

Consumo de agua en la cervecería Tínima

Dra.C. Sarah Isabel Barreto Torrella (PT)

Profesora, Depto. Ingeniería Química, Universidad “Ignacio Agramonte Loynaz”, Camagüey.

Email: sara.barreto@reduc.edu.cu, sarahbarretot@gmail.com

MSc. Héctor Arias Vidal

Ingeniero Químico, Jefe del área de tratamiento de agua, Cervecería Tínima, Camagüey.

RESUMEN

El consumo de agua por hL de cerveza debe ser de 10 -15 hL / hL. Con el objetivo de determinar los gastos reales, se tomaron lecturas diarias de los volúmenes de agua consumidos durante tres años (2013 -2015) y se procesaron, mediante estadígrafos descriptivos, por medio del paquete STATGRAPHICS XVI para obtener los valores e intervalos más frecuentes de consumos específicos y totales y demandas promedio, máxima y mínima. También se determinó el coeficiente de variación diaria. El consumo total actual de agua es de 1 397 m³/d (7,5 m³ de agua/ m³ de producto) y en %: 62 de agua suave, 20 del filtro, 11 consumo social y 7 del molino; el gasto promedio mensual es de 1 393 m³/d. El coeficiente de variación diaria es de 2,13.

Palabras clave: cervecería, coeficiente de variación diaria, consumo de agua, demanda de agua.

Water consumption in Tinima brewery

ABSTRACT

The water use per hL of beer must be of 10 -15 hL /hL. In order to determine the real, total and consumer consumptions, daily readings of the water volumes consumed over three years (2013-2015) were taken and processed using descriptive statistics through the STATGRAPHICS XVI package to obtain the values and more frequent intervals of specific and total water usage as well as average, minimum and maximum demands. The daily coefficient of variation was also determined. The current total water consumption is 1397 m³/d (7,5 m³ of water/ m³ of product), in %: 62 is soft water, 20% for filter, 11% for social consumption, and 7% for mill; monthly demand is 1393 m³/d. The daily coefficient of variation is 2,13.

Keywords: brewery, daily coefficient of variation, water usage, water demand.

INTRODUCCIÓN

El recurso agua es limitado, de los disponibles, se estima que el uso anual global de agua por parte de la industria aumente de una cantidad aproximada de 725 km³ en 1995 a unos 1170 km³ en 2025. El uso industrial representará entonces un 24% del consumo total de agua por lo que resulta indispensable su uso racional (ONU 2016). Cuba desarrolla una política de ahorro y uso racional del agua, lo cual se sustenta en los documentos políticos y legales (PCC 2016).

Dentro de los consumidores industriales las cerveceras son importantes, debido a que un 90 % de su producto final es agua, sin embargo, solamente una parte de la requerida es usada directamente en la cerveza, otra atraviesa por un largo proceso que incluye extracción, preparación o acondicionamiento para utilizarse luego como disolvente, como medio de calentamiento o de enfriamiento, como agua de lavado, o de reposición (Degremont 1983), (Kunze 2006).

La cervecera Tímina se concibió para una capacidad de producción de cervezas y maltas de 1 200 000 – 1 300 000 hL anuales, cuyo consumo sería de 723 m³/h de agua; actualmente produce 682 000 hL anuales, lo cual representa el 54,56 % de la capacidad prevista (Arias 2016).

En esta planta se preparan tres tipos de agua, para la fabricación de cervezas y maltas (agua de proceso), para los diferentes equipos que poseen transferencia de calor (agua suave) y para uso social en comedores, baños, limpiezas de las áreas, etcétera (Arias 2016).

El consumo por hL de cerveza se plantea que esté en el orden de 10 -15 hL de agua por hL de cerveza, sin embargo, pueden alcanzarse menores índices, para ello, es necesario determinar el consumo real en dichas industrias, total y por consumidores, lo cual constituye el objetivo del presente trabajo.

