos casos, realizan los cálculos basados en aproximaciones específicas para determinados países y también son empleados para algunos análisis que no son específicos (individual o a nivel de nación, si no toman aspectos intermedios).



# Actividad

# 2

Esta actividad de completar palabras se basa en la comprensión que tienes sobre la huella hídrica y su cálculo para manejar una finca de manera eficiente y rentable. Cada afirmación presenta un espacio en blanco que debe ser llenado con la palabra o frase correcta de los tipos de huella, indicadores y calidad del agua utilizados en la agricultura.

1. La \_\_\_\_\_ es el rastro que dejamos al usar y afectar el agua en nuestras actividades agrícolas.

2. \_\_\_\_\_ es el agua almacenada en el suelo, especialmente en las zonas donde germinan las plantas.

3. Tiene como objetivo \_\_\_\_\_ y comparar la cantidad de agua azul y verde, en litros de agua que se usan para elaborar productos y alimentos de la vida cotidiana.

4. Esta metodología ayuda a entender el impacto en los recursos hídricos y a buscar formas de \_\_\_\_\_ el consumo de agua y la

contaminación en la producción.

5. Permite recopilar datos sobre el consumo y la descarga de agua en todas las etapas del \_\_\_\_\_ del

producto o proceso.

6. La huella hídrica gris es el agua que se contamina o ensucia con \_\_\_\_\_ o desechos generados por las actividades humanas.

a. Huella hídrica verde

b. Huella hídrica

c. Reducir el consumo

d. Cuantificar

e. Sustancias químicas

f. Ciclo de vida

*Respuestas: 1b / 2a / 3d / 4c / 5f / 6e*





## 4

## ESTUDIOS RELACIONADOS CON LA HUELLA HÍDRICA

A nivel mundial se han adelantado diversos estudios para la cuantificación del uso y contaminación del agua, ya sea mediante la metodología de la ISO 14046:2014 o la “Water Footprint Network” (WFT); es importante resaltar que, independientemente de la metodología empleada, el sector agropecuario es uno de los más analizados, lo que tiene gran lógica, porque según la UNESCO (citada por Martínez, 2016), aproximadamente el 67 % del agua que se extrae en el mundo es empleada para este importante sector de la economía, es decir para la producción agrícola y la tendencia es hacia un aumento.

Algunos de estos estudios están referenciados en el recurso a continuación:



### BOLIVIA

#### WFT:

#### Sistemas de producción:

- ▶ Agua potable.
- ▶ Bebidas gaseosas.
- ▶ Isotónicas.
- ▶ Energizantes.

**Geográfico:** ciudades La Paz, Quito, Lima, Santa Cruz de la Sierra, Guayaquil, Fortaleza, Loja, Santa Cruz de Galápagos, Recife, Cali y Tarija. Para la evaluación se consideraron los sectores residencial, comercial, industrial, público, servicios municipales y actividades de gobierno (administrativas, de servicio y operativas).



### ARGENTINA

#### WFT:

#### Productos:

- a. Soya.
- b. Leche a través de diversos sistemas de producción:
  - ▶ Sistema Pastoril (SP).
  - ▶ Sistema Base Pastoril (SBP).
  - ▶ Sistema Base Pastoril Intensivo (SBPI) Maní.
- c. Uva para vino.

**Sectores:** agrícola y pecuario de la provincia de San Luis.

Para la evaluación se consideraron los sectores residencial, comercial, industrial, público, servicios municipales y actividades de gobierno (administrativas, de servicio y operativas).

#### ISO 14046

**Productos:** leche y uva para vino.



## BRASIL

### WFT:

**Geográfico:** siete cuencas hidrográficas tomando en cuenta los sectores: pecuario, agrícola, reforestamiento, abastecimiento y saneamiento.

**Productos:** cosméticos incluyendo champú, jabón y humectantes, soya, fertilizante, leche, arroz, ganado bovino, biocombustibles, fertilizante nitrogenado, bovinos, caña de azúcar.



**Servicio:** electricidad de hidroeléctrica, exportación de té, consumo de alimentos por una persona.

### ISO 14046

**Productos:** etanol hidratado.

## CHILE

### WFT:

**Geográfico:** cuenca del Río Rapel, considerando los sectores:

- ▶ Agropecuario, minería, doméstico y energía.

**Productos:** mineral de óxido de cobre y mineral de sulfuro de cobre.

### ISO 14046

**Plantas o complejos productivos:** planta de emulsiones, planta multipropósito de productos químicos, planta de preparaciones pigmentarias y planta de fabricación de "Masterbatch".



## PERÚ

### WFT:

**Productos:** banana.

### ISO 14046

**Productos:** tubería de PVC, espárrago, helado, electricidad de termoeléctrica y cemento.



## ECUADOR

### WFT:

**Productos:**

- ▶ Banana.
- ▶ Rosas.



## URUGUAY

**WFT: Productos:** arroz.

### ISO 14046

**Productos:**

- ▶ Bebidas.
- ▶ Café.

**Complejo productivo:** planta empacadora de banano.





## MÉXICO

### WFT:

**Geográfico:** país.

**Servicio:** avícola, cervecero, cemento.

**Geográfico:** 13 regiones hidrológico-administrativas.

**Sector:** trigo, maíz, agua de uso público urbano, servicio de asesoría para el tratamiento de agua.



## COSTA RICA

### WFT:

**Productos:** arroz.

**ISO 14046**

**Productos:**

- ▶ Bebidas.
- ▶ Café.

**Complejo productivo:** planta empacadora de banano.

Para el caso específico de Colombia, también se han llevado a cabo algunos estudios para calcular la huella de agua y la huella hídrica, de forma general en el país y sus principales sectores económicos, como también en empresas, productos y procesos productivos, como por ejemplo la investigación realizada para ampliación del capítulo sobre huella hídrica, incluido en el Estudio Nacional del Agua 2014 (ENA 2014), en coordinación con el Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), la Embajada Suiza, Agencia Suiza para la Cooperación y el Desarrollo (COSUDE), “Good Stuff International” Latinoamérica y El Caribe (GSI-LAC) y Corporación Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia (CTA), en el cual se realiza la evaluación multisectorial de la huella hídrica en Colombia.



Resultados por subzonas hidrográficas en el marco del Estudio Nacional del Agua 2014, donde se realiza la cuantificación para los sectores agropecuario, doméstico, industrial, energético y petrolero.

## ESTUDIOS REALIZADOS EN COLOMBIA SOBRE HUELLA HÍDRICA

### WFT:

**Geográfico:** país, considerando los sectores agropecuario, doméstico, industrial, eléctrico y petróleo.

Cuenca del río Porce, considerando los sectores agropecuario, industrial, doméstico, eléctrico y minero.

**ISO 14046**

**Productos:** cemento, concreto, papel tisú (higiénico, servilletas, toallas de cocina, pañuelos faciales y

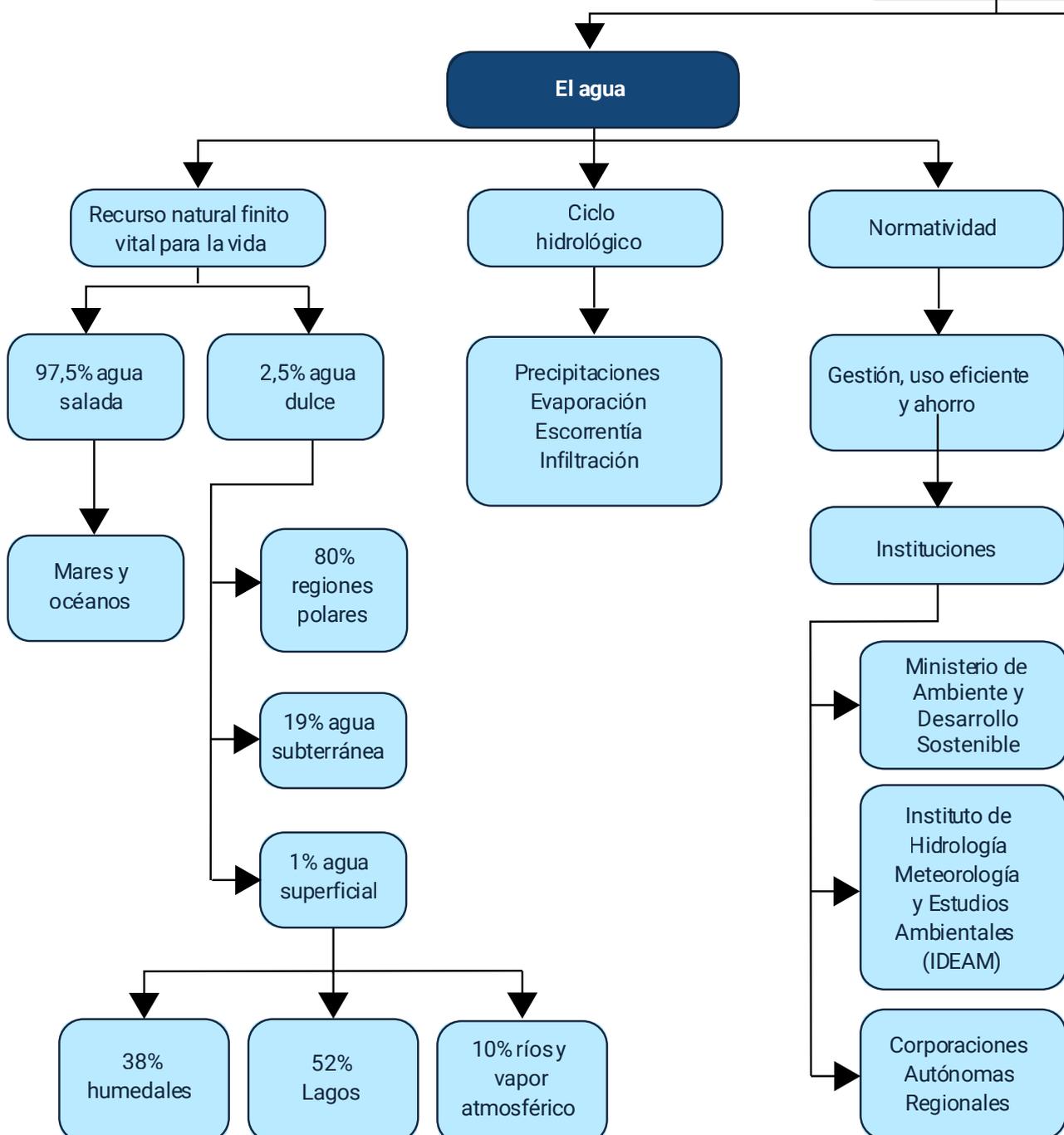
productos húmedos), productos para calefacción y refrigeración, metales preciosos (oro), cajas de cartón y “snacks” de banano.

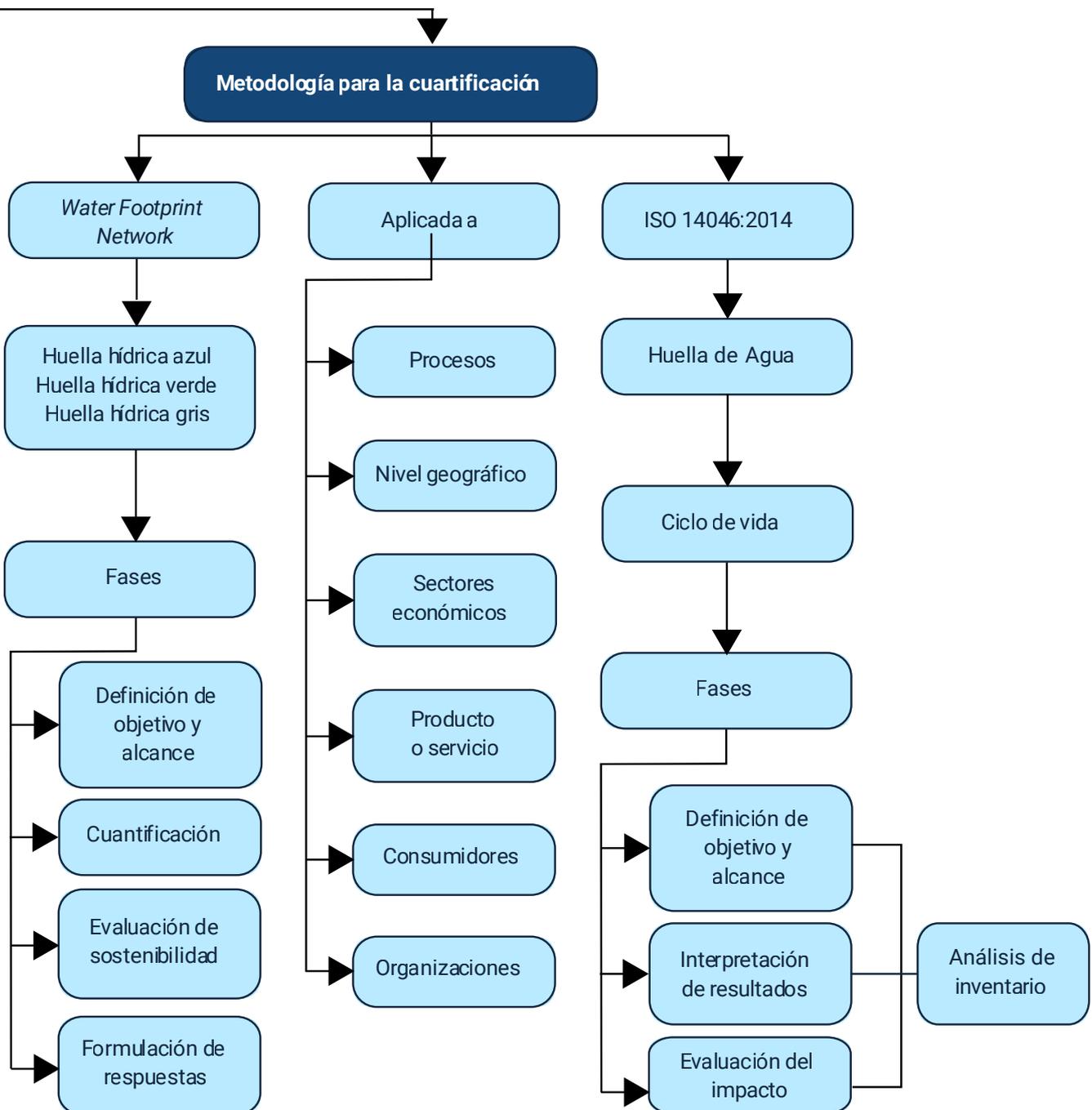
**Plantas o complejos productivos:** fincas de cultivo y beneficio de banano, operación de una planta de productos químicos, operación de una planta de productos lácteos y operación de una planta de producción agroquímicos.

