



PUNTOS DE VISTA

<https://cu-id.com/2284/v13n1e09>

# Calidad de las aguas en el ecosistema de manglar al Sur de la provincia Mayabeque

## *Waters Quality of the in the Swamp Ecosystem to the South of the Province Mayabeque*

MSc. Dulce María Rodríguez-Lugo<sup>1</sup>, Téc. Pedro Luís Hernández-Tamayo, Lic. Danaisy Díaz-Rodríguez  
Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, Empresa de Aprovechamiento Hidráulico de Mayabeque, Cuba

**RESUMEN.** La Política Nacional del Agua establece como primera prioridad: “La Gestión de riesgo asociados a la calidad del agua”, dada por el conjunto de características físicas, químicas y biológicas presentes en ríos, lagos, manantiales o acuífero. Esta se expresa en relación con su uso o actividad a que está destinada y es identificada con su estado natural, la pérdida de calidad vendría medida por la distancia a este estado y puede impedir que sea adecuada para un uso determinado. La Sinergia entre el Proyecto 2: “Fortalecimiento de capacidades para coordinación de la información y sistemas de monitoreo/ Manejo Sostenible de Tierras en Áreas con problemas en los Recursos Hídricos” con área de intervención en la Llanura Sur Habana Matanzas y el “Proyecto Manglar Vivo” que se implementa en la zona costera cuyo objetivo es la recuperación del ecosistema de manglar se pone de manifiesto. Con este trabajo, se evalúa la calidad del agua en el mismo al sur de la provincia Mayabeque, donde el volumen de aportes de aguas superficiales (en el período húmedo 9,29 millones de m<sup>3</sup> y 2,56 millones de m<sup>3</sup> en el período seco), mantiene un flujo de agua dulce hacia la costa y por lo tanto contribuye a disminuir la salinidad en la zona, siendo esto beneficioso para el ecosistema de manglar, ya que las sales solubles totales son menores a 10g/L. No obstante, aunque clasifican como aguas poco salinizadas, se restringe su uso para el riego agrícola.

**Palabras clave:** calidad del agua, Manejo Sostenible de Tierras, ecosistema de manglar.

**ABSTRACT.** The National Politics of the Water settles down as first priority: “The risk management associated to water quality”, of the physical, chemical and biological characteristics present in rivers, lakes, springs or aquifer. This it is expressed in connection with water use identified with its natural state where the loss of quality would come measured by the distance to this state and it can obstruct to be adapted for a certain use. The Synergy in the Project 2: “Strengthening of capacities for coordination of the information and monitoring systems / I Sustainable Management of Lands in Areas with Water Resources Problems” with intervention area in the South Plain Havana-Matanzas and the “Project Live Swamp” that is implemented in the coastal area whose objective is the recovery of the swamp ecosystem. In this work water quality of the is evaluated in the south of the province Mayabeque, where the volume of surface waters (in the humid period 9,29 million m<sup>3</sup> and 2,56 million m<sup>3</sup> in the dry period) maintains a flow of fresh water toward the coast and therefore it contributes to diminish the salinity in the area, being this beneficial for the swamp ecosystem, since the total soluble salts are under 10g/L. Nevertheless, although they classify like little salinized waters, its use is restricted for the agricultural irrigation.

**Keywords:** water quality, Sustainable Handling of Lands, swamp ecosystem.

## INTRODUCCIÓN

Los manglares se encuentran generalmente a lo largo de las costas, en zonas tropicales y subtropicales del planeta. Allí | las plantas deben ser capaces de vivir en agua salada, esto se conoce como halófila, que significa amante de la sal. Los

<sup>1</sup> Autora para correspondencia: MSc. Dulce María Rodríguez-Lugo, e-mail: [rodriguezlugodulcemaria@gmail.com](mailto:rodriguezlugodulcemaria@gmail.com) ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-6376-9904>

Recibido: 22/03/2022.

Aprobado: 09/12/2022.

manglares generalmente suelen alinearse junto a los estuarios, donde los ríos de agua dulce desembocan al océano, el agua es salobre, o sea, una mezcla de agua dulce y salada (American Public Health Association, 1962; Dueñas, 2012; Lamz & González, 2013; Olgún et al., 2007; Yáñez et al., 1998; Yáñez & Domínguez, 1999).

Con el objetivo general de evaluar la calidad del agua en el ecosistema de manglar en la zona costera al sur de la provincia Mayabeque, en las estaciones hidrológicas correspondientes a

los períodos seco y húmedo se estableció un polígono de investigación que comprende el tramo delimitado por el Dique Sur entre la Zanja Cardoso y Surgidero de Batabanó, donde existe una red de estaciones de monitoreo.

## DESARROLLO DEL TEMA

**Ubicación del área de estudio.** El área es tenencia de la Empresa Forestal Mayabeque y administrada por la Empresa Nacional para la Protección de la Flora y la Fauna (Figura 1).

