

# Evaluación de la huella de agua y la gestión del recurso hídrico en las industrias

## Water Footprint Assessment and Water Management within Industry

Eduard Ríos – Badilla<sup>1</sup>  
Paulo Boj – Coti<sup>2</sup>  
Carolina Alfaro Chinchilla<sup>3</sup>

DOI: 10.22458/rb.v33i1.4287

Recibido – Received: 23/03/2022 / Corregido – Revised: 23/05/2022 / Aceptado – Accepted: 02/06/2022

### RESUMEN

La forma en que se gestiona el recurso hídrico en las industrias puede ser de gran influencia en sus beneficios y utilidades, así como en el acceso a fondos verdes. Con el incremento de la población, la expansión agrícola y el cambio climático, el agua se ha convertido en un recurso de conflictos globales. El sector industrial es normalmente acusado de acarrear implicaciones locales y sistémicas, así como presión sobre los recursos hídricos, por lo que es necesario que las empresas desarrollen estrategias orientadas al uso eficiente del agua, así como a la generación de indicadores para afrontar futuros desafíos. En el trabajo se revisan los conceptos de huella de agua, las aproximaciones más comunes y se repasan elementos del enfoque volumétrico de la *Water Footprint Network* (WFN) así como la norma ISO 14046 como metodología recomendada para generar indicadores de impacto de los diferentes bienes y servicios. Se incluye una revisión de buenas prácticas ambientales, estrategias de producción más limpia y casos de éxito en la reducción del consumo de agua en las industrias. Así mismo, se reflexiona sobre la importancia de la gestión del agua para el desarrollo sostenible y la utilidad de indicadores de gestión del agua para la toma de decisiones estratégicas en las empresas. Finalmente, se considera la responsabilidad social empresarial en la gestión del agua como promotora de competitividad.

*Palabras clave:* huella hídrica; ISO 14046; gestión del agua; huella ambiental; análisis de ciclo de vida; escasez de agua.

### ABSTRACT

Water management in industries can have a positive influence on their earning profits and enhance access to investment and green funds, as well. However, considering agricultural expansion, the exponential growth of the population, and climate change, water has become a global concern. The industrial sector is often accused of being an agent of pressure for interfering both locally and systemically on water resources. Therefore, companies must develop strategies oriented to the efficient use of water, as well as to the generation of indicators to address future challenges. This paper reexamines the concepts of water footprint and the most common approaches to water management. It reviews elements of the volumetric approach of the *Water Footprint Network* (WFN) as well as the ISO 14046 standard as recommended methodology to generate impact indicators for different goods and services. A review of good environmental practices, cleaner production strategies and successful cases in the reduction of water consumption in industries is included in this work, in which the authors highlight the role of industries in the conservation of water resources and ecosystems. The paper also reflects on the importance of water management for sustainable development and the usefulness of water management indicators for strategic decision-making practices in companies. A final remark is made on social corporate responsibility regarding the management of water to promote competitiveness.

*Keywords:* water footprint; ISO 14046; water management; environmental footprint; life cycle analysis; water scarcity.

1 Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica, [eriosb@uned.ac.cr](mailto:eriosb@uned.ac.cr)

ID: <https://orcid.org/0000-0003-3747-8246>

2 Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica, [pboj@uned.ac.cr](mailto:pboj@uned.ac.cr)

ID: <https://orcid.org/0000-0003-0402-7086>

3 Escuela de Química, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica, [carolina.alfaro.chinchilla@una.cr](mailto:carolina.alfaro.chinchilla@una.cr)

ID: <https://orcid.org/0000-0002-3965-0540>

## Introducción

### *El escenario global del agua*

El uso global del agua se incrementa año con año. En los últimos 100 se ha multiplicado por seis y sigue aumentando a un ritmo constante de 1% anual, debido a varios factores como el crecimiento demográfico, el desarrollo económico, así como el cambio en los patrones de consumo. Por otra parte, se prevé que el cambio climático agravará la situación de regiones con estrés hídrico y creará escasez en las regiones en las que actualmente hay agua abundante, además es probable que altere la disponibilidad estacional del agua a lo largo del año en varios lugares (ONU-Agua, 2020).

La escasez de agua supone un riesgo muy alto para la industria, puede comprometer los procesos productivos, causar desabastecimiento en la cadena de suministros y aumentar los costos de producción, así como causar daños a instalaciones y equipos, entre otros efectos. Una adecuada gestión del agua se constituye en un acicate para reciclarla y mejorar su uso eficiente por medio de acciones como el uso del agua de lavado, la detección de pérdidas en el flujo, el uso de equipos más eficientes y una serie de buenas prácticas ambientales que permitan tanto la reducción del uso de agua, así como su uso eficiente (ONU-Agua, 2020).

En los sistemas de gestión del agua, los indicadores juegan un rol importante para dar seguimiento a los ciclos de mejora continua. La huella de agua es el indicador de gestión sostenible del agua por parte de las empresas ante escenarios de estrés hídrico, incluso puede ir más allá y ser incorporada como indicador

de estrategias de responsabilidad social al permitir la métrica de agua de desecho y el uso eficiente del agua (Pérez et al., 2016).

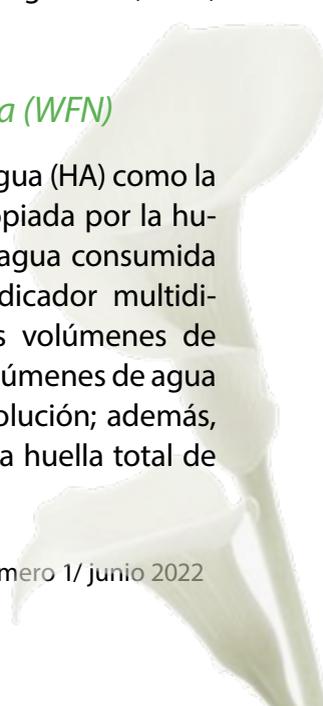
Con el tiempo, grandes fondos de inversión se empiezan a concentrar en empresas que realizan esfuerzos para la gestión correcta del recurso hídrico a través de indicadores de gobernanza, estrategia, gestión del riesgo y comunicación de métricas y objetivos como los que permiten las evaluaciones de huella hídrica, ya sea en sus aproximaciones volumétricas o de análisis de ciclo de vida -ACV- (Carbon Disclosure Project -CDP-, 2020).

