

Caracterización del condensado vegetal extraído de la caña de azúcar

Teresita de Jesús Romero López

E-MAIL: teresitaromerolope@gmail.com

Centro de Investigaciones Hidráulicas (CIH), La Habana, Cuba

María de Jesús Márquez Gómez

E-MAIL: mariadejesusmarquezgomez@gmail.com

Centro de Investigaciones Hidráulicas (CIH), La Habana, Cuba

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar las aguas de condensado vegetal procedentes de la caña de azúcar en dos centrales cubanos: el 30 de Noviembre y el Boris Luis Santa Coloma, ambos ubicados en la región occidental de la isla. Debido a la gran cantidad de agua que presenta el recurso (70-80 %), su uso se ha extendido a diversas tareas dentro de la fábrica, tales como calderas, torres de enfriamiento, higienización de locales, etc. Es importante enfatizar que existe otro renglón explotable: el aprovechamiento del condensado como agua de bebida, por lo que se hace necesario el estudio de la calidad de la misma, atendiendo a las normas vigentes para el consumo, así como su disponibilidad en los centrales azucareros.

PALABRAS CLAVES:

caña de azúcar, caracterización, condensado vegetal

Characterization of vegetable condensate extracted from sugar cane

ABSTRACT

The objective of this work is to evaluate the vegetal condensate waters from sugar cane in two cuban sugar factory: 30 de Noviembre and Boris Luis Santa Coloma, both located in western island region. Due to the large amount of water containing in the resource (70-80 %), it use has been extended to various tasks within the factory, such as boilers, cooling towers, sanitation of premises, etc. It is important to emphasize that there is another exploitable line: the use of condensate as drinking water, which is so necessary to study its quality, taking into account the regulations for consumption, as well as its availability in sugar factories.

KEYWORDS: sugar cane, characterization, vegetable condensate

01 INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos naturales imprescindibles para la vida y el desarrollo, de ahí que el bienestar socio-económico de las poblaciones dependa en gran medida de los volúmenes y calidad disponibles. Las políticas de gestión de estas riquezas, se han concentrado en la satisfacción de las necesidades siempre crecientes del agua y de bienes y servicios relacionados con dicho recurso (Suárez y Hernández, 2016).

La industria depende en alto grado de un adecuado abastecimiento de agua, la que se utiliza como componente de productos o de manera indirecta en el control del proceso de producción, como en el enfriamiento de máquinas que generan calor, o en la higienización de determinadas operaciones y partes del proceso productivo. En los últimos años su consumo ha aumentado a razón de 1 a 1,5 % por año, fundamentalmente en los países desarrollados (González et al., 2015).

Una de las fábricas que emplean cantidades considerables de agua durante el proceso de producción son los centrales azucareros, demanda que se amortiza con la propia agua que contiene la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) que fluctúa entre 80-85% de su peso (Velásquez y col, 2010).

Los vapores generados en el proceso fabril, son empleados como fuente de energía térmica en el proceso, y algunos de los vapores vegetales ya condensados son susceptibles de ser recuperados para emplearlos en otras etapas de la operación, aunque no se descarta su uso fuera de las labores productivas de los propios centrales azucareros (Velásquez y col, 2010).

Conociendo todas las potencialidades que posee la gramínea en el proceso del azúcar, en el año 2018 se solicitó al Centro de Investigaciones Hidráulicas (CIH) hacer un estudio de la calidad del agua de condensado vegetal que se logra en los centrales azucareros, producto del proceso de obtención del azúcar crudo y refinado. Esquijarosa (2018) y Ramírez (2018) efectuaron las primeras evaluaciones del condensado en el central 30 de Noviembre, continuando las mismas en el central Boris Luis Santa Coloma por Márquez (2019).

El objetivo del presente trabajo fue realizar una caracterización físico-química y microbiológica a las aguas de condensado vegetal de dos centrales azucareros del país, el 30 de Noviembre y el Boris Luis Santa Coloma y para poder valorar su empleo como agua de bebida a partir de los estándares dispuestos en la norma NC 827:2012 (2012) y lo establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) (2018).

02 MATERIALES Y MÉTODOS

Las evaluaciones a los condensados vegetales de los centrales azucareros cubanos 30 de Noviembre y Boris Luis Santa Coloma se realizaron en los años 2018 y 2019, analizándose física, química y microbiológicamente las aguas en los laboratorios acreditados del Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA), Empresa de Perforación y Extracción de Petróleo Centro (EPEPC) y la Empresa Los Portales S.A.