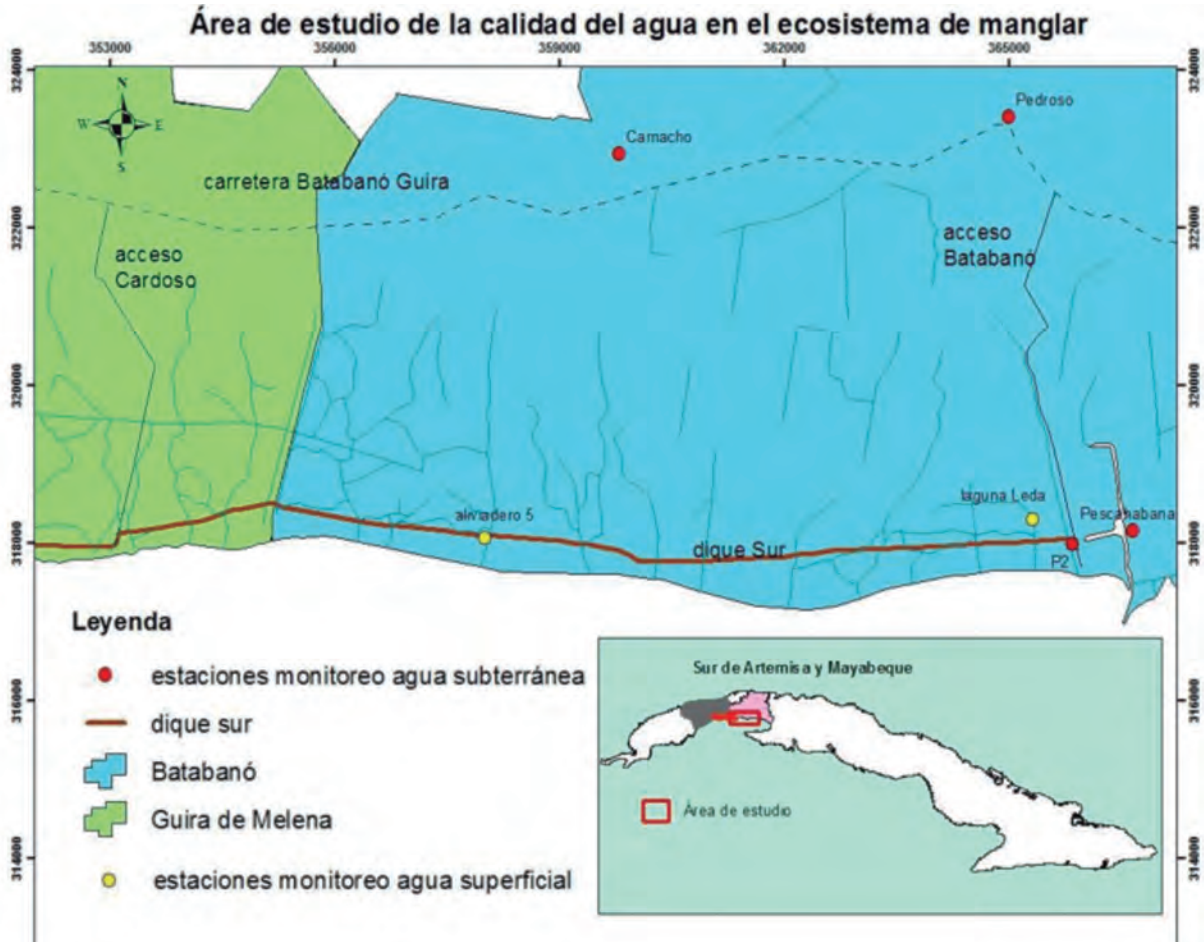


FIGURA 1. Área de estudio de la calidad del agua en el ecosistema de manglar.

A medida que el agua sube y baja todos los días con las mareas, la salinidad también cambia y por ello los manglares tienen que adaptarse a la salinidad cambiante. Sus hojas se han adaptado especialmente con glándulas que segregan la sal absorbida, además de una cubierta cerosa (cutícula) que evita la pérdida de su propia agua. Esto permite que las plantas de mangle vivan en un ambiente salado sin secarse (Arriols, 2019; Díaz-Duque, 2018; L. Menéndez et al., 2006; Mitsch & Gosselink, 2000; Rodríguez et al., 2006).

**Variables que condicionan la salud del ecosistema de manglar.** Este ecosistema en la zona costera, depende de variables como: las precipitaciones, que determinan los escurrimientos superficiales y la descarga de las aguas subterráneas, y de la fluctuación de las mareas que hace cambiante la salinidad.

**Precipitaciones.** Según la pluviosidad que influya en la zona será el desarrollo de la vegetación, los suelos y la biodiversidad. La productividad de los manglares es superior a la de las selvas de áreas lluviosas, estos protegen a las costas de la erosión marina provocada por el oleaje, marejadas, tormentas y huracanes; además, facilitan la recarga de los mantos acuíferos y ayudan a estabilizar el clima de las zonas costeras (Dueñas, 2012; INRH-Cuba, 2019; Lamz & González, 2013; C. L. Menéndez & Guzmán, 2002; L. Menéndez et al., 2006).

El año hidrológico en Cuba consta de dos períodos período seco (noviembre - abril) y período húmedo (mayo- octubre), aspecto determinante tanto para los parámetros físico químicos y microbiológicos de las aguas superficiales y subterráneas.

**Período Húmedo.** Comportamiento en el período lluvioso (Mayo-Octubre de 2018) (INRH-Cuba, 2019). Se registró como promedio en el territorio provincial 1191.8 mm de lluvia, para un 107 % de la media (1116.0 mm). Según el índice de sequía Porcentaje de la Precipitación Normal (PPN), se categoriza como ligeramente húmedo (Güines) y resto de la provincia, un 88% se caracteriza como cercano a lo normal.

