



Universidad del Desarrollo
Facultad de Ingeniería

“Huella hídrica y su implementación en la industria salmonera: comparación de métodos de medición”

YENE ANDREA FARÍAS ABARCA

PROFESOR GUÍA: Dr. Diego Rivera Salazar
PROFESOR REVISOR: Dr. Felipe Mora
PROFESOR REVISOR: Dr. Alex Godoy

PROYECTO DE GRADO PRESENTADO A LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD
DEL DESARROLLO PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE
MAGISTER EN GESTIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD

SANTIAGO – CHILE
2023

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Por medio de la presente, declaro que el trabajo titulado: “Huella hídrica y su implementación en la industria salmonera: comparación de métodos de medición”, que presento a la Universidad del Desarrollo de Chile, es de mi autoría y no ha sido publicado previamente, ni está siendo considerado para publicación bajo otra filiación. En igual sentido, declaro que el trabajo de tesis y su contenido, son originales y que todos los datos y referencias a trabajos ya publicados con anterioridad han sido debidamente identificados, referenciados o citados en el documento, y que estas citas han sido incluidas en las referencias bibliográficas. Afirmo, asimismo, que los materiales presentados no se encuentran protegidos por derechos de autor; y en caso de que así lo estuvieran, me hago responsable de cualquier litigio o reclamo relacionado con la violación de derechos de propiedad intelectual, exonerando de toda responsabilidad a la Universidad del Desarrollo de Chile.

Finalmente, me comprometo a no someter este trabajo (o parte de este), a consideración en ninguna revista o congreso para publicación sin contar con la aprobación y haber pasado el debido proceso de revisión en la Universidad del Desarrollo de Chile. En caso de que un artículo sea aprobado para su publicación, autorizo a la Universidad del Desarrollo de Chile a incluir dicho artículo en sus revistas, previa autorización mía, y a reproducirlo, editarlo, distribuirlo, exhibirlo y comunicarlo en el país y en el extranjero, por medios impresos, electrónicos, Internet o cualquier otro medio, para propósitos científicos y sin fines de lucro.

YENE ANDREA FARÍAS ABARCA

Firma

AGRADECIMIENTOS

Realizar este magíster ha sido un camino lleno de nuevos desafíos, el cual me ha entregado nuevas herramientas y conocimientos para afrontar un nuevo desafío profesional. Esto no podría haber sido posible sin la ayuda de mis compañeros de magister, los que desde sus áreas de desempeño y experiencias personales hicieron esta experiencia aún más enriquecedora en lo académico y personal.

De igual manera agradecer a todos los docentes del magister quienes entregaron no solo su conocimiento, sino también su apoyo y paciencia en todos los momentos que los necesite, en especial a Diego Rivera quien me ha guiado en la elaboración de esta tesis a través de su experiencia y compromiso con mi desarrollo y la reinención profesional que deseo alcanzar.

Agradecer a mis amigos y a Gonzalo por todo el ánimo y apoyo, sin ustedes este trabajo habría sido mucho más difícil. Por último, agradecer a mi papá, Mauricio Farías por su apoyo incondicional, Este logro, junto con todos los otros y los que vendrán son de los dos.

Huella hídrica y su implementación en la industria salmonera: comparación de métodos de medición

Yene Andrea Farías Abarca

Bajo la supervisión del Profesor Diego Rivera Salazar, en la Universidad del Desarrollo de Chile

Resumen

A nivel mundial el crecimiento de la población y el uso intensivo de las distintas actividades económicas han elevado los requerimientos de agua ocasionando una fuerte demanda del recurso hídrico. Con el fin de aumentar la eficiencia del uso del agua una de las medidas que podemos utilizar para mejorar su gestión es la cuantificación de la Huella Hídrica. La industria salmonera en Chile ha experimentado un crecimiento sostenido, convirtiéndose en el segundo producto de exportación, dado el aumento de consumo de pescados a nivel mundial. El aumento en demanda presiona la pesca y la producción acuícola. Al respecto, estimaciones de la FAO adelantan que para el 2030 el crecimiento de la industria acuícola llegara al 22%. Para afrontar los nuevos desafíos de la mano con una producción sostenible la Huella Hídrica es una herramienta de utilidad, como la Certificación Azul, el método de la Water Footprint Network y la ISO 14046. El objetivo de este trabajo es comparar y evaluar cualitativamente tres métodos de medición de la Huella Hídrica aplicables en la industria salmonera. Los resultados muestran diferencias desde su base conceptual Huella Hídrica versus Huella del Agua y en su metodológica, así como el enfoque cuantitativo para el método de la WFN y un análisis de ciclo de vida para la ISO 14046. En conclusión, si bien ambos métodos son útiles para medir la Huella Hídrica el análisis de ciclo de vida, junto con su conclusión con un análisis de impacto ambiental, son características que apoyan a las mejoras que la industria salmonera requiere.

Huella hídrica y su implementación en la industria salmoneira: comparación de métodos de medición

Yene Andrea Farías Abarca

- Objetivo
- Metodología
- Principal resultado
- Principal conclusión

ÍNDICE GENERAL

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUCCIÓN | 8 |
| 1.1 | ANTECEDENTES Y CONTEXTO | 8 |
| 2 | OBJETIVOS Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN | 10 |
| 3 | MARCO TEÓRICO | 10 |
| 3.1 | WATER FOOTPRINT NETWORK | 11 |
| 3.2 | ISO 14046 | 11 |
| 3.3 | CERTIFICACIÓN AZUL | 12 |
| 3.4 | HUELLA HÍDRICA SALMÓN | 12 |
| 4 | PROPUESTA METODOLOGICA | 14 |
| 4.1 | REVISIÓN DE LA LITERATURA | 14 |
| 4.2 | OPINIÓN DE EXPERTOS Y <i>STAKEHOLDERS</i> | 15 |
| 5 | RESULTADOS..... | 17 |
| 5.1 | COMPARACIÓN DE LOS MÉTODOS | 17 |
| 5.2 | ENTREVISTAS..... | 21 |
| 6 | DISCUSIÓN | 23 |
| 7 | CONCLUSIONES | 25 |
| 8 | REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS..... | 26 |

ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

| | |
|------|--|
| ACV | Análisis de ciclo de vida |
| APL | Acuerdo de Producción Limpia |
| FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y el Desarrollo |
| HH | Huella Hídrica |
| IEMA | Informe del Estado del Medio Ambiente |
| ISO | Organización Internacional de Normalización |
| OECD | Organización para la cooperación y el desarrollo económico |
| WFA | Evaluación de la Huella Hídrica |
| WFN | Water Footprint Network |

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes y contexto

A nivel mundial el crecimiento de la población y el uso intensivo de las distintas actividades económicas han elevado los requerimientos de agua, ocasionando una fuerte demanda del recurso hídrico y significativas limitaciones en cuanto a la oferta (IEMA, 2020). En Chile, la mega sequía de los últimos 13 años, junto con el descenso en la precipitación e incremento de la temperatura ha impactado el uso de los recursos hídricos (IEMA, 2020).

Una de las medidas de adaptación es el aumento de la eficiencia del uso del agua, saber cómo, cuándo y dónde usamos el recurso es el primer paso para mejorar su gestión, y para lograr su cuantificación la medición de la Huella Hídrica es la herramienta idónea (EsAgua, 2023).

La industria salmonera en Chile ha experimentado un crecimiento sostenido, convirtiéndose en el segundo producto de exportación más importante luego del cobre, además Chile se posiciona en como el segundo exportador de salmónes más importante a nivel mundial después de Noruega, concentrando el 28% de la producción mundial (Concejo del salmón, 2020).