### Definiciones y aproximaciones de la huella hídrica o huella de agua

La huella de agua en general podría describirse como una métrica que relaciona los impactos ambientales relacionados con el uso del recurso hídrico en las actividades productivas; con el tiempo se han abordado una serie de definiciones y aproximaciones, entre ellas la divulgada por la *Water Footprint Network* (WFN) con enfoque volumétrico, introducida en 2002 por Arjen Hoekstra, y la aproximación planteada por la Comunidad de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) que considera el enfoque de WFN (Berger et ál., 2021; Vanham & Bidoglio, 2013)

#### *Aproximación volumétrica (WFN)*

La WFN define la huella de agua (HA) como la medida de agua fresca apropiada por la humanidad en volúmenes de agua consumida y/o contaminada. Es un indicador multidimensional que muestra los volúmenes de consumo por fuente y los volúmenes de agua contaminada por tipo de polución; además, todos los componentes de la huella total de



agua son específicos en tiempo y espacio, agregan así una dimensión geográfica y temporal. La HA considera usos directos del agua en productos, bienes y servicios, así como los usos indirectos en toda la cadena de valor (Egan, 2011; What Is a Water Footprint?, s.f.)

En este enfoque, WFN distingue tres huellas de agua clasificadas por color y se refieren a los siguientes conceptos (Zhuo et ál., 2020):

- Huella azul: corresponde al consumo de agua superficial y subterránea a lo largo de una cadena de valor.
- Huella verde: equivalente al consumo de agua proveniente de la lluvia y que no sufre escorrentía.
- Huella gris: se refiere al agua contaminada y se define como el volumen de agua fresca requerido para asimilar la carga de contaminantes y devolver las condiciones de calidad y estándares naturales.

Es importante resaltar que la huella de la WFN es un indicador volumétrico de consumo y contaminación del recurso hídrico, más no una medida de la severidad de los impactos ambientales asociados o del estrés hídrico.

### *Aproximación de análisis de ciclo de vida*

La aproximación de huella de agua propuesta por la Comunidad de Análisis de Ciclo de Vida es también la base de la norma ISO 14046 para la *Evaluación de Huella de Agua*, se define como una métrica que cuantifica los impactos ambientales potenciales relacionados con el agua. Implica el levantamiento de un inventario de ciclo de vida del proceso, servicio o producto, para el posterior análisis de impactos potenciales relacionados con el

recurso hídrico en cada etapa, utilizando indicadores de cantidad y calidad del agua. De cierta forma, incluye el enfoque volumétrico de WFN ya que considera los balances de masa de agua en la cadena de valor, de manera directa e indirecta (Gmünder et ál., 2019; Vanham & Bidoglio, 2013)

Desde la perspectiva de ACV, se distingue entre el uso total de agua (consumo de agua), cuando ya no está disponible en las fuentes naturales, y la degradación de la calidad del agua cuando está disponible, pero su calidad ha disminuido (Water Footprint – Life Cycle Initiative, s.f.).

Ambas aproximaciones (WFN y ACV) computan el uso del agua con sus respectivos impactos asociados; sin embargo, algunos autores señalan que la principal diferencia entre ambas metodologías se encuentra en la forma de comunicar los resultados y la perspectiva. En este sentido, se podría concluir que el enfoque ACV enfatiza en los impactos ambientales producto del uso del agua -herramienta de gestión ambiental-, mientras que WFN se concentra en la idea del agua fresca como recurso escaso -herramienta de economía ambiental- (Pfister et ál., 2017).

Para efectos de la revisión, se abordará en mayor detalle la evaluación de huella de agua según la norma ISO 14046 como guía para las industrias, es decir el enfoque de ACV.

### **Evaluación de la huella de agua**

La evaluación de la huella de agua es una herramienta analítica que facilita la toma de decisiones estratégicas en las organizaciones respecto de la gestión del recurso hídrico. Representa así un instrumento para entender como los productos, los procesos y los

servicios contribuyen a los problemas de escasez, degradación y disponibilidad de agua, así como la identificación de aspectos por intervenir para hacer un uso racional y sostenible del agua (Egan, 2011).

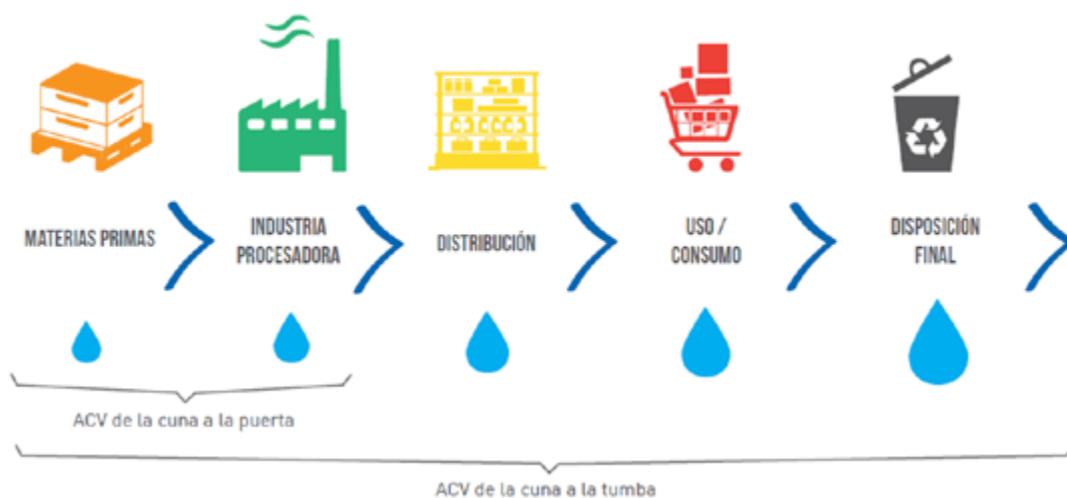
### La norma ISO 14046

La norma 14046 de la Organización Internacional de Estandarización ISO, brinda una serie de principios, requisitos y directrices