A continuación, se describe el tema principal del componente formativo “La huella hídrica”, en donde el agua es catalogada como fuente de vida y un recurso fundamental para el desarrollo de la humanidad, pero la misma humanidad se ha encargado de malgastarla y contaminarla. Por tanto, en la búsqueda de mejorar la gestión, aprovechamiento y uso racional que permita alcanzar el desarrollo sostenible de este recurso natural, surgen métodos, como la huella hídrica, que permite determinar el verdadero volumen de agua empleado para la producción de bienes y prestación de servicios, pero con factor especial que no solo cuantifica la cantidad de agua consumida y contaminada, sino que también realiza la evaluación de impactos y prioriza medidas y acciones para minimizarlos.



### LA HUELLA HÍDRICA







# Actividad

3

¡Saludos! Ahora evalúa tu comprensión sobre los estudios relacionados con la huella hídrica a través de las siguientes preguntas de falso o verdadero. ¡Demuestra lo que sabes!

**Enunciado 1**

La huella hídrica es una medida que cuantifica el uso y la contaminación del agua a nivel global.

**Verdadero**

**Falso**

**Enunciado 2**

La metodología ISO 14046:2014 no se utiliza para medir la huella hídrica.

**Verdadero**

**Falso**

**Enunciado 3**

La Water Footprint Network (WFT) es una herramienta utilizada para comprender nuestra huella hídrica.

**Verdadero**

**Falso**

**Enunciado 4**

En Argentina, se han analizado productos como soya, leche y uvas para vino en relación con la huella hídrica.

**Verdadero**

**Falso**

**Enunciado 5**

Los estudios sobre huella hídrica en Bolivia solo consideraron sectores industriales y gubernamentales.

**Verdadero**

**Falso**

**Enunciado 6**

En Brasil, se analizaron productos como cosméticos, arroz y caña de azúcar en relación con la huella hídrica.

**Verdadero**

**Falso**

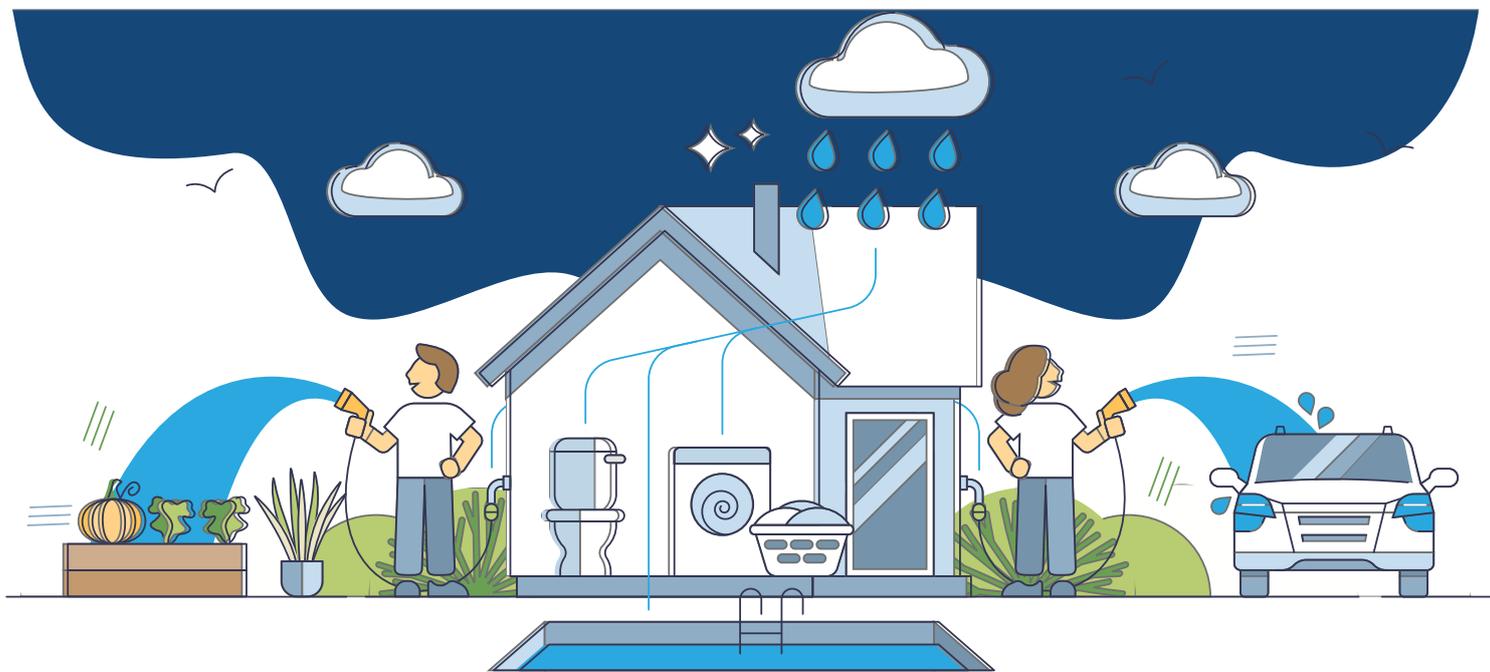
*Respuestas: 1-Verdadero / 2-Falso / 3-Verdadero / 4-Verdadero / 5-Falso / 6-Verdadero*



En este componente formativo se abordan temáticas relacionadas con la información sobre el estado y la dinámica de las aguas en el país, establecida en el estudio nacional del agua realizado por el IDEAM, además se describirán las metodologías y fórmulas para calcular la huella hídrica, el análisis de sostenibilidad y las medidas existentes para reducir y mitigar la huella.

## 5

## ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA



En Colombia, el Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM que es la máxima autoridad ambiental, realiza el reporte de información sobre el estado y la dinámica de las aguas del país, datos que publican periódicamente mediante el Estudio Nacional del Agua, ENA. Específicamente, el objetivo de este estudio es establecer la actual y futura situación del agua en aspectos relacionados con la oferta, demanda, calidad, disponibilidad y riesgo hidrológico a partir de su dinámica e interacciones con la sociedad y el medio ambiente. Esto sirve como base para que a partir de los resultados publicados se adopten decisiones sobre los usos, conservación y cuidado del agua.



El conocimiento de la información del patrimonio hídrico y su comportamiento ante factores como el cambio climático y demás que generan variabilidad es de gran relevancia; debido a que, la importancia de este líquido vital, es necesario para desarrollo de la vida, lo que implica desarrollar una gestión integral de este recurso, donde el uso sea de manera responsable, eficiente y sostenible, direccionado a preservar su calidad y cantidad, así, permite la conservación de los ecosistemas y la vida en general de los seres humanos.

Además, aunado a lo anterior, debe existir la prevención y evaluación de riesgos y alteraciones de las condiciones naturales por actividades antropológicas, para así lograr definir estrategias integrales de conservación de los sistemas hídricos, los cuales, incluyan la participación de los diversos sectores e instituciones. Para lo cual, el Estudio Nacional del Agua (ENA), estableció un modelo básico de evaluación integrada del agua.

## TIPOS DE HUELLA HÍDRICA

Todo lo que nosotros consumimos tiene un gasto de agua, bien sea producido por las fábricas, o por quien consume productos, porque la huella hídrica busca identificar cuántos litros de agua se han utilizado en la elaboración de productos, sean de uso o de consumo alimenticio. Un ejemplo de esto es el siguiente: conocer cuánta agua se ha utilizado en la elaboración de un Jean, comenzando por la siembra del algodón, el riego del cultivo, pasando por la fabricación y finalizando en las manos del cliente.



El agua azul, representa el recurso hídrico dulce proveniente de escorrentías, ríos, lagos y de las fuentes subterráneas o acuíferos.



El agua verde es aquella almacenada en el suelo de las vegetaciones, es decir, la que mantiene hidratados los cultivos, produciendo todo lo verde, incluidas las plantas.



El agua gris es aquella contaminada con sustancias o los desechos, generados por la actividad humana.

Es importante tener en cuenta que, en nuestro planeta Tierra, siempre ha existido la misma cantidad de agua y lo que ha cambiado es la potabilidad de la misma; es decir, que sea consumible o no, porque el agua, al contaminarse, pierde el beneficio del consumo y, por ende, se reduce el nivel de la cantidad de agua para su utilización en favor del ser humano.

Esta es la tarea principal de la huella hídrica: cuantificar y comparar la cantidad de agua azul y verde, en litros de agua que se usan para elaborar productos y alimentos de la vida cotidiana y, obviamente, cuánta ha sido descontaminada, en el mismo proceso.

- ▶ La huella hídrica azul, busca cuantificar el agua consumida en el día a día de un individuo y en la producción de bienes y servicios, provenientes de ríos, cuencas, lagos o lagunas.
- ▶ La huella hídrica verde, busca cuantificar el agua lluvia utilizada en el riego de cultivos y que no retorna a su cuenca de origen.
- ▶ La huella hídrica gris, es el volumen de agua dulce que se requiere para diluir los contaminantes vertidos a un afluente, buscando cumplir con los estándares de calidad del agua.

Según lo visto, el modelo de evaluación integrada del agua considera las características, los procesos y el ciclo del agua. A partir de esta identificación, es posible conocer las afectaciones generadas por el uso y la contaminación durante los procesos de transformación, lo que permite determinar los efectos e impactos sobre el recurso hídrico y así lograr establecer políticas orientadas a la gestión integral del recurso hídrico.





Para lograr determinar el estado de recurso hídrico en el país, el IDEAM en el documento del Estudio Nacional del Agua - ENA, emplea unos indicadores tales como: la aridez, regulación hídrica, rendimiento de sedimentos y sequía que permiten establecer el estado natural del recurso y, otros indicadores como los de estado de calidad y presión por contaminación, los de presión por uso del agua y los de riesgo que definen las variaciones debido a la intervención antrópica y sus efectos de carácter parcial o total y temporal o definitivo en la calidad y cantidad del agua, esto facilita explicar la relación entre oferta y demanda del agua tanto superficial como subterránea.

## 5.1 SISTEMAS DE INDICADORES

### a. Indicadores de sistema hídrico

- ▶ IA. Índice de aridez.
- ▶ IRH. Índice de Retención y Regulación Hídrica.
- ▶ SPI. Índice de Sequía y Precipitación.
- ▶ IRS. Índice de Rendimiento Medio Sedimentos.

### b. Indicadores de sistema hídrico

- ▶ **Indicadores de presión por uso de agua:**
  - ▶ IUA. Índice de Uso del Agua Superficial.
  - ▶ IPHE. Índice de Presión Hídrica al Ecosistema.
  - ▶ IARC. Índice de Agua no Retornada a la Cuenca.
  - ▶ IEUA. Índice de Eficiencia en el Uso del Agua.
- ▶ **Indicadores de estado de calidad y presión por contaminación:**
  - ▶ IACAL. Índice de Alteración Potencial a la Calidad del Agua.
  - ▶ ICA. Índice de Calidad de Agua.
- ▶ **Indicadores de riesgo:**
  - ▶ IVH. Índice de Vulnerabilidad por Desabastecimiento.

En conclusión, se tiene que gran variedad de factores naturales como los antrópicos afectan la disponibilidad, calidad y cantidad del recurso hídrico, teniendo gran influencia sobre el nivel de afectación y la vulnerabilidad de los sistemas hídricos, así como la gestión que se realice.

Por tanto, desempeña un papel de gran importancia la demanda hídrica; la cual, hace referencia a la extracción de agua de cualquier fuente con la finalidad de satisfacer las necesidades del consumo humano, de la producción de los diferentes sectores o actividades económicas y los requerimientos esenciales de los ecosistemas para su sostenimiento. En esa medida, esto genera alteración, desviación y retención del recurso hídrico, como también pérdidas que pueden presentarse desde el punto de captación hasta la descarga nuevamente en la fuente.