Debido al valor nutricional, el consumo de pescado ha aumentado a nivel mundial, esto junto al crecimiento demográfico se ha traducido en una creciente demanda. Este aumento no fue solventado por la pesca silvestre, lo que generó un creciente desarrollo de la acuicultura durante las últimas décadas (Hoque, 2021). Según el informe del Estado Mundial de la Pesca y Acuicultura 2020, ésta representa el 46% de la producción total y el 56% del pescado es para el consumo humano (FAO, 2020).

Según la FAO el crecimiento de esta industria anualmente fue de un 4.2% en el periodo de 2010-2020, y se espera que para el 2027 -por primera vez- supere los 100 millones de toneladas. La estimación para 2030 es que su crecimiento global será del 22%.

En Chile la acuicultura, junto a la pesca son uno de los pilares económicos con un total de US \$ 8.500 millones por concepto de exportación de pescados y productos pesqueros en el año 2022 (FAO¹, 2023). La industria acuícola en sí, se concentra principalmente en el salmón alcanzando el 93% de la producción nacional entre los años 2004-2007 (FAO², 2023; Parada, 2010) y convirtiéndose en la cuarta exportación más importante del país, dando a Chile el segundo lugar en la exportación de salmónes a nivel mundial (Buschmann, 2009). Dentro de las especies de salmónidos de mayor producción en Chile encontramos en primer lugar al salmón del atlántico, seguido por la trucha arcoíris y por último el salmón coho (FAO², 2023).

En su mayoría corresponden a cultivos intensivos los cuales se desarrollan en primera instancia en tierra, en estanques para las fases de incubación y alevinaje. Tras esta fase se comienzan a utilizar los sistemas suspendidos con balsas y jaulas, los que son ubicados en el caso de los juveniles en ambientes dulceacuícolas, mientras que la fase de engorda se desarrolla en ambientes marinos y estuarios (FAO², 2023).

Al igual que otras industrias de producción intensiva ha afrontado desafíos en términos de la sostenibilidad, siendo uno de estos el implementar las mediciones de su huella y en particular su huella hídrica (Pereira,2015). La “huella hídrica” (Hoekstra, 2002) es un indicador del uso de agua dulce utilizada directa o indirectamente para producir bienes o servicios generados por una empresa, un individuo o una comunidad (WFN, 2022). Es un indicador reconocido respecto de los impactos de la actividad humana en los recursos hídricos.

Para realizar la medición de la huella existen distintos métodos. A saber, los tres principales son:

Certificación Azul es una iniciativa público-privada que promueve la gestión sostenible del recurso hídrico en Chile, mediante el uso eficiente y sustentable en la producción de bienes y servicios (Fundación Chile,2022).

ISO 14046 es una norma internacional que establece los principios, requisitos y directrices para la evaluación de la huella hídrica de productos, procesos y organizaciones. Se basa en el análisis del ciclo de vida de un producto o servicio (SuizAgua, 2019).

Water Footprint Network es una organización internacional sin fines de lucro que promueve la gestión sostenible del agua a través de la metodología de la huella hídrica. Trabaja con empresas, gobiernos y organizaciones para medir, reducir y comunicar su huella hídrica y promover prácticas sostenibles en el uso del agua (WFN, 2022).

La utilización de este tipo de metodología apunta a generar un cambio de paradigma, en la gestión integral de los recursos hídricos y en las políticas hídricas, agropecuarias y comerciales a nivel mundial (Del Mercado Arribas & Rodríguez, 2012) Lo anterior es relevante sobre todo en industrias como la salmonera que están constantemente en cuestionamiento debido a su seguridad zoonosanitaria y a los posibles daños que pueden generar al medio ambiente. En Chile 23 de las 46 empresas salmoneras firmaron el acuerdo de producción limpia (APL) buscando hacerse cargo de los impactos de la industria y junto con mejorar sus prácticas. Para ello buscan medir la huella hídrica y de carbono, en plazos de 24 meses para su medición, y dar a conocer metas específicas. Cada empresa es responsable de la implementación de los estándares para la medición (Diario Financiero, 2021).

Aun cuando el número de estudios de huella hídrica (HH) ha crecido, sigue siendo limitado. Una mejor comprensión del tema puede ayudar a mejorar la toma de decisiones en políticas hídricas y comerciales. Esto genera grandes desafíos como la necesaria capacitación y difusión de estos temas (Del Mercado Arribas & Rodríguez, 2012).

2 OBJETIVOS Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

El objetivo de este trabajo es evaluar tres métodos de medición de la huella hídrica aplicables en la industria salmonera. Para ello, se proponen los siguientes Objetivos específicos

- Comparar los tres métodos considerando elementos como similitudes, diferencias en relación a puntos fundamentales de su estructura metodológica.
- Comparar propuestas con opiniones de expertos y empresa.
- Explorar cuál método de medición de huella hídrica es apropiado en la industria salmonícola

3 MARCO TEÓRICO

La huella hídrica es un indicador del uso del agua dulce utilizada de manera directa o indirecta para producir bienes o servicios generados por una empresa, un individuo o una comunidad (WFN, 2022). El término fue acuñado por Hoekstra en 2002 como un indicador del consumo del uso del agua, ya fuese doméstico, agrícola e industrial (Chapagain and Hoekstra, 2004). Se ha utilizado para evaluar la eficiencia hídrica en diversos procesos productivos, pero su principal aplicación es en la producción agrícola (Feng et al.,2021).

La huella hídrica es una herramienta analítica que puede ayudar a comprender cómo las actividades y los productos se relacionan con la escasez y la contaminación del agua y con los impactos derivados de las mismas, así como qué se puede hacer para asegurarse de que las actividades y producciones no contribuyan a un uso insostenible del agua dulce (Hoekstra, Chapagain, Aldaya, & Mekonnen, 2011). Gracias a este método podemos conocer datos tales como que un tercio de la Huella hídrica mundial está relacionada con la carne de vacuno o que el 29% de la HH agrícola mundial se utiliza para generar alimento para animales (Mekonnen and Hoekstra, 2012).

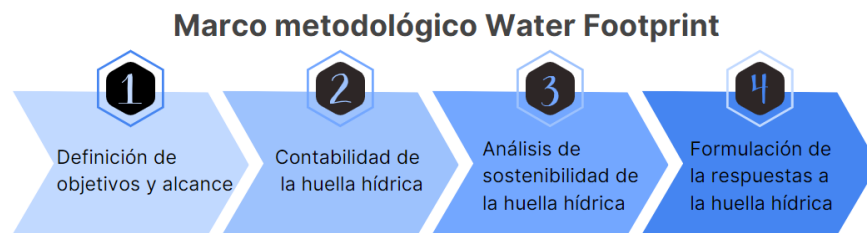
Para realizar la medición de la huella hídrica existen diversos métodos que aun cuando su principal finalidad es realizar la medición, no son iguales y marcan una diferencia al momento de tomar una elección.

La selección de estos métodos fue debido a distintas razones en el caso del método de la WFN se debe a que es el primer método desarrollado y es ampliamente reconocido y validado, mientras que la ISO 14046 al ser una norma internacional fijo un estándar claro de cómo realizar la medición, junto con darle importancia al impacto ambiental, lo que la ha llevado a convertirse en el principal referente para su medición (Chile Responsable, 2017). Por último, la Certificación Azul es de implementación nacional lo que es de relevancia para la medición dentro de la industria nacional, estas características fueron las razones de su selección.