Se hizo una valoración de cada indicador a modo de identificar posibles riesgos sobre la salud humana, no siendo posible estudiar todos los parámetros que exigen las normas de agua potable. No obstante, se exponen en el presente estudio algunos de los que resultan necesarios para los fines que se persiguen.

A continuación, se hace una breve descripción de las características de ambos centrales y la disponibilidad de agua de condensado vegetal.

CENTRAL 30 DE NOVIEMBRE

El central 30 de Noviembre está ubicado en el municipio de San Cristóbal, provincia de Artemisa. Muele un aproximado de 8 000 t de caña por día. Está concebido tecnológicamente para obtener azúcar crudo y refinado. El período de zafra azucarera se enmarca entre el 1ro de diciembre y el 30 de abril. La producción de caña que abastece a la industria garantiza la molida durante 150 días al año.

El condensado vegetal se obtiene en tres de los cinco vasos conectados entre sí (evaporadores del V1 al V5) (figura 1). Al primer vaso conocido como vaso pre (V1) se le introducen 131,35 m³/h de agua de vapor y del mismo se extraen 59,59 m³/h de condensado vegetal (1 430 m³/d) y del segundo vaso (V2) se extraen 26,04 m³/h (624,96 m³/d). Ambos condensados se utilizan para alimentar las calderas del propio central por considerarse los de mejor calidad y el del vaso restante (V3) solo se usa con fines tecnológicos como imbibición, agua de proceso y requerimientos en tachos (c.p.).

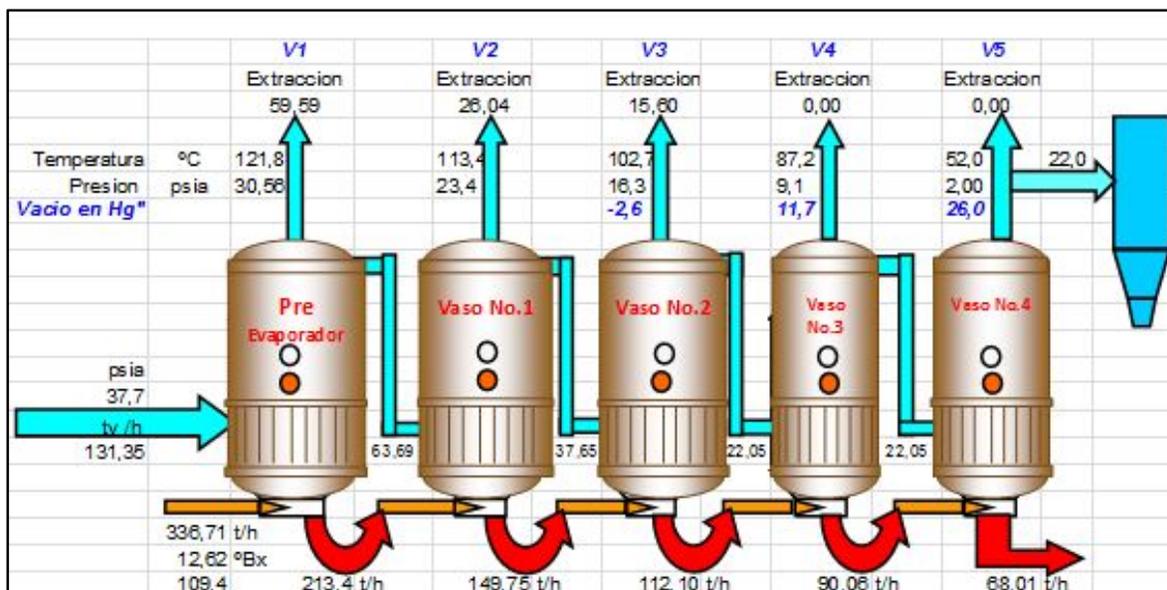


Figura 1. Esquema de evaporación a quintuple efecto del central 30 de Noviembre
(Figura cortesía del central 30 de Noviembre)

CENTRAL BORIS LUIS SANTA COLOMA

El central Boris Luis Santa Coloma está ubicado en el municipio Madruga, provincia de Mayabeque. Muele 3 100 t de caña por día aproximadamente. La fábrica está concebida tecnológicamente para obtener azúcar crudo y refinado. El período de zafra se enmarca desde la segunda mitad de noviembre hasta la primera mitad de abril. La producción de caña garantiza la molida durante 120 días al año.