Se tomaron lecturas diarias de los volúmenes de agua empleados durante tres años (2013 - 2015) y se procesaron, mediante estadígrafos descriptivos por medio del paquete *STATGRAPHICS XVI* para obtener los rangos más frecuentes de consumos específicos y totales y las demandas promedio y máxima. Se empleó el *EXCEL* para la elaboración de gráficos. También se determinó el coeficiente de variación diaria según Sotto y March (1985).

Los valores calculados constituyen un referente importante para la gestión y uso racional del agua en la propia fábrica o en otras que cuenten con tecnología similar y son útiles para el diseño y control de sus sistemas hidráulicos.

USO Y DEMANDA DE AGUA PARA LA INDUSTRIA CERVECERA

Uso del agua en la industria cervecera

La industria precisa el agua para múltiples aplicaciones: como medio para calentamiento o enfriamiento, para producir vapor de agua, como disolvente, como materia prima, para limpieza. Según su uso industrial puede ser empleada como sigue (Rivera et al. 2007):

Aguas tecnológicas o de proceso: son aquellas que forman parte del producto final o que, por razones tecnológicas, entran en contacto directo con el producto durante el proceso productivo.

Aguas de operación: son aquellas implicadas en las actividades de generación de vapor y vacío, intercambio de calor y regeneración de equipos de tratamiento de agua.

Aguas de limpieza: comprende toda aquella agua que se utiliza para eliminar suciedades en la materia prima, el producto final, los equipos tecnológicos y áreas de trabajo.

Demanda de agua en cervecerías

Se establece que se requiere, en total, entre 4 - 30 m³ agua/m³ de cerveza producida, que se distribuyen por áreas de producción, las de mayor consumo son la sala de cocción y la de enfriamiento (19 – 36 %) y (18 – 23 %) respectivamente, le sigue embotellado con (7 – 19 %) (Rivera et al. 2007).

El Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH) recomienda 10 -15 hL de agua por hL de cerveza Resolución N° 58 (1995), sin embargo, optimizando su uso, actualmente se pueden alcanzar consumos inferiores a 3,75 hL/hL (VLB Berlín 2007).

El consumo de agua tratada en una cervecería es como sigue: 40 % de agua suave, 32 % de agua tratada de procesos y 28 % de agua potable (Rivera et al. 2007).

La fábrica de cerveza Tínima fue diseñada para un consumo total de agua de 723 m³/h (Arias 2016).

OPERACIONES Y PROCESOS QUE EMPLEAN AGUA DE PROCESO

En el área de cocción: en la molienda de tipo húmeda acondicionada, el completamiento de la maceración, el riego de la tina (filtración), la preparación del agua de azúcar como adjunto, el enfriamiento del mosto (transferencia de calor).

En el área de fermentación: en el filtro de cerveza (empuje, limpieza y preparación de la tierra), en la dilución en bodega de guarda, en el almacén de levadura, en el cultivo de levadura.

Procesos que utilizan agua suave

Emplean agua suave los equipos donde interviene la transferencia de calor, ellos son:

En el área de salas de máquinas: los condensadores evaporativos de sistemas de refrigeración y la torre de enfriamiento de compresores de aire y de dióxido de carbono (CO₂).

En el área de calderas: el tanque de agua para alimentar caldera, para reposición.

En el área de envasado: los pasteurizadores de botella, en el riego de la pasteurización, las lavadoras de botellas, en el lavado de la botella, la bomba de vacío, en el enfriamiento de los cojinetes, la máquina lavadora-llenadora de toneles.

En el área de bodega de guarda: para la limpieza de tanques y preparación de aditivos químicos.

En el área de cocción: para el enfriamiento de los rodamientos de las bombas de fluidos calientes.

