

Determinación de la huella hídrica en el Complejo Hatuey de Santiago de Cuba

Determination of the water footprint in the complex Hatuey of Santiago of Cuba

Telvia Arias-Lafargue^{1*} <https://orcid.org/0000-0003-2610-1451>

Elianne Vázquez-Montero² <https://orcid.org/0000-0003-1133-8683>

Leidysbel Loforte-Quesada³ <https://orcid.org/0000-0001-9895-5136>

¹ Facultad de Ingeniería Química y Agronomía, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba

² Cuba Ron S.A, Santiago de Cuba, Cuba

³ Cervecería Hatuey, Santiago de Cuba, Cuba

*Autor para la correspondencia. Correo electrónico: tal@uo.edu.cu

RESUMEN

La cantidad de agua utilizada anualmente por la industria va en aumento, por lo que el sector pasará a competir cada vez con más fuerza por unos recursos hídricos limitados junto a las demandas del crecimiento urbano y de la agricultura. En este trabajo se tuvo como objetivo la determinación de la huella hídrica en las principales producciones del complejo Hatuey de Santiago de Cuba, para el cálculo de la misma se utilizó la metodología propuesta por Hoekstra, a la que se le introdujeron adaptaciones con el fin de llevarla al ámbito del presente estudio. El resultado obtenido de la huella hídrica en el 2017 fue de 815 821,36 m³/año junto con una huella hídrica gris y huella hídrica azul de 791 080,21 m³/año y 24 741,15 m³/año respectivamente. Demostrando la disminución de la huella hídrica hasta un 44 % durante los últimos 4 años, debido las medidas y proyectos para el ahorro del agua y la disminución de los residuales. Se demostró además

que gracias a las modificaciones efectuadas en la producción de alcohol a través de los años se ha logrado una gran disminución de la huella hídrica siendo esta de 9 202 741,5m³/año en el año 2003 y 674 364,13 m³/año en el 2010.

Palabras clave: huella hídrica; consumos de agua; complejo Hatuey.

ABSTRACT

The amount of water used annually by the industry is increasing, so the sector will start to compete more and more strongly for limited water resources together with the demands of urban growth and agriculture. The objective of this work was to determine the water footprint in the main productions of the Hatuey complex in Santiago de Cuba, for its calculation the methodology proposed by Hoekstra was used, to which adaptations were introduced in order to bring it to the scope of this study. The result obtained from the water footprint in 2017 was 815,821,36 m³/year together with a gray water footprint and a blue water footprint of 791,080.21 m³/year and 24,741.15 m³/year, respectively. Demonstrating the reduction of the water footprint up to 44 % during the last 4 years, due to the measures and projects for saving water and the reduction of residuals. It was also demonstrated that thanks to the modifications made in the production of alcohol over the years, a great reduction in the water footprint has been achieved, this being 9,202,741.5 m³/year in 2003 and 674,364.13 m³/ year in 2010.

Keywords: water footprint; consumptions of water; Hatuey complex.

Recibido: 10/05/2023

Aceptado: 18/08/2023

Introducción

En Cuba, los recursos hidráulicos aprovechables se estiman en unos 22 000 millones de m³ que se originan a partir de la lluvia de unos 1 500 mm anuales. Esto brinda una disponibilidad per cápita de unos 3 000 m³ al año, lo que se acerca a una disponibilidad muy baja. Es por eso que la Estrategia Ambiental Nacional de Cuba identifica dentro de los principales problemas ambientales, a la contaminación y a la carencia de agua, y propone como uno de sus objetivos estratégicos el de mejorar el abastecimiento y calidad del agua, incrementando su uso racional.⁽¹⁾

En las condiciones actuales del país, no se vislumbra en un corto plazo la introducción de cambios tecnológicos radicales que favorezcan la minimización de residuos, a pesar de que la disponibilidad de agua potable es ya un problema socio-ambiental en varias regiones, incluyendo de Santiago de Cuba. Se hace evidente la necesidad de una gestión efectiva e integrada de los procesos industriales vinculados a las aguas residuales y sus efectos en los cursos de aguas.⁽¹⁾

En Santiago de Cuba los recursos hídricos han manifestado una gran disminución, no solo referente a cantidad sino también a calidad, tanto por una sobreexplotación de los acuíferos y las aguas superficiales, como por la ausencia de control en los vertidos, la sequía que en ocasiones se presenta agresiva, entre otros factores, lo que ha conllevado a una inmovilización o disminución de este recurso y por consiguiente estas situaciones traen consigo una disminución del agua disponible y un encarecimiento progresivo de esta. Es por eso que se hace necesario el análisis del uso del agua en las industrias de la provincia para disminuir el uso innecesario de tan preciado líquido.