**Período seco.** Comportamiento en el período poco lluvioso (Noviembre 2018 - Abril de 2019) (INRH-Cuba, 2019). Se registró como promedio en el territorio provincial 315,6mm de lluvia, para un 104 % de la media (302,7 mm). Según el índice de sequía Porcentaje de la Precipitación Normal (PPN), se categoriza un 29 % como ligeramente seco (Jaruco, Santa Cruz

y Madruga). Por otra parte, se categoriza como ligeramente húmedo un 11 % (Melena del Sur y Batabanó) y un 15 % como moderadamente húmedo (San Nicolás y Quivicán) y el resto de la provincia, un 75 % se caracteriza como cercano a lo normal.

**Aportes de escurrimientos aguas arriba.** Los manglares que se encuentran en cuencas con escurrimientos bajo condiciones de inundación permanente, permite que el manglar conserve el agua fresca, una habilidad vital para su supervivencia en un ambiente salino. Al no existir estaciones hidrométricas en el área se tomaron los aliviaderos como sección de control para medir los gastos de los escurrimientos superficiales pues los umbrales funcionan como estación de aforo midiendo la carga de vertimiento (Tablas 1 y 2).

**TABLA 1. Período Húmedo (vertiendo los 9 aliviaderos ubicados en Mayabeque)**

Fecha	Nivel NAN (Hm <sup>3</sup> )	Volumen NAN (Hm <sup>3</sup> )	Carga promedio (m)	Nivel actual (Hm <sup>3</sup> )	Volumen actual (Hm <sup>3</sup> )	Aliviadero	Carga (m)	Datos m=0,35 b=0,28 H <sup>3/2</sup>	Q (m <sup>3</sup> /s)	Volumen diario m <sup>3</sup>
26/10/2018	0,70	5,60	0,11	0,81	8,00	1	0,10	0,032	1,37	118616
						2	0,09	0,027	1,17	101278
						3	0,10	0,032	1,37	118616
						4	0,14	0,052	2,27	196488
						5	0,15	0,058	2,52	217912
						6	0,10	0,032	1,37	118616
						7	0,11	0,036	1,58	136846
						8	0,10	0,032	1,37	118616
						9	0,12	0,042	1,80	155925
						promedio	0,11			
						total				1282911
						Laguna Leda	Sin escalas	Nivel normal		

Carga total 0,70+0,11=0,81  
Interpolando Volumen total = 8,00 (según pasaporte)

Volumen embalsado 8,00 Hm<sup>3</sup>, Volumen de vertimiento 1,29 Hm<sup>3</sup>

**TABLA 2. Período seco (secos los 9 aliviaderos ubicados en Mayabeque)**

Fecha	Nivel NAN (Hm <sup>3</sup> )	Volumen NAN (Hm <sup>3</sup> )	Carga promedio (m)	Nivel actual (Hm <sup>3</sup> )	Volumen actual (Hm <sup>3</sup> )	Aliviadero	Carga (m)	Datos m=0,35 b=0,28 H <sup>3/2</sup>	Q (m <sup>3</sup> /s)	Volumen diario m <sup>3</sup>
26/10/2018	0,70	5,60	0	0,45	2,56	1	0,00	0,00	0,00	0
						2	0,00	0,00	0,00	0
						3	0,00	0,00	0,00	0
						4	0,00	0,00	0,00	0
						5	0,00	0,00	0,00	0
						6	0,00	0,00	0,00	0
						7	0,00	0,00	0,00	0
						8	0,00	0,00	0,00	0
						9	0,00	0,00	0,00	0
						promedio	0,00			
						total				0
						Laguna Leda	Sin escalas	Nivel disminuido		

Carga total cero  
Interpolando Volumen total = 2,56 (según pasaporte)

Volumen embalsado 2,56 Hm<sup>3</sup> a pesar de que el volumen de vertimiento es 0,0 Hm<sup>3</sup>.

A pesar de la disminución de las precipitaciones, el Dique Sur embalsa las aguas subterráneas que escurrían por los canales de drenaje existentes en la zona costera, restringiendo su salida, obligándolas a circular a través del medio calizo por debajo de las turbas, logrando elevar el tirante hidráulico aguas arriba de la obra y el incremento potencial de los recursos hídricos en el acuífero lo que disminuye así la salinidad tierra adentro (INRH-Cuba, 2019). Por lo tanto, esta obra hidráulica manifiesta un buen estado técnico.

**Descarga de las aguas subterráneas.** La red de monitoreo hidrogeológica existente en el área de estudio, permite determinar las isolíneas o hidroisohipsas de los niveles de las aguas subterráneas. Se propone aplicar la Fórmula de Darcy, para

determinar la descarga de Recursos Naturales o Escurrimiento Subterráneo, a todos los tramos del dique de las dos provincias para facilitar el cálculo del gradiente hidráulico.

$$Q = K I A$$

donde:  $K$  = coeficiente de permeabilidad o filtración, en m/día;  $I$  = gradiente hidráulico, entre dos puntos ( $I = \Delta h/L$ );  $A$  = área del acuífero, perpendicular al flujo, del escurrimiento subterráneo en m<sup>2</sup>.

Como se observa en los mapas (Figura 2) se mantiene la descarga de las aguas subterráneas en los dos periodos seco y húmedo, siendo mayor en este último lo que es favorable para el mantenimiento del ecosistema de manglar.