MÉTODOS

Se tomaron lecturas diarias de los volúmenes de agua consumidos durante tres años (2013 - 2015), en los puntos mostrados en la figura 1, donde se encuentran instalados metros contadores, y se procesaron, mediante estadígrafos descriptivos por medio del paquete *STATGRAPHICS XVI* para obtener los rangos más frecuentes de consumos específicos y totales y las demandas promedio y máxima.

Se identificaron y eliminaron los valores atípicos y, luego de comprobar que los datos provenían de una distribución normal, se determinaron los límites de tolerancia con una confianza del 95%. Se usó el EXCEL para la elaboración de gráficos. También se determinó el coeficiente de variación diaria, según Sotto y March (1985).

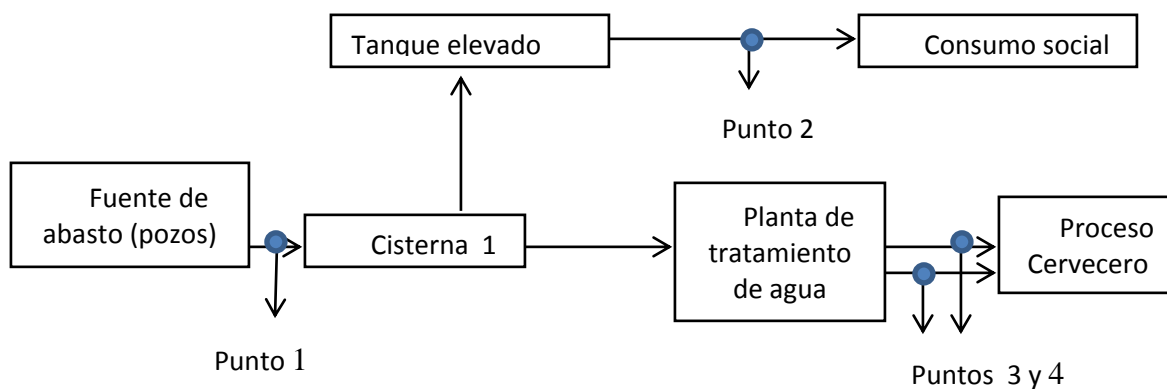


Figura 1. Puntos de medición del flujo:

Punto 1: a la entrada de la cisterna 1. **Punto 2:** a la salida del tanque elevado, ambos con un metrocontador. **Puntos 3 y 4:** están a la salida de la planta de tratamiento de agua, se usan dos metrocontadores, uno es el del molino y el otro el del enfriador de mosto

La relación entre la demanda diaria máxima y la demanda promedio diaria se llama coeficiente de variación diaria (k_1).

$$k_1 = \frac{DMD}{DPD} = \frac{DMD/24}{DPD/24} = \frac{DPHDM}{DPHDP} \quad (1)$$

donde: *DMD*-Demanda máxima diaria: la del día cuyo consumo resulta un máximo.
DPD- Demanda promedio diaria.

Si tanto la *DMD* como la *DPD* se dividen por las horas del día en que funciona la planta, se obtienen unos valores denominados demanda promedio horaria del día de máximo consumo y promedio diaria (*DPHDM*) y (*DPHDP*) respectivamente, ver ecuación 1.

RESULTADOS

Al procesar los datos de los tres años mencionados se obtuvieron los consumos del molino, del filtro, de agua suave y para consumo social, que se ofrecen en las figuras 2 y 3, obsérvese que el 62 % del consumo es de agua suave, 1,5 veces superior al reportado por Rivera et al. (2007) y que requiere de una mayor inversión en su tratamiento, le sigue el del filtro, que constituye un 20 %, luego la que se emplea para consumo social, el 11 % y por último el molino, con un 7 %.

En general, la demanda se ha ido reduciendo de uno a otro año (ver figura 3), las mayores disminuciones se logran con los consumidores de agua suave, en alrededor de $70 \text{ m}^3/\text{d}$ de año en año, un incentivo ha sido la reducción de los costos, pues la fuente para ese uso es el acueducto y su costo es de $0,85 \text{ \$/m}^3$, 8,5 veces más que el del agua de pozo, de $0,10 \text{ \$/m}^3$ según Arias (2016).