para realizar la evaluación de la huella hídrica. Para estos efectos, aborda un conjunto específico de indicadores referentes al consumo y la contaminación del agua y los relaciona con potenciales impactos ambientales, así mismo el enfoque metodológico basado en el ACV considera los usos directos e indirectos del agua en la cadena de valor, como se representa en la figura 1.

**Figura 1**

*Esquema del enfoque de ACV en la evaluación de la huella hídrica*



*Nota.* Con base en Fundación Chile & Agualimpia, 2016.

En el caso del sector industrial, el enfoque de ACV considera los usos directos del agua como aquellos que se relacionan con el recurso utilizado para su operación, mientras que los usos indirectos toman en cuenta los usos de agua requeridos para la producción de materias primas, electricidad y cualquier otro flujo de materia y energía que se necesitara para la operación industrial (Fundación Chile & Agualimpia, 2016).

Una evaluación de la huella hídrica acorde con la norma ISO 14046 considera tres etapas fundamentales: establecer los objetivos y alcance para el estudio, realizar un inventario de usos y la evaluación de impactos, para que finalmente la información sea interpretada para establecer nuevos objetivos ambientales relacionados con el proceso o producto. Los pasos se diagraman en la figura 2.

**Figura 2**  
Esquema de las etapas para el cálculo de la huella hídrica



Nota. Adaptado de la ISO 14046:2014 por Fundación Chile.

Una vez que la organización establece el objetivo y el alcance del estudio, se definen entonces los límites del sistema. Además, como parte del proceso se define también la unidad funcional que brinda el marco de referencia como *unidad de cálculo* para el levantamiento del inventario. Esta unidad funcional permite además la comparación cuantitativa entre sistemas ya que es la base de cálculo sobre la cual se realizan los balances de materia y energía de los sistemas.

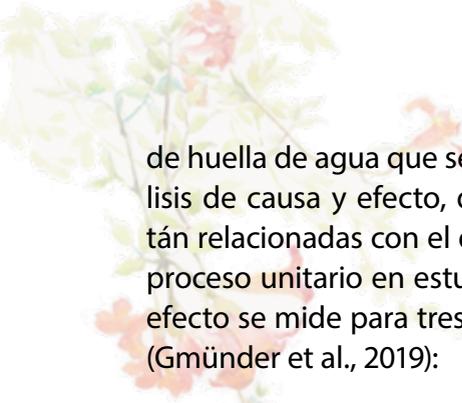
### Inventario de HA

Para realizar el análisis del inventario se deben cuantificar todas las entradas y salidas de agua del sistema delimitado que puedan contribuir de manera significativa a los impactos ambientales. Es importante tomar en cuenta la cantidad y calidad de agua extraída y descargada, la fuente de extracción y el cuerpo receptor de la descarga (componentes de uso directo), así como entradas de materias

primas, insumos de procesos, energías y salidas de productos y contaminantes. El análisis, en función de los límites del sistema podría incluir el transporte dentro de la cadena de suministros, combustibles o residuos y todas las actividades relacionadas con la unidad funcional. La idea es poder identificar aquellos puntos en la cadena de valor donde las actividades extractivas o de descarga generen alteraciones importantes en el volumen y calidad del recurso hídrico, pues serán los ejes de acción prioritarios en la estrategia de gestión (Fundación Chile & Agualimpia, 2016; Water Footprint – Life Cycle Initiative, s.f.).

### Indicadores de la huella de agua

Al calcular los resultados de un estudio de huella de agua, es indispensable establecer indicadores de inventario para la posterior evaluación de los impactos. La iniciativa “El agua nos une” propone un marco de referencia para la determinación de indicadores



de huella de agua que se enfocan en un análisis de causa y efecto, donde las causas están relacionadas con el dato del inventario o proceso unitario en estudio, mientras que el efecto se mide para tres áreas de protección (Gmünder et al., 2019):

- *Salud humana*: todos los impactos que afectan a los humanos por toxicidad, mutagenicidad, radiación, consumo de agua y otras causas. Se expresan normalmente en unidades de año de vida ajustados en función de la discapacidad (DALY) que combinan estimaciones de mortalidad y morbilidad.
- *Calidad ecosistémica*: se relaciona con el deterioro por acidificación, eutrofización y toxicidad para la vida silvestre. Estos impactos se pueden medir como especies potencialmente desaparecidas (PDF).
- *Agotamiento de recursos*: corresponde al agotamiento de los recursos no renovables o cuando los recursos renovables se consumen a un ritmo mayor al que se renuevan. Se utiliza por ejemplo el volumen de agua consumida o la huella de escasez.

Las tres áreas de protección están relacionadas con la metodología de punto final, es decir, se concentran en analizar un daño asociado con una actividad. Sin embargo, existen indicadores de punto medio que por lo general se relacionan con la escasez y la pérdida de la calidad del agua.