# Actividad

# 4

¡Hola, amigos! Hoy vamos a aprender más sobre el estudio del agua y los sistemas de indicadores a través de un crucigrama. Un crucigrama es un juego de palabras donde deben colocar las respuestas correctas en un cuadro con espacios horizontales y verticales. Cada respuesta corresponde a una pregunta o definición que les daré. Las palabras se cruzan entre sí, compartiendo letras comunes.

¡Es una manera divertida de aprender y recordar información importante!

Definiciones:

**Horizontales:**

1. Recurso hídrico dulce proveniente de escorrentías, ríos, lagos y acuíferos.
2. Proceso de abastecimiento de agua a los cultivos.
3. Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia.
4. Evaluación de la cantidad de agua usada en productos y alimentos.
5. Acción de proteger y mantener en buen estado los recursos naturales.

**Verticales:**

1. Contaminada con sustancias o desechos generados por la actividad humana.
2. Estudio Nacional del Agua
3. Agua almacenada en el suelo de las vegetaciones.
4. Elemento vital necesario para el desarrollo de la vida.

		5		2															
	1																		
				2															
				3															
				4															
		4																	
5																			

Respuestas: Horizontales 1. AGUA AZUL / 2. RIEGO / 3. IDEAM / 4. HUELLA HÍDRICA / 5. CONSERVACION  
Verticales 1. AGUAGRIS / 2. ENA / 3. AGUAVERDE / 4. AGUA

# 6

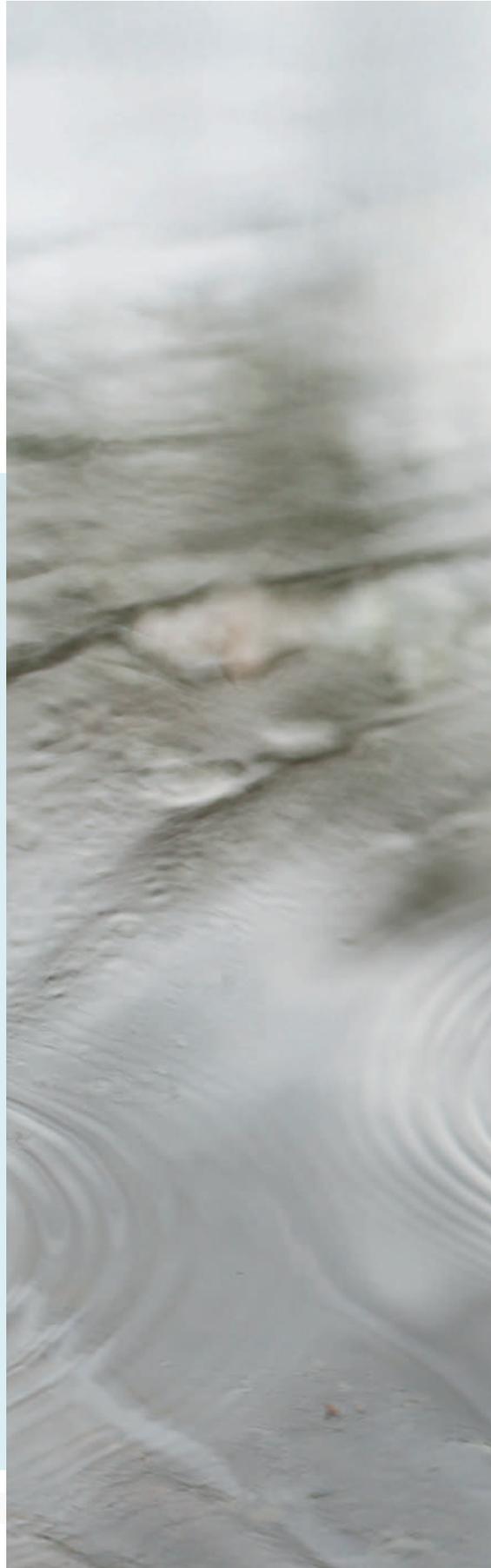
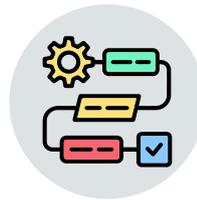
## CUANTIFICACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA

La demanda hídrica hace referencia a la extracción de agua para un uso determinado y para su cuantificación se emplea la huella hídrica, esta, tiene por objetivo dar cuenta del uso del agua y su contaminación, debido a que es un indicador de consumo y contaminación con fines productivos, además, permite saber el volumen de agua directa e indirecta usada y contaminada que se emplea.

Existen diversas metodologías para la cuantificación de la huella hídrica, entre las que se encuentra la de la Water Footprint Network (WFT) que tiene un enfoque volumétrico que permite cuantificar el volumen de agua usado y con este determinar el impacto humano sobre los recursos globales de agua dulce y aporta una base para formular las estrategias enfocadas a minimizar los impactos negativos generados sobre el agua.

La otra metodología es la ISO 14046 del 2014 que se basa en el análisis del ciclo de vida, siendo útil para realizar estudios relacionados con la sostenibilidad ambiental de un producto o una organización, ya que además de contabilizar el agua consumida, realiza una evaluación de los impactos medioambientales relacionados con dicho consumo, a través de distintos indicadores relacionados con el agua.

La selección de la metodología empleada para la cuantificación de la huella hídrica depende de diversos factores, entre los que se encuentran el acceso y disponibilidad de la información requerida, la población al que va dirigido, el tipo de agua empleada y extraída, el grado de detalle que se quiere alcanzar con el estudio; todo esto define cómo sería el procedimiento de cuantificación.



Siendo posible emplear en el proceso de cuantificación de la huella hídrica más de una metodología, ya que estas son compatibles y complementarias, permitiendo obtener un estudio más detallado, mediante herramientas que permiten desarrollar una evaluación y a su vez una gestión sostenible de este recurso natural, en diferentes campos de aplicación.



## 6.1 HUELLA HÍDRICA DEL SECTOR PRODUCTIVO

Todos los sectores productivos usan agua en el desarrollo de sus actividades, es decir, hacen una demanda hídrica como se observa en la figura 1 y, mediante la cuantificación de la huella hídrica, se puede establecer el volumen de agua directa e indirecta usada y contaminada asociada al desarrollo de la actividad económica y el proceso productivo del sector, para así lograr fortalecer el concepto de sostenibilidad ambiental, encaminado al aprovechamiento y uso racional del recurso.

Dentro de los sectores productivos más estudiados, a los cuales se les ha determinado la huella hídrica en diversos países, se encuentran los siguientes:



**Sector agropecuario.**



**Sector doméstico.**



**Sector generación de energía.**



**Sector hidrocarburos, petróleo.**



**Sector minero.**



**Sector industrial.**



**Sector piscícola.**

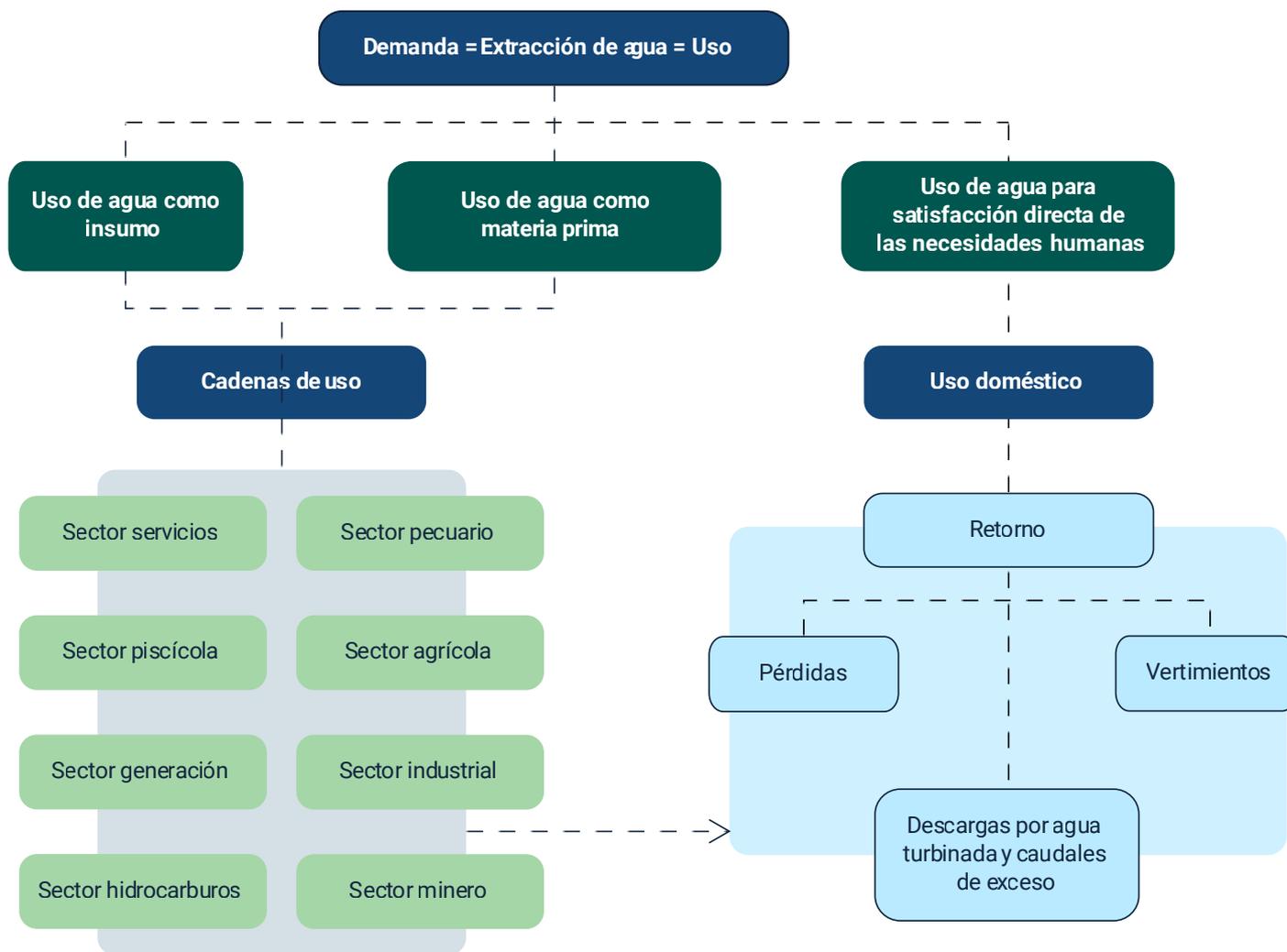


**Sector servicios.**



**Sector construcción.**

**Figura 4. Componentes de la huella hídrica**



A nivel mundial se han adelantado por varias entidades de carácter público y privado estudios sobre la cuantificación de la huella hídrica los cuales, han permitido conocer el volumen real de agua empleado por cada sector de la economía; para el caso específico de Colombia, el Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM en coordinación con Embajada Suiza - Agencia Suiza para la Cooperación y el Desarrollo - COSUDE, Good Stuff International Latinoamérica y El Caribe GSI-LAC y Corporación Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia -CTA, llevaron a cabo la evaluación multisectorial de la huella hídrica en Colombia, donde se realiza la cuantificación para diversos sectores productivos, en los que se incluyen agropecuario, doméstico, industrial, energético y petrolero. A pesar de que el objetivo para cada sector es cuantificar la huella hídrica, todos emplean fórmulas y procedimientos distintos, acordes a la información existente y a los resultados que se quieren obtener.

El siguiente recurso toma por ejemplo el sector agropecuario:



## 6.2 HUELLA HÍDRICA DEL SECTOR AGROPECUARIO

Este sector es el que presenta mayor huella hídrica, debido a que es el principal consumidor de agua, lo que genera la existencia de una fuerte relación con el recurso hídrico y por ende los requerimientos de agua azul o verde tienen un importante impacto en el territorio.

Según Hoeskstra y Chapagain (2008) se calcula que el 86 % de la huella hídrica de los seres humanos está relacionada con el sector agrícola; además, para el caso de Colombia su economía se basa en gran parte del sector agropecuario, siendo un país productor de café, las flores, el banano, el cacao, arroz, entre muchos otros productos.

Para lograr realizar el cálculo de la huella hídrica de este sector, se requiere inicialmente de la información estadística sobre los cultivos agrícolas, pecuarios,

pastos, clima, suelo, áreas sembradas y demás que sea relevante.

Esta información debe ser obtenida de fuentes confiables como por ejemplo el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia (MADR), el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el IDEAM, el Departamento de Estadística Nacional (DANE), etc.

Al ser el sector agropecuario muy grande incluye una gran variedad de subsectores y sistemas agrícolas, es necesario obtener información referente a los cultivos suministrada por las diferentes entidades y gremios como Asocaña, Fedearroz, Fenalce, Fedepalma y Fedecafé, entre otros.