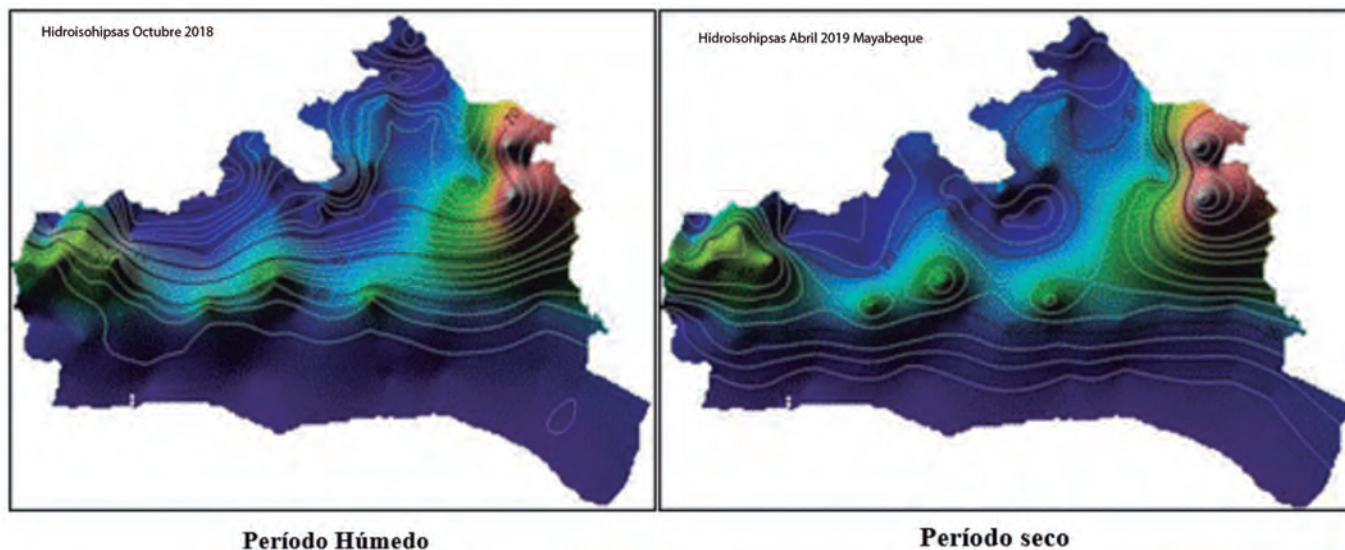


FIGURA 2. Descarga de las aguas subterráneas.

**Calidad de las aguas.** Las determinaciones se efectuaron a partir de la toma de muestras; las evaluaciones se realizaron en el laboratorio de la ENAST del INRH de Santiago de las Vegas según (ENAST, 2005) y por equipos de medición in situ asignados por el proyecto P2 del Programa OP15) (Tabla 3).

### Tipos de aguas

TABLA 3. Resultados de los tipos de aguas

Período	Estación	Fecha d/m/a	% NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	% CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> + % CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup>	% Cl <sup>-</sup>	% SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	% Ca <sup>2+</sup>	% Mg <sup>2+</sup>	% Na <sup>+</sup>	% K <sup>+</sup>	Clasificación
Húmedo	Laguna Leda	25/10/2018	1,923	19,158	77,166	1,752	10,147	16,180	72,042	1,631	Cloruradas Sódicas
	Aliviadero 5	25/10/2018	2,081	12,910	80,698	4,310	14,699	20,259	63,251	1,790	Cloruradas Sódicas
Seco	Laguna Leda	23/04/2019	0,583	12,899	85,175	1,343	6,294	12,442	79,932	1,332	Cloruradas Sódicas
	Aliviadero 5	23/04/2019	1,281	21,442	74,189	3,088	13,657	17,615	67,243	1,485	Cloruradas Sódicas

El tipo de agua es clorurada sódica propia de las zonas costeras por su interacción con el mar. Los manglares son árboles que viven a lo largo de toda la costa, y mantienen parte de sus troncos bajo el agua salada. Son árboles muy resistentes que prosperan en terrenos fangosos, arenosos, de turba, en condiciones muy salobres (con agua hasta 100 veces más salada)

**Microbiología.** (Materia orgánica, Tabla 4): (NC 1021: 2014).

En los manglares que se encuentran bajo condiciones de inundación permanente, la materia orgánica puede exportarse en forma disuelta (Arriols, 2019; L. Menéndez et al., 2006; Vidal et al., 2005). La alta productividad primaria neta y la baja tasa de respiración del ecosistema de manglar, lo hace un sistema muy eficiente para la secuestro de carbono. Adicionalmente, los sedimentos marinos son fuente de materia orgánica para los suelos de bosques de manglar.

**TABLA 4. Resultados del análisis de materia orgánica**

Período	Estación	Fecha d/m/a	DBO <sub>5</sub> <sup>20°C</sup> mgL <sup>-1</sup>	DQO mgL <sup>-1</sup>	O <sub>2</sub> dis mgL <sup>-1</sup>	Valoración	CT NMP/100ml	CTT NMP/100ml	Valoración
Húmedo	Laguna Leda	25/10/2018	14	50	4,8	Aguas Contaminadas con componentes orgánicos biodegradables	1,1x10 <sup>2</sup> (110)	4,9x10 (49)	Agua Aceptable
	Aliviadero 5	25/10/2018	26	123	4,8	Aguas Contaminadas con componentes orgánicos biodegradables	1,4x10 <sup>2</sup> (140)	4,9x10 (49)	Agua Aceptable
Seco	Laguna Leda	23/04/2019	55	286	2,8	Aguas Contaminadas con componentes orgánicos biodegradables	2,2x10 <sup>2</sup> (220)	7,0x10 (70)	Agua Aceptable
	Aliviadero 5	23/04/2019	13	48	4,8	Aguas Contaminadas con componentes orgánicos biodegradables	2,8x10 <sup>2</sup> (280)	1,1x10 <sup>2</sup> (110)	Agua Aceptable (Con indicio de contaminación)

Los valores elevados de DBO y DQO, son producto de aguas contaminadas con componentes orgánicos biodegradables, se conoce que los suelos de manglar se caracterizan por un alto contenido de agua, de sal y sulfuro de hidrógeno, un bajo contenido de oxígeno y una elevada proporción de materia orgánica (Rodríguez et al., 2006; Vidal et al., 2005). Las condiciones duras y anegadas en las que crecen los manglares aceleran el crecimiento de los árboles y desaceleran la descomposición del material orgánico del suelo.

