

ÍNDICE DE CONSUMO DE AGUA EN LABORATORIOS DE ANALÍTICA, MICROBIOLOGÍA Y PROTECCIÓN DE MATERIALES DE LA EMPRESA CNIC

Water consumption index in analytical, microbiology and material protection laboratories of the CNIC company.

N. Ortega Peña^a, Jacqueline Gutiérrez Navarrete^a

^a Unidad de Gestión de los Servicios Científico Técnicos DECA. Dirección de I+D+i, Empresa Centro Nacional de Investigaciones Científicas, Ave. 25 y 158, Cubanacán Playa, La Habana, Cuba, niubis.ortega@cnic.cu

Recibido: 19 de octubre de 2020.

Aceptado: 10 de diciembre de 2020.

RESUMEN

La escasez de recursos hídricos, la mala calidad del agua y el saneamiento inadecuado influyen negativamente en la seguridad alimentaria, las opciones de medios de subsistencia y las oportunidades de educación para las familias pobres en todo el mundo. La sequía afecta a algunos de los países más pobres del mundo, recrudece el hambre y la desnutrición, por lo que se hace necesario utilizar de modo eficaz el recurso hidráulico. Cuba desarrolla tácticas para alcanzar el óptimo funcionamiento y mantenimiento de la infraestructura hidráulica, es por ello que el objetivo principal de este trabajo es estimar el índice de consumo de agua en los laboratorios de Analítica, Microbiología y Protección de Materiales del Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CNIC), ya que el conocimiento del mismo permite incrementar la eficiencia del uso de agua en los laboratorios, de forma que se garantice el ahorro y se tracen estrategias de trabajo para la sostenibilidad medioambiental. Este trabajo no incluye el cálculo del consumo social, solo se estima el agua potable y destilada empleada por cada ensayo analítico, la consumida por los equipos tecnológicos y la utilizada en el fregado de la cristalería y utensilios de laboratorio. Para ello se analizó el universo de actividades que se desarrolla en cada laboratorio y se trazó una metodología de trabajo. Una vez obtenido el índice de consumo de cada laboratorio se comparó con la Resolución N° 287/2015 del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), siendo superiores los valores de agua potable obtenidos a los contemplados en la resolución. Sirva de propuesta el resultado de este trabajo para una actualización de los índices de consumo, en la industria y en los servicios, teniendo en cuenta que desde la fecha de emitida la resolución, hasta el momento han ocurrido cambios tecnológicos e incremento de los servicios.

Palabras clave: índice de consumo de agua; agua potable; agua destilada; laboratorio.

ABSTRACT

Scarcity of water resources, poor water quality, and inadequate sanitation negatively impact food security, livelihood options, and educational opportunities for poor families around the world. Drought affects some of the poorest countries in the world, worsening hunger and malnutrition, for which it is necessary to use water resources effectively. Cuba develops strategies to achieve optimal operation and maintenance of hydraulic infrastructure, which is why the main objective of this work is to estimate the rate of water consumption in the Analytical, Microbiology and Materials Protection laboratories of the National Center for Scientific Research (CNIC). The knowledge of it allows to increase the efficiency of the use of water in the laboratories in such a way that savings are guaranteed and work strategies are drawn up for environmental sustainability. This work does not include the calculation of social consumption, only the drinking or distilled water used for each analytical test, that consumed by technological equipment and that used in the scrubbing of glassware and laboratory utensils is estimated. For this, the universe of activities that takes place in each laboratory was analyzed and a work methodology was drawn up. Once the consumption index of each laboratory was obtained, it was compared with Resolution No. 287/2015 of the National Institute of Hydraulic Resources (INRH), the values of drinking water obtained being higher than those contemplated in the resolution. The result of this work serves as a proposal for an update of the consumption indices, in the industry and in the services, taking into account that since the date the resolution was issued, until now there have been technological changes and an increase in services.

Keywords: water consumption index; drinking water; distilled water; laboratory.

INTRODUCCIÓN

Desde comienzos del siglo XX, la población mundial se ha duplicado, mientras que, como resultado del desarrollo industrial y del mayor uso agrícola, la cantidad empleada de agua se ha sextuplicado. Teniendo en cuenta que en el mundo se ha incrementado la sobreexplotación, la contaminación y los efectos del cambio climático, actualmente, casi el 40% de los seres humanos cuentan con problemas de escasez de agua, circunstancia que, para el 2025 afectará a un 66% de la población mundial asentada en países de África y Asia Occidental (Ambientum, 2020).

Por otro lado, y debido a la contaminación ambiental (aguas residuales, vertidos a la atmósfera, residuos sólidos, etc.), una fracción importante del agua dulce disponible sufre algún tipo de contaminación. Las fuentes naturales de agua cuentan con procesos de autodepuración, pero cuando se emplea en exceso o es escasa, en general empeora su calidad. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), más de 1 200 millones de personas consumen agua sin garantías sanitarias, lo que provoca entre 20 000 y 30 000 muertes diarias y gran cantidad de enfermedades (Ambientum, 2020).