3.1 Water Footprint Network

La Water Footprint Network es una organización sin fines de lucro (WFN, 2022). La que promueve la medición de la HH por medio del manual de evaluación de la huella hídrica publicado el año 2011, el cual mide los volúmenes de agua consumida y contaminada para producir un bien o servicio. Este método considera cuatro etapas (Figura 1) midiendo tres tipos de huella hídrica: agua verde o huella hídrica verde que son todas las aguas que provienen de las precipitaciones, agua azul o huella hídrica azul que constan de cursos de agua superficial (ríos, lagos) y los subterráneos; y, por último, el agua gris o huella hídrica gris que corresponde al agua dulce necesaria para asimilar los contaminantes y alcanzar los estándares de calidad del agua (agua de descarga) (WFN, 2022).

Figura 1: Metodología utilizada por el manual de la water footprint network.



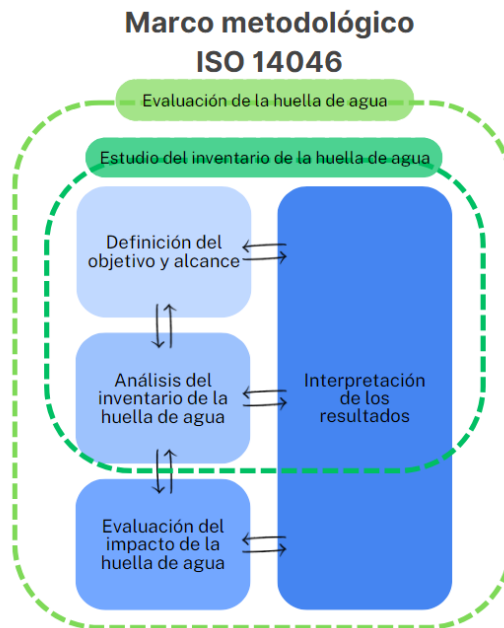
Fuente: Manual metodológico de la Water Footprint Network, 2022

3.2 ISO 14046

Dictada por la Organización internacional de normalización la cual está encargada de promover el desarrollo de normas internacionales, tanto de productos como servicios (ProChile, 2023). Estas son voluntarias, con una alta reputación y aceptadas a nivel internacional por los sectores públicos y privados (ISO, 2019).

En el caso de la ISO 14046 se establecen los principios, requisitos y directrices para la evaluación de la huella hídrica de productos, procesos y organizaciones. Proporciona un marco para la evaluación de la HH de un producto o servicio a lo largo del ciclo de vida, su método utiliza cuatro fases (Figura 2). La ISO 14046 se enfoca en la gestión sostenible del agua. Puede ser utilizada por empresas, gobiernos y organizaciones para medir, reducir, comunicar su HH y promover prácticas sostenibles en el uso del agua (SuizAgua, 2019).

Figura 2: Metodología utilizada por la ISO 14046.



Fuente: Manual ISO 14046, 2022

3.3 Certificación Azul

Es una iniciativa voluntaria, público-privada desarrollada por el programa SuizAgua, junto con Fundación Chile en el marco del acuerdo de producción limpia y de la gestión y seguridad hídrica del país. (Fundación Chile,2022).

Su finalidad es promover la gestión sostenible del recurso hídrico en Chile, mediante el uso eficiente y sustentable en la producción de bienes y servicios. Utilizando las herramientas asociadas a la medición de la huella del agua, la gestión de información, planes de gestión y responsabilidad social del agua (Serrano, 2023). Tiene como método aplicar la norma ISO 14046 (Fundación Chile,2022).

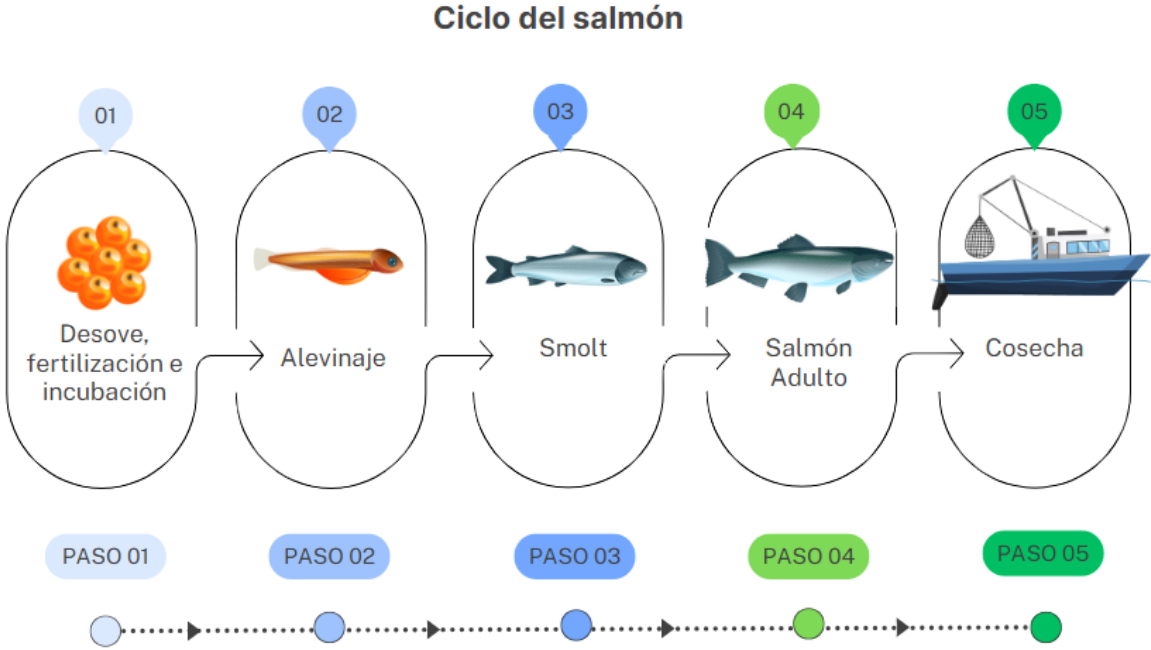
La medición de la huella hídrica para cualquier industria significa una ayuda en la comprensión del uso de los recursos naturales y los impactos generados por su uso, junto con desarrollar y aplicar tecnología para mejorar la eficiencia del uso del recurso hídrico en las etapas del proceso productivo (Hoekstra, 2017), y la industria acuícola no es la excepción.

3.4 Huella Hídrica Salmón

El ciclo de vida en estado natural de un salmón consta de dos etapas, una de agua dulce donde permanece un tiempo entre dos a cinco años y otra de agua salada donde vivirán entre una a cuatro hasta lograr su madurez sexual. En ese momento comenzarán un viaje de retorno a su río de nacimiento para el desove (Øvretveit, 2023). En tanto, en cautiverio

si bien las etapas se mantienen debiendo pasar de igual forma por agua dulce y salada, los tiempos de cada fase son los afectados culminando un ciclo productivo en alrededor de tres años (Figura 3) (Mowi, 2022).

Figura 3: Ciclo productivo del salmón.







Fuente: Elaboración propia, 2023

Si hablamos en términos generales de huella hídrica y alimentos procedentes del mar, autores como Duarte et al. (2009) comparan la baja HH que la pesca y la acuicultura tienen a nivel de proteínas versus la HH y las proteínas de origen animal producidas en tierra. Visión similar tiene Gephart et al. (2014) quien afirma que la sustitución de la carne por pescado permite ahorrar un 5% del uso total anual de agua dulce.