Se debe prestar atención a varios focos contaminantes existentes aguas arriba del manglar compuestos en su mayoría por asentamientos de baja densidad poblacional y brindar especial atención a los Porcinos El Recreo, Hermanos Peña, e Inocencio

de Mayabeque y Mederos de Artemisa respectivamente.

La penetración de oxígeno y consecuentemente la descomposición aeróbica en los suelos de ecosistemas costeros están limitados a unos cuantos milímetros de profundidad. Más abajo, los suelos de bosques de manglar presentan condiciones reducidas con potenciales de oxidación-reducción como consecuencia de las condiciones de inundación que prevalecen en ellos (Mitsch & Gosselink, 2000). Algunas especies de manglares tienen neumatóforos llenos con tejido esponjoso y salpicado de pequeños orificios que ofrecen apoyo estructural y permiten que el oxígeno se transfiera a las raíces atrapadas bajo tierra en condiciones anaeróbicas.

**Análisis Físico químico (Tabla 5).** (NC 1021: 2014).

**TABLA 5. Resultados del análisis físico químico**

Período	Estación	Fecha d/m/a	CE mS/cm	SDT mgL <sup>-1</sup>	pH (U)	T °C	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mgL <sup>-1</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> mgL <sup>-1</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mgL <sup>-1</sup>	Cl <sup>-</sup> mgL <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mgL <sup>-1</sup>	Ca <sup>2+</sup> mgL <sup>-1</sup>	Mg <sup>2+</sup> mgL <sup>-1</sup>	Na <sup>+</sup> mgL <sup>-1</sup>	K <sup>+</sup> mgL <sup>-1</sup>	C (UC)
Húmedo	Laguna Leda	25/10/2018	4269	4269	7,91	24,1	51	0	500	1170	36	94	91	766	29,5	5
	Aliviadero 5	25/10/2018	3140	3140	7,40	24,0	48	0	293	1064	77	98	82	484	23,3	20
Seco	Laguna Leda	23/04/2019	10150	7292	8,279	24,3	42	0	915	3510	75	160	192	2332	66,1	20
	Aliviadero 5	23/04/2019	3740	2384	8,067	23,9	30	0	494	993	56	106	83	599	22,5	10

Se observan valores de pH y sales totales disueltas elevados lo que es propio de las aguas y los suelos de estos ecosistemas por su cercanía al mar. La salinidad en los sedimentos (salinidad intersticial) de los bosques de manglar varía estacionalmente y depende de la altura y amplitud de la marea, de la precipitación (durante el período seco se incrementan los valores) y de las variaciones estacionales en el volumen de agua que les aportan los ríos, canales y escurrimientos de tierras arriba. Además, los suelos de los bosques de manglares son generalmente ácidos (Jiménez-Gutiérrez, 1999).

En cuanto al color fuera de norma se deben a la presencia de sustancias orgánicas disueltas o coloidales de origen vegetal (mangle rojo).

**Metales pesados (Tabla 6):** (NC 1021: 2014). Cumple aguas no contaminadas.

**TABLA 6. Resultados del estudio de metales pesados**

Periodo	Estación	Fecha	As	Cd	Cn	Cu	Cr	Fe	Mn	Hg	Ni	Pb	Se	Zn
Húmedo	Laguna Leda	25/10/2018	0,00	0,01	0,02	0,01	0,07	0,02	0,00	0,00	0,02	0,03	0,00	0,02
	Aliviadero 5	25/10/2018	0,00	0,01	0,02	0,01	0,07	0,02	0,00	0,00	0,02	0,03	0,00	0,02
Seco	Laguna Leda	23/04/2019	0,00	0,01	0,02	0,01	0,07	0,02	0,00	0,00	0,02	0,03	0,00	0,02
	Aliviadero 5	23/04/2019	0,00	0,01	0,02	0,01	0,07	0,02	0,00	0,00	0,02	0,03	0,00	0,02

Todos los valores están dentro de la Norma excepto el Cromo lo que pudiese estar provocado por la presencia del área de interés militar (campo de tiro de Camacho) aguas arriba del ecosistema y cercano al mismo.

**Uso de agua para Riego (Tabla 7):** (Según Procedimiento de análisis del RAS)

**TABLA 7. Resultados del estudio del uso de agua**

Período	Estación	Fecha	Ce	pH	SDT	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	Mg <sup>+</sup>	RAS	Valoración	
						meq L <sup>-1</sup>	meq L <sup>-1</sup>	meq L <sup>-1</sup>	meq L <sup>-1</sup>		
		d/m/a	dS m <sup>-1</sup>	[H <sup>+</sup> ]	mg L <sup>-1</sup>	mmol L <sup>-1</sup>	mmol L <sup>-1</sup>	mmol L <sup>-1</sup>	mmol L <sup>-1</sup>		
Húmedo	Laguna Leda	25/10/2018	4,269	7,91	4269	33,32	33,00	7,48	13,50	Restricción Severa	
	Aliviadero 5	25/10/2018	3,14	7,40	3140	21,05	30,01	6,74	8,73	Uso Ligero a Moderado	
Seco	Laguna Leda	23/04/2019	10,15	8,28	7292	101,44	99,01	15,79	29,42	Restricción Severa	
	Aliviadero 5	23/04/2019	3,74	8,07	2384	26,06	28,01	6,83	10,59	Restricción Severa	

El uso del agua para riego no es recomendable en esta zona ya que los valores del Radio de Absorción del Sodio (RAS) restringe severamente su uso.