En septiembre de 2015 se aprobó en la Asamblea General de las Naciones Unidas, la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, la cual incluye un conjunto de 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) o también conocidos como Objetivos Mundiales para poner fin a la pobreza, luchar contra la desigualdad y la injusticia, y hacer frente al cambio climático, estableciendo una visión transformadora hacia la sostenibilidad económica, social y ambiental de los 193 Estados Miembros que la suscribieron. Enfocados en esta agenda y trabajando el objetivo 6 de la misma “Agua limpia y saneamiento” con el propósito de garantizar la disponibilidad de agua, su gestión sostenible y el saneamiento para todos (Naciones Unidas, 2018), la Empresa consideró calcular el índice de consumo de agua, tomando como referencia el consumo de algunos de sus laboratorios, siendo este el objetivo principal de este trabajo. Para ello seleccionó los laboratorios de Analítica, Microbiología y Protección de Materiales, de la Dirección de I+D+i, por su nivel de actividad en los servicios que brinda.

El Índice de Consumo de agua se define como la cantidad de agua que se requiere para el desarrollo de una actividad o la obtención de un producto, considerando el máximo aprovechamiento de estepreciado recurso en concordancia con los valores que mundialmente se obtienen empleando las tecnologías más eficientes. Este índice sirve como criterio para determinar potenciales de ahorro y uso eficiente del recurso. Además, permite determinar los volúmenes de aguas que se asignan a personas naturales o jurídicas para el desarrollo de sus actividades domésticas, agropecuarias, industriales, comerciales, de servicios u otro tipo. El cálculo del índice de consumo de agua para algunas áreas está limitado por la disponibilidad de información necesaria para su cómputo, por lo tanto, se hacen aproximaciones con factores de consumo semejantes, lo cual dificulta la estimación real del consumo (Saldarriaga y Carrillo, 2012). Cuba cuenta con la Resolución N° 287/2015 del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH) donde se establecen los índices de consumo de agua para las producciones, los servicios y el riego agrícola incluido el sector no estatal. En la misma no aparece una estimación de este índice de agua para laboratorios de ensayos analíticos y microbiológicos de aguas limpias y aguas residuales, ni laboratorios de protección de materiales. En el caso de Laboratorios solo aparece el índice de consumo de agua referenciado al sector de la Educación considerando que el mismo es 0,100 m³/lab/d (Gaceta Oficial N° 16, 2016).

La determinación de estos indicadores constituye una de las premisas de trabajo principales de la OSDE BioCubaFarma y en particular de su Dirección de Calidad, enfocado en su gestión ambiental. De ahí que el estudio que se pretende abordar con el presente trabajo permitirá dar cumplimiento a una de las tareas encomendadas por el órgano superior.

Los Laboratorios de Analítica, Microbiología y Protección de Materiales del CNIC ofrecen Servicios Científicos-Técnicos (SCT) además de realizar investigaciones asociadas a proyectos. El alcance del trabajo en cada laboratorio está vinculado con los clientes contratados en un periodo determinado, las especificaciones de los contratos y servicios internos del centro. Según el servicio contratado se seleccionan los puntos de muestreo, así como los ensayos analíticos de los indicadores de contaminación ambiental. Por lo tanto, el volumen de trabajo varía en cada semana.

1. MATERIALES Y METODOS

Este trabajo no incluye el cálculo del agua de consumo social, solo se estima el agua consumida por cada ensayo analítico ya sea destilada o potable, la empleada por los equipos en cada ensayo y la utilizada en el fregado de la cristalería y utensilios de laboratorio. Para ello se desarrolló una metodología de trabajo donde se tienen en cuenta: el flujo de actividades realizadas por cada laboratorio; los meses de mayor volumen de trabajo (basado en períodos históricos); se determinan las variables que influyen en el uso del agua destilada y potable; se identifican los instrumentos de medición apropiados; se elabora el programa de control de lectura estimando los caudales diarios, semanales y mensuales según las condiciones y las características de cada laboratorio lo permita, apoyados en los procedimientos normativos de operación (PNO) de los ensayos, libretas de los analistas, procedimientos técnicos y registros del control de la calidad, de los servicios científico-técnicos de cada laboratorio, implementados según el Sistema de Gestión de la Calidad, sustentado en la NC-ISO/IEC 17025:2017.

Metodología para la determinación de los Índices de Consumo de agua.

En la práctica, la incertidumbre de un resultado puede surgir de algunas posibles fuentes, como por ejemplos el muestreo, efectos de matriz e interferencias, condiciones ambientales, incertidumbres de equipos básicos o volumétricos, valores de referencia, aproximaciones y asunciones incorporadas en el método de medida y procedimiento, así como variaciones aleatorias (EURACHEM, 2012). Para la estimación del índice de consumo se siguió la metodología recomendada por Rojas (2014) y la OSDE Biocubafarma en el 2016, tratando de introducir el mínimo de errores en su ejecución:

Identificación del proceso

- Recopilar información sobre el desarrollo de cada servicio y los análisis que se realizan en cada laboratorio (número de contratos, contenido de las solicitudes y especificaciones del servicio científico-técnico).
- Elaborar diagrama de flujo de las muestras (se consultó el registro de Recepción de muestra (RG/S/05/02), las libretas (RT/S/TG/06/01) y registros de los analistas (RT/S/ME/xx/01)).

- Identificar las variables que influyen en el uso del agua (se verificaron los procedimientos de cada ensayo analítico (PT/S/ME/xx)).