La metodología empleada para recolectar información se basa en los resultados de evapotranspiración (ET), debido a que es fundamental partir del requerimiento y evaporación del recurso hídrico y a través de este concepto (ET) se logra combinar estos dos procesos (evaporación y transpiración), la evaporación de agua del cultivo mediante la superficie del suelo y la transpiración propia del cultivo. Se debe realizar un balance de agua en el suelo y así determinar los requerimientos de agua en los cultivos y busca diferenciar la parte de la evapotranspiración que se suple con el riego, relacionada con el agua azul definida como la  $ET_{\text{azul}}$ ; y la parte que se suple con agua de lluvia, que está relacionada con el agua verde y definida como la  $ET_{\text{verde}}$ . Para lo cual se emplean las siguientes ecuaciones para la huella hídrica azul y verde:



### HH AZUL = 10 \* ETA AZUL \* AS

- ▶ **HH azul:** Huella hídrica azul (m<sup>3</sup>/mes).
- ▶ **Eta azul:** Evapotranspiración mensual azul ajustada (mm).
- ▶ **As:** Área sembrada (ha). El \*10\* representa el factor de conversión que permite incorporar la evapotranspiración en mm y el área sembrada en ha para obtener la huella hídrica azul m<sup>3</sup>.



### HH VERDE = 10 \* ETA VERDE \* AS

- ▶ **HH verde:** Huella hídrica verde (m<sup>3</sup>/mes).
- ▶ **Eta verde:** Evapotranspiración mensual dada en mm.
- ▶ **As:** Área sembrada de cultivo o tipo de pasto.



Es importante aclarar que los resultados obtenidos en los diferentes estudios sobre la cuantificación de los millones de metros cúbicos de agua consumidos en el año por diferentes productos agrícolas difieren significativamente, ya que la huella hídrica promedio por tonelada de cultivo primario varía entre cultivos y regiones de producción; por ejemplo, en el reporte presentado por la WWF (2002) “Una mirada a la agricultura de Colombia desde su Huella Hídrica” que es considerada una de las principales organizaciones de conservación de la naturaleza a nivel global, se realiza la estimación de la huella de la producción agrícola de Colombia, estableciendo que el producto con mayor huella hídrica (azul, verde y gris) es el café, mientras que entre los menores se encuentra el coliflor.

Mientras que los resultados de evaluación multisectorial de la huella hídrica en Colombia, donde se realiza la cuantificación para diversos sectores productivos publicados por el IDEAM en el año 2015, arrojan que la huella hídrica azul (HHA) de los cultivos permanentes corresponde a 3.918,4 millones de m<sup>3</sup> /año; el valor mayor corresponde al cultivo de palma de aceite, seguido del plátano y la caña de azúcar, para el cultivo de café no se reportó

HHA, debido a que se considera que este cultivo no se riega en Colombia. Y, para los cultivos transitorios, la HHA anual es de 847,1 millones de m<sup>3</sup>; teniendo el valor mayor el arroz de riego, seguido de la papa y el maíz. Y, el menor valor fue para el cultivo de soya. En lo relacionado con la huella hídrica verde (HHV) para los cultivos permanentes, el mayor valor de HHV fue para el café 11.822,3 millones de m<sup>3</sup> /año, seguido por el cultivo de caña, palma de aceite y plátano. Y en relación a los cultivos transitorios, es el maíz es el de mayor HHV, seguido del arroz de riego y el secano mecanizado. Por su parte, las menores HHV las presentan la zanahoria, el tomate y el trigo.

Por su parte, el estudio a nivel mundial adelantado por Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y., en el año 2011, denominado la huella hídrica verde, azul y gris de los cultivos y productos derivados de cultivos, determinó que la huella hídrica global relacionada con la producción de cultivos en el período 1996-2005 fue de 7404 mil millones de metros cúbicos por año (78 % verde, 12 % azul, 10 % gris). Se calculó una gran huella hídrica total para el trigo (1087), el arroz (992) y el maíz (770) El trigo y el arroz tienen las huellas de agua azul más grandes, y juntos representan el 45 % de la huella de agua azul mundial.

## 6.2 HUELLA HÍDRICA DE UNA ETAPA DEL PROCESO

La huella hídrica de una etapa del proceso, tiene una importancia singular, debido a que su cuantificación es la base inicial de donde se desprende el cálculo de muchas otras huellas hídricas, ya que al sumar todas las huellas hídricas de la etapa de un proceso se puede obtener la huella hídrica del producto, y al sumar las huellas hídricas del producto se puede obtener ya sea la de un productor (si se suma las huellas hídricas de producto de todos los productos elaborados en la empresa) o la de un consumidor (si se suma las huellas hídricas de producto de todos los productos consumidos); pero también se puede obtener la huella hídrica dentro de un área geográficamente delimitada si se suman las huellas hídricas de proceso de todos los procesos que tienen lugar en el área.



Sin embargo, se debe tener presente no caer en el error de realizar una doble cuantificación de la huella hídrica al sumar productos intermedios, lo que no sería una doble cuantificación es la suma de huellas hídricas de productos finales, debido a que la huella hídrica de un proceso equivale a la suma de las huellas hídricas de las etapas requeridas para la elaboración del producto.

Mientras que en la etapa del proceso con la Huella hídrica gris, es un indicador de la contaminación que se está generando al agua y expresa el volumen de agua necesario para asimilar la carga de estos contaminantes; su cálculo se realiza dividiendo la carga de contaminante entre la diferencia de la norma de calidad de agua de ese contaminante y su concentración natural en la masa de agua receptora, de la siguiente manera:

### Cálculo de la huella hídrica gris (HHG):

$$HHG = \frac{L}{C_{max} - C_{nat}}$$

Donde:

**L:** Carga de contaminante (masa/tiempo).

Cuando la carga depositada alcanza una carga crítica, es decir, consume por completo la capacidad de asimilación de la masa de agua receptora, la HHG será igual a la esorrentía (R) y se calcula así:

$$L_{crit} = R * (C_{max} - C_{nat}).$$

**C<sub>max</sub>:** concentración permitida (masa/volumen).

**C<sub>nat</sub>:** concentración natural (masa/volumen). Es la concentración del medio que tendrá lugar si en una zona de captación no existe intervención por parte del hombre.

El **C<sub>nat</sub>** = 0 para sustancias de origen antrópica que de forma natural no están presentes en el agua o cuando no se conoce con precisión la concentración pero se estiman que son bajas.



Existen procesos productivos donde las aguas residuales contaminan a las masas de agua superficial con productos específicos, es decir, se conoce la fuente puntual de contaminación, para casos la huella hídrica gris, se puede estimar la carga midiendo el volumen del efluente y la concentración de un producto químico en este, así:

### Cálculo de la carga contaminante - huella hídrica gris (HHG):

$$HHG = \frac{L}{C_{max} - C_{nat}} = \frac{Efl * C_{efl} - Extr * C_{real}}{C_{max} - C_{nat}}$$

**Donde:**

**Efl:** Volumen del efluente.

**Cefl:** Concentración de contaminante en el efluente.

**Extr:** Volumen de extracción del agua.

**Creal:** Concentración real del agua extraída

Normalmente la cantidad de sustancias químicas depositadas en una masa de agua ( $Efl * C_{efl}$ ) será igual o mayor a la cantidad de sustancias químicas presentes en el agua extraída ( $Extr * C_{real}$ ) dando como resultado que la carga contaminante sea positiva. En casos excepcionales se puede obtener una carga negativa ( $C_{efl} < C_{real}$  o  $Efl < Extr$ ) que debe ser ignorada en el cálculo de la huella hídrica.

Pero, en muchas ocasiones existen otros casos donde las fuentes de contaminación son desconocidas o confusas, cuando se aplica o deposita un producto en el suelo puede pasar que estos se filtren a las aguas subterráneas o que sean arrastrados hasta una corriente de agua superficial sin conocer su composición, para lo cual el cálculo se hace de la siguiente manera:

### Cálculo de la carga contaminante con fuente desconocida - huella hídrica gris (HHG):

$$HHG = \frac{L}{C_{max} - C_{nat}} = \frac{\omega * Apl}{C_{max} - C_{nat}}$$

**Donde:**

**$\omega$ :** Factor adimensional que representa la fracción de lixiviación-escorrentía superficial, definida como la fracción de las sustancias químicas aplicadas que alcanzan las masas de agua dulce.

**Apl:** Cantidad de sustancias químicas depositadas en el suelo durante un proceso determinado (masa/tiempo).

Y actualmente debido a la conciencia ambiental que se ha generado en la humanidad y a la normatividad sancionatoria existente, las empresas realizan tratamientos a las aguas residuales generadas durante el proceso de producción antes de ser vertidas en el medio ambiente, lo que reduce la concentración de contaminantes en el efluente final, y por ende se reduce la HH gris. El cálculo, cuando existen estos procesos de tratamiento es el siguiente:

### Cálculo de concentración de contaminantes luego de su tratamiento - huella hídrica gris (HHG):

$$HHG = \frac{T_{efl} - T_{real}}{T_{max} - T_{nat}} * E_{fl}$$

**Donde:**

**T<sub>efl</sub>:** Temperatura de un caudal efluente (°C)

**T<sub>real</sub>:** Temperatura de la masa de agua receptora (°C)

**T<sub>max</sub>:** Temperatura máxima (°C)

**T<sub>nat</sub>:** Temperatura natural (°C)

El aumento de la temperatura máximo aceptable (T<sub>max</sub> - T<sub>nat</sub>) depende del tipo de agua y las condiciones locales, si no existe ninguna directriz local se considera un valor predeterminado correspondiente a 3°C.

## 6.4 HUELLA HÍDRICA DE UN PRODUCTO

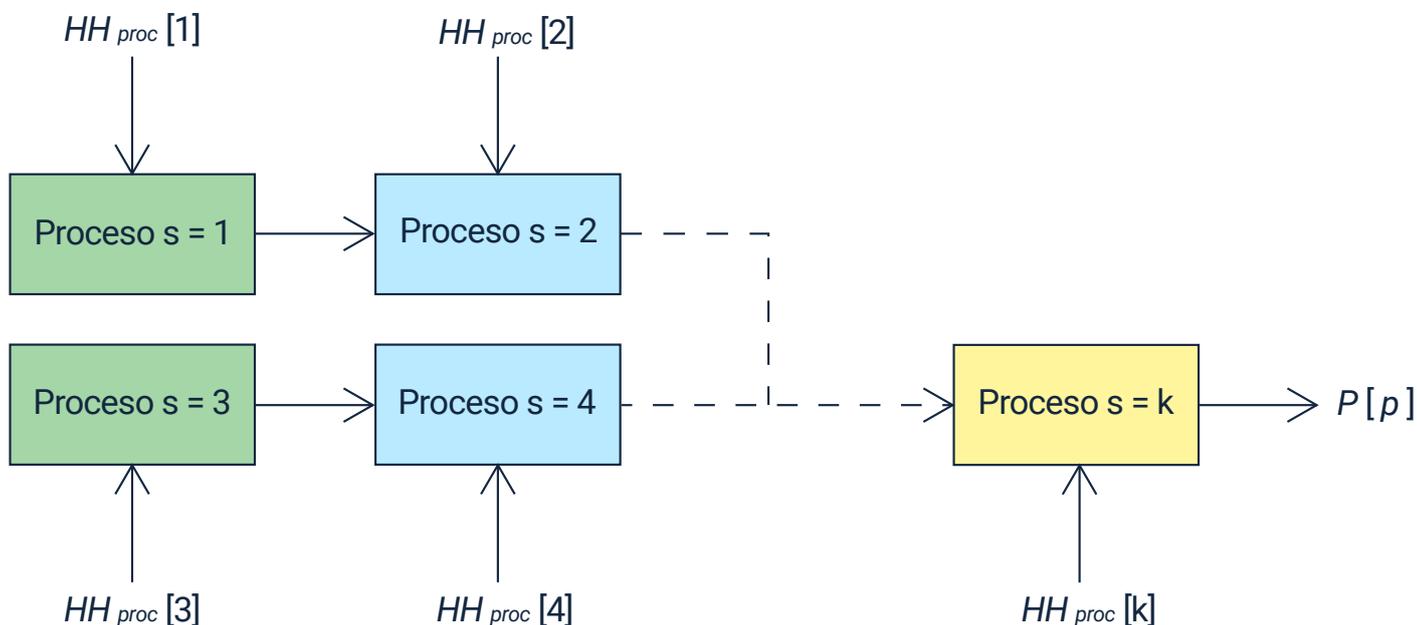
La huella hídrica de un producto es el volumen total de agua dulce que es empleada de forma directa e indirecta para la elaboración de un bien o servicio del sector primario, secundario o terciario; teniendo en cuenta no solo el consumo de agua sino que también la contaminación efectuada en cada una de las etapas de la cadena de producción. Por tanto, como lo indican Hoekstra, et, al., (2011), para el cálculo de la huella hídrica de un producto o servicio ya sea intermedio o final, se emplea la sumatoria de las diferentes etapas del proceso; y es importante resaltar que esta huella hídrica del producto sirve como base para determinar la huella hídrica correspondiente al productor de dicho producto es decir de la empresa, mediante la suma de las huellas hídricas de cada uno de los productos elaborados y ofrecidos por la empresa.