**Clasificación de las aguas según la Salinidad.** Respecto a las aguas costeras se definen tres zonas fundamentales según la clasificación: (Dueñas, 2012) (Tabla 8).

**TABLA 8. Clasificación de las aguas según su salinidad**

Clasificación	Valor
Aguas dulces	< 1 g/l
Aguas salobres	0,95 g/l – 1,05 g/l
Aguas poco salinizadas	1,05 g/l - 10,0 g/l
Aguas salinizadas	10,0 g/l - 30,0 g/l
Aguas de mar	< 30,0 g/l

Salinidad en la superficie (Tabla 9)

**TABLA 9. Clasificación de las aguas según su salinidad en la superficie**

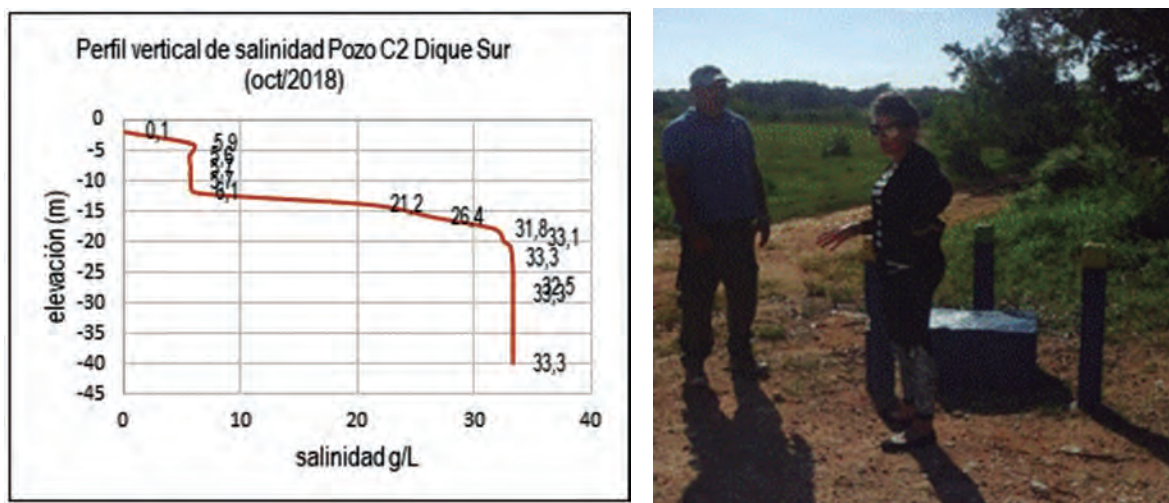
Período	Estación	Fecha	µS/cm	SDTmg/l	Mineralización g/L según Dueñas (2012)
					Aguas poco salinizadas
Húmedo	Laguna Leda	25/10/2018	4269	2738	2,738
	Aliviadero 5	25/10/2018	3140	2169	2,169
Seco	Laguna Leda	23/04/2019	10150	7292	7,292
	Aliviadero 5	23/04/2019	3740	2384	2,384

Salinidad en profundidad (Tabla 10)

**TABLA 10. Clasificación de las aguas según su salinidad en profundidad**

Período	Estación	Fecha	Mineralización g/L según Dueñas (2012)					Observaciones
			Aguas dulces	Aguas salobres	Aguas poco salinizadas	Agua salinizada	Agua de mar	
Húmedo	Pozo C2	25/10/2018	A los 2 metros	A los 2,3 metros	De los 4 a los 12 metros	De los 14 a los 18 metros	A partir de los 18 metros	Menor salinidad
Seco	Pozo C2	23/04/2019	No se encontró	No se encontró	De los 2 a los 14 metros	A los 16 metros	A partir de los 17 metros	Mayor salinidad

**Período Húmedo** Salinidad en profundidad (Figura 3)



*Pozo de monitoreo C2, octubre 2018*

**FIGURA 3.** Perfil vertical de salinidad Pozo C2 Dique Sur (octubre de 2018).

**Datos sondeo hidroquímico vertical** (Tabla 11)

**TABLA 11. Datos del pozo C2 en octubre 2018**

Fecha	Estación	Nivel estático (m)	Pozo C2		Sonda multiparámetro						Observaciones	
			Profundidad (m)	T (°C)	SST (mg/L)	CE (µS/cm)	TDS (mg/L)	Ph	O <sub>2</sub> dis (mg/L)	O <sub>2</sub> dis (%)		
23/10/2018	Pozo C2	1,00	2	26,6	0,10	0,808	8,114	0,790				
			4	26,1	5,90	0,980	8,030	0,250			agua salobre	
			6	26,0	5,60	1,000	7,970	2,340				
			8	25,9	5,70	1,010	7,980	1,390				
			10	25,9	5,70	1,010	9,960	0,570				
			12	25,8	6,10	1,020	7,820	0,670				
			14	25,8	21,20	3,280	7,730	0,010				
			16	25,8	26,40	4,090	7,700	0,120				
			18	25,7	31,80	4,810	7,540	0,770			agua de mar	
			20	25,7	32,50	4,920	7,550	0,500				
			21	25,7	33,10	5,010	7,610	0,330				
			25	25,6	33,30	5,040	7,620	0,750				
		28,6	25,6	33,30	4,040	7,680	0,290					