El condensado vegetal se obtiene en dos de los cinco vasos conectados entre sí (del V1 al V5) (figura 2). Al V1 se le introducen 53,39 m³/h de agua de vapor y del mismo se extraen 33,33 m³/h de condensado vegetal (799,92 m³/d) y del V2 se extraen 7,68 m³/h (184,32 m³/d). Estos condensados se utilizan para alimentar las calderas del central.

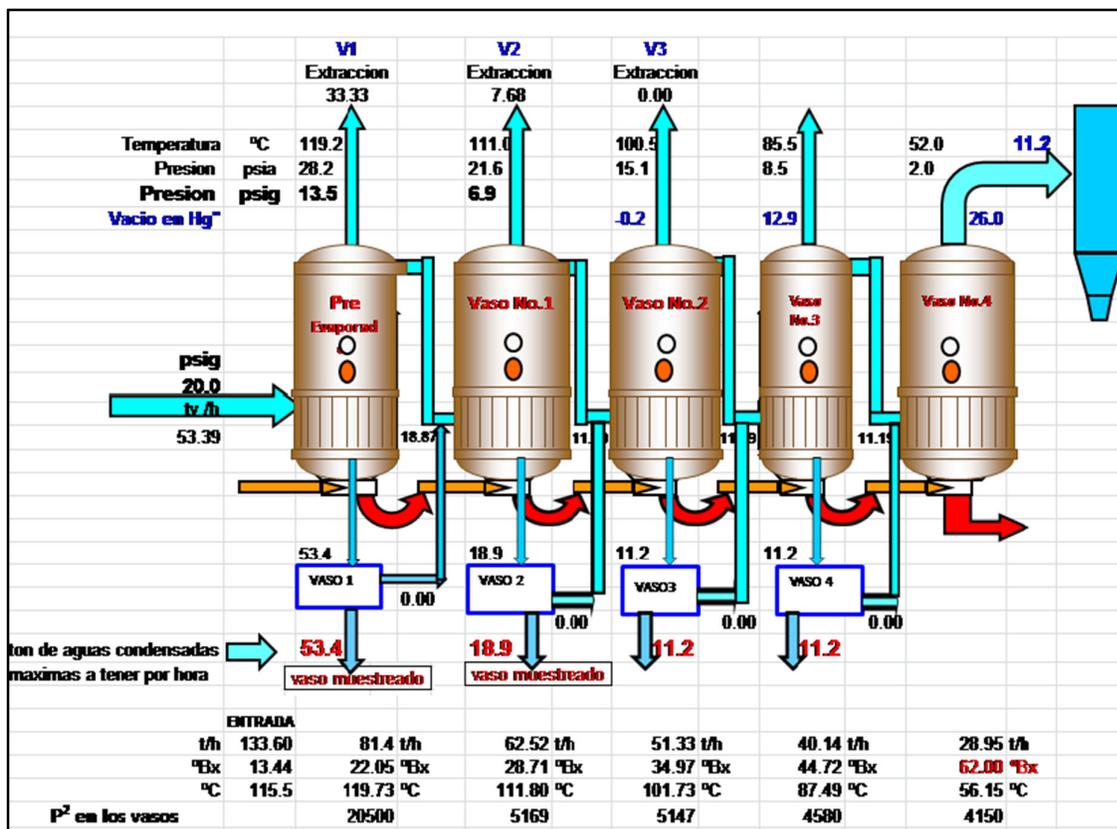


Figura 2. Esquema de evaporación a quintuple efecto del central Boris Luis Santa Coloma (Figura cortesía del central Boris Luis Santa Coloma)

TOMA DE MUESTRAS

En el central 30 de Noviembre se realizó el monitoreo en abril de 2018 y en el Boris Luis Santa Coloma en marzo de 2019. En ambos centrales azucareros se recolectó agua en el V1 y en el V2 en llaves colectoras específicas para el control de la calidad del agua de condensado que realizan como rutina los propios centrales. Las muestras fueron debidamente almacenadas en pomos plásticos de 1L de capacidad, resistentes al calor y trasladadas a los diferentes laboratorios para su análisis.