En el caso del salmón, en específico del Atlántico, se requiere de aproximadamente 2.000 litros de agua por kilo de carne, que es menor a las huellas de otras proteínas de origen animal (Mowi, 2022) (tabla 1).

Tabla 1: Comparación de proteínas de origen animal.

Características de las proteínas animales

| |  |  |  |  |
|--|---|---|--|---|
| Retención de proteínas | 28% | 37% | 21% | 13% |
| Índice de conversión de alimentos | 1.3 | 1.9 | 3.9 | 8.0 |
| Carne comestible por 100 Kg. de alimento | 56 KG | 39 KG | 19 KG | 7 KG |
| Huella de Carbono (Kg CO ₂ / Kg carne comestible) | 5.1 | 8.4 | 12.2 | 39.0 |
| Huella del Agua (Litros/ Kg carne comestible) | 2000 | 4300 | 6000 | 15400 |

Fuente: Mowi, 2022

4 PROPUESTA METODOLOGICA

La propuesta considera dos etapas: en primer lugar, la evaluación de la literatura por medio de un análisis cualitativo siguiendo el esquema de una recopilación bibliográfica, ya que ésta entrega la posibilidad de investigar cualquier tema, ayudando a determinar su relevancia e importancia del tema, además de permitir consultar las fuentes bibliográficas citadas, permitiendo entender y quizás continuar el trabajo realizado (Gómez-Luna et al., 2014).

En segundo lugar, se analiza una entrevista a expertos y *stakeholders*, esta será una entrevista estructurada o enfocada que tiene como características que cada es fijada de antemano, con un determinado orden, es aplicada de forma rígida a todos los sujetos de estudio (Díaz et al., 2013).

Las entrevistas fueron solicitadas a cuatro personas, de ellas solo se concretaron tres, su objetivo era validar los resultados de la comparación de los métodos y conocer las opiniones de los entrevistados respecto a los métodos de medición de la Huella Hídrica para lo que se realizaron preguntas dirigidas.

4.1 Revisión de la literatura

Se definieron las palabras y conceptos clave que guiarían la búsqueda. Entre estos términos se incluyen "Huella Hídrica" o "Water Footprint", "Industria Salmonera", "Acuicultura", "WFN", "ISO 14046", "Certificación Azul" y "Análisis de Ciclo de Vida". Cabe destacar que

esta selección se llevó a cabo tanto en inglés como en español, con el objetivo de obtener una amplia variedad de artículos relevantes.

La búsqueda de información se enfocó principalmente en plataformas académicas reconocidas como Google Scholar, PubMed, ScienceDirect y Scielo, entre otros. Se exploraron diversos formatos de presentación de la información, tales como artículos, sitios web, manuales y tesis, con el fin de obtener una perspectiva integral sobre el tema.

En cuanto a la temporalidad de las fuentes consultadas, la mayoría de ellas abarcó el período comprendido entre los años 2015 y 2023. No obstante, se realizaron excepciones al considerar las primeras publicaciones donde se acuñaron los términos clave o se introdujeron por primera vez en la literatura científica. Este enfoque temporal permitió abordar tanto las investigaciones más recientes, como los fundamentos iniciales que dieron origen a los conceptos relevantes para este estudio.

El resultado de esta búsqueda arrojó 122 documentos de los cuales fueron eliminados tres por ser el mismo documento traducido al español. Después de leer los resúmenes fueron seleccionados 52, los que fueron leídos por completo, permitiendo finalmente que 39 sean los utilizados para el desarrollo de este trabajo.

En el caso de la comparación de los distintos métodos, los principales documentos utilizados fueron el manual de la WFN y el manual de Aplicación para Evaluación de Huella Hídrica acorde a la normativa ISO 14046 junto con sitios web y webinar.

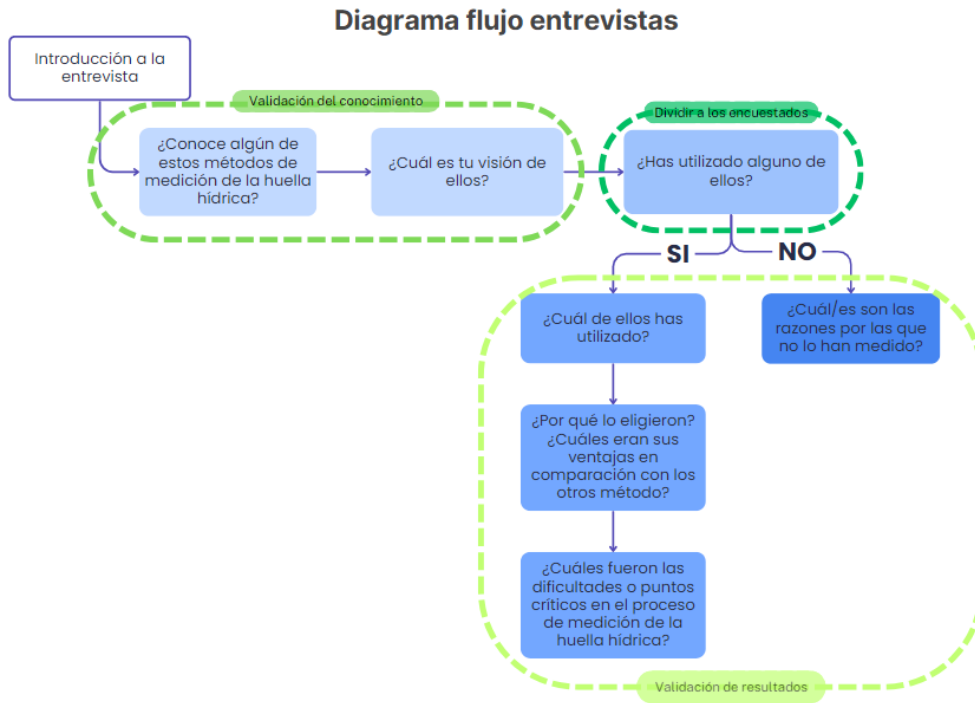
4.2 Opinión de expertos y *stakeholders*

Adicionalmente, se desarrollaron tres entrevistas, incluyendo dos expertos y una empresa, sus edades están entre los 55 - 45 años, dos de ellos son de género masculino y uno femenino, todos han empleado alguno de los métodos de medición de la huella hídrica. El propósito de este espacio de diálogo fue contrarrestar sus opiniones con los resultados obtenidos en este trabajo.

La entrevista se puede dividir en tres grandes secciones (Figura 4). La primera corresponde a las preguntas uno - dos y tiene como principal finalidad validar el conocimiento del entrevistado, la segunda corresponde a la pregunta tres y su labor es separar a los que han realizado la medición de la huella de los que no lo han hecho. Por último, en la tercera sección se busca conocer la opinión del entrevistado para validar los resultados obtenidos de este trabajo.

El marco metodológico consideró las preguntas mostradas en la tabla 2. Si la respuesta número tres era un "Sí", se continuaba con las preguntas cuatro, cinco y seis. Por otra parte, si la respuesta tres era un "No" solo debía responder la pregunta número siete.

Figura 4: Diagrama de flujo de la entrevista.