Planeación

- Seleccionar un periodo de trabajo o proceso a medir y los puntos donde se requiere la medición del consumo de agua (se seleccionó el periodo del año más saturado con muestras para analizar (abril/ 2015 y enero/2016), se distinguieron los grifos que se utilizan en cada trabajo en el laboratorio, así como se analizaron los equipos que se emplean en los ensayos).
- Identificar el método de medición apropiado y la coordinación de los trabajos (se utilizó el método de medición de caudal volumétrico).

En dinámica de fluidos, caudal es la cantidad de fluido que pasa en una unidad de tiempo. Normalmente puede identificarse con el flujo volumétrico, siendo esta la forma que se empleó para su determinación (Andalia *et al* 2014).

Medición y toma de muestras

- Medir el caudal o volumen de agua (Evaluación *in situ* que realiza el analista de conjunto con el Jefe del Laboratorio, siguiendo el método de medición anteriormente identificado).
- Registrar lo establecido como unidad de medida de la actividad o del servicio (se estableció un registro para el control y posterior análisis).

Cálculo del Índice de consumo

- Una vez recopilada la información para el periodo acordado (diario, semanal, mensual según las características de cada laboratorio) y computarizada, se determinó el índice de consumo ($\text{m}^3/\text{lab/d}$) según la ecuación siguiente:

$$ICA_{jt} = \sum C_{ens_{jt}} + C_{eq_{jt}} + C_{freq_{jt}} \quad (1)$$

Donde,

ICA_{jt} : índice de consumo de agua en la unidad espacial de referencia j, en el periodo de tiempo t.

$C_{ens_{jt}}$: consumo de agua para cada ensayo en la unidad espacial de referencia j, en el periodo de tiempo t (m^3/d).

$C_{eq_{jt}}$: consumo de agua para cada equipo en la unidad espacial de referencia j, en el periodo de tiempo t (m^3/d).

$C_{freq_{jt}}$: consumo de agua para el fregado en la unidad espacial de referencia j, en el periodo de tiempo t (m^3/d).

La unidad espacial de referencia j en este caso son los laboratorios. Para este trabajo solo se considera el consumo de agua en los ensayos, equipos y el fregado.

También se realizaron mediciones *in situ* del caudal (Q), por el método volumétrico, según la ecuación siguiente:

$$Q = \frac{V}{t} \quad (2)$$

Donde:

Q: Caudal volumétrico en [1/s], [m³/s], [l/min], [m³/h], [m³/d], otros.

V: Volumen en [l], [cm³], [dm³], [m³], otros.

t: Tiempo en [s], [min], [h], otros.

De la ecuación (2) se deduce que:

$$Volumen = Q * t \quad (3)$$

- Comparar los índices de consumo obtenidos con los reportados en la Resolución N° 287/2015 “Determinación del índice de consumo” del INRH.

Seguimiento y verificación. Control del comportamiento del índice para su extensión a todas las actividades con tecnologías semejantes.

- Programar la periodicidad y la cantidad de futuras mediciones.
- Recalcular los índices de consumo.

El procesamiento de los datos obtenidos se realizó mediante el programa Excel de Microsoft Office 2016.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Laboratorio de Analítica

Una de las principales actividades que realiza este laboratorio es la caracterización físico-química de aguas y aguas residuales según el servicio contratado, para evaluar el cumplimiento de las normas de vertimiento (NC 27:2012, NC 521:2007) y de agua potable (NC 827:2017). A cada muestra que entra al laboratorio se le realizan las determinaciones pactadas o contratadas, por triplicado. Se procesan anualmente alrededor de 500 muestras entre servicios externos e internos.

Dentro de los ensayos analíticos que se ejecutan con mayor frecuencia en el Laboratorio de Analítica se encuentran:

Consumo de agua destilada

Para la ejecución de la mayoría de los ensayos se necesita agua destilada, ya sea como parte del proceso o para la limpieza de los instrumentos y la cristalería, así como para la preparación de disoluciones, materiales de referencia o curvas patrones de calibración. A continuación, se relaciona el uso y cantidad de agua destilada para algunas de las

determinaciones analíticas, detallándose en la Figura 1 los principales ensayos que la consumen.

- pH y CE para enjuagar el electrodo se consume aproximadamente 0,25 L de agua destilada cada 10 determinaciones.
- Grasas y Aceites se utiliza 1L de agua destilada por determinación.
- Nitrógeno Amoniacal, Nitrógeno Orgánico y Nitrógeno Total se necesita 1L de agua destilada en cada determinación.

Sólidos totales se emplean aproximadamente 4L para el Baño de María del Laboratorio

Aunque no es posible fijar de una manera general el volumen de agua destilada a utilizar para cada muestra, pues variará según las determinaciones a efectuarle, la complejidad de la misma (la cantidad de disoluciones y el uso de los reactivos), aun así, para este trabajo se ha tratado de hacer una estimación lo más fiable posible.

Mensualmente en el Laboratorio de Analítica se pueden utilizar hasta 0,050 m³ de agua destilada cuando la cantidad de muestras es considerable (como mínimo 36 determinaciones mensuales).

