

Actualización del estado de las lagunas de estabilización de la provincia Mayabeque

Teresita de Jesús Romero López

email: teresita@cih.cujae.edu.cu, teresitaromerolope@gmail.com

Centro de Investigaciones Hidráulicas (CIH), Universidad Tecnológica de la Habana José Antonio Echeverría (Cujae), La Habana.

Yoania Castillo Torres

Empresa de Acueducto y Alcantarillado Mayabeque (EAAM), Mayabeque.

RESUMEN

Se evaluó el estado actual de las lagunas de estabilización de la provincia Mayabeque supervisadas por la Empresa de Acueductos y Alcantarillados de la provincia Mayabeque. Se recopiló la información disponible de años anteriores, y se realizó una caracterización del agua en 2015 relativa a pH, SS, CE y DQO. Se detectó que de las 15 lagunas que se construyeron entre 1961 y 2000, solo operan siete, sin operar tres y cinco no existen. Se detectaron problemas de mantenimiento fundamentalmente. Se recomienda realizar monitoreos sistemáticos a las distintas lagunas activas en la provincia, lograr la permanencia de un operador en cada una de ellas, proponer un plan de remodelación a las lagunas que están funcionando actualmente y, en caso necesario, reconstruir las lagunas inexistentes, siempre que la comunidad lo requiera.

Palabras clave: calidad del agua, lagunas de estabilización, Mayabeque, monitoreo.

Updating of status of Mayabeque city stabilization lagoons

ABSTRACT

Current status of stabilization lagoons in Mayabeque province under the Empresa de Acueductos y Alcantarillados of Mayabeque province supervision, was evaluated. The information available from previous years was compiled, and a water characterization was carried out in 2015 relating to pH, SS, EC and COD. As a result it was detected that from 15 lagoons that were built between 1961 and 2000, only seven are operating in this moment, three are not operating and five do not exist. Maintenance problems were detected fundamentally. It is recommended to carry out systematic monitoring of different active lagoons in the province, to set a permanent operator in each of them, propose a remodeling plan for the lagoons that are currently functioning and if necessary rebuild the non-existent lagoons, whenever the community so requires.

Keyword: water quality, stabilization lagoon, Mayabeque, monitoring.

INTRODUCCIÓN

Entre los procesos de tratamiento de aguas residuales utilizados en países del tercer mundo, la laguna de estabilización ha sido el método más empleado, tanto por su bajo costo, como por su alta eficiencia en la reducción de organismos patógenos, entre ellos bacterias, parásitos, helmintos y virus, que afectan la salud de los habitantes (Yáñez 1982).

Puede asegurarse sin temor a equivocación, que en las últimas dos décadas los países en desarrollo, con la asistencia de científicos de importantes universidades y de entidades internacionales, han realizado investigaciones sobre lagunas, aportando nuevas herramientas para su diseño.

En la región de América Latina y el Caribe se intensificaron estos estudios a finales de la década de 1950 y Cuba se sumó a la construcción de estos sistemas entre los años 1971 a 1976, considerándose como pionera en América Latina. Específicamente en Mayabeque se construyeron un total de 15 lagunas en nueve de los 11 municipios que conforman la provincia, a partir de 1961.

Según datos de archivo, en 2005 se reportaron tres lagunas sin operar y cinco que requerían reparación, panorama que en 2015 se presentó como sigue: tres lagunas sin operar y cinco inexistentes.

Toda esta situación desfavorable en cuanto a calidad de las aguas se refiere, alertó de cierta forma a las autoridades sanitarias en Mayabeque, implicando finalmente que se comenzara a planificar cierto financiamiento para activar las lagunas de estabilización que trataban las aguas albañales en la provincia y que requerían reparación, así como promover los ya inexistentes pero necesarios sistemas de tratamiento que por un motivo u otro se destruyeron.

De ahí que esta investigación estuviera dirigida a recopilar la información existente referente a cada laguna de la provincia, así como actualizar el estado de las mismas, a modo de incentivar a las autoridades pertinentes para apoyar en el mantenimiento y reparación de aquellos sistemas que lo requieran.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para dar un veredicto del estado de las lagunas de estabilización de la provincia Mayabeque, bajo supervisión de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado Mayabeque (EAAM), en diciembre de 2015 se realizó una visita a cada una de las lagunas de la provincia, incluyendo las que se reportaban como no activas, según informe técnico de la unidad emitido en 2005.

Como apoyo a este trabajo, primeramente se realizó una búsqueda en los archivos de la EAAM y el laboratorio de la Empresa Nacional de Análisis y Servicios Técnicos (ENAST) que radica en el municipio Bejucal, referida a la información existente relacionada con las lagunas, documentación que se constató a partir de 2005.

Se recolectaron muestras de agua a la entrada y la salida de dichos sistemas en botellas plásticas de 1,5 L, y por un problema de diseño, se acordó tomar las mismas en el lugar donde el

afluente hiciera contacto con la laguna. La preservación se efectuó según lo recomendado por el APHA (2005).