Adicionalmente, a las huellas hídricas azul, verde y gris, en muchos casos para la cuantificación es necesario determinar otra huella hídrica denominada huella virtual, la cual hace referencia a la cantidad de agua requerida para la elaboración de un producto o servicio, debido a que así no sea tangible se requieren una cantidad considerable de litros de agua para producir los bienes y servicios, porque no solo se cuantifica el agua directa sino que también las que se encuentran detrás, la indirecta. Es decir, se incluye el agua utilizada durante el cultivo, el crecimiento, el procesamiento, la fabricación, el transporte y la venta del producto o al contenido de agua internacional o interregionales, cuando se importa o exporta.

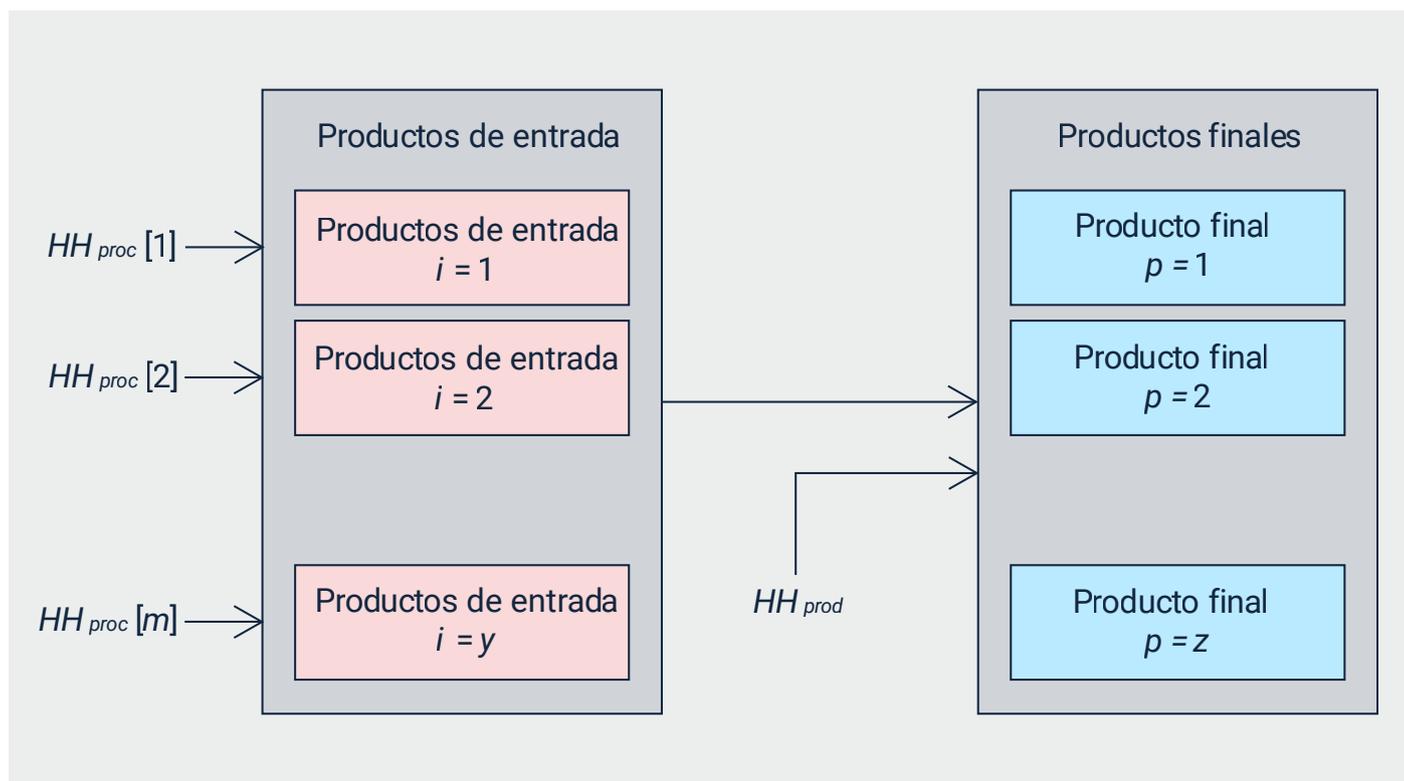
Para el cálculo de la huella hídrica de un producto, como lo indica la metodología establecida en el manual de evaluación de la huella hídrica Hoekstra, A. Y., et al., (2011), se debe tener presente que existen varias formas de producción, las cuales pueden ser catalogadas como simples, donde el objetivo final es la producción de un solo producto y el sistema emplea una o varias etapas, las cuales pueden ocurrir en serio o de forma paralela.

**Figura 4.** Sistema de producción simple



Para el cálculo de la huella hídrica de un producto, como lo indica la metodología establecida en el manual de evaluación de la huella hídrica Hoekstra, A. Y., et al., (2011), se debe tener presente que existen varias formas de producción, las cuales pueden ser catalogadas como simples, donde el objetivo final es la producción de un solo producto y el sistema emplea una o varias etapas, las cuales pueden ocurrir en serio o de forma paralela.

**Figura 5.** Sistema de producción secuencial acumulativo



Por tanto, la huella hídrica puede calcularse de 2 formas, desde:

### SUMA DE CADENAS (PARA CASOS ESPECÍFICOS)

Se puede utilizar únicamente en caso de que un sistema de producción genere un producto final. Entonces las huellas hídricas que puedan asociarse con las diferentes etapas del proceso se pueden atribuir por completo al producto resultante del sistema. Siendo la huella hídrica de un producto (HHP) igual a la suma de los procesos relevantes dividida entre la cantidad producida del producto. Se puede utilizar únicamente en caso de que un sistema de producción genere un producto final. Entonces las huellas hídricas que puedan asociarse con las diferentes etapas del proceso se pueden atribuir por completo al producto resultante del sistema. Siendo la huella hídrica de un producto (HHP) igual a la suma de los procesos relevantes dividida entre la cantidad producida del producto.

Suma de cadenas:

$$HHP = \frac{\sum_{s=1}^k HH \text{ prod } (s)}{P (p)}$$

Donde:

**K:** etapas del proceso

**HHprod (S):** Huella hídrica de la etapa S del proceso (volumen/tiempo)

**Pp:** cantidad producida del producto p (masa/tiempo)

También existe el caso en el que se procesa únicamente un producto de entrada para la producción de un producto final:

Cálculo de la huella hídrica en la etapa de un proceso – Hhprod (p):

$$HHP = HHP + \frac{HH \text{ prod } (i)}{Fp (p,i)}$$

FP (p,i): fracción de producto.





## SECUENCIAL ACUMULATIVO (GENÉRICO)

Es una forma genérica de calcular la HH de un producto basado en las HH de los productos de entrada que fueron necesarias en la última etapa de producción para generar el producto final y la HH de proceso de esa etapa del proceso.

En el caso en que se tenga un producto único y varios productos finales, se debe distribuir la HH del producto de entrada a los diferentes productos, ya sea de forma proporcional al valor de los productos finales o proporcionales al peso de los productos.

**Distribución de la huella hídrica de un producto (HHP) - a partir de un producto de entrada en diferentes productos finales:**

$$HHP = \left( HH\text{ prod } (P) + \frac{\sum_{i=1}^y = 1 \text{ HH prod } (s)}{FP (p,i)} \right) * f v (p)$$

Donde:

**HHprod (p):** huella hídrica del producto final (volumen/masa), y: productos de entrada, **HHprod (i):** huella hídrica del producto de entrada, **HHprod (p):** huella hídrica de proceso de la etapa de proceso que transforma los productos de entrada (y) en los productos finales (z), expresados en uso de agua por unidad de producto procesado (p) volumen/masa, **FP (p,i):** fracción de producto, **Fv (p):** fracción de valor.

La fracción de un producto final que resulta del procesamiento de un producto de entrada se define como la cantidad de producto final obtenido por la cantidad de producto de entrada.

**Fracción de un producto final:**

$$f (p, i) = \frac{\text{peso } (p)}{\text{peso } (i)}$$

La fracción de valor de un producto final se define como la relación entre el valor en el mercado de este producto y el agregado de mercado de todos los productos finales resultante de los productos de entrada.

**Fracción del valor de un producto final en relación al valor en el mercado y agregado del producto:**

$$f v (p) = \frac{\text{precio } (p) * \text{peso } (p)}{\sum_{p=1}^z = 1 (\text{precio } (p) * \text{peso } (p))}$$

## 6.5 HUELLA HÍDRICA DE UN CONSUMIDOR O GRUPO DE CONSUMIDORES



La huella hídrica de un consumidor es el equivalente al total de agua dulce consumida y contaminada y su cuantificación es el resultado de las huellas hídricas de los productos consumidos por este, mientras que la de un grupo o comunidad de consumidores es el resultado de la sumatoria de las huellas hídricas individuales de cada miembro o consumidor individual.

En el caso de los consumidores, la huella hídrica indirecta es superior que la huella directa, es decir, es mayor al comparar el consumo y contaminación de agua es superior la proveniente de la producción de bienes y servicios que utilizamos en nuestro diario vivir, por tanto, es necesario cambiar los patrones de consumo. La metodología para la cuantificación de la huella hídrica de un consumidor o grupo de consumidores (HHC), establecida en el manual de evaluación de la huella hídrica por Hoekstra, et, al., (2011), indica que es el resultado de la huella hídrica directa del individuo y su huella hídrica indirecta y se expresa en volumen/masa:

$$HHG = HH \text{ cons. dir} + \text{cons. indir}$$

Donde:

La HH directa se refiere al consumo y a la contaminación relacionada con el uso de agua doméstica, por ejemplo, en actividades como el aseo personal, la preparación de alimentos y el lavado de ropa.



$$HH \text{ cons. indir} = \sum p ( C (p) * HH * prad (p) )$$

La HH indirecta se refiere al consumo y la contaminación del agua relacionados con la producción de bienes y servicios usados por el consumidor, por ejemplo el agua utilizada en comida, ropa, papel, energía y bienes industriales; está se calcula multiplicando todos los productos por la HH de los respectivos productos.

Donde:

C(p): consumo de un producto p (unidades de producto / tiempo) HH \*prod (p): huella hídrica de este producto (volumen de agua / unidad de producto).



## 6.6 HUELLA HÍDRICA DE UN ÁREA GEOGRÁFICA

Cuando se habla de un área geográfica, se hace referencia a una gran variedad de áreas entre las que se encuentran municipio, provincia, nación, zona de captación, cuenca hidrográfica o cualquier otra zona espacial hidrológica o administrativa; siendo importante para su cuantificación definir claramente los límites de dicha área ya su huella hídrica corresponde al total de consumo y contaminación de agua dulce dentro de los límites del área, es decir el cálculo corresponde a la sumatoria de todas las huellas hídricas que tienen lugar en el área determinada. La metodología para la cuantificación de la huella hídrica de un área geográfica, establecida por Hoekstra, et al., (2011), se describe que la ecuación suma todos los procesos que consuman o contaminen el agua en el área, de esta manera:

### Cálculo de la huella hídrica (HH) en un área:

$$HH \text{ área} = HH \text{ proc } (q)$$

Donde:

**HH proc (q):** huella hídrica de un proceso (q) dentro de un área geográficamente delimitada.

Siendo esta una metodología general para la cuantificación de la huella hídrica de un área geográfica, ya que existen metodologías específicas para cada área, es decir, metodologías para la cuantificación de la huella hídrica de un municipio, una nación, una zona de captación o cuenca hidrográfica específica.

Adicionalmente, para resaltar, la huella hídrica de la humanidad corresponde a la suma de las huellas hídricas de todos los consumidores existentes en el mundo, por tanto, es necesario determinar y realizar la suma de todas las huellas hídricas de los bienes y servicios de consumo final consumidos de forma anual y la suma de todos los procesos de consumo y contaminación del agua a nivel mundial.





# Actividad

# 5

¡Buen trabajo! En esta actividad pondrás a prueba tu capacidad para identificar los diferentes tipos de metodologías y conceptos utilizados en la cuantificación de la huella hídrica. Para realizar la actividad de emparejamiento, sigue estos pasos:

Revisa la lista de metodologías y conceptos utilizados en la huella hídrica y otra lista con definiciones específicas. Finalmente, empareja cada tipo con su descripción correspondiente. Al final, verifica las combinaciones correctas.

<b>1</b> Water Footprint Network (WFT)	<b>a</b> Cantidad de agua extraída para fines específicos.
<b>2</b> ISO 14046:2014	<b>b</b> Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia
<b>3</b> Demanda hídrica	<b>c</b> Norma que establece directrices para la cuantificación y evaluación de la huella hídrica, promoviendo la gestión sostenible del agua.
<b>4</b> Agua verde	<b>d</b> Conjunto de actividades económicas relacionadas con la agricultura y la ganadería.
<b>5</b> Sector agropecuario	<b>e</b> Es la lluvia que cae y se usa naturalmente.
<b>6</b> MADR	<b>f</b> Calcula el uso de agua para evaluar el impacto humano y diseñar estrategias de reducción.

Respuestas: 1-f/2-c/3-a/4-e/5-d/6-b



mpesENA

¡Una



PROHIBIDO EL PASO

CALDERA



Una vez calculado y determinado el volumen de agua usado y contaminado, es decir la huella hídrica, es necesario y fundamental ir más allá de este cálculo y hacer un análisis de sostenibilidad donde se comparan los recursos hídricos consumidos con la disponibilidad existente.