En términos de cantidad, es común encontrar entre los indicadores aquellos relacionados con la extracción de agua, el agua consumida y el agua vertida; mientras que, para

calidad, en el contexto de ACV también es típico utilizar concentración de contaminantes en mg/L. Además, debido a que muchas empresas poseen métricas de pocas fuentes de emisión, la demanda química de oxígeno (DQO) suele ser usada como un indicador simplificado de la degradación del agua (Fundación Chile & Agualimpia, 2016). Los indicadores que se elijan serán, finalmente, aquellos de relevancia para la organización, así como los que tengan coherencia con los estándares internacionales y que se encuentren disponibles en las herramientas de evaluación del agua y análisis de ciclo de vida. Esto incluye revisar la información en bases de datos como *Ecoinvent*, *Water Impact Index*, *Quantis*, *WULCA*, entre otros.

## Huellas de agua

En esta sección se abordan tres tipos de huella hídrica que se consideran indicadores estándar dentro de las evaluaciones de huella de agua y que son aplicables a la metodología de la ISO 14046.

### *Huella de escasez*

Tiene que ver con la ponderación del consumo de agua y posee dimensionales temporales y espaciales. Evalúa la potencial privación del recurso hídrico tanto para los seres humanos como para los ecosistemas. Al tener un componente espacial, se concluye que, entre menos agua remanente hay por área, es más probable que otro usuario carezca de agua. Un método recomendado es el AWARE 100 que utiliza capas de sistemas de información geográfica (Gmünder et al., 2019). El indicador permite la comparación



del impacto generado por la misma actividad productiva u organización en diferentes latitudes y épocas; por ejemplo, Liao et ál. utilizan este indicador para comparar el impacto sobre el recurso hídrico asociado a la producción de energía en seis megaciudades en China.

### Huella de degradación

Los efectos adversos sobre los ecosistemas y la salud humana se asocian tanto con la disminución de la disponibilidad (huella de escasez) como con la calidad física, biológica y química del agua, lo que constituye la huella de degradación. Para la evaluación ISO 14046, este indicador se expresa como masa o concentración de contaminante emitido por unidad funcional del estudio, multiplicado por factores de caracterización que se encuentran tabulados en la literatura. Este indicador

contempla procesos de acidificación de agua dulce y marina, eutrofización, exposición a sustancias tóxicas y ecotoxicidad, contaminación térmica, radiación, plásticos, entre otros.

### Huella de disponibilidad

El parámetro fue desarrollado por Veolia (2011), evalúa el impacto de las actividades humanas en el uso del agua al agrupar el consumo, la calidad y la escasez en un solo indicador (figura 3) que se conocerá como índice de impacto hídrico o índice de estrés hídrico (WIIX, por sus siglas en inglés). El indicador sigue los requerimientos del enfoque de ACV reflejados en la norma ISO 14046 al evaluar los usos directos e indirectos (WiiX: Water Impact Index, Measure Your Water Footprints Veolia, s.f.).

Figura 3

Fórmula de los componentes del índice de impacto hídrico WIIX desarrollada por Veolia



Nota. Elaboración propia con base en los estudios consultados.

## Industria y HA

### Procesos industriales y HA

De acuerdo con el Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos del año 2020, el sector industria y energía extraen 19% de los recursos mundiales del agua. Además, se ha

proyectado que la participación de los sectores de la industria y la energía en la demanda mundial del agua aumentará 24% para el año 2050, por lo que se prevé un aumento de la escasez en las zonas que sufren estrés hídrico, ya que disminuirá la cantidad de agua que regresará al ciclo hidrológico, para que otros sectores la utilicen.

Lo expuesto se convierte en un gran desafío para el sector industrial, que siempre ha buscado operar en un ambiente de certeza, en un clima de negocios favorable y con disponibilidad de materias primas. En muchos casos, el agua es una de las principales materias primas y no ha existido preocupación por su disponibilidad al considerarse un recurso inagotable. No obstante, ahora hay poca certeza respecto al suministro de agua en cuestión, su disponibilidad, calidad y accesibilidad como consecuencia del modelo extractivo y del cambio climático que han provocado variabilidad de reabastecimiento de aguas superficiales y de recarga de aguas subterráneas (ONU-Agua, 2020). Como ejemplo, se puede mencionar al sector de alimentos y bebidas, en donde el agua es la principal materia prima y recurso en diferentes áreas de los procesos productivos auxiliares, por lo que la escasez del recurso representa su principal vulnerabilidad.

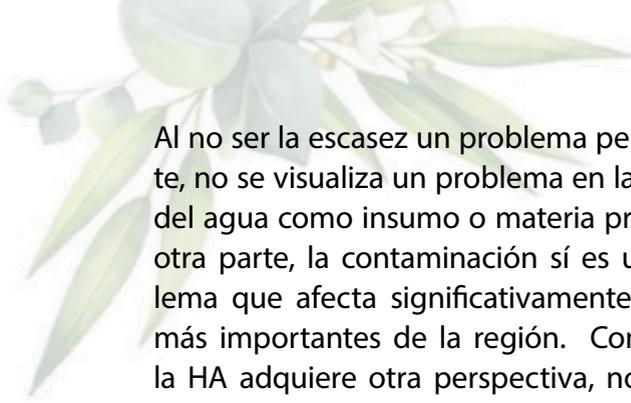
En este sentido, cada vez más empresas reconocen su rol en los problemas ambientales y procuran descubrir la manera en que sus negocios generan efectos sobre la cadena de valor, estableciendo métricas desde el proveedor de las materias primas que utilizan hasta el consumidor final de sus productos, con el fin de generar medidas preventivas y correctivas a los impactos que se prevén. Es en este punto donde la huella de agua, a nivel empresarial, se constituye en un indicador que facilita por un lado conocer el impacto sobre el recurso hídrico y la necesidad de minimizarlo mientras por otro, permite identificar la vulnerabilidad de la empresa ante el riesgo de no acceder al recurso (Pérez et ál., 2016).