Cabe destacar que, debido a problemas económicos fundamentalmente, así como lo intrincado de las zonas, los monitoreos se efectuaron de manera puntual, poniendo a disposición del laboratorio de la ENAST las aguas colectadas para su posterior análisis y que consistieron en la determinación el pH, la conductividad eléctrica (CE), los sólidos sedimentables (SS), la demanda química de oxígeno (DQO) y los coliformes totales. Los métodos empleados fueron los indicados en el APHA (2005).

Para la evaluación de la eficiencia de las distintas lagunas, se relacionaron los valores de agua sin tratar (afluente al sistema) contra el agua tratada (efluente al sistema) y se detectaron los principales problemas que de cierta forma pudieran atentar contra el buen funcionamiento de las mismas, dictamen que tuvo el apoyo de múltiples especialistas y habitantes de los municipios involucrados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En Mayabeque existe un total de 15 lagunas de estabilización distribuidas en nueve de los 11 municipios que conforman la provincia (tabla 1). En la misma tabla se hace una observación acerca de la cantidad de lagunas que funcionaban correctamente según datos de archivo de 2005, las que se encontraban sin operar y las que requerían reparación en ese entonces.

Tabla 1. Estado de las lagunas de estabilización de la provincia Mayabeque (reporte de 2005)

Municipio	No. de lagunas	Nombre de la laguna	Lagunas funcionando correctamente	Lagunas sin operar	Lagunas que requieren reparación
Quivicán	2	Santa Mónica La Salud	2	0	1
Batabanó	2	Batabanó Sopapo	2	0	0
Melena del Sur	1	Melena	0	0	1
Güines	2	Juan Borrel Güines	2	0	0
San Nicolás de Baris	1	Pedrín Troya	0	1	0
Madruga	2	Jesús Menéndez Juan Abrahantes	1	1	1
San José de las Lajas	3	Pedro Pi Las Parcelas S. A. de las Vegas	3	0	0
Jaruco	1	Guaicanamar	0	1	1
Santa Cruz del Norte	1	La Loma del Tanque	1	0	1
TOTAL	15		11	3	5

[Fuente: Datos de archivo encontrados entre 2013 y 2015]

En correspondencia con esta información, de las 15 lagunas de estabilización que existían, 11 estaban funcionando correctamente, tres se mantenían sin operar y cinco requerían reparación.

En ese mismo año se dictaminó que la eficiencia de remoción de estos sistemas de depuración de agua estaba entre 80 y 85 %, salvo Pedrín Troya con un 70 %, todo ello a pesar del estado técnico de las instalaciones, que se diagnosticaron entre bien, regular y mal (tabla 2).

Tabla 2. Funcionamiento de las lagunas de estabilización de la provincia Mayabeque, diagnosticadas en 2005

Laguna	Eficiencia de remoción (%)	Estado técnico	Cumplimiento de las normas de vertimiento
Santa Mónica	80	R	No
La Salud	80	B	Si
Batabanó	85	M	Si
Sopapo	-	-	-
Melena	80	R	No
Pedrín Troya	70	M	No
J. Menéndez	80	R	No
J. Abrahantes	85	B	Si
Pedro Pi	85	R	No
Las Parcelas	85	R	Si
Guaicanamar	80	M	No
La Loma del Tanque	85	R	Si
B: bien R: regular M: mal			
[Fuente: datos de archivo encontrados entre 2013 y 2015]			

Según datos de archivo, todas las lagunas de estabilización son facultativas, con disposición final al terreno en su gran mayoría, exceptuando Las Parcelas y La Loma del Tanque (en lo adelante La Loma) que descargan a los ríos Gonzalito y Paula respectivamente. Su construcción data de los años comprendidos entre 1961 y 2000.

El flujo de agua residual reportado que afluye a las mismas se enmarca entre 273 y 4 320 m³/d, en correspondencia con el número de habitantes del área beneficiada con el tratamiento en cuestión.

En las tablas 3 y 4 se ofrecen los datos de caracterización del agua de las diferentes lagunas, encontrados en los archivos de la empresa y el laboratorio de la ENAST.

Durante los tres años, todas las lagunas de estabilización mantuvieron un pH tendiente a la neutralidad. Los SS, salvo escasas excepciones, presentaron valores que resultaron inferiores a la salida del sistema con respecto a la entrada, enmarcándose los mismos entre 0,1 y hasta 6,5 cm³/L en el afluente y entre 0,1 y 4,0 cm³/L en el efluente, con excepción de La Loma en Santa Cruz del Norte que mostró una cantidad de SS a la salida de 6,0 cm³/L, superior inclusive a la entrada, de 5,0 cm³/L.

Respecto a la DQO, las concentraciones reportadas en las lagunas de estabilización activas en los distintos territorios fluctuaron considerablemente, desde 706 mg/L a la entrada de la laguna Batabanó, así como 22 mg/L a la salida de Pedrín Troya, observándose en algunos casos concentraciones de DQO efluentes superiores a las afluentes.