El complejo Hatuey es una entidad santiaguera dedicada a la fabricación de cervezas y alcoholes de alta calidad y por ende gran consumidora de agua, no solo para la elaboración de sus productos insignes, sino también para la limpieza e higienización de los equipos y locales, así como para la elaboración de alimentos para los más de 400 trabajadores. Resulta importante poder identificar los

consumos directos e indirectos de agua de la industria y atendiendo a los resultados proponer acciones para un mejor aprovechamiento de esta. La dirección de este trata de mantener los niveles productivos y en ocasiones de elevarlos, pero ello solo lo logran con un incremento progresivo de los consumos de agua, por lo tanto, la meta en este sentido es producir más cerveza usando menos agua. Para lograrlo es importante conocer el volumen de agua consumido o requerido por producto con relación a las actividades directas de la empresa. En este aspecto radica la importancia del balance hídrico como herramienta que permite conocer el impacto de sus principales productos sobre el agua.

Fundamentación teórica

La huella hídrica es un indicador medioambiental que define el volumen total de agua dulce utilizado para producir los bienes y servicios que habitualmente consumimos. El Prof. Arjen Hoekstra (Universidad de Twente, Países Bajos) fue quien puso las primeras bases conceptuales y dio el nombre a este indicador de sostenibilidad.⁽²⁾ Hoy en día es calculado por centenares de investigadores en todo el mundo, pues es una variable necesaria que dice el agua que nos cuesta fabricar un producto.

La evaluación de huella hídrica es una metodología que promueve y apoya el uso sostenible del agua a través de información transparente y completa sobre su consumo y contaminación, en relación con la disponibilidad de esta.⁽³⁾

La huella hídrica se basa en el desarrollo amplio de cuatro conceptos previos: agua verde, agua azul, agua gris y agua virtual, los cuales proveen la mayor parte de la base conceptual y metodológica que permite su aplicación y complementan la visión tradicional de la gestión del agua en el contexto de la aplicación de la Gestión Integral de Recursos Hídricos.

El Agua Verde hace referencia a la humedad del suelo, es decir, agua almacenada en el suelo que soporta la vegetación y que se mantiene en el suelo, pero que no hace parte del proceso de recarga a fuentes de agua superficial o subterránea. El

Agua Azul como concepto, se generó de manera natural como complemento a la definición del agua verde, de forma que pasó a representar el agua de escorrentía, las fuentes de agua superficial, ríos y lagos, y fuentes de agua subterránea, acuíferos. El agua azul se presenta como un concepto que agrupa en una sola idea a todo el recurso hídrico superficial y subterráneo.⁽³⁾

La huella de agua gris se refiere a la polución y se define como el volumen de agua fresca que se exige para asimilar la carga de contaminantes dado las concentraciones de edificadores naturales y las normas existentes de calidad de agua.⁽³⁾

El Agua Virtual hace referencia al volumen de agua requerida o contaminada para la producción de un producto o servicio, medida a lo largo de su cadena de suministro; de esta forma, si una nación exporta o importa un producto, se exporta o importa el agua virtual asociada a ese producto.⁽⁴⁾

La intención final de la huella hídrica es medir el impacto sobre los recursos hídricos de las actividades humanas en forma de “consumo de agua” en toda la cadena de suministro y actividades vinculadas. Es un indicador que ha demostrado una gran utilidad para el estudio del uso del agua y que resume en hechos y cifras un problema global, el problema hídrico.

La norma ISO 14046 de huella hídrica, aprobada en julio de 2014, tiene un enfoque metodológico basado en el Ciclo de vida del agua (ACV) de un producto o servicio, proceso u organización, el cual considera los usos directos e indirectos de agua en la cadena de valor correspondiente y los correlaciona a potenciales impactos.