Consumo de agua potable

El agua potable utilizada en el Laboratorio de Analítica se deriva básicamente de los equipos empleados para cada ensayo y del fregado de la cristalería. Los ensayos en los que más se consume agua potable en este laboratorio son Grasas y Aceites, Nitrógeno e Hidrocarburos, en ellos se utilizan condensadores que emplean como refrigerante agua potable para condensar los vapores. A continuación, se relaciona el tiempo de uso de cada equipo, por ensayo analítico, y su capacidad:

- Grasas y Aceites se necesitan 4 h para la digestión de una muestra. El equipo admite el montaje de 6 muestras al mismo tiempo.
- Nitrógeno (total, amoniacal, orgánico) aproximadamente el ensayo requiere 35 min por muestra. El equipo tiene una capacidad de 4 muestras (no todas las muestras requieren el mismo tiempo, es decir algunas necesitan más de 35 min).
- Hidrocarburos aproximadamente se necesitan 4 h para la digestión y se montan en el equipo 6 muestras a la vez.

En el fregado, por el volumen de trabajo, se acumula gran cantidad de cristalería por lo que se necesitan alrededor de 3 h para esta actividad. En esta etapa del proceso se requiere emplear abundante agua debido a que la limpieza de la cristalería incide directamente en la calidad del resultado de los ensayos. El volumen de cristalería acumulada depende del número de muestras en ejecución en ese momento y de los ensayos que se estén realizando. De acuerdo con el procedimiento de limpieza de la cristalería (PT/S/TG/05), algunos ensayos requieren, además, el empleo de ácidos, de ahí que se precise de un mayor consumo de agua con el fin de cumplimentar la limpieza rigurosa en estos casos. Como se conoce diluir un desecho de laboratorio para su descarga, no es una alternativa de tratamiento para

su vertimiento a un cuerpo receptor. Sin embargo, de cierta manera, se evitan los impactos que las altas cargas de contaminantes ácidos pudieran traer para el medio ambiente y hasta en última instancia al sistema de tratamiento de la municipalidad, donde finalmente son dirigidas las aguas residuales de la Empresa.

Mensualmente este laboratorio tiene contratado en sus servicios alrededor de 4 clientes y en cada uno como mínimo se muestran en tres puntos. El número de puntos seleccionados depende de las segregaciones de las corrientes de aguas residuales, tanto industriales como sociales y las especificaciones de cada cliente. Teniendo en cuenta estos datos podría considerarse un total de 12 muestras, a las que se les realizarán los principales ensayos analíticos, por triplicado, resultando un total de 36 determinaciones mensuales por cada ensayo, aunque como se ha explicado estos valores fluctúan en el tiempo.

Luego de identificar las actividades y ensayos donde se consume agua potable, se afora el caudal empleado para la limpieza de la cristalería y el uso en los equipos en cada grifo (llave) de agua (Tabla 1), lo que permite estimar el agua potable consumida en el laboratorio. En todo este análisis, se tuvo en cuenta, además, que en los equipos se disponen varias muestras a la vez.

Como se observa en la Tabla 1 el índice de consumo de agua de este laboratorio oscila entre 0,156 a 1,072 m³/lab/d, suponiendo que se realice una única actividad de las mencionadas en dicha tabla diariamente, si se llevan a cabo todas al mismo tiempo el consumo de agua es 2,257 m³/d. La Resolución N° 287/2015 del INRH considera como índice de consumo de agua en Laboratorios del sector educacional 0,100 m³/lab/d, lo cual no se ajusta para el Laboratorio Analítico analizado.

Un resumen de los principales consumos de agua destilada y potable en este Laboratorio se describen a continuación en el gráfico siguiente (Figura 2), donde se evidencia que el empleo de agua potable es mayor que el de agua destilada. Se destaca el consumo de agua potable de los equipos con el 90,83 % del total.

Laboratorio de Microbiología

Este laboratorio está enfocado en los servicios científico-técnicos de agua potable, aguas residuales, aguas de proceso de las producciones y el control de la calidad de medicamentos que se producen tanto en la empresa CNIC como a clientes externos.

Ensayos microbiológicos ejecutados en el Laboratorio de Microbiología:

- Determinación de coliformes totales y fecales en aguas residuales y residuos sólidos.
- Determinación del índice de *pseudomonas aeruginosa* en aguas mediante fermentación de tubos múltiples (TMF) y filtración por membrana (FM).
- Determinación de microorganismos aerobios mesófilos viables en aguas y residuos sólidos, mediante el método de placa vertida.
- Determinación de microorganismos coliformes totales y termotolerantes.
- Enumeración de *E. coli* presuntiva en agua potable (TMF).