Tabla 3. Valores de caracterización del agua de La Salud, Batabanó, Melena, Güines y Pedrín Troya, hasta julio de 2015

A Ñ O	M E S	pH (U)		DQO (mg/L)		SS (cm ³ /L)		CE (µs/cm)		C. T. NMP/100mL		C. F. NMP/100mL	
		E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S
Laguna La Salud, Quivicán													
2013	1	8,1	8,1	185	98	6,5	4,0	NE	NE	2x10 ⁵	2x10 ⁵	2x10 ⁵	2x10 ⁵
	4	7,1	7,4	86	84	2,0	1,0	680	765	2x10 ⁵	2x10 ⁵	2x10 ⁵	2x10 ⁵
	7	8,1	8,4	93	54	0,8	0,4	745	615	2x10 ⁵	2x10 ⁵	2x10 ⁵	2x10 ⁵
2014													
2015	2	8,0	8,1	104	74	0,3	0,2	650	715	6x10 ⁵	6x10 ⁵	6x10 ⁵	6x10 ⁵
Laguna Batabanó, Batabanó													
2013	9	7,5	7,5	706	573	0,2	0,1	710	708	2x10 ⁵	2x10 ⁵	2x10 ⁵	2x10 ⁵
2014	9	7,2	7,1	29	66	0,5	0,3	605	690	6x10 ⁵	9x10 ³	6x10 ⁵	2x10 ²
2015	4	7,7	6,6	279	139	1,3	3,0	780	1100	6x10 ⁵	6x10 ⁵	6x10 ⁵	6x10 ⁵
Laguna Melena, Melena del Sur													
2013	4	7,9	7,8	55	47	5,0	1,5	555	555	2x10 ⁵	2x10 ⁵	2x10 ⁵	2x10 ⁵
2014	7	7,3	7,3	73	66	0,4	0,3	880	760	6x10 ⁵	6x10 ⁵	6x10 ⁵	6x10 ⁵
2015	7	7,3	7,1	79	95	5,0	2,0	909	890	6x10 ⁵	6x10 ⁵	NE	NE
Laguna Güines, Güines													
2013	10	NE	7,6	NE	102	NE	0,1	NE	550	NE	2x10 ²	NE	2x10 ²
	12	8,1	8,2	NE	NE	0,2	< 0,1	560	550	NE	NE	NE	NE
	12	8,2	8,1	NE	NE	0,2	< 0,1	585	535	NE	NE	NE	NE
2014	7	7,5	7,6	54	66	0,1	< 0,1	490	500	6x10 ⁵	6x10 ⁵	6x10 ⁵	6x10 ⁵
2015	2	7,5	7,5	59	29	0,4	0,2	470	500	NE	NE	NE	NE
Laguna Pedrín Troya, San Nicolás de Baris													
2013	5	7,8	7,2	269	307	< 0,1	< 0,1	480	475	4x10 ²	2x10 ²	4x10 ²	2x10 ²
	11	7,7	7,9	268	307	0,2	< 0,1	255	255	7x10 ²	1x10 ³	2x10 ²	8x10 ²
2014	9	7,9	8,2	103	22	0,5	0,3	500	440	3x10 ³	6x10 ³	2x10 ²	4x10 ³
2015													
E: entrada al sistema de tratamiento; S: salida del sistema de tratamiento; NE: No existe la información. Los espacios en blanco son producto de los monitoreos que no se realizaron. [Fuente: Datos de archivo encontrados entre 2013 y 2015]													

Algunas consideraciones de las lagunas de estabilización ubicadas en los diferentes municipios de la provincia Mayabeque en diciembre de 2015

Como consecuencia del monitoreo puntual realizado a las diferentes lagunas de estabilización de la provincia Mayabeque en diciembre del 2015, se detectó el estado de cada una de ellas, así como las lagunas que se encontraban operando, sin operar e inexistentes (tabla 5).

Tabla 4. Valores de caracterización del agua de Juan Abrahantes, Pedro Pí, Las Parcelas, Guaicnamar y La Loma, hasta julio de 2015