Según Hoekstra, et, al., (2011) el análisis de sostenibilidad se basa en hacer una comparación entre la huella hídrica humana y lo que la tierra puede soportar de manera sostenible, teniendo en cuenta varios factores como son los colores de la huella hídrica, los impactos y sus niveles, como también las dimensiones social, económica y ambiental.

Siendo necesario considerar desde puntos de vista y criterios distintos acorde a su aplicación. Los cuales permiten establecer cuándo una huella hídrica deja de considerarse sostenible, para lo cual existe un paso a paso o metodología para desarrollo el análisis, como por ejemplo en el caso específico del análisis de sostenibilidad para una cuenca hidrográfica, se empieza con la identificación y cuantificación de los criterios de sostenibilidad, se identifican los puntos críticos y los impactos primarios y por último los impactos secundarios como se presenta en el siguiente recurso:



- ▶ Identificación de los criterios de sostenibilidad (ambientales, sociales y económicos).



- ▶ Identificación de los puntos críticos (subzonas de captación específicas, períodos del año).



- ▶ Identificación y cuantificación de los impactos primarios en los puntos críticos.



- ▶ Identificación y cuantificación de los impactos secundarios en los puntos críticos.

La identificación de los puntos críticos permite analizar las implicaciones sociales, económicas y ambientales de forma detallada como se observa en el recurso, debido a que estos se originan cuando existe escasez de agua o niveles superiores de contaminación y, por su parte los impactos primarios hacen referencia al agua a la alteración que sufre mientras que los impactos secundarios tratan de los bienes y servicios ecológicos que se deterioran como consecuencia de los impactos primarios. Por ejemplo, la pérdida de biodiversidad, extinción de flora y fauna, afectación a la salud humana, pérdidas de ingresos monetarios, etc., tal como se muestra a continuación:



### Puntos críticos sociales

- ▶ No se cubren las necesidades humanas básicas para todos los habitantes (equidad en el acceso.)
- ▶ Se pone en riesgo el trabajo (contaminación de agua que afecta a los pescadores)
- ▶ Los primeros usuarios contaminan el agua y no compensan a los últimos.



### Puntos críticos económicos

- ▶ El agua no se usa ni se asigna de manera económicamente eficiente.
- ▶ El precio del agua para el usuario está por debajo de su coste económico real.
- ▶ No hay eficiencia en la asignación ni eficiencia productiva.



### Puntos críticos ambientales

- ▶ No se garantiza agua para los ecosistemas.
- ▶ Se excede la disponibilidad de agua para la subsistencia humana.
- ▶ Excedencia de la capacidad de asimilación de contaminantes.

Estos impactos de la huella hídrica varían dependiendo de varios factores como son la disponibilidad de recursos hídricos en el lugar determinado, el nivel de competencia entre los usuarios del agua, la capacidad de asimilación de los sistemas del agua; pero se tiene que el impacto del consumo de agua o la contaminación en un lugar determinado es claramente mayor cuando el volumen de consumo de agua o la contaminación es relativamente importante y cuando la escasez local de agua es relativamente alto también.

Pero, en conclusión, el objetivo principal de realizar el análisis de sostenibilidad es lograr tomar medidas apropiadas para reducir la huella hídrica y mitigar sus impactos, mediante una responsabilidad compartida entre productores, consumidores, agricultores, gobierno y demás actores.



## MEDIDAS PARA REDUCIR Y MITIGAR LA HUELLA HÍDRICA

Cada vez el término huella hídrica es más conocido y apropiado por los diferentes actores de la sociedad, reconociendo que es un indicador del uso del agua; lo que conlleva a pensar y hacer pregunta de qué hacer para reducir la huella hídrica que generamos, encontrando la respuesta en la neutralidad del agua, que según Hoekstra, A. Y. (2008<sup>a</sup>) significa reducir la huella hídrica de una actividad tanto como sea razonablemente posible y compensa las externalidades negativas de la huella hídrica restante. Entonces, una vez realizado el análisis de sostenibilidad y determinar las afectaciones sociales, económicas y ambientales, existe la oportunidad para traducir los impactos de la huella hídrica en acciones para mitigarlos, siendo necesario adoptar medidas enfocadas a reducir y compensar, pero estas medidas deben estar direccionadas al componente o sector donde fueron originadas, debido a que

algunas huellas hídricas pueden lograr ser reducidas a cero mientras que otras no, como por ejemplos las relacionadas con el sector agrícola (que es una de las que genera la mayor huella hídrica) es difícil reducir las huellas verde y azul a cero, mientras que la gris sí evitando la aplicación de sustancias químicas en el suelo o implementando una agricultura orgánica; también en el sector industrial y doméstico es posible llevarlas a cero mediante estrategias como el reciclaje.

En lo referente a la huella hídrica de un proceso o producción para disminuirla se puede reemplazar las técnicas empleadas o evitar el uso de una materia prima determinada.



Cuando un componente o sector de la economía aplica medidas para reducir su huella hídrica y adelanta acciones para compensar los impactos, genera beneficios no solo para él, sino que también indirectamente beneficia a otros sectores, como ejemplo cuando una empresa genera sus productos reduciendo su huella, por ende los consumidores al hacer uso del producto también la minimizan.

En el caso de neutralización del agua, puede ser total, es decir se anula la huella hídrica mediante la aplicación de medidas y estrategias, pero en otros casos es imposible lograrlo, lo que indica que el concepto agua neutral no siempre está relacionado a cero huella hídrica, sino también se busca que los aspectos externos sociales, económicos y ambientales negativos sean reducidos tanto como sea posible y que los impactos restantes derivados del uso del agua sean totalmente compensados mediante la inversión en proyectos que promuevan el uso sostenible y equitativo del agua en el medio ambiente y en la comunidad afectada.

Por ejemplo, la huella hídrica se puede reducir invirtiendo en tecnología para el ahorro del agua y medidas de conservación de agua y tratamiento de aguas residuales. Por su parte, los impactos negativos se pueden compensar invirtiendo en una mejor gestión de las cuencas hidrográficas o apoyando a las comunidades pobres que no tienen acceso a agua limpia para establecer y mantener su propio sistema de suministro de agua.



Estas medidas para reducir la huella hídrica y mitigar sus impactos, no son de uso exclusivo para cierto sector, pueden ser aplicadas en diversos ámbitos, de forma individual o colectiva, ya que sucede que un bien, servicio, consumidor individual, comunidad o negocio es agua neutra cuando las externalidades negativas se han reducido y compensado la huella hídrica del bien, servicio, consumidor individual, comunidad o empresa. Algunos ejemplos son:



### Sector agrícola

- ▶ Reemplazar la agricultura tradicional por la orgánica.
- ▶ Reemplazar el sistema de riego tradicional a uno por goteo o aspersores.
- ▶ Aumentar la productividad del suelo mediante la implementación de la producción secano y mejorando las prácticas agrícolas.
- ▶ Reducir el uso de fertilizantes y pesticidas.
- ▶ Optimizar el volumen y técnica de aplicación de sustancias químicas.
- ▶ Usar la cobertura del suelo para reducir la evaporación de la capa superficial.

### Sector industrial y general

- ▶ Aplicar las 3R (Reducir, Reutilizar y Reciclar.)
- ▶ Reducir el consumo de agua en todas las operaciones.
- ▶ Reducir la producción de aguas residuales.
- ▶ Mejorar la calidad de aguas vertidas o servidas.
- ▶ Implementar sistemas de ahorro de agua.
- ▶ Divulgar información sobre la huella hídrica.
- ▶ Reciclar las sustancias químicas.
- ▶ Aplicar medidas de compensación social, económico y ambiental.
- ▶ Aplicar las 3R (Reducir, Reutilizar y Reciclar.)
- ▶ Reducir el consumo de agua en todas las operaciones.
- ▶ Reducir la producción de aguas residuales.
- ▶ Mejorar la calidad de aguas vertidas o servidas.
- ▶ Implementar sistemas de ahorro de agua.
- ▶ Divulgar información sobre la huella hídrica.
- ▶ Reciclar las sustancias químicas.
- ▶ Aplicar medidas de compensación social, económico y ambiental.





Además, es importante resaltar que estas medidas no solo deben ser implementadas donde haya problemáticas evidentes de contaminación y escasez, siempre deben ser aplicadas, sin importar que exista gran disponibilidad de agua, siempre se debe buscar la reducción de la huella hídrica.

Otro factor importante para resaltar es que las medidas de reducción y mitigación que pueden ser adoptadas no necesariamente deben estar enfocadas a la reducción del consumo de agua, sino que también pueden estar direccionadas al aumento de la eficiencia y equidad en el uso del agua, como también en la productividad económica o protección de ecosistemas estratégicos.

### Consumidores

- ▶ Evitar el uso de biocombustibles que requieran mucha agua.
- ▶ Implementar la energía solar o eólica.
- ▶ Hacer una gestión del agua en el hogar (cerrando las llaves del agua al bañarse, cepillarse y lavar la loza, cambiando los inodoros y duchas por unos que tengan ahorro de agua, etc.)
- ▶ Evitar tirar contaminantes como grasas y pinturas por el desagüe.
- ▶ Realizar una evaluación comparativa de los productos y servicios ofrecidos en el mercado.

### Denominación: huella de agua - ISO 14046 - año 2014

- ▶ Desarrollar e implementar políticas de protección y uso sostenible del recurso hídrico.
- ▶ Fomentar el uso de tecnologías de ahorro de agua en todos los sectores de la economía.
- ▶ Concientizar sobre el agua a consumidores, productores y población en general.
- ▶ Desarrollar políticas de desarrollo sostenible sobre la agricultura, el medio ambiente, la industria, el comercio, la energía y demás sectores que involucran y emplean el agua.
- ▶ Apoyar las inversiones en sistemas y técnicas de riego que ahorren agua.
- ▶ Fomentar la agricultura orgánica.





# Actividad

# 6

Después de evaluar la sostenibilidad de la huella hídrica, es esencial adoptar medidas para disminuir y neutralizar su impacto. Estas iniciativas son aplicables en diversos sectores y pueden ser implementadas tanto por agricultores como por grupos de campesinos. A continuación, encontrarás una serie de preguntas que te desafiarán a aplicar tus conocimientos sobre medidas prácticas para reducir la huella hídrica en la agricultura. ¡Vamos!

**1.** ¿Cuál de las siguientes prácticas se considera una medida eficaz para reducir el desperdicio de agua en la agricultura?

- a. Uso de fertilizantes químicos
- b. Riego por goteo
- c. Uso de maquinaria pesada
- d. Monocultivo intensivo

**2.** ¿Qué acción ayuda a reducir la huella hídrica “gris” en la agricultura?

- a. Uso de riego por aspersión
- b. Aplicación de pesticidas químicos
- c. Agricultura orgánica
- d. Uso de combustibles fósiles

**3.** Rotar los cultivos en una parcela de tierra ayuda a:

- a. Aumentar la dependencia de pesticidas
- b. Reducir la salud del suelo
- c. Mantener la salud del suelo y reducir la necesidad de riego constante
- d. Incrementar el consumo de agua

**4.** Reducir la huella hídrica en la agricultura beneficia principalmente a:

- a. Solo a los agricultores
- b. A otros sectores y a la comunidad en general
- c. Solo a los consumidores
- d. A las industrias químicas

**5.** Una de las ventajas de usar sistemas de riego más eficientes, como el riego por goteo, es que:

- a. Reduce el desperdicio de agua
- b. Aumenta el uso de agua
- c. Incrementa la necesidad de fertilizantes
- d. Disminuye la producción agrícola

*Respuestas: 1.b/2.c/3.c/4.b/5.a*





## GLOSARIO

### MEDICIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA

- **Análisis de sostenibilidad:** comparación de los recursos hídricos consumidos con la disponibilidad existente. Se basa en hacer una comparación entre la huella hídrica humana y lo que la tierra puede soportar de manera sostenible, teniendo en cuenta varios factores como son los colores de la huella hídrica, los impactos y sus niveles, como también las dimensiones social, económica y ambiental.
- **Ciclo de vida:** etapas consecutivas e interrelacionadas de un sistema del producto, desde la adquisición de materia prima o de su generación a partir de recursos naturales hasta la disposición final.
- **Ciclo hidrológico:** conjunto continuo de etapas y cambios que atraviesa el agua en la naturaleza.
- **Cuantificar:** expresar numéricamente una magnitud.
- **Demanda hídrica:** eliminación de agua de cualquier fuente, ya sea permanentemente o de forma temporal. Extracción hídrica del sistema natural destinada a suplir las necesidades o requerimientos del consumo humano, la producción sectorial y las demandas esenciales de los ecosistemas no antrópicos.
- **Evaluación integral de la huella de agua:** evaluación de huella de agua que cumple con el principio de integridad, considerando todos los atributos ambientales pertinentes o aspectos del ambiente, la salud humana y los recursos relacionados con el agua, incluyendo la disponibilidad y la degradación.
- **Huella de agua:** cuantificación de los impactos del uso del agua desde el análisis del ciclo de vida.
- **Huella hídrica:** indicador del agua dulce usada, alterada y contaminada directa o indirectamente por la humanidad, que permite evaluar los riesgos asociados y desarrollar estrategias para mitigarlos.
- **Huella hídrica azul:** volumen de agua dulce empleada (incorporada o evaporada) en un proceso productivo proveniente de los recursos hídricos del planeta, es decir, las aguas superficiales y subterráneas.
- **Huella hídrica gris:** volumen de agua contaminada en la producción de los bienes y servicios o requerida para diluir los contaminantes hasta obtener agua de calidad buena para el ambiente y los humanos.
- **Huella hídrica verde:** volumen de agua almacenada en el suelo como humedad proveniente de la precipitación, que no se convierte en escorrentía, y que se incorpora o se evapora en un proceso productivo.
- **Metodología:** grupo de mecanismos o procedimientos racionales, empleados para el logro de un objetivo, o serie de objetivos que dirige una investigación científica. Este término se encuentra vinculado directamente con la ciencia.
- **Mitigación:** conjunto de medidas para contrarrestar o minimizar los impactos ambientales negativos.
- **Sostenibilidad:** desarrollo que asegura satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras.