ANÁLISIS EFECTUADOS

Los análisis efectuados al condensado vegetal resultaron los siguientes: pH (u), salinidad (ups), turbiedad (UNT), sólidos disueltos totales - SDT (mg/L) y conductividad eléctrica - CE (µs/cm), todos ellos con sonda multiparamétrica HANNA HI 9828 con precisión de 0,01 unidades; la alcalinidad total - AT (mg/L), dureza total - DT (mg/L), nitrito - NO₂⁻ (mg/L), nitrato - NO₃⁻ (mg/L), amonio - NH₄⁺ (mg/L), fosfato - PO₄³⁻ (mg/L), sulfato - SO₄²⁻ (mg/L), potasio - K⁺ (mg/L), sodio - Na⁺ (mg/L), cloruro - Cl⁻ (mg/L) e hierro - Fe²⁺ (mg/L), con los métodos estándares expuestos en el APHA (2005), al igual que los coliformes totales - CT (UFC/mL) y coliformes fecales - CF (UFC/mL).

03 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las tablas 1 y 2 se plasman los resultados obtenidos una vez realizadas las caracterizaciones físico-químicas a las aguas de los V1 y V2 procedentes de los centrales 30 de Noviembre y Boris Luis Santa Coloma respectivamente.

Tabla 1. Resultados derivados de los análisis físicos realizados a las aguas de condensado vegetal de los centrales 30 de Noviembre y Boris Luis Santa Coloma respectivamente. Exposición de la NC 827:2012 (2012)

Central	Muestra	Olor y sabor	pH (u)	Salinidad (ups)	Turbiedad (UNT)	SDT (mg/L)	C E ($\mu\text{s}/\text{cm}$)
30 de Noviembre	V1	Ligeramente a guarapo	5,4	0,04	3,7	44	87
	V2	Ligeramente a guarapo	4,5	0,02	2,4	27	54
Boris Luis Santa Coloma	V1	Ligeramente a guarapo	5,1	0,01	0,5	17	34
	V2	Ligeramente a guarapo	5,8	0,04	10,3	40	79
NC 827:2012 (2012)		Inodora y sabor agradable característico	6,5 – 8,5	-	5	1 000	-

-: No aparece en la norma

Tabla 2. Resultados derivados de los análisis químicos realizados a las aguas de condensado vegetal de los centrales 30 de Noviembre y Boris Luis Santa Coloma respectivamente. Exposición de la NC 827:2012 (2012)

Variables	30 de Noviembre		Boris Luis Santa Coloma		NC 827:2012 (2012)
	V1	V2	V1	V2	
Alcalinidad total (mg/L CaCO_3)	3,8	0	22,94	40,15	-
Dureza total (mg/L CaCO_3)	0	0	0	0	400
Nitrito (mg/L)	0,030	0,007	0,018	0,015	0,01
Nitrato (mg/L)	4,25	0,48	3,0	2,45	45
Amonio (mg/L)	17,85	47,16	60	45	-
Fosfato (mg/L)	0,009	0,009	0,0745	0,08	-
Sulfato (mg/L)	10,5	9,22	10,5	9,25	400
Potasio (mg/L)	0	0	0,25	0,18	-
Sodio (mg/L)	0,23	0,19	1,49	1,54	200
Cloruro (mg/L)	2,2	2,48	1,00	0,99	250
Hierro (mg/L)	0,11	0,21	0	0,031	0,3

-: No aparece en la norma

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS FÍSICO–QUÍMICOS DE LAS AGUAS DE CONDENSADO VEGETAL

A continuación, se realiza una valoración de los resultados derivados de los análisis efectuados a las aguas de condensado vegetal de los dos centrales monitoreados, evaluación basada en los estándares expuestos en las guías de calidad del agua de consumo humano de la OMS en el 2018, en su cuarta edición (tabla 3).

pH: el *pH* en el agua de bebida debe estar aproximadamente entre 6,5 y 8,0 aunque la OMS no propone ningún valor de referencia basado en los efectos sobre la salud, porque este parámetro no suele afectar directamente a los consumidores. En las muestras analizadas, todos los valores presentaron una tendencia a la acidez, con un *pH* mínimo de 4,5 en el central 30 de Noviembre. Igualmente en el central Boris Luis Santa Coloma, predominaron valores que indican acidez, todos ellos por debajo de 6,5.

Hay que tener en consideración que las aguas para consumo no deberían tener *pH* ácidos, ni ligeramente ácidos y que aunque el agua de condensado vegetal aún no se haya utilizado con tales fines, sí debería existir una vigilancia constante de este parámetro, para minimizar la posible corrosión del sistema de tuberías en las instalaciones fabriles.

Según la OMS, es necesario aumentar ligeramente el valor del mismo, si se quiere emplear esta agua como bebida.