Para la actividad industrial, *Water Footprint Network* provee información que se puede

comparar respecto a la actividad agrícola. En esta comparación se puede observar la gran demanda de huella de agua azul en la de la industria, especialmente en países muy industrializados como Alemania, Francia e Italia. Aunado a esto, existe una gran contaminación, el agua gris para estos países supone en promedio 72% de la huella de agua industrial (Pérez et ál., 2016).

Con la entrada en escena de la norma ISO 14046, se espera que se facilite la armonización de forma consensuada a nivel global de conceptos, principios y metodologías de cálculo de HA. Sin embargo, en América Latina aún predomina la falta de sensibilización con el tema, en parte porque el recurso hídrico todavía no escasea como en otras regiones. Lo anterior, complica el análisis del inventario de huella de agua, por varios motivos, como los que enumera el Centro de Análisis de Ciclo de Vida y Diseño Sustentable (Martínez et ál., 2016) requisitos y directrices”, publicada en 2014, resalta como una opción metodológica para evaluar el impacto potencial de productos, servicios u organizaciones al agua de manera integral, ya que toma en cuenta tanto la cantidad como la calidad del agua y un enfoque de ciclo de vida. Por su parte, la referencia técnica ISO/TR 14073 (actualmente en desarrollo).

- La información disponible no es representativa geográfica o estadísticamente.
- La información que se requiere no se conoce.
- Los mecanismos de medición y seguimiento son insuficientes.
- La confidencialidad de la información.



Al no ser la escasez un problema permanente, no se visualiza un problema en la gestión del agua como insumo o materia prima, por otra parte, la contaminación sí es un problema que afecta significativamente los ríos más importantes de la región. Con lo que la HA adquiere otra perspectiva, no menos importante.

## Conservación del agua en la industria

### *Conservación del agua*

La continuidad de los procesos productivos depende del suministro de agua como insumo directo y como servicios auxiliares, por ejemplo, en el suministro de energía. Ante este panorama, la conservación del agua requiere un abordaje prioritario.

Para ilustrar la problemática, el Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos del año 2020 presenta el caso reportado por Colgate Palmolive en el año 2016, en donde indica que el fenómeno de El Niño causó una severa sequía en el sudeste asiático, afectando el rendimiento de la fruta de palma y reduciendo la producción de aceite de palma en 27% en la primera mitad del año respecto al mismo período del año anterior. Los cambios mencionados afectaron la cadena de suministro de Colgate (y de la industria cosmética en general). Ahora la compañía evalúa las implicaciones futuras de la escasez de agua en los productos básicos clave ante lo recurrente del fenómeno climático mencionado (ONU-Agua, 2020).

El sector industrial dispone de varias oportunidades para enfocar sus esfuerzos en contrarrestar la amenaza de la escasez del agua

a través de su conservación. Podemos mencionar las más representativas:

- Aplicación de buenas prácticas ambientales.
- Uso de tecnología de energía renovable baja en carbono con poca necesidad de agua.
- Gestión circular del agua, en donde el uso del agua cambia de un proceso lineal con creciente generación de aguas residuales a uno circular, en donde se favorece el reúso.
- Parques ecoindustriales y economía circular, que representan medidas más complejas, pero integrales, en donde se plantea la reutilización del agua y la simbiosis industrial en los parques ecoindustriales, la gestión eficaz del agua y de los efluentes de los parques, la cooperación entre sectores y la recuperación de recursos de las aguas residuales con razonamiento de una economía circular (ONU-Agua, 2020).

### *Buenas prácticas ambientales y de producción más limpia (P+L)*

Como medida básica, previo a adoptar modificaciones en los procesos industriales, se debe considerar la reducción de impactos negativos sobre el ambiente y con ello en la conservación del agua, a través de las buenas prácticas ambientales (BPA).

Aquellas acciones que pretenden reducir perjuicios sistemáticos o accidentales del sistema productivo sobre el entorno, sobre los recursos naturales y el ser humano, minimizando las emisiones de gases y ruidos a la atmósfera, los vertidos líquidos a cauces, espacios naturales y aguas subterráneas y los residuos sólidos a vertedero o al suelo directamente, pero

que necesitan ser asumidas por la empresa, entendida en su globalidad, previamente a su aplicación, constituyéndose estas prácticas en actuaciones de gran rentabilidad, que dotan a la empresa de seguridad y que optimizan los procesos. (Rodríguez et al., 2021 p.71 )

Las BPA se pueden definir a través de tres líneas generales y que operan en forma continua:

- Diseñar manuales para el uso adecuado de materiales, de equipos, de residuos y, por lo tanto, formar eficazmente a los mandos intermedios, jefes de equipo y a los operarios.
- Realizar un adecuado mantenimiento preventivo de los procesos, evitando fugas y derrames y optimizando procesos.
- Revisar y controlar los inventarios, haciendo un control regular de materias primas, piezas, materiales, residuos, vertidos y emisiones. (Rodríguez et al., 2021 p.71)

Para el caso específico de la gestión del agua, se pueden aplicar prácticas muy sencillas:

- Realizar una auditoría para averiguar los consumos de agua, para detectar deficiencias en los procesos y para determinar cómo y dónde existen oportunidades de ahorro, considerando la cantidad de agua utilizada en procesos de limpieza, aseo, duchas, lavamanos, entre otros.
- Realizar mantenimiento preventivo con inspecciones periódicas de las tuberías, grifos, cisternas, con el objeto de detectar fugas y consumos excesivos.
- Instalar medidores de caudal con el objeto de poder aplicar programas de minimización y de reducción de caudal en los procesos que representan mayor consumo de agua.

- Examinar los sistemas de vertido de aguas residuales, ordinarias y especiales e implementar programas de minimización de carga contaminante en los mismos. (Rodríguez et al., 2021 p.71 )

Si la empresa persigue fortalecer las medidas de conservación del agua, dispone de una herramienta más completa, como lo es la aplicación del concepto de producción más limpia (P+L).