Estos usos directos e indirectos de agua generan una huella hídrica directa e indirecta respectivamente, por lo tanto, cada etapa del ciclo de vida tiene su huella hídrica directa e indirecta. Sumadas, constituyen la huella hídrica de la etapa en cuestión, la que además se transforma en parte de la huella hídrica indirecta de las etapas sucesivas. La huella hídrica total se obtiene de la sumatoria de todas las huellas hídricas de las etapas del ciclo de vida.⁽⁵⁾

En el mundo diversas industrias han logrado determinar su huella hídrica como parte del desarrollo sostenible, destacándose el caso de Cervecerías Babarias y Pie de Cumbre en Colombia.^(6,7)

En Cuba con el objetivo de introducir en la gestión ambiental empresarial el concepto y la metodología de cálculo de la huella hídrica, se realizó la evaluación de la huella hídrica gris en varias industrias de la rama alimenticia en la provincia de Camagüey.⁽¹⁾

Materiales y métodos

La cuantificación de la huella hídrica del sector industrial se realiza con respecto a la cantidad y tipo de industrias que se encuentran dentro de los límites geográficos establecidos. Los datos de uso, consumo de agua, efluente generado y concentración de parámetros en el efluente, se pueden obtener de las unidades municipales encargadas de regular la actividad en el sector industrial. Este debe realizar el balance hídrico de los procesos realizados en las industrias de mayor consumo de agua. Es posible utilizar balances hídricos estándares que se pueden determinar en planos de las industrias y cantidad de producción, así como es posible que las propias industrias tengan un registro del consumo de agua por proceso, lo cual permita esbozar un balance que compare entrada y salida de agua.⁽⁷⁾

Las metodologías de cálculo más utilizadas para el análisis de la huella hídrica permiten realizar la contabilización tanto del volumen (huella hídrica verde, azul y gris) como del impacto del uso de agua bajo el concepto de ciclo de vida. En el año 2009 se publicó el manual de la Water Footprint Network (WFN) y recientemente, se ha lanzado la ISO 14046, Principios, requisitos y guía de la huella hídrica.

La norma ISO 14046 de huella hídrica, aprobada en julio de 2014, tiene un enfoque metodológico basado en el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) de un producto (o servicio), proceso u organización, el cual considera los usos directos e

indirectos de agua en la cadena de valor correspondiente y los correlaciona a potenciales impactos.⁽⁸⁾

Una evaluación de la huella de agua puede ayudar en: ⁽⁸⁾

- evaluar la magnitud de impactos ambientales potenciales relacionados con el agua;
- identificar oportunidades para reducir los impactos ambientales potenciales relacionados con el agua asociados con productos en varias etapas de su ciclo de vida, así como con procesos y organizaciones;
- la gestión estratégica del riesgo relacionado con el agua;
- facilitar la eficiencia del agua y la optimización de la gestión del agua al nivel de productos, procesos y organización;
- informar a quienes toman decisiones en la industria, las organizaciones gubernamentales y no gubernamentales de sus impactos ambientales potenciales relacionados con el agua
- proporcionar información coherente y fiable con base en evidencia científica para dar el informe de los resultados de la huella de agua.

El ACV puede realizarse para un producto delimitando el alcance “desde la cuna a la puerta” o “desde la cuna a la tumba”. En el primer caso se considera desde el procesamiento de materias primas hasta la salida del producto en la puerta de la fábrica, y el segundo caso incluye además las etapas de distribución, uso/consumo de productos y la disposición final de residuos.⁽⁹⁾

La figura 1 muestra las fases de evaluación de la huella hídrica según la metodología desarrollada por el investigador holandés Arjen Hoekstra y su equipo de colaboradores de la Universidad de Twente. Esta evaluación busca informar sobre el agua dulce consumida por los seres humanos, así como el grado de sostenibilidad de los territorios que proveen estos consumos, con el fin de apoyar la formulación de las estrategias eficientes y realistas para alcanzar un uso sostenible del agua en una cuenca.



Fig. 1- Fases de la evaluación de la huella hídrica ⁽⁹⁾

Esta metodología puede aplicarse para una gran variedad de casos diferentes, por ejemplo, para un proceso o grupo de procesos antrópicos (agricultura, manufactura, otros); para un producto (arroz, camisa, energía eléctrica); una empresa o sector empresarial, para un consumidor o grupo de consumidores (los habitantes de una nación); o a nivel geográfico (una cuenca, una localidad o una nación). Lo que todas estas aplicaciones tienen en común, es que cualquier huella hídrica está asociada a una localización geográfica y a un periodo de tiempo determinado, por lo que se dice que la huella hídrica es geográfica y temporalmente explícita.