- Determinación de hongos y levaduras en aguas y residuos sólidos mediante el método de placa vertida.
- Determinación de *pseudomonas aeruginosa* en aguas y residuos sólidos mediante el método de placa vertida.
- Determinación del índice de *Salmonella* spp. / *Shigella* spp. en aguas y residuos sólidos mediante el método de siembra en placa.
- Determinación de *Staphylococcus aureus* en aguas y residuos sólidos mediante el método de siembra en placa.
- Determinación de *Entericoccus faecalis* en aguas residuales y residuos sólidos (TMF).
- Determinación de huevos de helmintos en aguas residuales y residuos sólidos
- Determinación de *Staphylococcus aureus* en aguas (TMF).
- Determinación cuantitativa de *Salmonella* spp. en aguas y residuos sólidos (TMF).
- Determinación cuantitativa de *Shigella* spp. en aguas y residuos sólidos (TMF)
- Determinación de la funcionalidad y esterilidad de los medios de cultivo.
- Promoción de crecimiento de los medios de cultivo.
- Determinación de Funcionalidad y esterilidad para las tiras de antibiogramas.
- Determinación de límite microbiano en medicamentos.
- Determinación de la Concentración Mínima Inhibitoria en aceite ozonizado.
- Determinación de la Concentración Mínima Bactericida en aceite ozonizado.
- Monitoreo microbiológico en las plantas de producción.
- Determinación de la funcionalidad de los discos para antibiograma.

Consumo de agua destilada

En este laboratorio fundamentalmente se utiliza agua destilada, aunque también agua potable en el proceso de fregado y en los equipos (2 autoclaves y 1 bidestilador).

Entre las dos autoclaves se consume alrededor de 0,080 m³ de agua destilada al mes. En particular, la autoclave dedicada a los controles de los medicamentos requiere 0,010 m³ de agua destilada y una vez por semana, después del proceso de inactivación de los microorganismos, es necesario cambiarle el agua. Otro gasto lo constituye la propia, limpieza de la autoclave.

El promedio de entrada de muestras es 60 de medicamentos y 12 de otros servicios correspondientes a contratos de clientes externos o servicio internos de aguas y aguas residuales. Sin embargo, estas varían en función de la demanda. Todos los ensayos microbiológicos se realizan por triplicado.

Mensualmente en este laboratorio se utilizan alrededor de 0,120 m³ de agua destilada para todas las muestras, servicios y equipos. Las Tablas 2 y 3 resumen estos resultados.

Consumo de agua potable

El bidestilador es uno de los equipos que consume agua potable en este laboratorio. El mismo genera 4 L/h de agua destilada y utiliza 2 L/min de agua potable como agua de enfriamiento. El equipo se utiliza dos veces por semana y generalmente a la semana se bidestilan 0,020 m³, lo que equivale 5 h semanales. Si se utiliza 2,5 h diarias, para un total de 5h semanales su consumo sería 0,300 m³/d.

Para la estimación del agua potable consumida en el proceso de fregado se aforó el caudal de cada grifo (llave) de agua (Tabla 4). En este laboratorio se friega gran cantidad de placas y tubos de ensayos.

En el Laboratorio Microbiología de Medicamentos se acumula mayor volumen de fregado dado que el proceso de control de calidad de los medicamentos es más complejo. Aunque se trabaja con algunos materiales desechables que hace que se ahorre agua, es imprescindible enjuagar bien la cristalería luego de haber pasado por la mezcla crómica, como uno de los requisitos de limpieza. El fregado en este local es tres días a la semana y esta actividad se realiza aproximadamente en 1 hora.

En el Laboratorio Microbiología de Aguas el mayor volumen de fregado se acumula dos días en la semana y esta actividad se realiza en unos 30 min en cada ocasión, en dependencia del flujo de muestras.

En general el consumo de agua potable más elevado en este grupo se centra en el bidestilador, por lo que el índice diario en este grupo oscila entre 0,072 a 0,300 m³ si se realizan por separado las actividades en el Laboratorio Microbiología de Medicamentos y el Laboratorio Microbiología de Aguas, pero si se realizan en conjunto aproximadamente es 0,481 m³/lab/d no coincidiendo con el planteado en la Resolución N° 287/2015 del INRH.

Un compendio de los principales consumos de agua en este Laboratorio se detalla en el siguiente gráfico (Figura 3), donde más de la mitad del agua consumida es la utilizada como enfriamiento por el bidestilador (54,50 %), seguido por el fregado (42,78 %) y por último en menor cuantía el agua destilada con el 2,72 % del total.

Laboratorio de Protección de Materiales

Este Laboratorio está orientado a prevenir y solucionar con calidad problemas relacionados con el deterioro de todo tipo de materiales usados en la industria de la construcción y en otras esferas de la economía, con el fin de lograr que los procesos de inversión, construcción, restauración, reparación de estructuras y fabricación de otros sistemas sean ejecutados con criterios de durabilidad y vida útil. Anualmente este Laboratorio realiza alrededor de 500 muestras.

Los ensayos analíticos que se ejecutan en el Laboratorio de Protección de Materiales son:

- Determinación de la velocidad de deposición de las sales de iones cloruro.
- Determinación de la velocidad de deposición de las sales de iones sulfato.
- Determinación de la concentración de dióxido de nitrógeno.
- Determinación de la deposición del polvo sedimentable.
- Determinación de la velocidad de corrosión.

Consumo de agua destilada

Al igual que el resto de los Laboratorios el cúmulo de trabajo varía de un mes a otro. Hasta el momento, éste solo realiza SCT externos. La cantidad de muestras depende del estudio a realizar para cada cliente, con quienes se pactan los sitios designados para muestrear, los ensayos analíticos requeridos, entre otros. El contenido de trabajo oscila alrededor de 12 puntos de muestreos mensuales y según el ensayo se hará por duplicado o triplicado cada determinación (el ensayo “Determinación de la concentración de dióxido de nitrógeno” y “Determinación de la velocidad de corrosión” se realizan por triplicado, el resto por duplicado), llegando a ser mensualmente 24 ó 36 determinaciones por ensayo (Tabla 5).