Fuente: Elaboración propia, 2023

Tabla 2: Marco metodológico de la entrevista.

| N° | Pregunta | Para qué | Salida esperada | Marco teórico / definiciones |
|----|--|--|---|--|
| 1 | ¿Conoces algún de estos métodos de medición de huella hídrica Water footprint network, Certificación Azul o ISO 14046? | - Nivel de conocimiento. - Validación del experto. | - Sí. - No. - Indicar si cuál de ellos conoce. | - Reconocimiento de conceptos. - Identificar métodos más conocidos. |
| 2 | ¿Cuál es tu visión de ellos? | - Nivel de conocimiento - Validación del experto. | - Respuesta abierta, que expresen las opiniones con respecto a los métodos. | - Definición de huella hídrica |
| 3 | Ha utilizado alguno de ellos | - Saber cuántos entrevistados han utilizado algún método | - Sí. - No. | - Validar conocimiento práctico. |
| 4 | ¿Cuál ha utilizado? | - Conocer la preferencia de los entrevistados. | - indicar el método utilizado. | - Identificar preferencias metodológicas |

| | | | | | |
|---|---|---------------------------|-----|---|---|
| 5 | ¿Por qué lo eligieron? ¿Cuáles eran sus ventajas en comparación con los otros métodos? | - Validación del experto. | del | - Expresar la razón de la elección. - Nombrar ventajas en comparación a los otros métodos. | - Definir razones de la preferencia. |
| 6 | ¿Cuáles fueron las dificultades o puntos críticos en el proceso de medición de la huella hídrica? | - Validación del experto. | del | - Nombrar las dificultades evidenciadas del proceso. | - Identificar dificultades del proceso. |
| 7 | ¿Cuál/es son las razones por las que no lo han medido? | - feedback | | - Nombrar razones. | - identificar razones por las cuales no se a realizado la medición. |

Fuente: Elaboración propia, 2023

5 RESULTADOS

5.1 Comparación de los Métodos

Para iniciar la comparación de los métodos de medición de huella hídrica debemos considerar que la Certificación Azul es una iniciativa nacional que aplica la ISO 14046 como normativa, por lo que para efectos de esta comparación solo utilizaremos los métodos descritos por la ISO 14046 y el Manual de Evaluación de la Huella Hídrica de la Water Footprint Network.

La primera diferencia que podemos destacar en estos métodos, es una conceptual en sus nombres, mientras la WFN utiliza el término huella hídrica y la define como el volumen total de agua utilizada por una persona, empresa o país para producir y consumir o utilizar un bien o servicio (WFN, 2022). Mientras que la ISO 14046 utiliza el concepto de huella de agua el cual define como métrica/s que cuantifica/n los potenciales impactos medio ambientales relacionados con el agua, basándose en el principio de análisis de ciclo de vida (SuizAgua, 2019), generando una relación entre el concepto de medición o valorización con el de impacto ambiental. Junto a esto generar normas estandarizadas para realizar el proceso.

Cabe destacar que el método utilizado por la WFN busca mostrar el impacto humano sobre el agua dulce, y sobre este conocimiento formular estrategias para minimizar los impactos negativos sobre el recurso (SuizAgua, 2019) Para lograr esto se enfoca en un análisis volumétrico, es decir, cuantos litros o m³ se utilizan para generar un producto o servicio. Este tipo de análisis tiene la ventaja de ser sencillo de interpretar (1 taza de café de 125 ml requiere 130 litros de agua) pero pueden generar la sub valorización del recurso, debido a que no toma en consideración la ubicación geográfica, la escases o disponibilidad del recurso en el lugar del consumo, por ejemplo: no es equivalen un litro de agua en el norte del país que el mismo litro en el extremo sur de Chile).

La ISO 14046 también logra diferenciarse por la utilización del concepto de análisis de ciclo de vida (ACV), el cual fue integrado con la finalidad de realizar un análisis más completo, analizando tanto las etapas aguas arriba como aguas abajo, utilizando un alcance “desde la cuna hasta la tumba” en rigor el ACV debe incluir todas las etapas del ciclo de vida, pero en algunos casos podemos delimitar este a productos, procesos u organizaciones (SuizAgua, 2019). Para el caso de las organizaciones estas deben sumar cada uno de los procesos productivos, todos sus productos y sus ACV, para esto existe el anexo “A” el cual entrega la normativa a seguir para estos casos.

Al integrar el ACV y el análisis de impacto ambiental podemos obtener una observación más profunda que la obtenida por la WFN, alcanzando claridad no solo de la cantidad de agua, sino también de su degradación e impacto, tanto para los humanos como para el medio que nos rodea.

En relación a su metodología existen diferencias en cuanto a los conceptos y secuencias a seguir, esto es fácilmente apreciable cuando se comparan las gráficas de las dos metodologías. Ambos métodos cuentan con 4 fases, pero las relaciones entre cada una de ellas son diferentes (Figura 5), mientras que la WFN es un proceso lineal que finaliza con la formulación de respuesta de la huella hídrica, la ISO tiene como resultado no solo una evaluación de los impactos de la huella del agua, además se relaciona de manera bilateral con los resultados las fases previas.

Figura 5: Comparación de proteínas de origen animal.

Comparación WFN vs ISO 14046



Fuente: Basada en Hilbert, et al., 2018.

Ahora, si nos centramos a nivel de fases, podemos apreciar que la comparación de la número uno, requiere en ambos métodos la definición de objetivos y alcances, pero su enfoque es un tanto distinto. La WFN comienza intentando resolver preguntas como cuál es el objetivo final y definir el nivel de detalle que se requiere, la ISO 14046 se enfoca primero en resolver cuáles son las razones para realizar el estudio, cuál es su aplicación y hacia quién está dirigido, manteniendo una coherencia entre el propósito con los datos que se tengan y si pueden cumplir con lo que se espera del estudio.

A lo anterior también debemos incluir en ambos métodos determinar cuál es la unidad funcional para el estudio, aclarar la dimensión temporal y geográfica, y los límites teniendo en cuenta los objetivos entre otros.

Si bien la fase dos, cuenta con nombres distintos, ya que para la metodología WFN se nombra como contabilidad de la huella hídrica y para la ISO es análisis de intervalos, en ambas su función es la recopilación de los datos aplicando límites y definiendo de manera correcta la cadena de suministros y todas sus entradas y salidas, aclarando, por ejemplo, puntos relevantes tales como si se considerará o no el transporte, todo lo anterior con la finalidad de realizar su contabilidad.

Para realizar la cuantificación se analizan distintos tipos de agua. En el método de la WFN se utiliza una sumatoria de las aguas verde, azul y gris, esta fórmula varía dependiendo de lo que se está analizando. Mientras que en ISO 14046 la medición se realiza en relación a las aguas directas e indirectas, evaluando las entradas y salidas de cada proceso.

En las fases número tres y cuatro, es donde se hacen más evidentes las diferencias. Para la WFN la tercera fase se denomina Análisis de Sostenibilidad de la Huella Hídrica y tiene como primer objetivo definir si se analizarán los datos con una perspectiva geográfica o como un proceso, producto consumidor o producto específico. Una vez definido se debe considerar la dimensión ambiental, social o económica, junto con identificar los puntos o momentos críticos. Por ejemplo, la distinta disponibilidad del recurso durante épocas del año. En el caso de la fase cuatro para la WFN, esta corresponde a la formulación de respuestas a la huella hídrica y al igual que la fase tres depende de si entregará un enfoque geográfico. Además, busca responder la *pregunta ¿qué puede hacer quien para reducir la huella hídrica?*, buscando saber qué acciones se deben tomar por parte de los actores presentes, ya sea el gobierno, una empresa, un rubro o los inversionistas. Mientras que, si el enfoque es el producto o un proceso, se busca saber qué pueden hacer los consumidores, pero también las empresas y los gobiernos.

Ahora, en el caso de la ISO 14046, la tercera fase es la evaluación de los impactos relacionados con el uso de los recursos hídricos, considerando los indicadores de disponibilidad de agua (consumo, calidad tanto extraída como descargada y grado de escasez de agua) y los impactos que esto tiene en la salud humana y en la del ecosistema.