[...] estrategia integrada y continua de prevención, aplicada a los procesos, productos y servicios con el fin de lograr un uso más eficiente de los recursos naturales, que permite aumentar la eficiencia ecológica, minimizar los desechos, reducir los riesgos a la salud y seguridad humana y al medio ambiente, generando soluciones en la fuente, más que al final de los procesos productivos. (Rojas, I., 2009, p 51)

Es decir, se reconoce que los productos y procesos van a generar algún tipo de emisión o desecho, sin embargo, a través de la mejora continua se pueden reducir las emisiones y obtener progresivamente menos contaminación, minimizando los desechos en la fuente de generación, tanto en cantidad como en peligrosidad (Rojas, 2009). El enfoque general de la P+L considera que las mejoras ambientales van de la mano con la eficiencia de los procesos de transformación, por lo que al aumentar esta, también se obtienen beneficios económicos.

Para la implementación de P+L se pueden considerar seis pasos (Rojas, 2009):

1. Compromiso de la gerencia e información básica. Es importante no solo conocer los procesos y productos, sino los consumos, costos y desechos generados. La

HA se constituye en un indicador básico y punto de partida.

2. Análisis de las etapas del proceso y de las operaciones unitarias para establecer balances de materia y energía. En este paso, es indispensable un balance de agua que identifique las operaciones que consumen agua y el porcentaje para cada una de ellas. Con el balance de materia, agua y energía, se pueden determinar y caracterizar las pérdidas-desechos a la vez que se establece el costo, además se debe realizar un análisis de causa/raíz para cada desecho relevante.
3. Generación de opciones de P+L. Se establecen las opciones de mejora para cada una de las causas identificadas, para su posterior clasificación de acuerdo con su inmediatez y factibilidad de implementación.
4. Selección de opciones a través de un estudio de viabilidad de los aspectos técnicos, financieros y ambientales.
5. Implementación de opciones de P+L seleccionadas, así como su monitoreo y evaluación constante de resultados.
6. Mantener la P+L, por medio de un proceso de mejora continua.

En el caso específico de Costa Rica, la P+L ha sido promovida por medio de acuerdos voluntarios de producción más limpia (AVP-L), una herramienta de autorregulación en donde una empresa en conjunto con las autoridades nacionales acuerdan el establecimiento de metas y compromisos que permitan mejorar su desempeño en materia ambiental, económica y social, lo cual incrementa la eficiencia y productividad, y a la vez minimiza

los riesgos ambientales por contaminación o mal uso de recursos (Chinchilla Salazar, 2021).

## Huella de agua y gestión estratégica

### Enfoque de 5R

Ante un panorama de estrés hídrico, la industria puede contribuir en la reducción del uso del agua y además ser más eficiente. El Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos del año 2020 señala que existen oportunidades para que la industria disminuya el consumo de agua, en general, hasta 50%. El porcentaje contrasta con estadísticas que mencionan que, en el año 2010, 16% de la extracción de agua dulce a nivel mundial se convirtió en aguas residuales industriales y en la mayoría de los países un porcentaje bajo se recicla (ONU-Agua, 2020). Como se mencionaba anteriormente, una de las estrategias es la adopción de la gestión circular del agua, la que se caracteriza por el enfoque 5R: reducir, reutilizar, reciclar, restaurar y recuperar. En donde las tres primeras pueden tener especial atención en el sector industrial, ya que pueden incidir en la reducción de costos.

### Reducción de la HA, casos en Costa Rica

La reducción de la HA es una estrategia incipiente en Costa Rica, que se espera tome auge al disponer de una certificación relacionada con el tema, promovida por el Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO). Por ejemplo, *Florida Bebidas* es una empresa que cuenta con esta certificación y que en el proceso de alcanzarla ha reducido su consumo de agua. Desde el 2005, la firma redujo 47% el consumo de agua en sus centros de distribución, áreas operativas y



administrativas y en las plantas de producción. Según los personeros de la empresa, se disminuyeron gastos operativos por concepto de uso de energía eléctrica y menor cantidad de uso de químicos para tratamientos y disposición final de las aguas; lo lograron con la implementación de un *software* que les permite modelar procesos industriales para estimar de forma fiable los consumos y la huella de agua para los diversos componentes del producto. También recolectaron agua de lluvia, entre otras acciones (Fallas, 2015). Otra empresa que ha trabajado en la disminución de su HA es *Alimentos ProSalud*. Se estima que para el 2015 había disminuido 20% su consumo de agua. Entre las acciones implementadas están la colocación de boquillas eficientes en los lavamanos de la compañía y el cambio de dispensadores de agua tradicional por otros con sistemas de filtración. Además, disponen de una planta de tratamiento moderna que trata 100% del agua resultante de los procesos productivos de fábrica (Fallas, 2015).

La primera productora de café que empezó a trabajar proyectos de ahorro de agua en Costa Rica es *Coopedota*, que desde 1994 trabaja en reducir su consumo de agua. Para el año 2015 había logrado pasar de tres metros cúbicos por fanega a 0,016 metros cúbicos en su última cosecha. Gracias a medidas como la recirculación en el despulpado y en el proceso de lavado, así como la implementación de medidores de agua en entradas y salidas (Fallas, 2015).

Otro ejemplo de empresa que ha hecho ajustes a sus productos y procesos para disminuir su HA es la compañía de productos de limpieza *Florex*, que del año 2009 (estimado en que empezó el proceso de gestión de agua) hasta

el año 2015 había cuantificado una reducción de 48% en el uso del agua, gracias a acciones como la recolecta de agua de lluvia para sus procesos internos y el diseño de productos concentrados; es decir, con menor contenido de agua en su formulación (Fallas, 2015).