A Ñ O	M E S	pH (U)		DQO (mg/L)		SS (cm ³ /L)		CE (µs/cm)		C. T. NMP/100mL		C. F. NMP/100mL	
		E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S
Laguna Juan Abrahantes, Madruga													
2013	4	7,9	7,9	-	-	0	0	440	545	2x10 ²	2x10 ²	2x10 ²	2x10 ²
2014													
2015													
Laguna Pedro Pí, San José de las Lajas													
2013	6	7,7	8,1	269	154	0,3	0,1	665	540	6x10 ⁵	6x10 ⁵	6x10 ⁵	6x10 ⁵
	9	7,3	7,5	196	94	0,5	0,2	390	380	2x10 ³	3x10 ³	9x10 ²	7x10 ²
2014	9	7,7	7,5	37	52	0,4	0,3	595	595	2x10 ²	3x10 ³	2x10 ²	2x10 ²
2015													
Laguna Las Parcelas, San José de las Lajas													
2013	5	7,7	7,5	207	438	0,2	< 0,1	625	540	2x10 ⁵	2x10 ⁵	2x10 ⁵	2x10 ⁵
	8	7,4	7,5	39	31	0,6	0,3	375	380	2x10 ⁵	2x10 ⁵	9x10 ⁵	4x10 ²
2014	7	7,8	8,3	44	29	0,4	0,2	570	550	6x10 ⁵	6x10 ⁵	6x10 ⁵	6x10 ⁵
2015	1	6,9	6,7	37	119	0,2	0,6	840	850	6x10 ⁵	6x10 ⁵	6x10 ⁵	6x10 ⁵
Laguna Guaicnamar, Jaruco													
2013													
2014													
2015	7	11	10	287	250	0,2	0,6	860	840	2x10 ²	2x10 ²	NE	NE
Laguna La Loma, Santa Cruz del Norte													
2013	4	7,2	8,9	230	463	2,0	1,5	1370	470	2x10 ⁵	2x10 ⁵	2x10 ⁵	2x10 ⁵
	7	7,8	7,8	94	63	0,3	< 0,1	520	510	2x10 ⁵	2x10 ⁵	2x10 ⁵	2x10 ⁵
	9	8,5	7,4	237	286	0,1	0,1	420	580	2x10 ⁵	2x10 ⁵	2x10 ⁵	2x10 ⁵
2014													
2015	7	7,3	7,2	78	127	5,0	6,0	644	634	6x10 ⁵	6x10 ⁵	NE	NE

**E: entrada al sistema de tratamiento; S: salida del sistema de tratamiento;
NE: No existe la información. Los espacios en blanco son producto de los monitoreos que no se realizaron. [Fuente: Datos de archivo encontrados entre 2013 y 2015]**

Tabla 5. Estado de las lagunas de estabilización de la provincia Mayabeque en diciembre de 2015

Lagunas operando	Lagunas sin operar	Lagunas inexistentes
La Salud	Juan Borrel	Santa Mónica
Batabanó	Pedrin Troya	Sopapo
Melena	Guaicanamar	Jesús Menéndez
Güines		Juan Abrahantes
Las Parcelas		San A. de las Vegas
Pedro Pi		
La Loma		

Si se analiza la situación prevaleciente en diciembre de 2015, se comprende que el panorama cambió con respecto al 2005, ya que en Quivicán hay una laguna de estabilización que no existe en la actualidad, en Batabanó lo mismo, en Güines hay una sin operar, en Madruga no consta laguna alguna operando y en San José de las Lajas una de ellas no existe.

Hay que destacar que, de una forma u otra, todas las lagunas de estabilización que están operando requieren cierta reparación. En la siguiente figura 1 se aprecian vistas de las mismas tomadas en el momento de la visita.

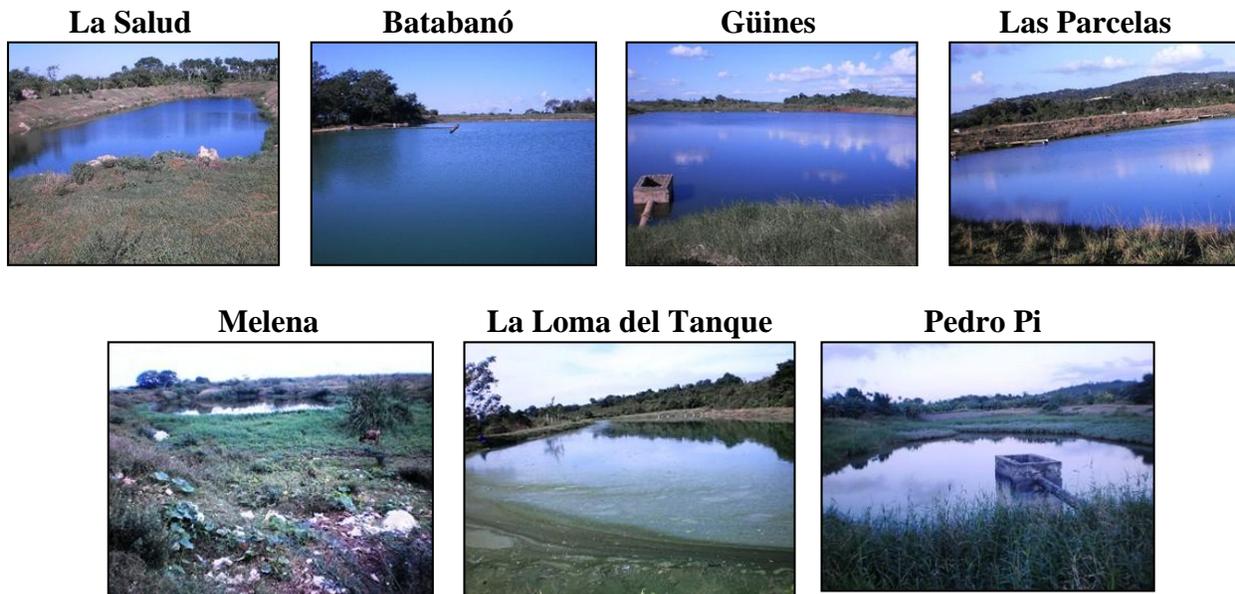


Figura 1. Vista de las lagunas activas en Mayabeque (fotos de los autores)

Las siguientes lagunas no se encuentran operando en la actualidad (figura 2).