La comunidad internacional espera que estos esquemas, tanto WFN como ISO 14046, ayuden a organizaciones, gobiernos y otras partes interesadas en todo el mundo, porque proporcionan transparencia, coherencia, reproducibilidad y credibilidad para la evaluación e informe de las huellas del agua de productos, procesos u organizaciones.⁽¹⁰⁾

La principal diferencia respecto a la huella de agua publicada por la ISO, radica en que ésta última tiene un enfoque de ACV, y por consiguiente se obtendrán los resultados de los impactos potenciales y no únicamente un volumen de agua.⁽¹¹⁾

En la figura 2 se muestra un esquema que representa el alcance de WFN e ISO 14046.

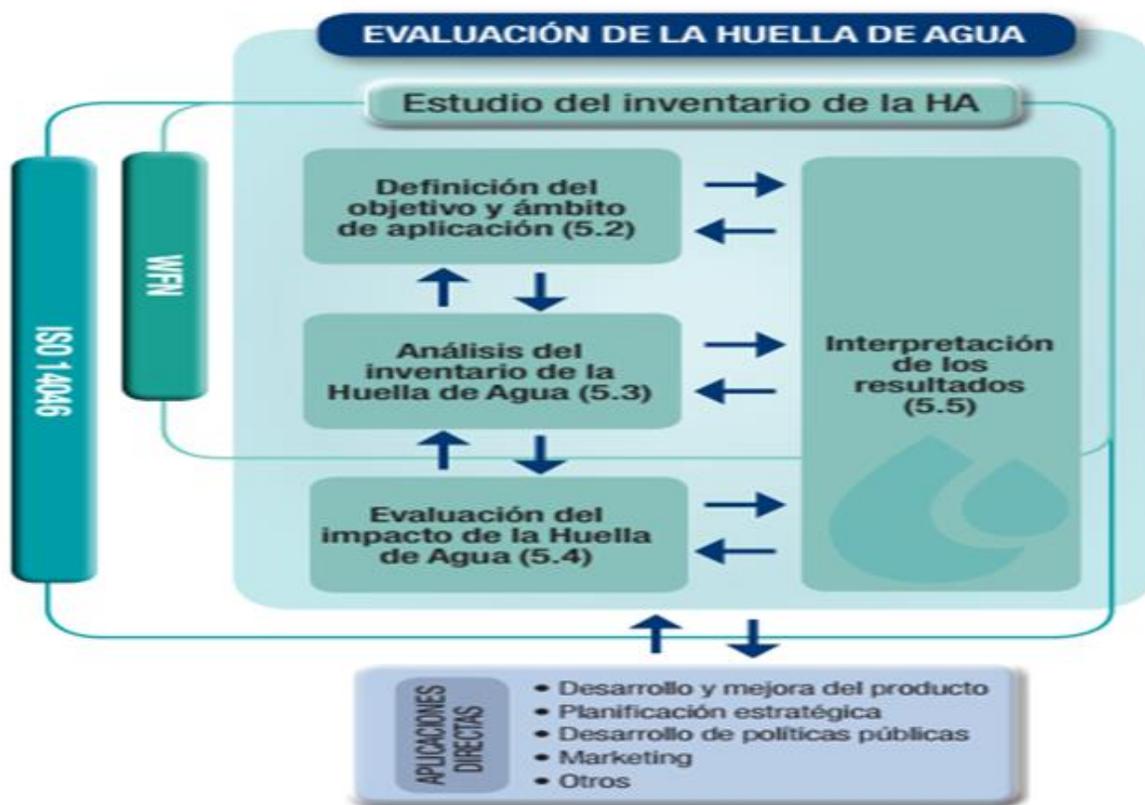


Fig. 2- Alcance de WFN e ISO 14046 ⁽¹⁰⁾

Metodología de cálculo

La Huella Hídrica se determina atendiendo a las metodologías de cálculo planteadas por la Red de Huella Hídrica (WFN) la cual define la huella hídrica como la suma de la huella verde, azul y gris; y la norma ISO 14046 la cual plantea que la huella hídrica es la suma de la huella directa y la indirecta. En este caso la metodología utilizada se corresponde con la planteada en la Red de Huella Hídrica (WFN).