En el ensayo “Determinación de la velocidad de deposición de las sales de iones cloruro”, para la preparación de los captadores de las sales de iones cloruro se hierven los captadores en una cubeta con agua con detergente y luego se enjuaga con abundante agua potable para eliminar el detergente y la espuma que este acarrea, posteriormente se enjuagan con agua destilada alrededor de cinco veces. Los utensilios e instrumentos (electrodos, papel metálico, placas o probetas metálicas) se enjuagan también.

Los ensayos que más consumen agua destilada son “Determinación de la velocidad de deposición de las sales de iones cloruro” y “Determinación de la velocidad de deposición de las sales de iones sulfato”.

En general mensualmente se utilizan alrededor de 0,300 m³ de agua destilada para todas las muestras que se procesan en el laboratorio.

En el ensayo “Determinación de la concentración de dióxido de nitrógeno (NO₂)” se realiza por triplicado utilizándose 2 ml de agua destilada por determinación y 6 blancos con un volumen de agua destilada de 2 ml cada uno.

Consumo de agua potable

El agua potable se utiliza principalmente en el fregado de la cristalería y de los utensilios. Para la estimación del agua potable consumida en el fregado se aforó el caudal del grifo (llave) de agua (Tabla 6).

Este grupo no tiene como en el caso de los Laboratorios de Analítica y Microbiología equipos que necesiten agua potable en procesos de recirculación o enfriamiento. Por lo que el consumo de agua potable es en el fregado básicamente.

Para el fregado se trata de acumular la mayor cantidad de cristalería como medida de ahorro, por lo que regularmente se friega durante 1,5 h a la semana.

Para el cálculo del índice de consumo de agua potable se consideró que el fregado se realiza 1,5 h diarias obteniéndose para este laboratorio un valor de 0,344 m³/d, el cual es superior al índice diario dado en la Resolución N° 287/2015 del INRH.

El valor de referencia del índice de consumo de agua en laboratorios establecido en la Resolución N° 287/15 está referido solo al sector Educacional, el cual no realiza las mismas actividades que los laboratorios estudiados en este trabajo, por lo que los valores obtenidos no están contemplados en la normativa cubana.

Con estos resultados quedan determinados los índices de consumo de agua en los laboratorios de Analítica, Microbiología y Protección de Materiales del Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CNIC), a partir de los cuales es posible el control de su comportamiento, así como de la eficiencia del uso del agua en la Empresa, cumplimentando con ello la estrategia de trabajo trazada por la OSDE BioCubaFarma para todas sus Empresas.

En la Figura 4 se representan los aportes de cada laboratorio en el consumo de agua. Siendo el Laboratorio de Analítica el de mayor consumo mensual de agua potable.

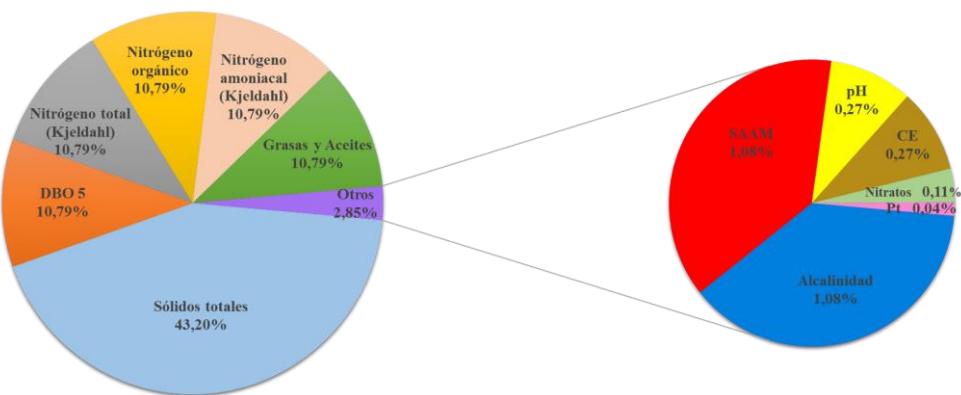


Fig. 1. Distribución de los principales consumos de agua destilada por ensayo en el Laboratorio de Analítica

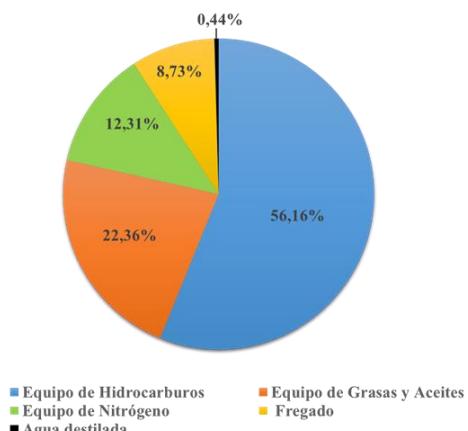


Fig. 2. Distribución del consumo de agua potable y agua destilada en el Laboratorio de Analítica