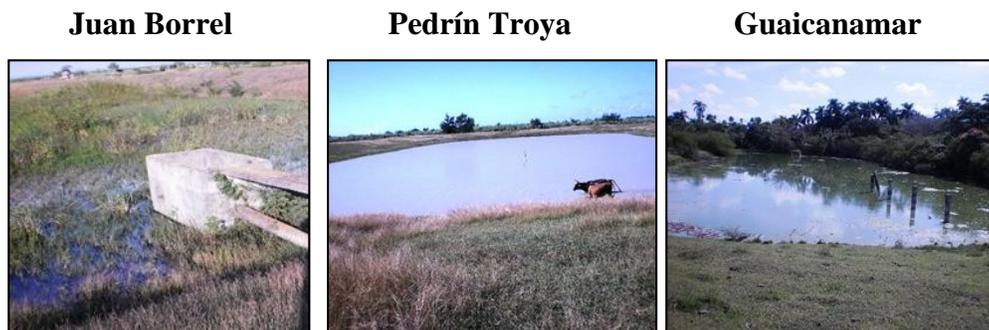


Figura 2. Lagunas que en la actualidad no están operando en Mayabeque (fotos de los autores)

En las vistas que aparecen más abajo, se aprecian restos de elementos que fueron utilizados en la construcción de las lagunas que hoy están desactivadas en su totalidad (figura 3).



Figura 3. Terreno donde se encontraban operando las lagunas de estabilización
(fotos de los autores)

Características físico-químicas de las aguas residuales de las lagunas de estabilización de la provincia Mayabeque, correspondientes al monitoreo realizado en diciembre de 2015

En las figura 4 (A; B; C y D) se señalan los valores resultantes de los análisis físico-químicos efectuados a las muestras recolectadas en las siete lagunas de estabilización activas de la provincia Mayabeque.

Evaluación del pH

El pH de las lagunas de estabilización monitoreadas fluctuó entre 7,5 y 9,0 (figura 4A) valores que son característicos de estos sistemas y que han sido igualmente encontrados en la laguna de Juliaca en la meseta del Callao (Gutiérrez y Guerra 2011) y en las lagunas de Puchukollo en Bolivia (PNUMA 2011) entre otras, siendo lo común pH fundamentalmente altos debido al crecimiento de las algas que absorben el CO₂ del agua en el proceso de fotosíntesis.

Por otro lado, Menéndez y Díaz (2009) señalan que tanto el pH como el oxígeno disuelto (OD) están sujetos a variaciones horarias debido a los cambios que experimenta la intensidad de la luz durante el día, lo que también pudo haber propiciado la variación en los valores de pH señalados.

Evaluación de los sólidos sedimentables

Los SS se mantuvieron entre 0,2 y 0,6 cm³/L, exceptuando la laguna Pedro Pi con 0,7 cm³/L en el efluente (figura 4B). Como se comprende, los valores a la salida del sistema son superiores o iguales a los del afluente, lo que puede indicar que bien el tiempo de retención en ellas es bajo,

no permitiendo la sedimentación de los sólidos o bien que existe cierta resuspensión que se evacua por el agua efluente de la laguna.

Guevara y León (1996) señalan que las lagunas de estabilización no son eficientes en la degradación de sólidos y esto determina que con un mal funcionamiento y operación se puedan colmatarse y llenar de sedimentos, conllevando a que los efluentes salgan aproximadamente con los mismos sólidos que inicialmente contenían.