Por último, la fase cuatro en esta metodología ISO corresponde a la interpretación de los resultados según objetivos establecidos. Esta se relaciona de forma directa con cada una de las fases anteriores y para esto se debe tener en cuenta algunos aspectos como:

- Cuáles son las etapas del ciclo de vida o los procesos que más aportan a la huella
- Se debe identificar si en su mayoría es directa o indirecta, si tiene un alto consumo de agua o un bajo consumo con alta emisión de contaminantes y cuáles son los impactos de esto.
- Cuáles son sus conclusiones y las limitaciones del estudio
- Se debe analizar y evaluar la sensibilidad de los resultados

Las principales diferencias de ambos métodos podemos resumirlas en la tabla 3.

Tabla 3: Cuadro comparativo de las metodologías utilizadas para la medición de la huella hídrica.

| PARÁMETROS | WFN | ISO 14046 | CERTIFICACIÓN AZU |
|------------|----------------|-----------------|-------------------|
| CONCEPTO | Huella hídrica | Huella del agua | |

| | | | |
|--------------------------|--|--------------------------|--|
| METODOLOGÍA | | | |
| | QUE SE ANALIZA | Cantidad de agua | Ciclo de vida |
| TIPOS DE AGUA A ANALIZAR | Azul, verde y gris | Agua indirecta y directa | |
| TIPO DE ANÁLISIS | Volumétrico | Impacto ambiental | |
| DATOS UTILIZADOS | Priorizar datos primarios, pero pueden utilizar de ser requeridos datos secundarios | | |
| COMPENSACIÓN | Compensación Medioambiental, social o económica | Sin compensación | |
| NORMAS ASOCIADAS | SIN | ISO/TR 14073 | |
| TIPOS DE HUELLA | Existen distintos tipos de huella <ul style="list-style-type: none"> - Según disponibilidad - Considerando degradación - Perfil de huella de agua - Huella de agua ponderada | | <ul style="list-style-type: none"> - Nivel 1 - Nivel 2 - Nivel Máximo |
| OBJETIVO INDIRECTO | Preservar los recursos hídricos | | |
| FINALIZA CON | Cuantificación de la huella hídrica | Análisis Crítico | |
| REPRODUCIBILIDAD | NO | SI | |

Fuente: Elaboración propia, 2023.

5.2 Entrevistas

Los resultados de las entrevistas los podemos observar en la tabla 4.

Tabla 4: Cuadro resultados entrevistas

| N° | Pregunta | Entrevistado 1 | Entrevistado 2 | Entrevistado 3 |
|----|---|--|--|--|
| 1 | Huella Hídrica Water footprint network | ✓ | ✓ | ✓ |
| | ISO 14046 | ✓ | ✓ | ✓ |
| | Certificación Azul | ✓ | | |
| 2 | ¿Cuál es tu visión de ellos? | Útiles para saber cuál es la huella y tener un punto de inicio para implementar mejoras | Interesante y útil forma de tener un indicador de consumo hídrico | métodos de medición para estimar tipos de consumos que después pasaron a ser certificados para saber si la metodología es correcta, la Water Footprint es una aproximación metodológica para medir. mientras que la ISO es un método de gestión. |
| 3 | Ha utilizado alguno de ellos | SI | SI | SI |
| 4 | ¿Cuál ha utilizado? | ISO 14046 | ISO 14046 | WFN |
| 5 | ¿Por qué lo eligieron? ¿Cuáles eran sus ventajas en comparación con los otros métodos? | Normas claras, comparable con otras industrias del área. | transversalidad mundial, simpleza y utilidad. | Solicitud de la compañía. |
| 6 | ¿Cuáles fueron las dificultades o puntos críticos en el proceso de medición de la huella hídrica? | Conseguir el apoyo de todo el personal, que le dieran la importancia que tiene la medición y recopilar la información requerida. | Tener certeza de la demanda hídrica por un lado y por el otro la falta de información sobre calidad de agua. | La estimación de algunos indicadores que involucran la calidad del agua. |
| 7 | ¿Cuál/es son las razones por las que no lo han medido? | Sin respuesta. | Sin respuesta. | Sin respuesta. |

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Respecto del nivel de conocimiento de los métodos de medición de la huella hídrica (Pregunta uno), todos los entrevistados conocían tanto el método de la WFN y el de la ISO 14046, mientras que la Certificación Azul era conocido solo por uno de los entrevistados.

Respecto de la visión de ellos (Pregunta dos), los entrevistados mencionan que *“son útiles para saber cuál es la huella y tener un punto de inicio para implementar mejoras”* (Entrevistado 1). Se indica además que se trata de una metodología *“Interesante y útil forma de tener un indicador de consumo hídrico”* (Entrevistado 2). Por último fueron señalados

como “*Métodos de medición para estimar tipos de consumos que después pasaron a ser certificados para saber si la metodología es correcta, la Water Footprint es una aproximación metodológica para medir, mientras que la ISO es un método de gestión*” (Entrevistado 3).

Cuando se consultó por la utilización de alguno de los métodos (pregunta tres), todos los entrevistados respondieron de forma positiva, en cuanto a que métodos utilizaron (pregunta cuatro) Ninguno de los entrevistados ha utilizado la Certificación Azul, mientras que el método de la WFN lo utilizó solo uno y el método de la ISO 14046 fue utilizado por dos.

En relación a las razones de la elección (pregunta cinco), los entrevistados que utilizaron el método de la ISO 14046 señalaron que su elección se debió a “*tener normas más claras y comparables con otras industrias del área*” (Entrevistado 1), además de señalar “*su transversalidad mundial, simpleza y utilidad*” (Entrevistado 2). Mientras que el que utilizó el método de la WFN tuvo como razón de su elección fue por solicitud de la compañía (Entrevistado 3).

Las dificultades o puntos críticos que se presentaron (pregunta seis) los entrevistados fueron diversos para la ISO 14046 fueron nombradas la dificultad de conseguir el apoyo del personal, la complicación de destacar la importancia de la medición, la recopilación de la información requerida, tener certezas de la demanda hídrica y, por último, la falta de información sobre calidad de agua. Mientras que para el método de la WFN la dificultad que se señaló es la estimación de algunos indicadores que involucran la calidad del agua.

Como ningún entrevistado respondió de manera negativa a la pregunta número tres, por lo que la pregunta siete no tuvo respuestas y no se logró obtener un feedback de esta pregunta.

6 DISCUSIÓN

Si bien todos los métodos descritos son utilizados para realizar la medición de la HH, existen diferencias evidentes entre ellos. En el caso de la Certificación Azul, es una iniciativa promovida por una asociación público-privada, por lo que no es un método en sí, más bien es una herramienta que promueve la medición de la huella hídrica, siendo relevante para promover la gestión sostenible en Chile. , Las respuestas de los expertos concuerdan con Boulay et al. (2013) que afirma que ambas metodologías cumplen un objetivo complementario, generando una convergencia entre ellos, y creando una sinergia que podría entregar beneficios a los profesionales, siempre y cuando sean cautelosos con las comparaciones de indicadores cuantitativos de ambas metodologías, ya que no son comparables (2013).

Si nos referimos a Evaluación de la Huella Hídrica (WFA) y a los resultados obtenidos de su uso, podemos evidenciar algunas características que podrían dificultar su elección. Uno de estos es la comparación y seguimiento de los resultados, lo anterior debido a su diversidad de enfoques y al amplio margen que deja su metodología al momento de aplicarla. Centrándose en un análisis del uso eficiente y equilibrado del agua dulce (Boulay et al., 2013).