### *Responsabilidad social en la gestión del agua*

La responsabilidad social empresarial (RSE) es una tendencia global, promueve que las organizaciones actúen más allá de lo mínimo demandado por la legislación. Implica la incorporación de principios éticos y de responsabilidad como agentes sociales desde la programación estratégica. Esta tendencia se ve impulsada por la creciente sensibilización y concientización de la sociedad civil, los gobiernos y diferentes organizaciones multinacionales sobre conflictos globales como el cambio climático, el calentamiento global y la escasez de recursos (Licandro, 2016).

La escasez de agua y los problemas asociados a su calidad y disponibilidad ya no es un tema exclusivo del África Subsahariana, sino que se muestra en un escenario global. Dada además la importancia del recurso hídrico para el sector productivo y la vida en sociedad, es de esperar que sea un eje importante de acción para las empresas que desean implementar políticas corporativas de RSE. Así mismo, los líderes del sector privado están buscando alinear sus estrategias empresariales para apoyar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), como el ODS6 que busca asegurar agua limpia y saneamiento para todos. Por otro lado, los grupos de inversión muy importantes como Norges Bank y el Foro Económico Mundial mantienen la vista sobre organizaciones cuyo compromiso con



la gestión del agua es evidente, sustentable y contribuyente socialmente (Global Water Partnership, 2016; Lambooy, 2011). En este sentido, se evidencia que las expectativas sobre las empresas giran en torno a asumir la responsabilidad por los impactos de las actividades productivas sobre el agua, lo cual es más significativo cuando se pone en riesgo la salud pública por el detrimento de la calidad de los mantos acuíferos o por altas tasas de consumo de agua fresca.

Los informes de sustentabilidad son un ejemplo de instrumento con el que las organizaciones pueden rendir cuentas sobre la gestión de los impactos de sus actividades sobre el recurso hídrico, así mismo refuerzan el sentido de transparencia que es vital para abordar los problemas del desarrollo sostenible. El agua es entonces para las organizaciones una nueva responsabilidad social pues son un vínculo real entre la naturaleza y los territorios; dónde los principios éticos y de gobernanza ambiental fortalecen su imagen, brindan confianza a los organismos financiadores y generan relaciones de reciprocidad que promueven el desarrollo de negocios rentables en un triple balance: económico, social y ambiental (Companies and Water: The New Social Responsibility | We Are Water, s.f.).

## Conclusiones

La huella de agua, a pesar de ser un concepto con al menos 20 años de vigencia, no ha logrado posicionarse como indicador de gestión ambiental en Costa Rica debido a que en Latinoamérica no hay regiones con serios problemas de estrés hídrico y porque el tema de las aguas residuales no ha adquirido la importancia que merece. Hay suficiente agua, por lo que no existe una presión o necesidad

de gestionarla y conservarla. Sin embargo, se han formulado instrumentos que buscan ayudar en la evaluación de la gestión del recurso hídrico para la región, los cuales promueven la generación de indicadores de responsabilidad y sostenibilidad que incorporan el agua como eje fundamental del desarrollo productivo balanceado.

No existe una fórmula establecida para la reducción de la huella de agua. Las medidas óptimas dependerán del profundo conocimiento de los procesos, de la realización de balances de materia, agua y energía y de la métrica precisa; lo anterior permite el establecimiento de una serie de acciones que, en un ciclo de mejora continua, favorecen una buena gestión del agua y contribuyen a la reducción del consumo. También, como se evidencia en este artículo, la norma ISO 14046 es un estándar de referencia para tomar medidas hacia una mejor gestión del recurso hídrico en las organizaciones, complementado por otras herramientas desarrolladas por organizaciones como Quantis, la academia y los centros y organizaciones de producción más limpia y análisis de ciclo de vida en la región.

El punto de partida para cualquier iniciativa de gestión del agua debería comenzar con buenas prácticas ambientales específicas del sector y con una gestión circular del agua. Posterior a ello, existen múltiples estrategias por seguir, las cuales contemplan como indicador de referencia la huella de agua.

Finalmente, la gestión correcta de los recursos hídricos es una responsabilidad ética que trasciende las demandas mínimas legislativas. Las organizaciones se ven inmersas en un nuevo panorama de competitividad que además les exige poner en perspectiva el típico modelo de producción extractivo y



utilitarista para promover una transición hacia modelos de consumo y producción sostenibles económica y socialmente, así como la promoción de la gobernanza ambientalmente racional de los recursos naturales.