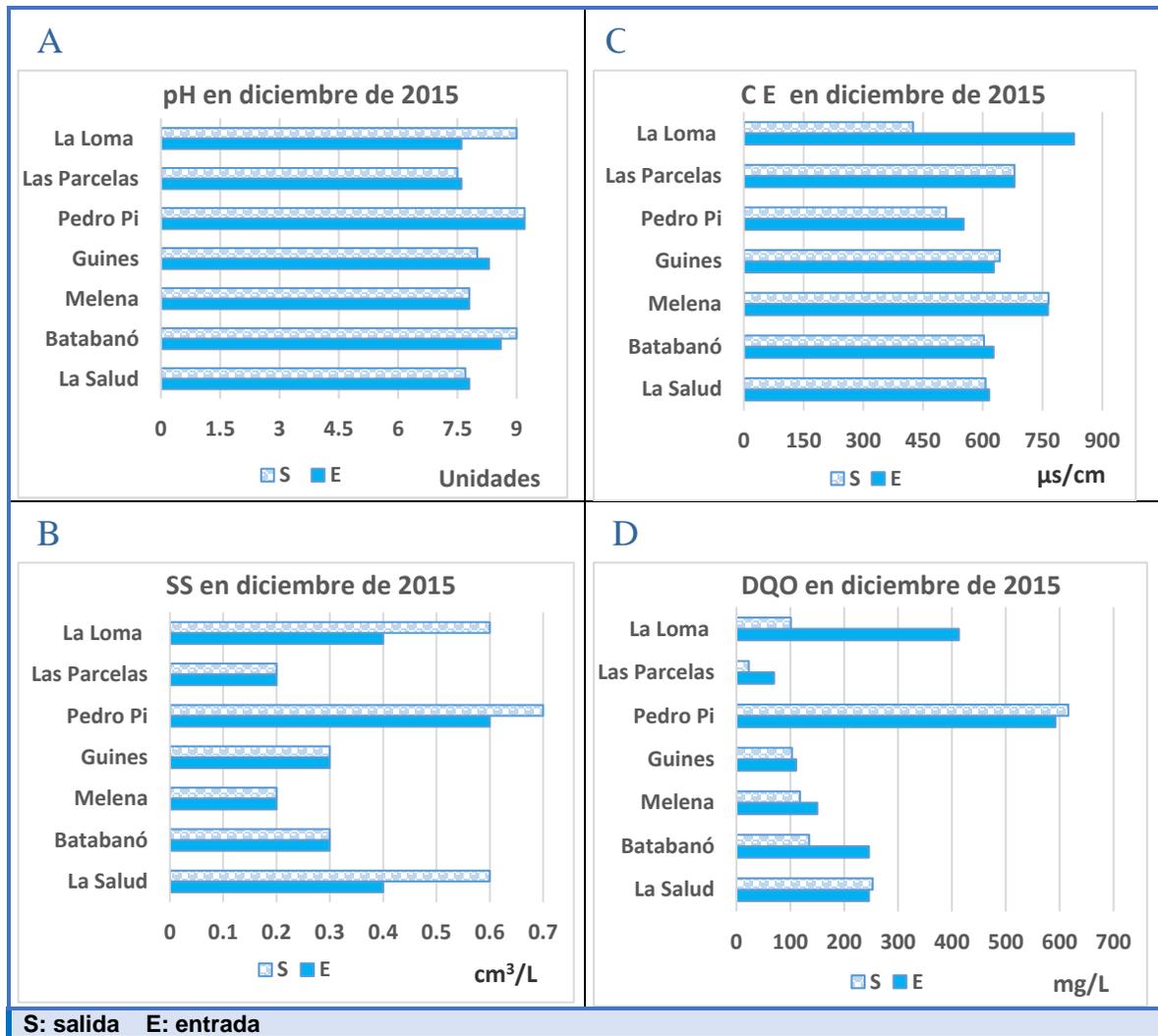


Figura 4. Comportamiento de los diferentes parámetros evaluados en diciembre de 2015

Aunque parezca contradictorio, por las concentraciones de SS encontradas y por lo que se pudo apreciar en los monitoreos correspondientes, en algunas de las lagunas de estabilización se hace necesario e inminente la extracción de sólidos contenidos en el fondo, debido a que esta condición puede traer consigo la disminución de su volumen efectivo y, por consiguiente, el tiempo de retención.

Cuando se pone en explotación una laguna de estabilización, según CNA (2007), es imprescindible considerar en el plan de mantenimiento de la obra, la extracción de lodos, aspecto obviado en Cuba y que solamente se ha tomado en cuenta cuando la laguna ha colapsado.

Otra vía por la cual este problema golpearía menos la eficiencia de las lagunas sería la construcción de sistemas de pretratamiento, tal y como lo señalan Menéndez y Díaz (2009).

Evaluación de la conductividad eléctrica

La CE se presentó en el afluente a las lagunas de estabilización entre 508 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (como valor más bajo) en Pedro Pi y de 829 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (como valor más alto) en La Loma. En esta misma laguna, se apreció el valor más bajo efluente, de 425 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y el más alto, de 765 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en Melena (figura 4C).

Con excepción de La Loma, en las restantes lagunas de estabilización los valores afluentes y efluentes fueron similares.

Se destaca que estas aguas y según lo expone Gutiérrez (2011) se comportan al igual que las aguas naturales no contaminadas pero mineralizadas, que pueden tener una conductividad comprendida entre los 500 y 1 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y aunque este no sea precisamente el caso de las lagunas de estabilización, las aguas residuales de determinadas comunidades podrán tener una conductividad eléctrica que dependerá de la que posea el agua que se suministra a dicha localidad.

Estos contenidos, que se pueden clasificar como bajos, dan una visión de los valores de sólidos disueltos, que se sobreentiende sean también bajos, ya que existe proporcionalidad entre ellos.

Evaluación de la demanda química de oxígeno

En estos estudios, la DQO presentó concentraciones tales como 70 mg/L a la entrada de la laguna de estabilización de Las Parcelas, así como de 616 mg/L a la salida de Pedro Pi. Las restantes lagunas de estabilización: La Salud, Batabanó, Melena y Güines mostraron una DQO entre 100 y 250 mg/L.

La concentración efluente más baja fue también en Las Parcelas, seguido de La Loma, Güines, Melena y Batabanó con valores entre 101 y 135 mg/L. Algo más elevada se encontró en La Salud, con 253 mg/L y fuera de los ya mencionados y con la mayor concentración de todas las evaluadas, la laguna Pedro Pi, con 616 mg/L (figura 4D).