Según Hoekstra, la métrica de la huella hídrica no logra ser adecuada para el seguimiento del progreso de las empresas, los consumidores o los países hacia el uso sostenible del agua (2017). Aun cuando dos productos tengan la misma huella hídrica, pueden tener distintos impactos ambientales por lo que resulta peligroso utilizar el HH para guiar las políticas destinadas a reducir el impacto ambiental (Postle et al. 2012).

Para realizar un correcto análisis no podemos enfocarnos solo en un análisis volumétrico, debemos poner en contexto la huella hídrica (Hoekstra, 2017). Esta es una de las principales carencias que se evidencia en el método de la HH.

La ISO 14046 al ser una normativa genera un estándar en la medición, junto con un marco metodológico más claro y podemos identificarla como una herramienta útil para organizaciones que buscan la comprensión de los impactos ambientales relacionados con el agua, en especial para propósitos internos. Además, permite mejorar la gestión de los riesgos del agua frente a su escasez como recurso, junto con mejorar la reputación social y ambiental de la empresa (Ferrer, 2014).

No podemos perder de vista que este análisis de ciclo de vida se centra en la sostenibilidad de los productos, servicios u organizaciones desde el enfoque del agua, aun cuando esta es solo una parte de ella. Para realizar un análisis completo debemos tener en cuenta por ejemplo la huella de carbono o el uso de la tierra (Boulay et al., 2013). Lo anterior lo confirma Ferrer (2014) señalando que no es suficiente por si sola para describir los potenciales impactos ambientales de un producto, proceso u organización. Esta debe ser complementada para lograr un análisis integral que evalúe más allá del agua.

En general, las cifras de la huella hídrica obtenidas por medio de cualquier método deben tomarse con cuidado, situarse en un contexto más amplio y analizarse con el nivel de detalle necesario para un determinado propósito. Debe considerarse que la medición de la huella hídrica es un análisis parcial, como cualquier otro análisis, y siempre debe integrarse o combinarse con otro análisis para desarrollar políticas hídricas u otras (Hoekstra, 2017).

La importancia de medir la huella del agua en todas las industrias, pero en específico en aquellas que pertenecen a la industria alimentaria queda en evidencia con las estimaciones del crecimiento de la población para los próximos años. La que se verá presionada para solventar las necesidades. Esto afectará sin duda la industria de la pesca y la acuicultura debido a que son una fuente de proteína de buena calidad y a bajo costo en comparación a otras proteínas de origen animal.

La OECD (Organización para la cooperación y el desarrollo económico) señala que para el 2030 las economías en desarrollo habrán aumentado los beneficios económicos del uso y la gestión sostenibles de la pesca y la acuicultura (OECD, 2008). En efecto, los indicadores de sostenibilidad serán la columna vertebral del seguimiento del progreso hacia los objetivos de desarrollo sustentable. (Witmer and Cleij, 2012)

Al momento de elegir un método para la medición de la huella hídrica de cualquier producto, servicio u organización, es de vital importancia tener claridad en el objetivo principal, con esto podemos evaluar si este es resuelto con un análisis volumétrico o con un análisis de impacto ambiental, lo que ayudará a definir cuál de los métodos es el idóneo para utilizar. En mi opinión, los conceptos de análisis volumétrico y análisis de impacto ambiental son la clave que inicia la cascada de diferencias antes mencionadas.

Aun cuando los dos métodos son válidos, la ISO 14046 al ser una norma internacional genera un trasado y un marco metodológico más claro, promoviendo un estándar en la obtención de la información, como esta se debe medir y analizar junto con cómo esta debe publicarse, lo que permite una comparación en el tiempo. Ayudando con la gestión de la información y dando la posibilidad de mejorar las practicas, y la eficiencia de los sistemas, con la finalidad de reducir las consecuencias medioambientales del consumo de agua. Por otra parte, la metodología de la Water Footprint no habla de gestión, solo se preocupa de la medición del recurso hídrico.

7 CONCLUSIONES

Respecto de la comparación de tres métodos considerando elementos como similitudes, diferencias en relación a puntos fundamentales de su estructura metodológica, es posible indicar que las principales diferencias que existen entre el manual de la evaluación de la huella hídrica (WFA) y la ISO 14046 comienzan no solo con lo conceptual (huella hídrica/ huella del agua), si no que la diferencia radica en la metodología. Mientras que la ISO se centra en los análisis de ciclo de vida (ACV) de los productos y el impacto ambiental, la WFN ofrece un marco más amplio, pudiendo darle más de un enfoque y con diferentes perspectivas (Hoekstra, 2017). Ridoutt y Pfister junto con confirmar estas diferencias, agregan que la ISO 14046 utiliza “factores de caracterización” como la escases de agua local (2010).

Respecto de cuál es un método de medición de huella hídrica en industria salmonícola, a partir de la revisión bibliográfica y la opinión de expertos, la metodología de la ISO 14046 es recomendable para la medición de la HH de la industria salmonera

Es importante comprender que ninguno de los métodos genera cambios por si solos, estos son solo herramientas que nos muestran el uso del agua de un producto, servicio u

organización, permitiendo identificar la realidad y las opciones o puntos donde podemos mejorarla eficiencia del sistema. Pero para llevar a cabo estas mejoras se necesita del apoyo y el compromiso de la gente, en el caso de las empresas del personal y de los altos cargos, toda la institución debe estar en la misma dirección. La medición de la huella hídrica nos sirve de punto de comparación en el tiempo para apoyar a las personas que deben tomar decisiones, para que así las tomen de manera informada y así disminuir o aumentar la huella hídrica.

8 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Boulay, A. M., Hoekstra, A. Y., & Vionnet, S. (2013). Complementarities of water-focused life cycle assessment and water footprint assessment.
2. Buschmann, A. H., Cabello, F., Young, K., Carvajal, J., Varela, D. A., & Henríquez, L. (2009). Salmon aquaculture and coastal ecosystem health in Chile: analysis of regulations, environmental impacts and bioremediation systems. *Ocean & coastal management*, 52 (5), 243-249.
3. Carlos M. Duarte, Marianne Holmer, Yngvar Olsen, Doris Soto, Núria Marbà, Joana Guiu, Kenny Black, Ioannis Karakassis, Will the Oceans Help Feed Humanity?, *BioScience*, Volume 59, Issue 11, December 2009, Pages 967–976. Obtenido de <https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.11.8>
4. Chapagain, A. K., & Hoekstra, A. Y. (2004). Volume 1: Main Report. Water Footprint Network. obtenido de <https://www.waterfootprint.org/resources/Report16Vol1.pdf>
5. Chile Responsable. (23 de octubre de 2017). Beneficios y retos de la ISO 14046:2014. Obtenido de <https://chile.corresponsables.com/actualidad/beneficios-y-retos-de-la-iso-140462014>
6. Consejo del Salmón. (2023). Historia de la industria en Chile. Diciembre, 2023. Obtenido de <https://www.consejodelsalmon.cl/historia-de-la-industria-en-chile/>
7. Consejo del Salmón. (2023). Principales datos de la industria. Diciembre, 2023. Obtenido de <https://www.consejodelsalmon.cl/informacion-de-la-industria/principales-datos-de-la-industria/#cifras>
8. Del Mercado Arribas, R. V., & Rodríguez, M. Ó. B. (2012). Huella Hídrica de América Latina: retos y oportunidades. *Aqua-LAC*, 4(1), 41-48. EsAgua, (2023). Qué es la huella hídrica. Diciembre, 2023. Obtenido de <https://www.esagua.es/que-es-la-huella-hidrica/>
9. Díaz, L., Torruco, U., Martínez, M., & Varela, M. (2013). La entrevista, recurso flexible y dinámico Laura. In *Proceedings of 2017 IEEE 2nd Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference, IAEAC 2017 (Vol. 2, No. 7, pp. 1113-1117)*.
10. FAO. (2020). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción. Roma. Obtenido de