Tabla 3. Estándares propuestos por la OMS (2018) según el componente analizado en las aguas de condensado vegetal

Variables	Estándares propuestos por la OMS (2018)
pH (u)	6,5- 8,5
Salinidad (ups)	No contemplado
Turbiedad (UNT)	< 5
SDT (mg/L)	< 600
C E ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	No contemplado
Dureza total (mg/L CaCO_3)	Entre 100 y 300
Nitrito (mg/L)	< 3
Nitrato (mg/L)	< 50
Amonio (mg/L)	< 35
Fosfato (mg/L)	No contemplado
Sulfato (mg/L)	< 500
Potasio (mg/L)	No contemplado
Sodio (mg/L)	< 200
Cloruro (mg/L)	< 250
Hierro (mg/L)	< 0,3

Salinidad: la salinidad, en las muestras de ambos centrales, se comportó con valores muy bajos, entre 0,01 y 0,04 ups debido probablemente a las concentraciones insignificantes de sales disueltas presentes en las mismas. Este parámetro no está contemplado por la OMS como de consideración por su efecto sobre la salud.

Turbiedad: aunque no aparece valor de referencia alguno dictaminado por la OMS, hay que tener sumo cuidado con este indicador, que muestra la presencia de partículas de materia que aparecen en el medio por diferentes motivos. Un agua con 5 UNT o menos es aceptable para el consumo, de ahí que el agua del V2 del central Boris Luis Santa Coloma no cumpla con estos estándares, recomendándose algún tratamiento previo que logre disminuir ese valor, que fue de 10,3 caso que se planifique usar como agua de bebida.

Sólidos disueltos totales: la OMS no ha propuesto valor alguno con respecto a este parámetro, aunque sí se enfatiza que un agua con 600 mg/L se considera aceptable para su consumo. Ya con concentraciones por encima de 1 000 mg/L, la aceptabilidad del sabor del agua disminuye progresivamente.

Resultados de SDT altos se traduce en sabor indeseable que podría ser salado, amargo o metálico. También podría indicar la presencia de minerales tóxicos. El nivel máximo recomendado por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de SDT en el agua es de 500 mg/L.

Relativo a los centrales azucareros, los SDT de las muestras analizadas en los diferentes evaporadores se mantuvieron muy bajos, entre 17 y 44 mg/L, no representando en lo absoluto peligro alguno para su consumo.

Conductividad eléctrica: la CE se presentó entre 34 y 87 $\mu\text{s}/\text{cm}$ en los V1 y V2 respectivamente y tal y como se señaló con los SDT, no presuponen peligro para el organismo. Estos valores pocos significativos están condicionados a las bajas concentraciones de iones tales como el NO_3^- , Na^+ , K^+ y Cl^- entre otros.

Alcalinidad y dureza total: la alcalinidad no es un parámetro que se tome de referencia basado en los efectos sobre la salud, pero está muy en correspondencia con la dureza del agua, que al igual que la alcalinidad, no propone valor de referencia. No obstante y según la OMS, el grado de dureza del agua puede afectar su aceptabilidad debido al sabor que pueda percibir el consumidor. Las alcalinidades más altas se presentaron en el V1 y V2 del central Boris Luis Santa Coloma, con concentraciones de 22,94 y 40,15 mg/L CaCO_3 respectivamente. Por su parte, en todas las muestras hubo ausencia de dureza, por lo que se asume que la temperatura pudo haber sido determinante en el proceso de ablandamiento. Se propone tener muy en consideración la dureza de estas aguas de condensado, porque existen indicios de que las aguas muy blandas pueden producir un efecto adverso en el equilibrio mineral que se lleva a cabo en el organismo. La OMS revela que los valores aceptados para este parámetro se encuentran entre 100 y 300 mg/L CaCO_3 .

Nitritos: los valores relacionados con NO_2^- en el agua de condensado vegetal estuvieron entre 0,007 y 0,03 mg/L para ambos centrales. Estos resultados no superan los de referencias expuestos por la OMS. El valor que sugiere efectos crónicos del NO_2^- se considera temporal, fijándose en 3 mg/L, debido a la incertidumbre que existe sobre la relevancia de los efectos adversos para la salud de las personas. El principal riesgo para los humanos es la aparición de la metahemoglobinemia a los lactantes alimentados con biberón y a otros subgrupos de la población.