**Período seco.** Salinidad en profundidad (Figura 4).

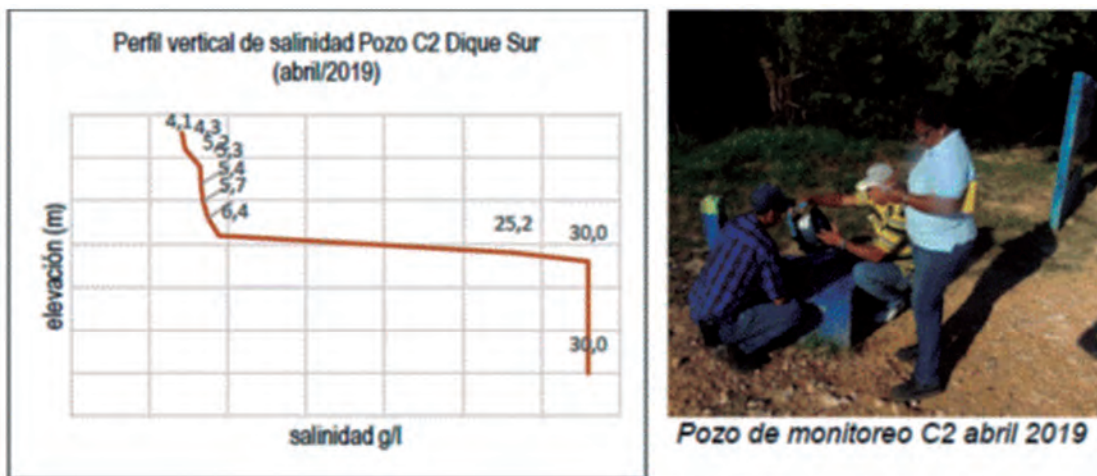


FIGURA 4, Perfil vertical de salinidad Pozo C2 Dique Sur (abril de 2019)

Datos del sondeo hidroquímico vertical (Tabla 12)

Tabla 12. Datos del sondeo hidroquímico vertical.

Estación	Pozo C2		Sonda multiparámetro							Observaciones
	Nivel estático (m)	Profundidad (m)	T (°C)	SST (mg/L)	CE (µS/cm)	TDS (mg/L)	Ph	O <sub>2</sub> dis (mg/L)	O <sub>2</sub> dis (%)	
PPozo C2	1,32	2	26,50	4,052	0,797	6,041	9,512	0,090	1,251	agua salobre
		4	25,97	4,262	0,909	6,428	9,715	0,090	1,251	
		6	25,86	5,225	0,934		9,546	0,092	1,276	
		8	25,85	5,270	0,987		9,462	0,093	1,287	
		10	25,83	5,396	0,993	18,04	9,377	0,094	1,302	
		12	25,80	5,735	1,059		9,187	0,156	4,422	
		14	25,78	6,419	1,165	24,03	8,932	0,200	3,132	
		16	25,77	25,22	3,987	29,01	8,819	0,149	2,317	
		17	25,76	30,00	4,639	31,08	2,885	0,101	1,599	agua de mar

En el periodo húmedo existía agua dulce en las primeras profundidades, donde se desarrollan los pneumatóforos, (raíces que emergen del suelo hacia la superficie) y el agua salinizada se encontró a los 4 metros. En el periodo seco el agua salinizada se encontró ya desde los 2 metros. Esto demuestra lo afirmado por Flores-Verdugo et al. (2006) y sito “la hipersalinidad por el represamiento de los ríos afecta de manera indirecta a los

manglares”

Es evidente que las aguas embalsadas por el Dique Sur mantienen un flujo de agua dulce en la zona costera y por lo tanto contribuyen a disminuir la salinidad lo que es beneficioso para el ecosistema de manglar.

**Alcalinidad de las aguas según índice de Langelier** (Lamz & González, 2013) (Tabla 13).

TABLA 13. Análisis de la alcalinidad de las aguas.

Período	Estación	Dureza mgL <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub>	Valoración	Alcalinidad mgL <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub>	Valoración	CO <sub>2</sub> Libre mgL <sup>-1</sup>	ILs	ILs Valoración
Húmedo	Laguna Leda	608,8	Aguas Muy Duras	409,7	Alcalinidad Muy Alta	21,01	0,89	Aguas con Tendencia Incrustante
	Aliviadero 5	581,8	Aguas Muy Duras	240,1	Alcalinidad Muy Alta	15,04	0,49	Aguas con Tendencia Incrustante
Seco	Laguna Leda	608,8	Aguas Muy Duras	409,7	Alcalinidad Muy Alta	21,01	0,89	Aguas con Tendencia Incrustante
	Aliviadero 5	581,8	Aguas Muy Duras	240,1	Alcalinidad Muy Alta	15,04	0,49	Aguas con Tendencia Incrustante



Evidencias del monitoreo de la calidad del agua y niveles en el dique fin en los períodos húmedo y seco (Figuras 5 y 6)

**Evidencias del Monitoreo de la calidad del agua y niveles en el dique fin del período Húmedo**



FIGURA 5. Evidencias del monitoreo de la calidad del agua y niveles en el dique fin del período húmedo.