A continuación, se presenta un algoritmo con los pasos lógicos seguidos para la determinación de la huella Hídrica.

- Generalidades del complejo.

- ◆ Límites del sistema y recopilación de la información.
- ◆ Balance hídrico.
- ◆ Determinación de la huella hídrica azul y la huella hídrica gris según WFN.
- ◆ Determinación de la huella hídrica total.
- ◆ Análisis de los resultados

Para la investigación se trabajó con el principio de la cuna a la puerta, planteando así los límites del sistema; se determinaron todos los flujos de agua del complejo y posteriormente las huellas.

La Huella Hídrica Azul (HHA)

$$HHAi = VolAE - VolAS \dots \dots \dots (1)$$

donde:

HHAi: Huella hídrica azul por el establecimiento (m³/año).

VolAE: Volumen total de agua utilizada por el establecimiento (m³/año).

VolAS: Volumen total de agua residual generada por el establecimiento (m³/año).

La Huella Hídrica Gris (HHG) se determina mediante el estudio de los principales contaminantes del agua residual del cual se toma el de mayor valor por lo cual su expresión para el cálculo en las industrias es:

$$HHgris = \frac{V_{ef} \times (C_{ef} - C_{nat})}{C_{max} - C_{nat}} \dots \dots \dots (2)$$

donde:

Vol_{ef}: Volumen del efluente.

C_{ef} : Concentración en el efluente en base al parámetro medido.

$C_{m\acute{a}x}$: Concentración máxima del parámetro medido en el cuerpo receptor según la normativa ambiental.

C_{nat} : Concentración natural libre de impactos antropogénicos del parámetro medido.

Las concentraciones máximas son obtenidas de la norma de vertimiento ⁽¹²⁾ y la natural según norma de agua potable.⁽¹³⁾

La huella hídrica verde no se tiene en cuenta para determinar la huella de agua de la industria debido a que no considera el volumen de agua de lluvia evaporada o incorporada en el producto, sino la huella que se genera desde el almacenamiento de la materia prima hasta la obtención del producto final. La expresión general para determinar Huella Hídrica Total según WFN (HHT_{WFN}) es:

$$HHT_{WFN} = HHA + HHG \dots \dots \dots (3)$$

Resultados y discusión

La huella hídrica azul del establecimiento contempla el agua que ingresa al proceso, la que se evapora mediante la realización del mismo y el agua contenida en el producto y se determina según la ecuación 1, para el año 2017.

$HHA_i = 395\,560 - 370\,818,85 = 24\,741,15 \text{ m}^3/\text{año}$ para la producción de cervezas

$HHA = 27\,222,6 - 18\,239,706 = 8\,982,894 \text{ m}^3/\text{año}$ para la producción de alcoholes

Las tablas 1 y 2 muestran un ejemplo de los valores de los análisis fisicoquímicos de las muestras de agua residual de la destilería y la cervecera respectivamente, analizadas en el laboratorio de la Unidad Empresarial de Base Servicios Técnicos de la Empresa de Aprovechamiento Hidráulico.

Tabla 1- Ejemplo de los resultados de los análisis en laboratorio en el mes de agosto del 2017 en la destilería

Parámetros	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	DBO ₅ ²⁰ (mg/L)	DQO (mg/L)	SS (mg/L)
Muestra	2170	9	29	0
Límites máximos NC - 27/2012	3500	60	120	5

Tabla 2- Ejemplo de los resultados de los análisis en laboratorio en el mes de agosto del 2017 en la cervecera

Muestras 2017	pH (u)	SS (mg/L)	DBO ₅ ²⁰ (mg/L)	DQO (mg/L)
Residual líquido de embotellado	5.2	3	56	176
Salida Fábrica	6.79	8	84	256
Residual líquido salida de elaboración	7.13	4	50	160
Límites máximos NC - 27/2012	6-9	5	60	120

Como la WFN establece que la huella hídrica gris es el valor máximo de los parámetros cuantificados se decidió que la HHG de la Destilería es la de la conductividad eléctrica para para la producción de alcoholes y de la DQO para la producción de cervezas.