<https://www.fao.org/publications/home/fao-flagship-publications/the-state-of-world-fisheries-and-aquaculture/es>

11. FAO. (2022). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. Hacia la transformación azul. Roma, FAO. Obtenido de <https://www.fao.org/3/cc0461es/online/cc0461es.html>
12. FAO¹. (2023). Perfiles de Pesca y Acuicultura por país. Chile, 2019. Hoja de datos de perfiles de los países. División de Pesca y Acuicultura. Roma. Recuperado el 25 de octubre de 2023. Obtenido de <https://www.fao.org/fishery/es/facp/chl>
13. FAO². (2023). Pesca Visión general del sector acuícola nacional (NASO). Recuperado el 25 de octubre de 2023. Obtenido de https://firms.fao.org/fi/website/FIRetrieveAction.do?dom=countrysector&lang=es&xml=naso_chile.xml#tcN90016
14. Feng, B., Zhuo, L., Xie, D., Mao, Y., Gao, J., Xie, P., & Wu, P. (2021). A quantitative review of water footprint accounting and simulation for crop production based on publications during 2002–2018. *Ecological Indicators*, 120, 106962.
15. Ferrer, M., & Viegas, M. (2014). Huella Hídrica: La nueva norma internacional ISO 14046: 2014 y su implementación. Recuperado de http://www.conama.org/conama/download/files/conama2014/CT_202014_1896712004.
16. Gephart, J. A., Pace, M. L., & D’Odorico, P. (2014). Freshwater savings from marine protein consumption. *Environmental Research Letters*, 9(1), 014005.
17. Hilbert, J. A., Carballo, S. M., Manosalva, J. A., Galbusera, S., Schein, L., Galván, M. J., & Michard, N. J. (2018). Análisis de Emisiones, Huella Hídrica y Balances Energéticos de la Producción de Bioetanol y co-Productos ACABIO Coop. Limitada 2017-2018. INTA-ACABIO.
18. Hoekstra, A. Y. (2017). Water footprint assessment: evolution of a new research field. *Water Resources Management*, 31(10), 3061-3081.
19. Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M., & Mekonnen, M. M. (2011). *The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard*. Earthscan. Obtenido de https://www.waterfootprint.org/resources/TheWaterFootprintAssessmentManual_English.pdf Fundación Chile. (s.f.). Certificado Azul. Recuperado el 9 de junio de 2023, de <https://fch.cl/iniciativa/certificado-azul/>
20. Hoekstra, A.Y. (2017). Water Footprint Assessment: Evolution of a New Research Field. *Water Resour Manage* 31, 3061–3081 Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/s11269-017-1618-5#citeasRidoutt> BG, Pfister S (2010) A revised approach to water footprinting to make transparent the impacts of consumption and production on global freshwater scarcity. *Glob Environ Chang* 20:113–120. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959378009000703>
21. Hoque, M. Z. (2021). Sustainability indicators for sustainably-farmed fish in bangladesh. *Sustainable Production and Consumption*, 27, 115-127.
22. Instituto de Ecología y Biodiversidad (EIMA). (2020). Informe del estado del medio ambiente 2020. Ministerio del Medio Ambiente, Gobierno de Chile.

- Obtenido de <https://sinia.mma.gob.cl/estado-del-medio-ambiente/informe-del-estado-del-medio-ambiente-2020/>
23. ISO. (2019). Fast forward: New and revised international standards for business, innovation, and technology. Organización Internacional de Normalización. Obtenido de https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/archive/pdf/en/fast_forward-es.pdf
 24. Mekonnen, M. M., Fulton, J. (2018). The Effect of diet changes and food loss reduction the water footprint of an average American. *Water Int.* 43, 860-870
 25. Mekonnen, M.M., Hoekstra, A.Y. (2012). A Global Assessment of the Water Footprint of Farm Animal Products. *Ecosystems* 15, 401–415. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/s10021-011-9517-8>
 26. Mowi (2022). Integrated annual report 2022. Obtenido de <https://mowi.com/wp-content/uploads/2023/03/Mowi-Integrated-Annual-Report-2022.pdf>
 27. Mowi (2022). Salmon Farming Handbook. Obtenido de <https://mowi.com/wp-content/uploads/2022/07/2022-Salmon-Industry-Handbook-1.pdf>
 28. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD) (2008), OECD environmental Outlook to 2030. ISBN 978-92-64-04048-9. Obtenido de <https://www.oecd.org/env/indicators-modelling-outlooks/40200582.pdf>
 29. Øvretveit, S. C. (2023). Un ciclo de vida mortal: Sustentabilidad y la influencia de Noruega en la industria salmonera en Chile. Departamento de leguas extranjeras, Universidad de Bergen. Obtenido de <https://bora.uib.no/bora-xmlui/bitstream/handle/11250/3069989/Un-ciclo-de-vida-mortal---Sustentabilidad-y-la-influencia-de-Noruega-en-la-industria-salmonera-en-Chile.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
 30. Parada, G. (2010). Tendencias de la acuicultura mundial y las necesidades de innovación de la acuicultura chilena. Santiago de Chile: CNIC.
 31. Pereira, M. (2015). Participatory indicators of sustainability for the salmon industry: The case of Chile. *Marine Policy*, 51, 322-330.
 32. Postle, M., George, C., Upson, S., Hess, T., & Morris, J. (2012). Assessment of the efficiency of the water footprinting approach and of the agricultural products and foodstuff labelling and certification schemes. Report for the European Commission, DG Environment.
 33. ProChile. (2023). ¿Qué son las normas ISO y para qué sirven? Centro de ayuda ProChile. Obtenido de <https://centrodeayuda.prochile.gob.cl/hc/es-419/articles/360047722114--Qu%C3%A9-son-las-normas-ISO-y-para-qu%C3%A9-sirven->
 34. Santillán, Amanda (12 de octubre de 2021). Salmoneras firman acuerdo de producción limpia para medir la huella de carbono e hídrica. *Diario Financiero*. Obtenido de <https://www.df.cl/df-lab/sostenibilidad/salmoneras-firman-acuerdo-de-produccion-limpia-para-medir-huella-de>

35. Serrano, H. R., Arancibia, P. R., Barraza, F. A., & Gallardo, S. B. (2023) Certificación de buenas prácticas de gestión hídrica para organizaciones de usuarios de agua. Revista Universitaria Ruta, 25 (1).
36. SuizAgua. (2019). Manual de aplicación ISO 14.046. Recuperado el 9 de junio de 2023. Obtenido de <https://fch.cl/wp-content/uploads/2019/12/manual-aplicacion-iso-14-046-suizagua-1.pdf>
37. Wackernagel, M., & Rees, W. (1996). Our ecological footprint: Reducing human impact on the Earth. New Society Publishers.
38. Water Footprint Network. (n.d.). Glossary. June 8, 2023, obtenido de <https://www.waterfootprint.org/water-footprint-2/glossary/>
39. Witmer, M. C. H., & Cleij, P. (2012). Water footprint: Useful for sustainability policies. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, The Hague.