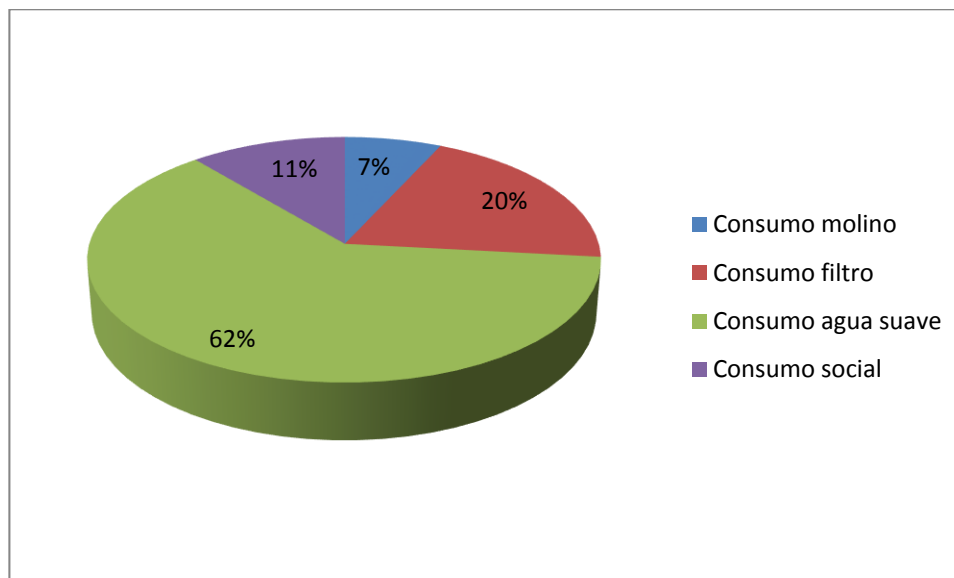


Figura 2. Distribución del consumo de agua por consumidor en la cervecería Tínima

El molino disminuyó su consumo en 8 y en $29 \text{ m}^3/\text{d}$ de 2013 a 2014 y de 2014 a 2015 respectivamente, sin embargo, los filtros lo incrementaron en 7 de 2013 al 14 y redujeron en $19 \text{ m}^3/\text{d}$ del 2014 al 2015.

El gasto de agua para uso social es el único que aumentó del 2014 al 2015. Los resultados muestran que existen oportunidades para la reducción de los consumos, aspecto en el que se requiere atención, la aplicación de la ciencia, el mantenimiento, la innovación y el control (VLB Berlín 2007).

En la tabla 1 se exponen los resultados de los estadígrafos determinados, obsérvese la gran dispersión que hay de los gastos, lo cual es típico de las industrias, pero optimizándose los consumos se pueden lograr mejores resultados (VLB Berlín 2007).

Tabla 1. Resumen estadístico de los resultados de los datos procesados de consumo de agua en la cervecería Tínima durante los años 2013 - 2015

| Descriptor | Molino | Filtro | Agua suave | Uso social | Total |
|-------------------------------|--------------|--------------|--------------------|--------------|--------------------|
| Recuento | 1 068 | 866 | 1 084 | 1 078 | 1 092 |
| Promedio (m ³ /d) | 99,3 | 285,6 | 897,1 | 160,3 | 1 397,0 |
| Desviación estándar | 42,52 | 134,16 | 301,72 | 72,36 | 433,80 |
| Coef. de variación, % | 42,79 | 46,97 | 33,63 | 45,13 | 31,03 |
| Mínimo (m ³ /d) | 10 | 6 | 86 | 6 | 293 |
| Máximo (m ³ /d) | 242 | 732 | 1910 | 449 | 2977 |
| Intervalo (m ³ /d) | 14,3 - 213,0 | 74,4 - 645,7 | 91,05 – 1 703,1 | 32,4 - 352,3 | 239,2 – 2 556,7 |

Los intervalos de consumos, ofrecidos en la tabla 1, reflejan el 99 % de la distribución de los valores, con una confianza del 95%; el histograma de frecuencia (figura 4) lo demuestra con la distribución del consumo total.