$\text{HHG}_{\text{Total}} = 11308,62 \text{ m}^3/\text{año}$ para la producción de alcoholes

$\text{HHG}_{\text{Total}} = 791080,21 \text{ m}^3/\text{año}$ para la producción de cervezas

La Huella Hídrica Total según WFN (HHT_{WFN}) es la sumatoria de la azul y la gris, por tanto:

$\text{HHT}_{\text{WFN}} = 20\,291,51 \text{ m}^3/\text{año}$ (producción de alcohol)

$\text{HHT}_{\text{WFN}} = 825\,821,36 \text{ m}^3/\text{año}$ (producción de cervezas)

Antes del 2008 la Destilería realizaba la producción de aguardiente mediante la fermentación de las mieles provenientes de los centrales. Durante este tiempo se generaba la vinaza, procedente de la columna de aguardiente, el cual es un

residual líquido muy agresivo conocido como mosto, y que se vertía al canal del río Yarayó y de allí pasaba a la bahía santiaguera logrando contaminar sus aguas. A partir del 2008 en la Destilería se suprime la producción de aguardiente y se comienza a utilizar como materia prima principal el alcohol flema procedente de los centrales azucareros. Bajo estas condiciones los residuales líquidos que generaba la industria era el agua de luterio, el fusel y el agua procedente de la limpieza y uso doméstico.

Como se observa en el gráfico de la figura 3 es alto grado de reducción de la huella gris que se ha logrado en la destilería producto a las modificaciones realizadas en el proceso. En el año 2003 era considerable el consumo de agua, así como la generación de una alta carga contaminante producto del proceso de obtención de aguardiente. En el 2010 es considerablemente pequeña la huella con respecto al 2003 ya que en el 2008 se suprimió la producción de aguardiente y solo se destilaba el alcohol proveniente de los centrales, por lo cual el residual solo se generaba en las torres de destilación. Ya en el 2017 se logró reducir aún más la huella hídrica gris ya que se realizaron otros cambios en el proceso como la reutilización de los residuales en el proceso, ya que la flemaza se recircula a la torre de depuración y el fusel se utiliza para precalentar el combustible.

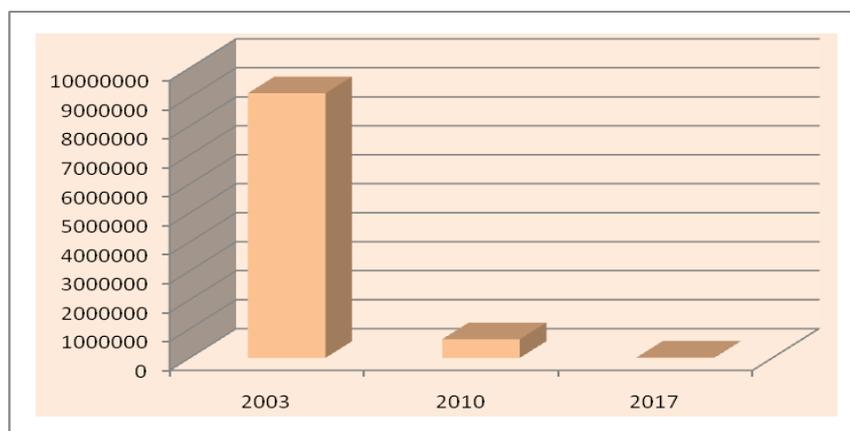


Fig.3- Diagrama del comportamiento de la Huella Hídrica Gris en la Destilería durante los años analizados

De manera general se plantea que la Destilería ha logrado una gran disminución de la huella hídrica gracias a las transformaciones realizadas en el proceso de la entidad lo cual se muestra en la figura 4:

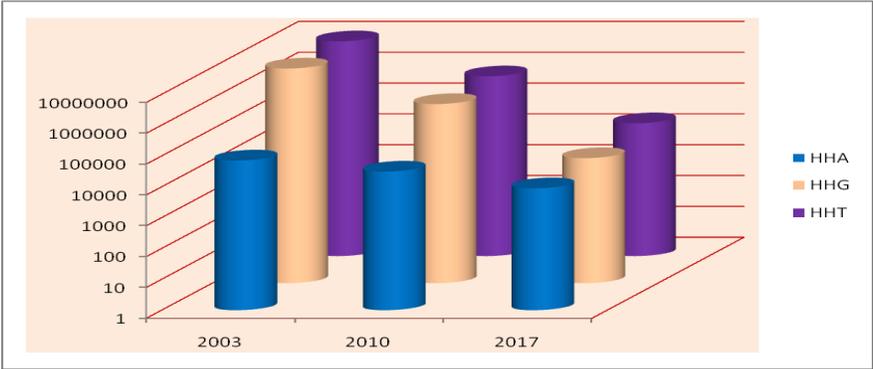


Fig. 4 - Diagrama en escala logarítmica del comportamiento de la Huella Hídrica de la Destilería en m³/año

Para el caso de la producción de cervezas también se obtuvo un marco de comparación y para ello se determinaron las huellas hídricas azules, grises y totales de los años 2014, 2015 y 2016 las cuales se muestran representadas en la figura 5 con la del 2017.

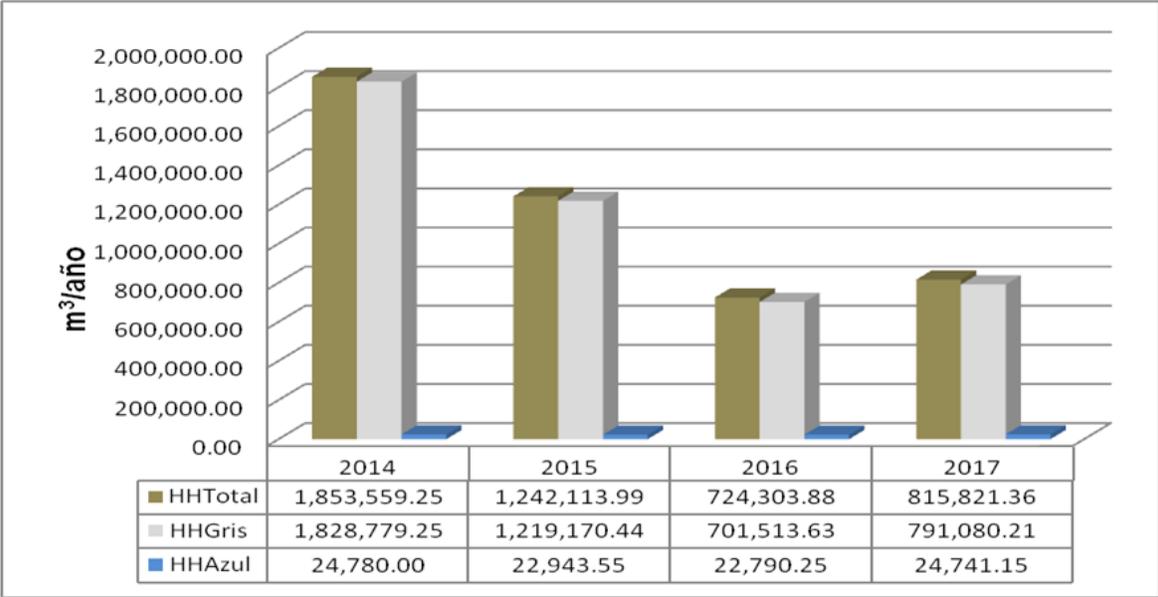


Fig. 5- Huellas hídricas por la producción de cervezas de los años 2014 – 2017 (m³/año)

Como se puede observar en la figura 5 a medida que pasan los años el valor de las huellas ha disminuido considerablemente excepto en el 2017 que comparado con el del 2016 hubo un leve aumento y esto es debido que en ese año hubo una producción de 23 563 m³ de cerveza que fue superior a la producida en el 2016 de 21 705 m³. Esto trajo consigo que se necesitara una mayor cantidad de agua para la elaboración de cerveza lo que aumentó el consumo de agua en ese año, además de las de aguas residuales, y así sus huellas hídricas.

Indiscutiblemente, entre los años 2014 y 2017 se manifiesta una gran diferencia con respecto a sus huellas hídricas ya que la huella hídrica total del 2017 ha disminuido un 44% con respecto a la del 2014. Aunque las producciones en esos años fueron particularmente parecidas (en el 2017 hubo 23 563 m³ de cerveza y en el 2014 de 23 600 m³ de cerveza), debido a la implementación de medidas y proyectos para el ahorro del agua y la disminución de los residuales.