La remoción de DQO se hizo evidente en La Loma, seguido de Las Parcelas, Batabanó, Melena y Güines con 76, 67, 45, 21 y 7 % respectivamente (tabla 6). En La Salud y Pedro Pi no hubo remoción alguna, todo lo contrario, se patentizaron valores superiores a la salida de ambos sistemas, aunque no fueron muy marcados.

Tabla 6. Remoción de la DQO a las lagunas activas, correspondiente al monitoreo realizado en diciembre de 2015

Laguna	Remoción de la DQO (%)
La Salud	NR
Batabanó	45
Melena	21
Güines	7
Pedro Pi	NR
Las Parcelas	67
La Loma	76
NR: no existe remoción	

Un aspecto que es necesario tomar en consideración es el comportamiento en general que se lleva a cabo en las lagunas en diferentes épocas del año, que pudiera estar relacionado de manera directa con los valores de los distintos parámetros hallados en los monitoreos.

Si se toma en cuenta lo que exponen Menéndez y Díaz (2009) acerca de los valores de DQO a través del año, se podría inferir que estas concentraciones efluentes lograrían hacerse menor entre los meses de junio a septiembre, cuando la temperatura es más alta.

Otro factor a considerar y que pudiese ser de interés para evaluar el funcionamiento de las lagunas es el caudal de alimentación, que está en estrecha relación con el caudal horario que recibe la misma.

Evaluación del grupo Coliformes

Por los resultados microbiológicos se comprende que ninguna de las lagunas de estabilización logró remover los coliformes totales de las aguas afluentes a las mismas, que fue de $1,6 \times 10^6$ NMP/100 mL, aunque por los análisis efectuados no se puede conocer si realmente hubo remoción de microorganismos patógenos, que con un buen funcionamiento de las lagunas debería ser del 99,99 % (Menéndez y Díaz 2009).

La determinación de estos microorganismos que habitan normalmente en el intestino humano y de otros animales de sangre caliente, en el suelo y la vegetación, es de suma importancia ya que da una indicación de la variedad de microorganismos involucrados en esos ambientes, incluyendo los patógenos, los cuales son un riesgo para la salud pública al estar en contacto con el ser humano y ocasionar enfermedades de origen hídrico tales como la disentería bacilar, la fiebre tifoidea, la shigelosis, el cólera, la hepatitis, la leptospirosis, la amebiasis y la giardiasis, entre otras (Santiago y Gutiérrez 1999).

El conocimiento de la densidad de coliformes también es de interés porque estos microorganismos son usados normalmente para fijar metas de remoción en el diseño de lagunas de estabilización.

Relativo a las normas de vertimiento

El comportamiento de los distintos parámetros analizados en las lagunas de estabilización activas en la provincia Mayabeque en comparación con lo que establece la NC 27:2012, fue evaluado tomando en consideración la disposición final de las aguas.

En la tabla 7 se observa como a excepción de la DQO, todas las demás variables entran dentro de los rangos establecidos para su vertimiento a las diferentes zonas de descarga, es decir, al terreno o al río, aunque no en todos los casos la DQO representa un peligro potencial, ya que depende del nivel de saturación del área que recepciona el agua tratada. Dos lagunas se destacan por su concentración fuera de lo normado: La Salud y Pedro Pi con 253 y 616 mg/L y contrariamente, con muy baja concentración Las Parcelas.

Tabla 7. Valores de caracterización de las distintas lagunas de estabilización muestreadas y normas de vertimiento (NC 27:2012)

Laguna	pH	Norma	Laguna	CE µs/cm	Norma
La Salud	7,7	6 a 9	La Salud	607	1500 a 2000
Batabanó	9	6 a 9	Batabanó	603	1500 a 2000
Melena	7,8	6 a 9	Melena	765	1500 a 2000
Güines	8	6 a 9	Güines	643	1500 a 2000
Pedro Pi	9,2	6 a 9	Pedro Pi	508	1500 a 2000
Las Parcelas	7,5	6,5 a 8,5	Las Parcelas	680	1400
La Loma	9	6,5 a 8,5	La Loma	425	1400

Laguna	SS cm ³ /mL	Norma	Laguna	DQO mg/L	Norma
La Salud	0,6	1 a 3	La Salud	253	70 a 160
Batabanó	0,3	1 a 3	Batabanó	135	70 a 160
Melena	0,2	1 a 3	Melena	118	70 a 160
Güines	0,3	1 a 3	Güines	103	70 a 160
Pedro Pi	0,7	1 a 3	Pedro Pi	616	70 a 160
Las Parcelas	0,2	1	Las Parcelas	23	70 y 90
La Loma	0,6	1	La Loma	101	70 y 90

Respecto a los coliformes totales, todos los valores hallados, que fueron de $1,6 \times 10^6$ NMP/100 mL, están por encima de lo que estipula la NC 27:2012 que está entre 100 y 5 000 NMP/100 mL, de ahí que, desde el punto de vista microbiológico, estas aguas no cumplen lo establecido para ser vertidas a ningún cuerpo receptor.