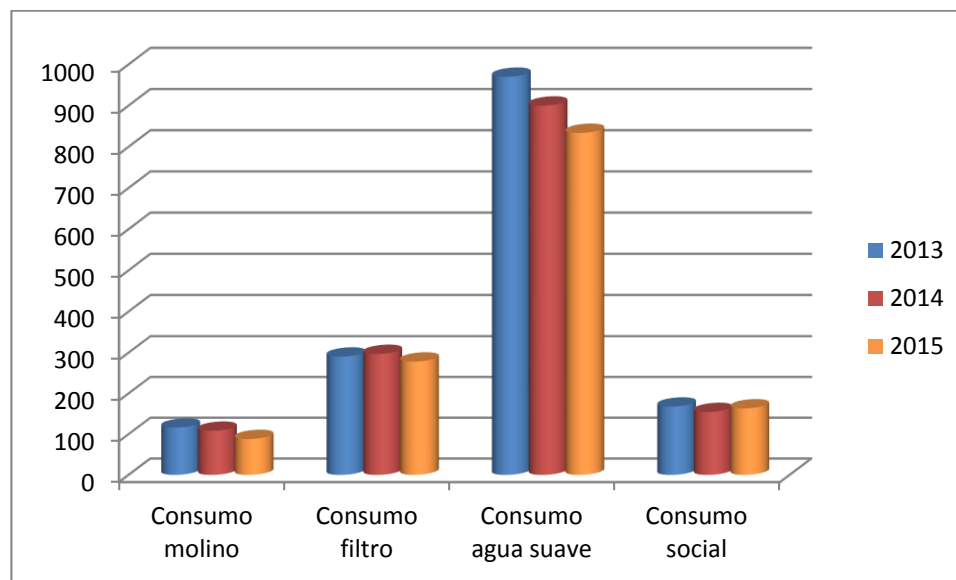


Figura 3. Consumos promedios por año y tipo de consumidor

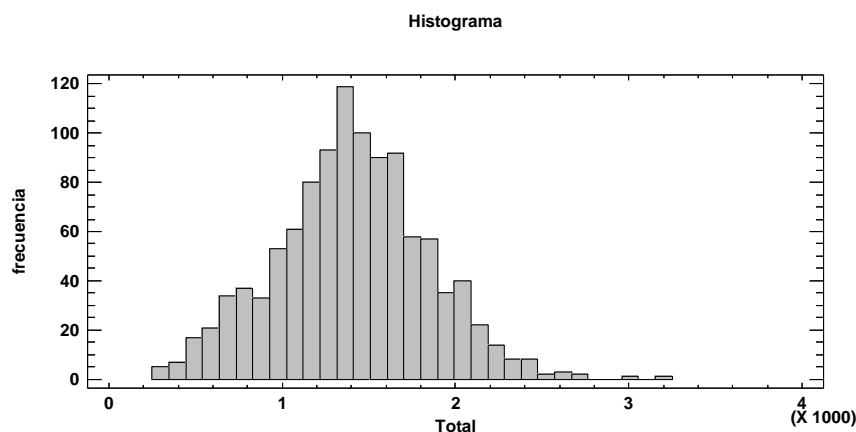


Figura 4. Histograma de frecuencia para el consumo total

Considerando el gasto promedio de agua reflejado en la tabla 1 y una producción de 682 000 hL, se obtiene un índice de $7,48 \text{ m}^3$ de agua por m^3 de cerveza, que resulta inferior a lo establecido por la Resolución N° 58 (1995), que es de $10 - 15 \text{ m}^3$ agua/ m^3 de productos, lo que muestra resultados muy favorables en el uso del agua.