Nitratos: los valores relacionados con NO_3^- en el agua de condensado vegetal estuvieron entre 4,25 y 0,48 mg/L para ambos centrales, siendo el valor de referencia según dictamen de la OMS de 50 mg/L, muy por encima de los encontrados en el agua de condensado. Concentraciones superiores a este valor afectan directamente a los lactantes alimentados con biberón, los que pueden padecer el síndrome del recién nacido cianótico. De igual forma es importante conocer las concentraciones que prevalecen en el agua, si se pretende su uso como bebida, ya que el NO_3^- provoca cáncer gástrico a merced de las nitrosaminas.

Amonio: el umbral gustativo del NH_4^+ está en el orden de los 35 mg/L según la OMS y aunque no aparece ningún valor de referencia para este ion por no haberse detectado efecto alguno sobre la salud, si se precisa eliminarlo del agua cuando está en concentraciones que rebase lo establecido por esta organización, con consecuencias desagradables al paladar. Téngase en cuenta que la concentración encontrada en el agua del V1 en el central Boris Luis Santa Coloma fue de 60 mg/L, disminuyendo discretamente en el V2, similar al valor hallado en el V2 del central 30 de Noviembre, lo que sugiere realizar un tratamiento posterior si se quiere usar el agua con fines de bebida.

Fosfatos: los valores relacionados con PO_4^{3-} en las muestras analizadas estuvieron entre 0,009 y 0,08 mg/L respectivamente. No se vinculan problemas en la salud a raíz de la presencia del ion en cuestión, aunque la OMS no lo contempla en las guías para calidad del agua.

Sulfatos: el SO_4^{2-} en todas las muestras estudiadas se comportó sin variaciones significativas, fluctuando entre 9,22 y 10,5 mg/L aproximadamente, no representando peligro alguno para la ingestión según la OMS, que certifica que el promedio de ingesta diaria en el humano, cuando dicho ion proviene de los alimentos, del aire y del agua de consumo, no deberá exceder los 500 mg/L, valor que está muy distante de los reportados en el agua estudiada proveniente de los distintos evaporadores. La presencia de SO_4^{2-} en el agua de consumo humano puede generar un sabor perceptible en niveles altos, dependiendo de la naturaleza del catión asociado.

Potasio: el K^+ en las muestras de ambos centrales estuvo por debajo de 0,25 mg/L, valor que no sugiere problemas adversos para el organismo, ya que la ingesta diaria puede tolerarse hasta de 3 000 mg en personas sanas, de ahí que la OMS no haya establecido un valor de referencia. En el agua

de consumo humano el K^+ puede estar presente como consecuencia de la utilización de permanganato de potasio ($KMnO_4$) cuando se usa en el tratamiento de agua o cloruro de potasio (KCl) cuando se efectúa el ablandamiento del agua domiciliaria. Ambos escenarios no deberían aportar un aumento del ion en el agua de condensado de los centrales azucareros, de ahí que no sugiera un problema para la ingesta de los humanos.

Sodio: las concentraciones de Na^+ en el agua de consumo normalmente se reportan por debajo de 20 mg/L y para los casos de estudio estuvieron en el orden de los 1,5 mg/L en los evaporadores del central Boris Luis Santa Coloma, y algo inferiores en los evaporadores del central 30 de Noviembre. Los resultados expuestos sugieren que este ion no resulta un problema para el agua de bebida cuando de afectación a la salud se trata, de ahí que la OMS no haya propuesto ningún valor de referencia. No obstante, si las concentraciones rebasan los 200 mg/L, el agua podría tener un gusto inaceptable, asociado a su vez a la temperatura de la solución.

Cloruro: concentraciones inferiores a 250 mg/L en el agua no representan problema alguno para la salud humana, aunque se aprecia un sabor salado en el agua y en otras bebidas no de total aceptación para la gran mayoría de los consumidores. Los umbrales gustativos del ion cuando se está en presencia del cloruro de sodio ($NaCl$), cloruro de calcio ($CaCl_2$) o KCl y están entre 200 y 300 mg/L, muy superiores a la concentración más elevada encontrada en los evaporadores de los centrales monitoreados, que ofreció su valor máximo de 2,49 mg/L en el central 30 de Noviembre.