Como se puede apreciar el complejo industrial ha logrado disminuir la huella hídrica por la producción de sus productos insignes, alcohol y cervezas, gracias a la implementación de un amplio conjunto de medidas entre las que se destaca la reutilización de las aguas dentro del proceso tecnológico. Ello demuestra que cuando se comienzan a aplicar acciones de tecnologías limpias se puede lograr una disminución de los consumos de agua y un menor volumen de residuales, lo que contribuye a un mejoramiento de las condiciones ambientales.

Conclusiones

1. Se demostró que gracias a las modificaciones tecnológicas realizadas en la destilería la huella hídrica ha disminuido considerablemente, en el 2003 fue de 9 202 741,5 m³/ año, en el 2010 de 674 364,13 m³/ año y 20 291,514 m³/ año en el 2017.

2. La huella hídrica de la producción de cervezas en Santiago de Cuba en el año 2017 fue de 815 821.36 m³, lo que representa una disminución de un 44 % durante los últimos 4 años, debido a las medidas y proyectos para el ahorro del agua y la disminución de los residuales implantadas por la empresa.
3. La implementación de medidas ha contribuido a la disminución de las huellas azul, gris y total en el complejo industrial Hatuey por la producción de cervezas y alcoholes.

Referencias bibliográficas

1. MONTALBAN ESTRADA, A.M., *et al.*, Huella Hídrica Gris en industrias alimenticias Camagüeyanas. Revista Cubana de Química, 2010. XXII: p. 44-50. ISSN impreso 2224-5421
2. HOEKSTRA, A.Y., *et al.*, The Water Footprint Assessment Manual. 2011.
3. ZÁRATE TORRES, E., *et al.*, Guía metodológica para la evaluación de la huella hídrica en una cuenca hidrográfica. Proyecto GSI. EUROCLIMA - IICA. Unión Europea, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. – San José, C.R.: IICA, 2017. ISBN: 978-92-9248-670-9
4. AQUAPATH PROJECT Huella hídrica asociada al consumo y a la producción. Erasmus+, Unión Europea, 2014
5. CHILE, F. y AGUALIMPIA O. Manual de aplicación de evaluación de Huella Hídrica acorde a la norma ISO 14046. 2017.
6. MOGOLLÓN, J.S., *et al.*, Huella Hídrica en Bavaria. 2014, Bavaria: Colombia. p. 1-10. Informe inédito
7. MÉNDEZ, D.F.D. and D.F.M. ALBARRACIN, Evaluación del manejo del agua de la Empresa cervecera Pié de Cumbre en Zipaquirá (Cundinamarca) dirigida a la elaboración de un plan de manejo integral del recurso hídrico, Facultad de Ingeniería. 2017, Universidad de la Salle.

8. Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, COSUDE, Manual de aplicación de evaluación de Huella Hídrica acorde a la norma ISO 14046. 2016: Santiago de Chile.
9. URIBE, D.A., *et al.*, Guía metodológica para la evaluación de la huella hídrica en una cuenca hidrográfica. 2017, Unión Europea, Imprenta Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA): Costa Rica. p. 1-80.
10. MAGRO, J., Verificación de la Huella Hídrica. Revista Tecnoaqua, 2017. XXIV:Marzo-Abril, p. 100-104, disponible en <http://www.tecnoaqua.es> ISSN 2340-2091
11. CHAVERRI, A.L.V., Metodología práctica para la cuantificación de la huella de agua en Plantas Empacadoras de banano en Costa Rica, Ingeniería Ambiental. 2015, Instituto Tecnológico de Costa Rica ,escuela de Química: Trabajo de grado. p. 1-94.
12. Norma Cubana 27:2012 “Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado-Especificaciones.”
13. Norma Cuban 827:2012 “Agua potable-Requisitos Sanitarios”.

Conflictos de interés

Los autores declaran que no hay conflictos de intereses

Contribución de los autores

Telvia Arias Lafargue: investigación en el complejo industrial y confección del informe

Elianne Vázquez Montero: investigación en el complejo industrial y confección de gráficos y del informe.

Leidysbel Loforte Quesada: investigación en el complejo industrial y confección de gráficos y del informe.