Sin embargo, hay oportunidades de mejorar esos valores para lograr resultados más atractivos debido a que, optimizando el uso de este recurso se pueden alcanzar consumos más bajos. Evia (2013) alcanza 3,63 debido a que el 3 % del agua que usa es de lluvia, que almacenan y usan en algunas de las operaciones y señalan que la meta global de Heineken para 2020 es usar 3,7 litros en todas sus cerveceras. (Rivera et al. 2007) reportan, para la misma fábrica, $7,2 \text{ m}^3$ agua/ m^3 de producto y apuntan que este resultado es luego de aplicar “producciones más limpias” (PML), no se aclara el procedimiento seguido para su determinación, por lo que no se puede afirmar que haya habido un incremento de esa fecha al momento.

Los coeficientes de variación diaria, mostrados en la tabla 2 permiten, a partir de datos promedio, estimar los valores máximos diarios y son de suma utilidad para el control del proceso; pudieran constituir un indicador de desempeño, también constituyen un referente para el diseño de nuevas capacidades.

Las reducciones logradas de los valores máximos corroboran una vez más la posibilidad de la disminución de los consumos, nótese al respecto un mejor resultado en 2014.

El valor de k_1 para los datos promedios procesados de los tres años, obtenido de los que se ofrecen en la tabla 1 es de 2,13.

Los consumos mensuales promedio se muestran en la tabla 3, los meses de mayor consumo son julio, agosto, y diciembre, en ese orden, y los de mínimo marzo, enero y febrero. El promedio mensual es de $1392,57 \text{ m}^3/\text{d}$. Los intervalos ofrecidos en la tabla 3 muestran, con un 95 % de confianza, el 99 % de la distribución de los caudales mensuales registrados.

Tabla 2. Valores de las demandas promedio y máxima, diaria y horaria, así como de los coeficientes de variación diaria en la cervecería Tínima en los años 2013, 2014 y 2015

| Descripción | 2013 | 2014 | 2015 |
|---|-------|-------|-------|
| Demanda promedio diaria (DPD), (m ³ /d) | 1 398 | 1 424 | 1 324 |
| Demanda máxima diaria (DMD), (m ³ /d) | 3 203 | 2 428 | 2 318 |
| Demanda promedio horaria del día de máximo consumo (DPHDP), (m ³ /h) | 58 | 59 | 55 |
| Demanda promedio horaria del día de demanda promedio (DPHDM), (m ³ /h) | 133 | 101 | 97 |
| k_l | 2,29 | 1,70 | 1,75 |

Tabla 3. Consumos promedios, máximos y mínimos mensuales

| Mes | Recuento | Promedio | Desviación estándar | Mínimo | Máximo | Intervalo |
|------|----------|----------|---------------------|--------|--------|-------------|
| Ene | 92 | 1 231,2 | 533,56 | 293 | 2 338 | 344 – 2 806 |
| Feb | 83 | 1 272,5 | 370,57 | 578 | 2 068 | 169 – 2 376 |
| Mar | 93 | 1 209,1 | 374,46 | 461 | 1 966 | 110 – 2 308 |
| Abr | 87 | 1 298,6 | 348,00 | 486 | 2 031 | 264 – 2 333 |
| May | 92 | 1 330,5 | 371,48 | 516 | 2 224 | 215 – 2 407 |
| Jun | 89 | 1 403,5 | 364,62 | 370 | 2 143 | 324 – 2 483 |
| Jul | 93 | 1 590,2 | 405,07 | 650 | 2 619 | 395 – 2 785 |
| Ago | 91 | 1 576,9 | 394,55 | 631 | 2 751 | 411 – 2 743 |
| Sept | 89 | 1 381,9 | 391,08 | 427 | 2 400 | 224 – 2 540 |
| Oct | 92 | 1 469,3 | 423,44 | 518 | 2 515 | 219 – 2 720 |
| Nov | 87 | 1 429,2 | 387,05 | 609 | 2 246 | 281 – 2 577 |
| Dic | 90 | 1517,96 | 429,051 | 573 | 2389 | 249 – 2787 |