Hierro: a pesar que la OMS no propone valor de referencia alguno que relacione este ion con la salud humana, es importante destacar que concentraciones por encima de 0,3 mg/L logran impregnarle al agua un sabor característico, aunque puede presentarse alguna coloración o turbiedad desagradable a la vista. El valor más alto hallado en las aguas de los evaporadores fue de 0,21 mg/L, sugiriendo así que este ion no ofrece peligro si se desea usar el agua con fines de bebida. Las necesidades diarias mínimas de este elemento varían en función de la edad, el sexo y el estado físico de la persona y no solo llega al organismo proveniente de las aguas, sino también de otros alimentos como las carnes, la yema de huevo, el hígado y la morcilla entre otros.

Haciendo una valoración de los comentarios realizados anteriormente a raíz de lo establecido por los requerimientos de la OMS (2018) (tabla 3) y la NC 827:2012 (2012) para aguas de bebida (tablas 1 y 2), se deduce en función de los análisis efectuados, que el agua de condensado vegetal de los centrales azucareros estudiados no se debe consumir sin hacer ajustes a determinados parámetros tales como pH, dureza y amonio, aunque también hay que tomar en consideración que el olor y sabor no son apropiados para un agua de bebida, ya que se presentaron similares al guarapo (jugo de la caña), todo ello sin obviar que la turbiedad del V2 del central Boris Luis Santa Coloma excedió las 5 UNT que indican los patrones de calidad.

Es bueno destacar que existen otros componentes químicos inorgánicos y orgánicos que no se determinaron y que están presentes en dicha norma.

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS DE LAS AGUAS DE CONDENSADO VEGETAL

Los resultados microbiológicos demostraron que las muestras de agua no presentan crecimiento microbiano ni formación de gas en la campana de Durham en ninguna de las diluciones ensayadas, no encontrándose la presencia de coliformes totales ni fecales.

RESULTADOS PRECEDENTES REFERIDOS A LAS AGUAS DE CONDENSADO VEGETAL DE LA CAÑA DE AZÚCAR

A continuación, se exponen resultados de otras investigaciones vinculadas con la obtención de agua de bebida a partir de condensados vegetales de la caña de azúcar y que han sido reportados en la bibliografía. Las siguientes tablas muestran los valores de caracterización obtenidos (tablas 4 y 5).

Tabla 4. Análisis físicos del agua de condensado vegetal de diferentes centrales azucareros

Nombre del Central	pH	SDT (mg/L)	CE ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	Salinidad (ups)	Turbiedad (UNT)	Bibliografía
Independencia	5,9	54	-	-	-	DHTA (1975)
La Margarita	8,9	46	-	-	-	DHTA (1975)
La Concepción-1	7,1	126	-	-	-	DHTA (1975)
La Concepción-2	4,6	75	-	-	-	DHTA (1975)
Motzorongo-1	5,3	62,7	244	0,014	-	Poy y Sarmiento (1993)
Motzorongo-2	5,15	-	948	-	-	Poy y Sarmiento (1993)

1: monitoreo No 1

2: monitoreo No 2

-: no se realizó

Tabla 5. Análisis químicos del agua de condensado vegetal de diferentes centrales azucareros

Nombre del Central	Independencia	La Margarita	La Concepción-1	La Concepción-2	Motzorongo-1	Motzorongo-2
Alcalinidad (mg/L CaCO_3)	-	-	-	-	27,30	-
Acidez (mg/L CaCO_3)	-	-	-	-	47,55	-
D.T. (mg/L CaCO_3)	-	-	-	-	6,4	-
DBO (mg/L)	300	240	402	321	-	-
DQO (mg/L)	416	823	894	745	-	-
Ca^{+2} (mg/L)	-	-	-	-	-	3,4
Mg^{+2} (mg/L)	-	-	-	-	0,35	14,45
Se^{+4} (mg/L)	-	-	-	-	-	1,4
Fe^{+2} (mg/L)	-	-	-	-	-	-
Na^+ (mg/L)	-	-	-	-	1,0	2,0
K^+ (mg/L)	-	-	-	-	1,0	-
Cl^- (mg/L)	-	-	-	-	0	1,4
HCO_3^- (mg/L)	-	-	-	-	-	82,3
NH_4^+ (mg/L)	-	2,2	0,05	0,7	-	-
NO_2^- (mg/L)	-	-	-	-	-	-
NO_3^- (mg/L)	-	-	-	-	-	0,824
PO_4^{-3} (mg/L)	0,26	0,06	0,4	-	-	0,033
SO_4^{-2} (mg/L)	-	-	-	-	-	31,62
Bibliografía	DHTA (1975)	DHTA (1975)	DHTA (1975)	DHTA (1975)	Poy y Sarmiento (1993)	Poy y Sarmiento (1993)

1: monitoreo No 1

2: monitoreo No 2

-: no se realizó

Como se aprecia, los datos reportados en la bibliografía suelen ser muy dispersos, aunque dan una visión del comportamiento de esos valores en los diferentes escenarios. Se enfatiza que la gran mayoría de las concentraciones de las aguas de los centrales cubanos monitoreados son similares o inferiores a los encontrados en estudios precedentes, lo que atestigua la validez de los métodos empleados en la caracterización del agua, así como la similitud en la calidad de los condensados.