- Agualimpia, O. N. G., Andina, P. S. (2016). Manual de aplicación de evaluación de huella hídrica acorde a la norma ISO 14046.
- Campuzano Ochoa, C. A., González Valencia, J. E., Guzmán Cabrera, A. C., Rodríguez Ortiz, C. M., Arévalo Uribe, D., Parada Puig, G. (2014). Evaluación multisectorial de la huella hídrica en Colombia. Resultados por subzonas hidrográficas en el marco del Estudio Nacional del Agua
- Cirelli, A. F. (2012). El agua: un recurso esencial. *Química viva*, 11(3), 147-170.
- CTA, GSILAC, COSUDE & IDEAM. Evaluación multisectorial de la huella hídrica en Colombia. Resultados por subzonas hidrográficas en el marco del Estudio Nacional del Agua 2014, Medellín, Bogotá. [En línea]. 2015
- Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Mekonnen, M. M., & Aldaya, M. M. (2011). *The water footprint assessment manual: Setting the global standard*. Routledge.
- IDEAM. (2015). Estudio Nacional del Agua 2014. IDEAM.
- ISO 14046:2014 Environmental management -- Water footprint -- Principles, requirements and guidelines. <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14046:ed-1:v1:es>
- Martínez, A., Chargoy, J., Puerto, M., Suppen, N., Rojas, D., & Villarraga, J. (2016). Huella de Agua (ISO 14046) en América Latina, análisis y recomendaciones para una coherencia regional. Centro de Análisis de Ciclo de Vida y Diseño Sustentable CADIS, Embajada de Suiza en Colombia, Agencia Suiza para la Cooperación y el Desarrollo COSUDE, 90.
- Mazari-Hiriart, M. (2003). El agua como recurso. *Cómo ves*, 54, 10-12.
- Schneider, H., & Samaniego, J. (2009). La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 29-34.
- World Wildlife Fund (WWF) (2008), Informe Planeta Vivo. [http://assets.panda.org/downloads/lpr\\_2008\\_span\\_lo\\_res.pdf](http://assets.panda.org/downloads/lpr_2008_span_lo_res.pdf)
- Becerra, A. T., Bravo, X. B. L., & Membrive, V. J. F. (2013). Huella hídrica y sostenibilidad del uso de los recursos hídricos. *M+ A: Revista Electrónica de Medioambiente*, 14(1), 56.
- Campuzano-Ochoa, C. A., González-Valencia, J. E., Guzmán-Cabrera, A. C., Rodríguez-Ortiz, C. M., Arévalo-Uribe, D., & Parada-Puig, G. (2014). Evaluación multisectorial de la huella hídrica en Colombia. Resultados por subzonas hidrográficas en el marco del Estudio Nacional del Agua
- Falkenmark, M. y Rockström, J. (2004) *Balancing Water for Humans and Nature: The New Approach in Ecohydrology*, Earthscan, Londres.
- Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Mekonnen, M. M., & Aldaya, M. M. (2011). *The water footprint assessment manual: Setting the global standard*. Routledge.
- Hoekstra, A. Y. y Chapagain, A. K. (2008) *Globalization of Water: Sharing the Planet's Freshwater Resources*, Blackwell Publishing, Oxford.
- Hoekstra, A. Y. (2008a) "Water neutral: Reducing and offsetting the impacts of water footprints", Value of Water Research Report Series, n.º28, UNESCO-IHE, Delft, Holanda <https://www.waterfootprint.org/resources/Report28-WaterNeutral.pdf>

- IDEAM (2019). Estudio Nacional del Agua 2018. Bogotá: IDEAM: 452 pp
- IDEAM. (2010). Estudio Nacional del Agua 2010. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá D.C
- IDEAM. (2015). Estudio Nacional del Agua 2014. Bogotá, D. C., 496 páginas. ISBN: 978-958-8067-70-4
- Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2011). The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15(5), 1577-1600.
- WWF. (2012). Una mirada a la agricultura de Colombia desde su Huella Hídrica. [https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/hh\\_colombia\\_6b.pdf](https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/hh_colombia_6b.pdf)





# CRÉDITOS

## MEDICIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA

### DIRECTIVOS

Jorge Eduardo Londoño Ulloa

*Director*

*Dirección General*

Claudia Patricia Forero Londoño

*Directora de Formación Profesional*

*Dirección General*

Luis Alejandro Jiménez Castellanos

*Director del Sistema Nacional de Formación para el Trabajo*

*Dirección General*

Nora Luz Salazar Marulanda

*Subdirectora*

*Centro de Servicios de Salud - Regional Antioquia*

### ECOSISTEMA DE RECURSOS EDUCATIVOS DIGITALES

Milady Tatiana Villamil Castellanos

*Responsable Ecosistemas de recursos educativos digitales*

*Dirección General*

Olga Constanza Bermudez Jaimes

*Responsable línea de producción Regional Antioquia*

*Dirección General*

### CONTENIDO INSTRUCCIONAL

Gloria Lida Alzate Suarez

*Diseñadora Instruccional*

*Centro de Servicios de Salud - Regional Antioquia*

Ana Catalina Córdoba Sus

*Evaluadora instruccional*

*Centro de Servicios de Salud - Regional Antioquia*

Yisela Andrea Vidales Vásquez

*Autor*

*Centro Agropecuario La Granja - Regional Tolima*

Jaime Hernán Tejada Llano

*Validación de recursos educativos*

*Centro de servicios de Salud - Regional Antioquia*

Luis Gabriel Urueta Alvarez

*Validación de recursos educativos*

*Centro de servicios de Salud - Regional Antioquia*

### DISEÑO Y DESARROLLO DE RECURSOS EDUCATIVOS DIGITALES

Marcela González Gomez

*Diseñadora Grá ica*

*Centro de Servicios de Salud - Regional Antioquia*

Kevin Danilo Gómez Perilla

*Diseñador Grá ico*

*Centro de Servicios de Salud - Regional Antioquia*





Fotografías y vectores tomados de  
freepik.es, stock.adobe.com,  
pexels.com, storyset.com  
y flaticon.com



Licencia creative commons CC  
BY-NC-SA



*Este material puede ser distribuido, copiado y exhibido por terceros si se muestra en los créditos. No se puede obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de la licencia que el trabajo original.*

*Base v4.1.0 - Paquete v3.1.0*







**CampeSENA**  
¡Una Esperanza Devida!

# **BITÁCORA DE ACTIVIDADES**

## **MEDICIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA**

# 1. IDENTIFICACIÓN DE LA GUÍA DE APRENDIZAJE



## Denominación del programa de formación:

Medición de la huella hídrica

## Competencia:

### Técnica:

- ▶ Determinar consumos de agua de acuerdo con procedimientos técnicos.

## Resultados de aprendizaje a alcanzar:

### Técnicas:

- ▶ Caracterizar el entorno de la organización según normativa.
- ▶ Aplicar conceptos y metodologías para la medición de la huella hídrica de acuerdo con procedimientos técnicos.
- ▶ Calcular la huella hídrica y su mitigación según la naturaleza de la organización.





## 2. PRESENTACIÓN



Estimado aprendiz, el SENA le extiende una cordial bienvenida al estudio de esta guía de aprendizaje. Tras revisar la cartilla impresa y/o digital y escuchar los *podcasts* y/o el programa radial, lo invitamos a desarrollar las actividades de afianzamiento y las actividades de la bitácora, donde podrá aplicar lo aprendido en su programa de formación.

Para completar las actividades de esta guía, contará con el acompañamiento continuo del instructor asignado, quien le proporcionará las pautas necesarias y las herramientas conceptuales y metodológicas esenciales para el logro de los objetivos de aprendizaje.

## 3. FORMULACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE



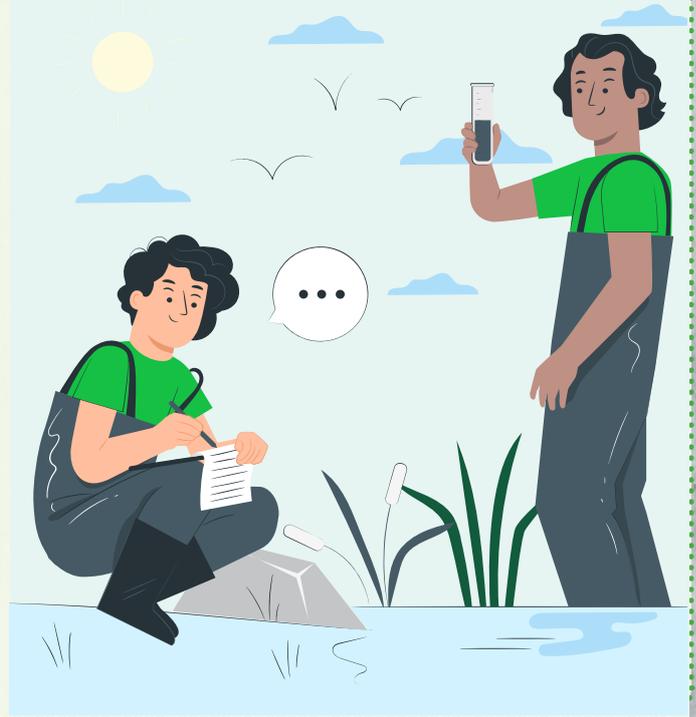
En este apartado se describen las actividades de aprendizaje incluidas en la bitácora del programa "Medición de la huella hídrica".

En la primera sección de la bitácora, le invitamos a completar sus datos personales, los cuales son importantes para la entrega de las actividades al instructor. Luego, realice cada una de las actividades y, en caso necesario, recorte la hoja correspondiente para entregarla a su instructor.

### 3.1 Actividad de aprendizaje proyecto riego eficiente

En esta actividad, le invitamos a realizar los siguientes pasos:

- ▶ Investigue sobre diferentes métodos de riego eficientes, haciendo énfasis en el riego por goteo, el cual fue estudiado en el curso.
- ▶ Dibuje un esquema de su finca o lugar de trabajo, y planifique cómo implementar un sistema de riego por goteo en una sección de sus cultivos.
- ▶ Escriba un breve plan, explicando los materiales que necesita, los costos y cómo funcionará el sistema.
- ▶ Si es posible, realice un pequeño video, demostrando el diseño y la implementación del sistema en una parte de la finca o lugar de trabajo.



### 3.2. Actividad de aprendizaje mi diario de huella hídrica

En esta actividad, le invitamos para que durante una semana, lleve un diario donde pueda escribir todas las actividades diarias que involucran el uso de agua en su hogar y finca o lugar de trabajo (regar plantas, dar de beber a los animales, lavar utensilios, etc.).

Al final de la semana, escriba un resumen de las actividades que más consumen agua y reflexione sobre cómo se podría reducir ese consumo.

#### ¿Cómo hacerlo?

- ▶ Registre cada actividad: anote todas las actividades que realiza en la finca o lugar de trabajo, que impliquen el uso de agua, desde lavar los platos hasta regar los cultivos.
- ▶ Apunte la cantidad: estime la cantidad de agua que utilizasen cada actividad. Puede usar medidas como litros, baldes o recipientes.
- ▶ Observe si hay desperdicio: preste atención si hay fugas, goteras o derrames de agua durante las actividades.
- ▶ Agrega observaciones: escriba cualquier detalle que considere importante, como el método de riego que utiliza o si ha implementado alguna medida para ahorrar agua.
- ▶ Repita durante la semana: complete el diario durante una semana para tener una idea general de su consumo de agua.

Esos datos los debe colocar en el formato que se presenta en la actividad.

### 3.3. Actividad de aprendizaje mapa del ciclo del agua

En esta actividad, lo invitamos a crear un mapa ilustrativo del ciclo hidrológico en su finca o lugar de trabajo, donde identificará y marcará lugares de precipitación, evaporación, escorrentía e infiltración, explicando cómo ocurren estos procesos en su entorno.

### 3.4. Actividad de aprendizaje ¡moja tu mente! Sopa de letras sobre la huella hídrica

En esta actividad, lo invitamos a crear un mapa ilustrativo del ciclo hidrológico en su finca o lugar de trabajo, donde identificará y marcará lugares de precipitación, evaporación, escorrentía e infiltración, explicando cómo ocurren estos procesos en su entorno.