CONCLUSIONES

- El consumo total actual de agua es de 7,5 m³ de agua por m³ de cerveza y malta, distribuido porcentualmente en 62 % de agua suave, 20 %, del filtro, 11 % consumo social y 7 % el molino.
- Los intervalos de consumo de molinos, filtros, agua suave y para uso social son de (14,3 - 213,0), (74,4 - 645, 7), (91,1 – 1 703,1), (32,4 - 352,3) m³/d respectivamente y de (239,2 - 2556,7) m³/d el total de la fábrica. Los consumos se han ido reduciendo de uno a otro año, en 8 y hasta en 20 m³/d. El coeficiente de variación diaria k_l es de 2,13 para esta industria.

- El promedio mensual es de 1 392,6 m³/d. Los meses de mayor consumo son julio, agosto, y diciembre, en ese orden, y los de mínimo marzo, enero y febrero. Se pueden lograr menores gastos. Los valores determinados constituyen un referente importante para la gestión y uso racional del agua en la propia fábrica u otras que cuenten con tecnología similar.

REFERENCIAS

- Arias H.** (2016). “Evaluación de la factibilidad técnica y económica para garantizar los requerimientos de agua de la fábrica de cervezas Tínima”. Tesis en opción al título de Máster en Análisis de Procesos en la Industria Química, Facultad de Ciencias Aplicadas, Depto. de Ingeniería Química, Universidad Ignacio Agramonte Loynaz, Camagüey, Cuba.
- Degremont** (1983). “Notas técnicas sobre problemas del agua: Manual, vol. II”, Editorial: Stroyizdat , ISBN: 38.761/6C9.3, Moscú, URSS.
- Evia M. J.** (2013) “¿Cuánta agua se necesita para fabricar una cerveza?”. Expok. Comunicación de Sustentabilidad y Responsabilidad Social Empresarial (RSE), Ciudad México, México, extraído de: <https://www.expoknews.com/cuanta-agua-se-necesita-para-fabricar-una-cerveza/>. en enero de 2018.
- Kunze W.** (2006). “Tecnología para cerveceros y malteros”, Editorial: Versushs-und Lehranstalt, ISBN: 978-3-921690-54-3, Berlín, República Federal de Alemania.
- ONU** (2016). “Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo 2016: Agua y empleo“. Organización de Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP), extraído de: <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002441/244103s.pdf>. en enero de 2018.
- PCC** (2016). “Conceptualización del modelo económico y social cubano de desarrollo socialista”, La Habana, Cuba, extraído de: <http://www.granma.cu/file/pdf/gaceta/Copia%20para%20el%20Sitio%20Web.pdf> en enero de 2018.
- Resolución N° 58** (1995). “Índices de consumo de agua para el sector de la economía no agrícola”. Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), La Habana, Cuba.
- Rivera A., González J., Martínez J. M., y Terry C. C.** (2007). "Manual para la gestión eficiente del agua en la industria alimentaria", Editorial: Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), ISBN 978-959-7003-19-9, Viena, Austria.
- Sotto L. y March C.** (1985). “Temas de ingeniería hidráulica”, Editorial: Centro de Investigaciones Hidráulicas, Fac. Hidráulica-Viales, ISPJAE, Ministerio de Educación Superior, La Habana, Cuba.
- VLB Berlín** (2007). “El agua como base para una elaboración segura de la cerveza”, Berlín, República Federal de Alemania, extraído de: <https://www.vlb-berlin.org/cms/upload/pdf/infomaterial/VLB-BIES-02-2007.pdf>. en junio de 2016.