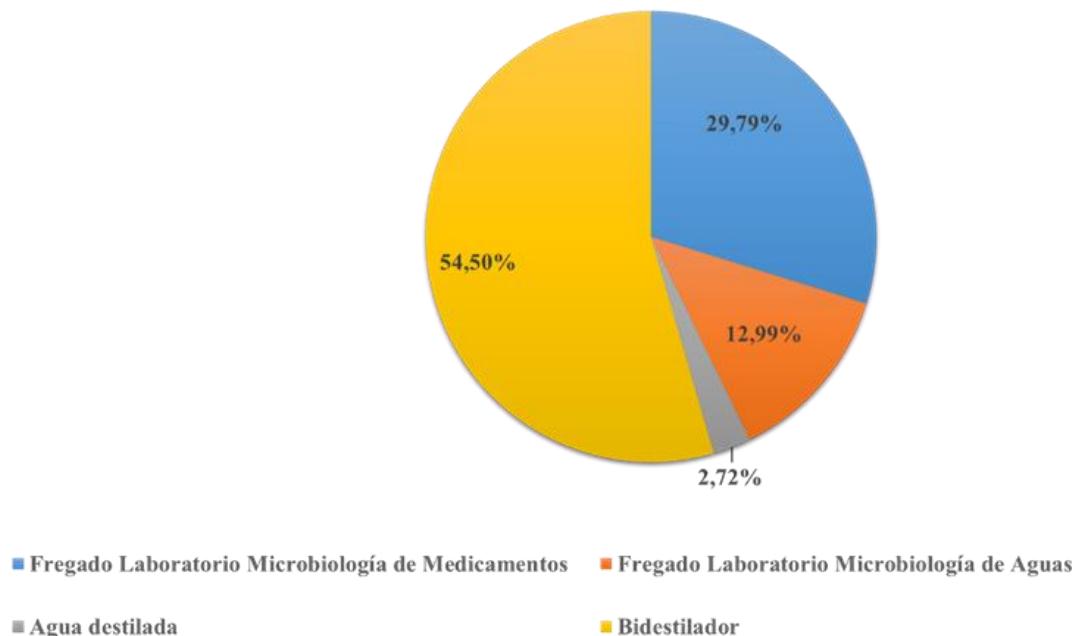


Fig. 3. Distribución de los principales consumos de agua en el Laboratorio de Microbiología.

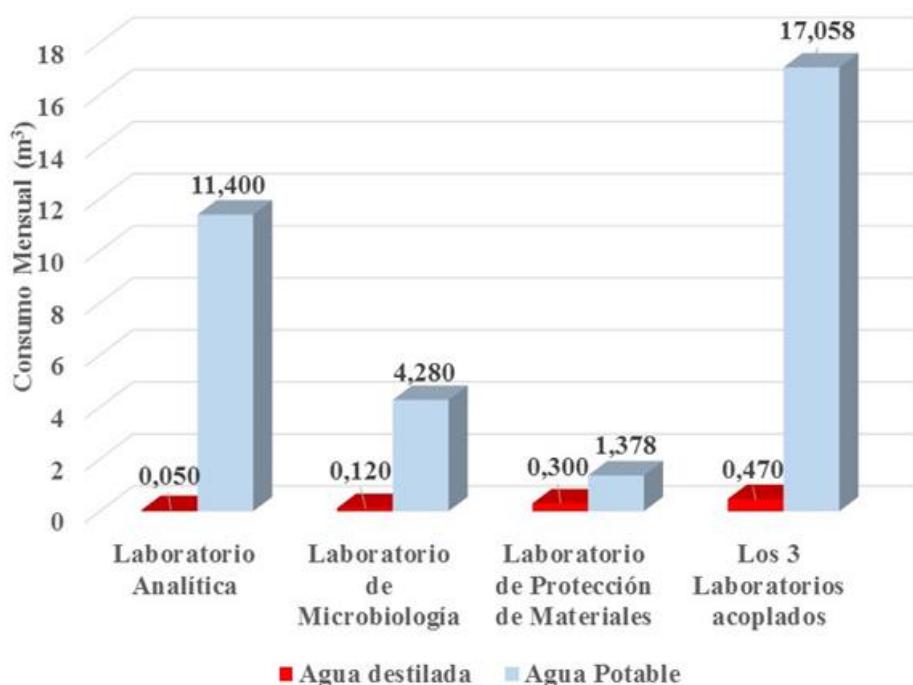


Fig. 4. Consumo mensual en los laboratorios de Analítica, Microbiología y Protección de Materiales

Tabla 1. Consumo de agua potable en el Laboratorio de Analítica.

Grifo / Punto de uso	Q(m ³ /d)
Fregadero	0,602
Nitrógeno	0,156
Hidrocarburos	1,072
Grasas y Aceites	0,427

Tabla 2. Ensayos analíticos y consumo de agua destilada en el Laboratorio de Microbiología de Aguas.