## Referencias

- Berger, M., Campos, J., Carolli, M., Dantas, I., Forin, S., Kosatica, E., Kramer, A., Mikosch, N., Nouri, H., Schlattmann, A., Schmidt, F., Schomberg, A., & Semmling, E. (2021). Advancing the Water Footprint into an Instrument to Support Achieving the SDGs – Recommendations from the “Water as a Global Resources” Research Initiative (GRoW). *Water Resources Management*, 35(4), 1291–1298. <https://doi.org/10.1007/s11269-021-02784-9>
- Carbon Disclosure Project (CDP). (2020). *CDP Global Water Report 2020. A wave of change: the role of companies in building a water-secure world*. 37. [https://6fefcbb86e61af1b2fc4-c70d8ead-6ced550b4d987d7c03fcd1d.ssl.cf3.rackcdn.com/cms/reports/documents/000/005/577/original/CDP\\_Water\\_analysis\\_report\\_2020](https://6fefcbb86e61af1b2fc4-c70d8ead-6ced550b4d987d7c03fcd1d.ssl.cf3.rackcdn.com/cms/reports/documents/000/005/577/original/CDP_Water_analysis_report_2020)
- Chinchilla Salazar, M. V. (2021). *Informe anual de ejecución del Programa de Acuerdos Voluntarios de Producción más Limpia (AVP+L) – Año 2020*. [http://www.digeca.go.cr/sites/default/files/documentos/informe\\_anual\\_2020\\_programa\\_avpl.pdf](http://www.digeca.go.cr/sites/default/files/documentos/informe_anual_2020_programa_avpl.pdf)
- Companies and water: the new social responsibility | We Are Water*. (n.d.). Retrieved November 9, 2021, from [https://www.wearewater.org/en/companies-and-water-the-new-social-responsibility\\_339681](https://www.wearewater.org/en/companies-and-water-the-new-social-responsibility_339681)
- Egan, M. (2011). The Water Footprint Assessment Manual. Setting the Global Standard. In *Social and Environmental Accountability Journal* (Vol.31, Issue2). <https://doi.org/10.1080/0969160x.2011.593864>
- Fallas, C. (2015). Empresas dan grandes pasos para disminuir su consumo de agua. *El Financiero*. <https://www.elfinanciero.cr/comunicacion/empresas-dan-grandes-pasos-para-disminuir-su-consumo-de-agua/M55UW2WA7JCKRBPQB4UCS7WGXA/story/>
- Fundación Chile, & Aguallimpia. (2016). *Manual de aplicación para evaluación de huella hídrica acorde a la norma ISO 14046*. Agencia Suiza para el Desarrollo y Cooperación. <http://suizagua.org>
- Global Water Partnership. (2016). *Brief on Water and CSR: Putting water issues in the context of Corporate Social Responsibility*. <https://www.gwp.org/globalassets/documents/governance-microsite/materials-and-resources/eng-csr-preview---final.pdf>
- Gmünder, S., Humbert, S., Bayart, J., Toro, C., Martínez A., & Chargoy, J. P. (2019). *Indicadores de huella de agua para la iniciativa “el agua nos une.”* (M. Puerto & L. Rubio (eds.); Versión 1.2. <https://elaguanosune.org/>
- Lambooy, T. (2011). Corporate social responsibility: sustainable water use. *Journal of Cleaner Production*, 19(8), 852–866. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2010.09.009>
- Liao, X., Zhao, X., Liu, W., Li, R., Wang, X., Wang, W., & Tillotson, M. R. (2020). Comparing water footprint and water scarcity footprint of energy demand in China's six megacities. *Applied Energy*, 269, 115137. <https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2020.115137>
- Licandro, O. (2016). *Responsabilidad Social Empresarial: Reflexiones, investigaciones y casos* (Grupo Magro, Ed.). Montevideo, Uruguay, 299 p. [https://www.researchgate.net/publication/309718732\\_Responsabilidad\\_Social\\_Empresaria\\_Reflexiones\\_investigaciones\\_y\\_casos](https://www.researchgate.net/publication/309718732_Responsabilidad_Social_Empresaria_Reflexiones_investigaciones_y_casos)
- Martínez, A., Chargoy, J. P., Puerto, M., Suppen, N., & Rojas, D. (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, Iso 14046*, 90. [https://www.shareweb.ch/site/Suiza-Agua-Colombia/Documents/Huella\\_Agua\\_ISO\\_14046AmericaLatina.pdf](https://www.shareweb.ch/site/Suiza-Agua-Colombia/Documents/Huella_Agua_ISO_14046AmericaLatina.pdf)
- ONU-Agua. (2020). *Informe Mundial de la Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos: Agua y Cambio Climático*. [www.unwater.org](http://www.unwater.org).
- Pérez, A., Soriano, B., & Borrat, M. (2016). La Huella Hídrica como respuesta del sector empresarial al cambio climático. *Revista de Responsabilidad Social de la Empresa*, 24, 55–77. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6717877>

- Pfister, S., Boulay, A.-M., Berger, M., Hadjikakou, M., Motoshita, M., Hess, T., Ridoutt, B., Weinzettel, J., Scherer, L., Döll, P., Manzano, A., Núñez, M., Verones, F., Humbert, S., Buxmann, K., Harding, K., Benini, L., Oki, T., Finkbeiner, M., & Henderson, A. (2017). Understanding the LCA and ISO water footprint: A response to Hoekstra (2016) "A critique on the water-scarcity weighted water footprint in LCA." *Ecological Indicators*, 72, 352. <https://doi.org/10.1016/j.ECOLIND.2016.07.051>
- Rodríguez, C., Iglesias, R., Díaz, M. y González, N. (2021). *Inserción laboral, sensibilización medioambiental y en la igualdad de género*. Ediciones Nobel, Madrid. <https://books.google.co.cr/books?id=Dal-IEAAAQBAJ&pg=PA71&lpg#v=onepage&q&f=false>
- Rojas, I. V. (2009). Sistema nacional de incentivos a la producción más limpia en Costa Rica. *Tecnología En Marcha*, 22(2), 51–62. [https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec\\_marcha/article/view/116](https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/116)
- Vanham, D., & Bidoglio, G. (2013). A review on the indicator water footprint for the EU28. *Ecological Indicators*, 26 (2013), 61–75. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.10.021>
- Water Footprint – Life Cycle Initiative*. (n.d.). Retrieved November 3, 2021, from <https://www.lifecycleinitiative.org/starting-life-cycle-thinking/life-cycle-approaches/water-footprint/>
- What is a water footprint?* (n.d.). Retrieved November 1, 2021, from <https://waterfootprint.org/en/water-footprint/what-is-water-footprint/>
- WiiX: Water Impact Index, measure your water footprints* | Veolia. (n.d.). Retrieved November 6, 2021, from <https://www.veolia.com/en/water-impact-index-wiix>
- Zhuo, L., Feng, B., & Wu, P. (2020). Water footprint study review for understanding and resolving water issues in china. *Water (Switzerland)*, 12 (11), 1–14. <https://doi.org/10.3390/w12112988>