CONCLUSIONES

- Según reporte del 2005 acerca del estado de las lagunas de estabilización, se observó que no hubo una rutina de monitoreo a las mismas, lo que en gran medida dificultó dictaminar su funcionamiento y con ello la calidad del agua tratada, detectándose 11 lagunas operando correctamente y dos sin operar respectivamente.

- En la actualidad se encuentran sin operar un total de tres lagunas (Juan Borrel, Pedrín Troya y Guaicanamar), siete operando (La Salud, Batabanó, Melena, Güines, Las Parcelas, Pedro Pi y La Loma) y cinco no existen (Santa Mónica, Sopapo, Jesús Menéndez, Juan Abrahantes y San A. de las Vegas).
- El pH y la CE presentaron valores similares a la entrada y salida de los sistemas de tratamiento, mientras que los SS en La Salud, Pedro Pi y La Loma fueron superiores a la salida. Por su parte, el mejor comportamiento en cuanto a la DQO se verificó en La Loma, no así en Pedro Pi que arrojó las peores concentraciones afluentes y efluentes.
- Ninguna de las lagunas de estabilización logró remover los coliformes totales.
- A excepción de la DQO, todas las demás variables (pH, SS y CE) entran dentro de los rangos establecidos para su vertimiento a las diferentes zonas de descarga.

RECOMENDACIONES

- Realizar los monitoreos con mayor número de repeticiones al momento de efectuar la evaluación de las distintas lagunas, para poder dictaminar más fehacientemente la remoción de los distintos parámetros físico-químicos y microbiológicos.
- Proponer un plan de remodelación a las lagunas que están funcionando actualmente, si fuera necesario, y a las que presentan problemas constructivos fundamentalmente
- Reconstruir las lagunas inexistentes, caso que la comunidad lo requiera.
- Mantener un operador que responda por el buen funcionamiento de las lagunas de estabilización y haga cumplir las disposiciones vigentes acerca del cuidado de estos sistemas de tratamiento.

REFERENCIAS

APHA (2005). "Standard methods for the examination of water and wastewater". American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. 21st Edition, ISBN-13:978-0875530475. Public Health Association, Washington, USA.

CNA (2007). "Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Diseño de lagunas de estabilización". Comisión Nacional del Agua (CNA). ISBN: 978-968-817-880-5, México D.F. 244 p.

Guevara V. A. y León S. G. (1996). "Evaluación de lagunas de estabilización, primera aproximación: propuesta metodológica". Organización Panamericana de la Salud/Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y del Ambiente (OPS/CEPIS). Lima, Perú. 63 p.

- Gutiérrez J.** (2011). "Aspectos básicos: características de las aguas residuales". Proyecto PNUMA-TITICACA Manejo integrado de los recursos hídricos en el lago Titicaca, río Desaguadero, lago Poopo y Salar de Coipasa (sistema TDPS): Evaluación y actualización de los niveles de descargas de aguas residuales. Módulo 1. United Nations Environment Programme (UNEP). Perú. 34 p.
- Gutiérrez D. J. y Guerra D. N. C.** (2011). "Caracterización de las aguas residuales del sistema de lagunas de oxidación de Juliaca". Proyecto PNUMA – TITICACA. Apoyo a la gestión integrada y participativa del agua en el sistema: Autoridad Binacional del Sistema Hídrico (TDPS). Perú. 30 p.
- Menéndez C. y Díaz M.** (2009). "Lagunas. Diseño, operación y control". Instituto Superior Politécnico José A. Echeverría (Cujae). 120 p. ISBN: 959-261-257-9. Extraído de https://www.researchgate.net/publication/284188161_Lagunas_Diseño_Operación_y_Control en octubre de 2017.
- NC 27:2012** (2012). "Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado". Especificaciones. Norma Cubana. Oficina Nacional de Normalización - ONN. La Habana, Cuba.
- PNUMA** (2011). "Estudio de caracterización de las aguas residuales afluentes al sistema de tratamiento de Puchucollo". Proyecto de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente – PNUMA. Proyecto PNUMA–Titicaca. La Paz, Bolivia. Extraído de http://www.bivica.org/upload/ag_aguas-residuales.pdf. en enero de 2016.
- Santiago F. J. F. y Gutiérrez D. J.** (1999). "Muestreo y caracterización de residuales". Primer taller nacional de tecnologías del agua y saneamiento en polos turísticos. Sociedad de Ingenieros Hidráulicos de la Unión Nacional de Arquitectos e Ingenieros de la Construcción (UNAIC). Asociación Cubana de Ingeniería Sanitaria. Sancti Spíritus. 19 p.
- Yáñez C. F.** (1982). "Manual de métodos experimentales. Evaluación de lagunas de estabilización". Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y del Ambiente (CEPIS). Organización Panamericana de la Salud (OPS). Serie técnica 24. Lima. Perú. 194 p. Extraído de <https://www.irwash.org/sites/default/files/341.1-82MA-3906.pdf> en octubre de 2017.