04 CONCLUSIONES

Las aguas de condensado vegetal de los centrales 30 de Noviembre y Boris Luis Santa Coloma no presentan buenas características para su uso como agua de bebida sin un tratamiento posterior, existiendo indicadores como el olor, el sabor, el pH, la dureza, así como el contenido de NH_4^+ que no cumplen lo establecido por la norma cubana de agua potable (NC 827:2012 (2012)), así como lo estipulado por la OMS (2018).

05 RECOMENDACIONES

Continuar con la evaluación de los condensados vegetales en otros centrales azucareros, precisando aún más la calidad del agua, una vez que existen otros elementos que no fueron estudiados en esta investigación.

También valorar un tratamiento posterior a las aguas de condensado vegetal para mejorar su calidad.

06 REFERENCIAS

APHA. (2005). Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. 21st Ed. Washington, USA. ISBN: 0875530478

DHTA. (1975). Uso del agua en la industria azucarera. Diseños Hidráulicos y Tecnología Ambiental, S.A. Clave UAPC-74-3. Informe de trabajo (julio a diciembre de 1974). Subsecretaría de Planeación. Secretaría de Recursos Hidráulicos. México D. F.

Esquijarosa P. L. (2018). Propuesta de tratamiento a las aguas de condensado vegetal en la UEB 30 de Noviembre. Tesis presentada en opción al título de Ingeniera Hidráulica. Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría” Cujae. La Habana, Cuba. 89 pp.

González C. M., Alomá V. I., Espinos, P. R. y González S. E. (2015). Tecnologías y sistemas para el manejo de agua y condensados en la producción de azúcar. Centro Azúcar 42, 72-87. ISSN: 2223-4861. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php\(\)?script=sci_arttext&pid=S2223-486120150000100008](http://scielo.sld.cu/scielo.php()?script=sci_arttext&pid=S2223-486120150000100008)

Márquez G. M. J. (2019). Tratamiento del condensado vegetal extraído de la caña de azúcar para potabilizar. Tesis presentada en opción al título de Ingeniera Hidráulica. Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría” Cujae. La Habana, Cuba. 73 pp.

NC 827:2012. (2012). Agua Potable – Requisitos Sanitarios. Norma Cubana Obligatoria. 2da Ed. ICS: 13.060.20. La Habana, Cuba. Disponible en: www.ncnorma.cu

OMS. (2018). Guías para la calidad del agua de consumo humano. Cuarta Edición que incorpora la Primera Adenda. Organización Mundial de la Salud. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. ISBN 978-92-4-354995-8. Ginebra. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958-spa.pdf?ua=1>

Poy M. E. y Sarmiento R. A. (1993). Recuperación de agua vegetal para consumo humano. Proyecto Tomauqa (1ra parte). Ref. DG-237. Central Motzorongo S. A. de C. V. Motzorongo, Veracruz. México.

Ramírez M. C. (2018). Caracterización de las aguas de condensado vegetal de la UEB 30 de Noviembre. Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Hidráulico. Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría” Cujae. La Habana, Cuba. 53 pp.

Suárez S. R. y Hernández P. J. E. (2016). Algunas mejoras introducidas en el proceso de gestión integral del agua a partir de técnicas de telecontrol y telemedidas. *Voluntad Hidráulica* 115, 4-10. ISSN: 0505-9461.

Velásquez S., González C. M., González M. V. y González S. E. (2010). Uso y manejo del agua en el proceso de producción de azúcar. *Centro Azúcar* 37(2): 56-64. Las Villas, Cuba. ISSN: 2223-4861.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Teresita de Jesús Romero López. <https://orcid.org/0000-0001-9572-8333>
Responsable de la investigación y participó en el diseño de la tarea, análisis de la información y confección del informe final.

María de Jesús Márquez Gómez. <https://orcid.org/0000-0001-6248-626X>
Participó en los monitoreos, apoyó en las determinaciones en el laboratorio y en la confección del informe final.