Ensayos	Número de determinaciones (mensual)	Consumo de agua destilada por ensayo* (mL)
Coliformes totales	60	450
Coliformes fecales	54	450
Coliformes termotolerantes	54	450
Aerobios mesófilos viables	36	150
Hongos y levaduras	36	150
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	36	150
<i>Escherichia coli</i>	27	150
<i>Staphylococcus</i>	36	150

*Consumo de agua destilada cada 3 determinaciones del ensayo

Tabla 3. Ensayos analíticos y consumo de agua destilada en el Laboratorio de Microbiología de Medicamentos

Ensayos	Número de determinaciones (mensual)	Consumo de agua destilada por ensayo* (mL)
Determinación de límite microbiano en medicamentos (ME/56)	132	250
Determinación de la toxicidad de tiras y tapas (ME/64)	3	50
Monitoreo microbiológico en las plantas de producción (ME/60)	15	250
Determinación de la Concentración Mínima Inhibitoria en aceite ozonizado CMI (ME/58)	36	150
Determinación de la Concentración Mínima Bactericida en aceite ozonizado CMB (ME/59)	42	150
Determinación de la Concentración Mínima Fungicida CMF (ME/68)	36	150

* Consumo de agua destilada cada 3 determinaciones del ensayo excepto en el monitoreo microbiológico.

Tabla 4. Caudal de agua potable en el Laboratorio de Microbiología.

Grifo / Punto de uso	Q(m^3/d)
Laboratorio Microbiología de Medicamentos	0,109
Laboratorio Microbiología de Aguas	0,072

Tabla 5. Ensayos y consumo de agua destilada en el Laboratorio de Protección de Materiales

Ensayo	Número de determinaciones (mensual)	Consumo de agua destilada por ensayo (mL)
Determinación de la velocidad de deposición de las sales de iones cloruros	30	2000
Determinación de la velocidad de deposición de las sales de iones sulfato (SO_4)	36	500
Determinación de la concentración de dióxido de nitrógeno (NO_2)	30	18
Determinación de la deposición del polvo sedimentable	20	250
Determinación de la velocidad de corrosión	24	NU

NU: No utiliza agua destilada.

Tabla 6. Caudal de agua potable en el Laboratorio de Protección de Materiales

Grifo / Punto de uso	Q(m^3/d)
Laboratorio de Protección de Materiales	0,344*

*máximo consumo diario tomando 1,5 h de fregado

CONCLUSIONES

Entre los 3 laboratorios se realizan aproximadamente 44 ensayos (25 analíticos, 14 microbiológicos y 5 de protección de materiales), para un consumo mensual de agua destilada de 0,470 m³ y 17,058 m³ de agua potable, siendo el mayor consumo el del agua potable en el proceso de fregado de la cristalería, los utensilios y en especial en el propio uso de los equipos en los respectivos ensayos puntuizados.

Se determinaron los índices de consumo de agua en los laboratorios de Analítica, Microbiología y Protección de Materiales de la Empresa Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CNIC), siendo estos de 2,257 m³/lab/d, 0,481 m³/lab/d y 0,344 m³/lab/d respectivamente, lo que constituye un aporte a los resultados declarados en la Resolución No. 287/15 del INRH y el cumplimiento de las premisas de trabajo de la OSDE BioCubaFarma enfocado en su gestión ambiental. Este trabajo sirve como punto de partida en la determinación de patrones de consumo en laboratorios de este tipo, a validar en otras instituciones para estandarizar los umbrales de consumo de agua.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ambientum, Portal profesional del Medio Ambiente (2020). *El consumo de agua en porcentajes*. Grupo de Tratamiento de Aguas Residuales. Universidad de Sevilla. www.ambientum.com
- Andalia Gilbert, A. I., López Torres M. y Pellón Arrechea A. (2014). *La medición de caudal en la ejecución de los Servicios Científicos Técnicos Ambientales*. VII IBEROLAB.
- EURACHEM / CITAC Guía CG 4. (2012). *Cuantificación de la Incertidumbre en Medidas Analíticas*. Tercera Edición Inglesa. Primera Edición Española. QUAM.
- Gaceta Oficial N° 16 de la República de Cuba (2016). *Resolución N°. 287/2015 Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos*. (p. 238), La Habana. Cuba. <http://www.gacetaoficial.cu/GOC-2016-471-EX16>
- Microsoft®. Excel*. Microsoft Office Visio Professional, USA. 2016.
- Naciones Unidas (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe*. (LC/G.2681-P/Rev.3), Santiago.
- ONN. (2007) NC 521-2007. *Vertimiento de aguas residuales a la zona costera y aguas marinas. Especificaciones*. Oficina Nacional de Normalización. La Habana. Cuba, pp. 7-14.
- ONN. (2012) NC 27-2012. *Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado —Especificaciones*. Oficina Nacional de Normalización. La Habana. Cuba, pp. 6-14.
- ONN. (2017) NC 827-2017. *Agua potable — Requisitos sanitarios*. Oficina Nacional de Normalización. La Habana. Cuba, (pp 5-8).
- ONN. (2018). NC-ISO/IEC 17025:2017. *Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración*. Tercera edición 2017-11. Versión corregida 2018-03.

Traducción oficial en español. Oficina Nacional de Normalización. La Habana, pp. 1-30.

Rojas Carmen (2014). *Procedimientos para la elaboración de diagnóstico de uso de agua en empresas.* Manual para empresas. Paraguay

Saldarriaga G. y Carrillo L.M (2012). *Hoja metodológica del indicador Índice de Uso del Agua (Versión 1,00). Objetivo del Milenio 7– ODM7.* Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM y Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE. p.17. Colombia.