# ACTIVIDADES

A continuación, lo invitamos a aplicar lo aprendido en el programa de formación. Primero, te invitamos a completar los siguientes datos, los cuales son importantes en el momento de la entrega de las actividades a tu instructor:

Nombres y apellidos: \_\_\_\_\_

Cédula: \_\_\_\_\_

Celular: \_\_\_\_\_

Correo electrónico: \_\_\_\_\_

Municipio: \_\_\_\_\_

Luego realiza cada una de las actividades y en las que lo requieran, recorta la hoja correspondiente para entregarla a tu instructor.





## 1. PROYECTO RIEGO EFICIENTE

**Objetivo:** diseñar un sistema de riego eficiente para la finca.

**Instrucciones:** investiga sobre diferentes métodos de riego eficientes, como el riego por goteo que fue estudiado en los componentes formativos.

Dibuja un esquema de tu finca y planifica cómo implementar un sistema de riego por goteo en una sección de tus cultivos.

Escribe un breve plan explicando los materiales que necesitas, los costos y cómo funcionará el sistema. Si es posible, realice un pequeño video demostrando el diseño y la implementación del sistema en una parte de su finca.



## 2. MI DIARIO DE HUELLA HÍDRICA



¿Te has preguntado cuánta agua usas en tu finca durante una semana? ¡Con este diario, podrás convertirte en un detective del agua y descubrir cómo ser más eficiente en su uso!

**Objetivo:** reflexionar sobre el uso del agua en las actividades diarias y en la finca.

**Instrucciones:** durante una semana, lleva un diario donde puedas escribir todas las actividades diarias que involucran el uso de agua en tu hogar y finca (regar plantas, dar de beber a los animales, lavar utensilios, etc.).

Al final de la semana, escribe un resumen de las actividades que más consumen agua y reflexiona sobre cómo podrían reducir ese consumo.

A continuación, se presenta los datos a tener en cuenta y el formato a diligenciar.



### ¿Cómo hacerlo?

**Registra cada actividad:** anota todas las actividades que realizas en la finca que impliquen el uso de agua, desde lavar los platos hasta regar los cultivos.

**Apunta la cantidad:** estima la cantidad de agua que utilizas en cada actividad. Puedes usar medidas como litros, baldes o recipientes.

**Observa si hay desperdicio:** presta atención si hay fugas, goteras o derrames de agua durante las actividades.

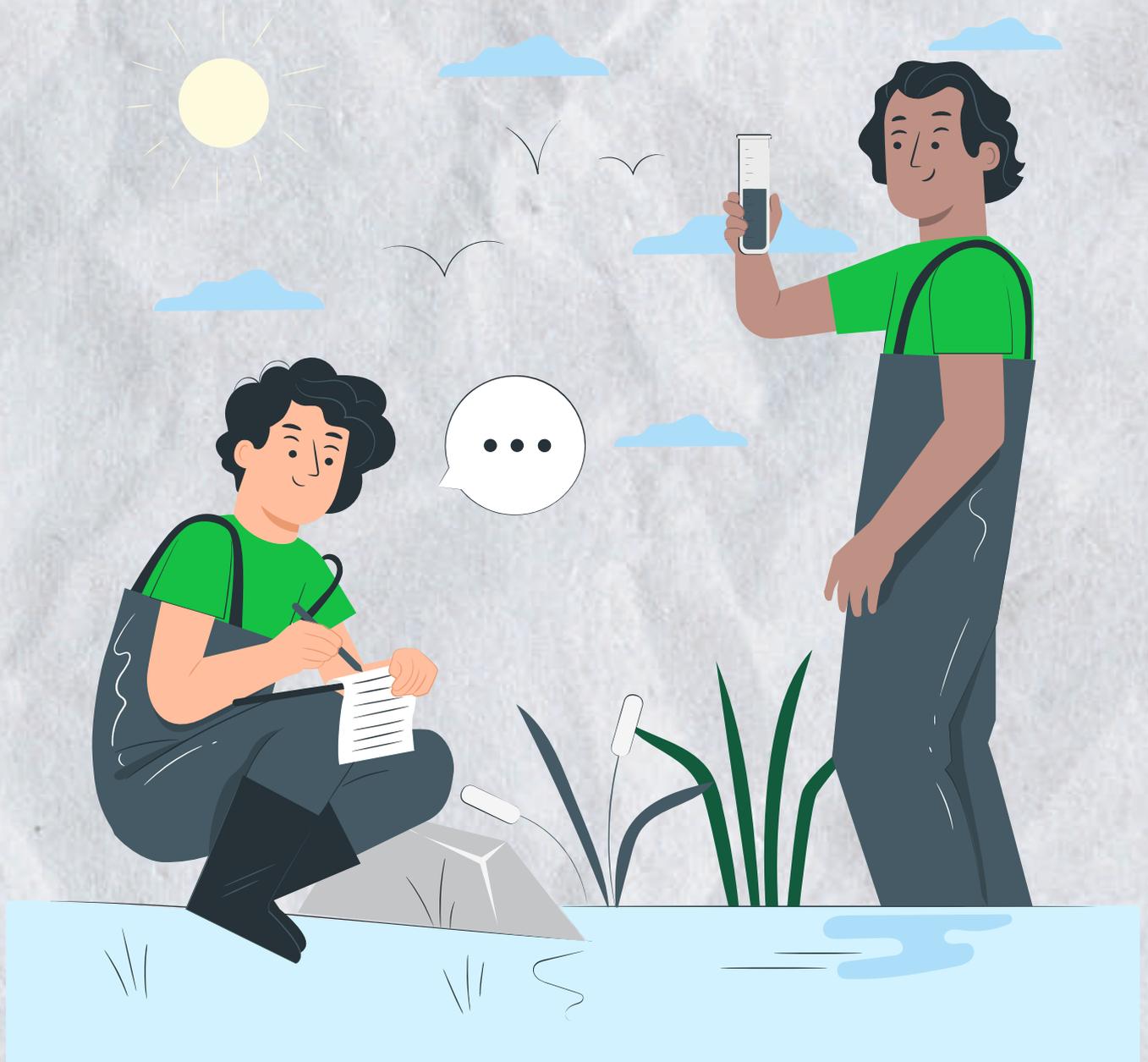
**Agrega observaciones:** escribe cualquier detalle que consideres importante, como el método de riego que utilizas o si has implementado alguna medida para ahorrar agua.

**Repite durante la semana:** completa el diario durante una semana para tener una idea general de tu consumo de agua.





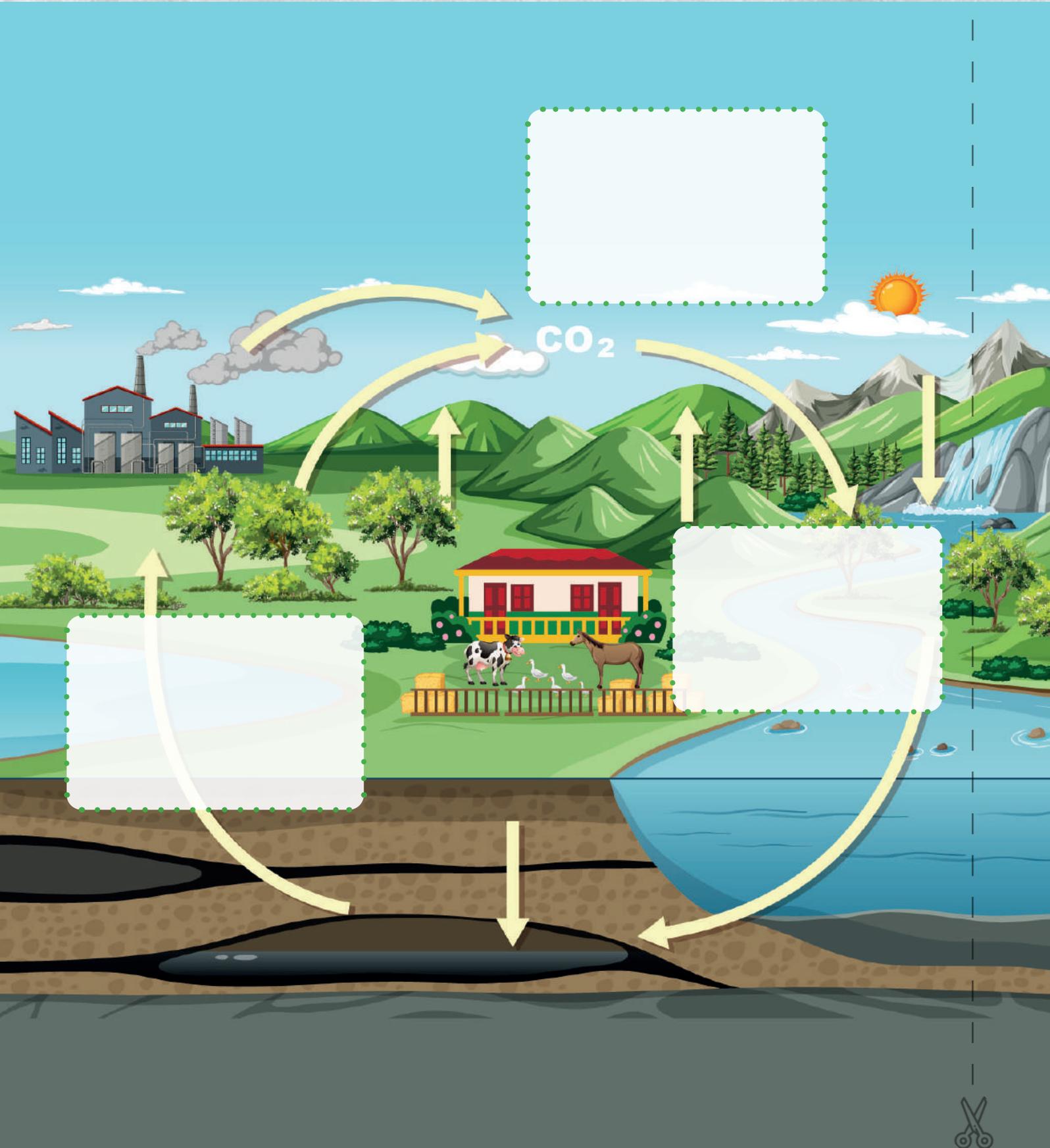
Actividad	¿Cuántos litros?	¿Algún desperdicio?	Observaciones
Lavar los platos	20	No	Usé el lavaplatos con poca agua.
Regar plantas	----	----	----
Lavar ropa	----	----	----
Bañarse	----	----	----
Dar de beber a los animales	----	----	----



### 3. MAPA DEL CICLO DEL AGUA

**Objetivo:** ayudar a visualizar y comprender el ciclo del agua y su relevancia para la gestión hídrica sostenible.

**Instrucciones:** debe crear un mapa ilustrativo del ciclo hidrológico en sus propias fincas. Identificarán y marcarán lugares de **precipitación, evaporación, escorrentía e infiltración**, explicando cómo ocurren estos procesos en su entorno.





#### 4. ¡MOJA TU MENTE! SOPA DE LETRAS SOBRE LA HUELLA HÍDRICA

Busca las palabras escondidas: Las palabras relacionadas con el agua y el consumo responsable están ocultas en la sopa de letras. Puedes encontrarlas de forma horizontal, vertical, diagonal o incluso al revés.



AGRICULTURA  
AGUAGRIS  
CONTAMINACION  
CUANTIFICACION

CULTIVOS  
PRECIPITACION  
RIEGO  
ROTACION

ESCORRENTIA  
FORMULACION  
HUELLADEAGUA  
SOSTENIBILIDAD



E	G	N	S	F	T	J	U	H	D	I	L	F	I
S	N	O	I	C	A	N	I	M	A	T	N	O	C
C	O	I	A	R	G	E	C	H	D	N	E	R	N
O	I	C	R	Y	I	T	C	E	I	A	H	M	R
R	C	A	U	G	A	E	D	A	L	L	E	U	H
R	A	C	T	N	T	E	G	T	I	O	N	L	W
E	T	I	L	N	C	L	O	O	B	D	T	A	Y
N	I	F	U	I	A	V	O	K	I	L	I	C	M
T	P	I	C	I	Y	Z	L	G	N	O	B	I	H
I	I	T	I	N	W	U	S	N	E	X	B	O	E
A	C	N	R	N	O	I	C	A	T	O	R	N	S
I	E	A	G	U	A	G	R	I	S	T	U	O	Q
E	R	U	A	M	R	C	O	S	O	R	I	S	D
H	P	C	U	L	T	I	V	O	S	T	E	A	H



Se desarrollan temáticas relacionadas con el agua, que es un recurso vital para la vida y fundamental para el desarrollo de la humanidad.

**1**

### LA HUELLA HÍDRICA

En este componente formativo, se abordan el agua y algunas temáticas que permitirán comprender, de forma general, la evolución del concepto de huella hídrica y su normatividad, además de los componentes, tipos y metodologías existentes para su medición.

**2**

### EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA HUELLA HÍDRICA

En este componente formativo se abordan temáticas relacionadas con la información sobre el estado y la dinámica de las aguas en el país, establecida el estudio nacional del agua realizado por el IDEAM, además se describirán las metodologías y fórmulas para calcular la huella hídrica, el análisis de sostenibilidad y las medidas existentes para reducir y mitigar la huella.