**Evidencias del Monitoreo de la calidad del agua y niveles en el dique fin del período Seco**



FIGURA 6. Evidencias del monitoreo de la calidad del agua y niveles en el dique fin del período seco.

Según el Índice de Langelier las aguas en el ecosistema de manglar poseen alta dureza y gran alcalinidad, las condiciones duras y anegadas en las que crecen estas especies, aceleran el crecimiento de los árboles y desaceleran la descomposición del material orgánico del suelo. Por lo tanto, los bosques de manglar son excelentes sumideros de carbono.

Los manglares han tenido que adaptarse físicamente a sus hojas, sus raíces y sus métodos de reproducción con el fin de sobrevivir en un medio hostil, dinámica de suelos blandos, con poco oxígeno y la salinidad variable. Estos ecosistemas son muy valiosos, ya que protegen de la erosión, producen oxígeno, absorben dióxido de carbono, protegen de los fuertes vientos y, además, en ellos viven una gran variedad de peces y moluscos los cuales pueden servir de alimento para el ser humano.

Estos ecosistemas son muy valiosos, ya que protegen de la erosión, producen oxígeno, absorben dióxido de carbono, protegen de los fuertes vientos y, además, en ellos viven una gran variedad de peces y moluscos los cuales pueden servir de alimento para el ser humano. Las condiciones duras y anegadas en las que crecen los manglares aceleran el crecimiento de los árboles y desaceleran la descomposición del material orgánico del suelo. Por lo tanto, los bosques de manglar son excelentes sumideros de carbono.

## CONCLUSIONES

- La calidad del agua en la zona costera en la obra hidráulica “Dique Sur” de la provincia Mayabeque, (donde se restauran y protegen los bosques de manglar por el Proyecto Manglar Vivo), es aceptable ya que está en correspondencia con las características de este ecosistema, las que dependen de la hidrología, las precipitaciones, las condiciones físico químicas de los suelos y las mareas entre otros.
- El volumen de aportes de aguas superficiales del Dique Sur, al ecosistema de manglar en la provincia Mayabeque, se estimó en 9,29 millones m<sup>3</sup> en el período húmedo y 2,56 millones de m<sup>3</sup> en el período seco según la ocurrencia de las precipitaciones, en el tramo IV Cardoso Batabanó.
- La importancia de este ecosistema radica en: \* Ecosistemas marino-costeros altamente productivos y diversos; son el hábitat de muchas especies de peces, aves, moluscos, crustáceos, etc.; \* Valor cultural, social y económica para las comunidades costeras; \* Protección a la franja costera para prevenir y mitigar los impactos de la erosión costera por fenómenos naturales (inundaciones, tsunamis, etc.).

## RECOMENDACIONES

1. Implementar la hidrometría en los aliviaderos del Dique Sur.
2. Ampliar las estaciones de monitoreo de la REDCAL.
3. Revisar Plan de Manejo de los Focos contaminantes aguas arriba del ecosistema.
4. Realizar estudios a los suelos del ecosistema.
5. Extender esta experiencia a la zona del Dique de la provincia Artemisa

## AGRADECIMIENTOS



Este trabajo forma parte de los resultados del Proyecto 2: “Fortalecimiento de Capacidades para la Coordinación de Información y los Sistemas de Monitoreo/MST en Áreas con Problemas de Manejo de los Recursos Hídricos”, del Programa de Asociación de País (CPP/OP 15, Country Pilot Partnership) sobre Manejo Sostenible de Tierras PIMS (3005) en Apoyo al Programa Nacional de Lucha Contra la Desertificación y la Sequía en Cuba, como donante el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF), Implementadores: ONU Ambiente y PNUD, Ejecutor: Agencia de Medio Ambiente, Agencia Técnica de Colaboración FAO y con la participación de diversas instituciones nacionales. Muchas gracias por el valioso apoyo a la investigación.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Public Health Association. (1962). *Métodos estándar para el examen de aguas y aguas de desecho, incluyendo sedimentos bentales y lodos*. Centro Regional de Ayuda Técnica.
- Arriols, E. (2019). *Residuos peligrosos: Clasificación, ejemplos y manejo*. Ecologiaverde. <https://www.ecologiaverde.com>
- Díaz-Duque, J. A. (2018). El agua en Cuba: Un desafío a la sostenibilidad. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 39(2), 46-59, ISSN: 1680-0338.
- Dueñas, A. (2012). *Apuntes para un diplomado*, La Habana, Cuba (Inédito).
- ENAST. (2005). *Método Estándar para el Examen de Aguas y Aguas de Desecho* [Informe técnico]. Laboratorio de la ENAST del INRH de Santiago de las Vegas, Boyeros, La Habana, Cuba.

- Flores-Verdugo, F. J., Agraz-Hernández, C. M., & Benítez-Pardo, D. (2006). *Creación y restauración de ecosistemas de manglar: Principios básicos* (pp. 1093-1110) [Manejo integral de la zona costera: un enfoque municipal]. Instituto de Ecología, AC Xalapa, Veracruz, México.
- INRH-Cuba. (2019). *Boletines hidrológicos*, Empresa de Aprovechamiento Hidráulico de Mayabeque, Cuba.
- Jiménez-Gutiérrez, S. V. (1999). *Abundancia y estructura comunitaria de peces de arrecife rocoso en la zona de Isla Cerralvo, BCS, México* [Informe central]. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, México.
- Lamz, P. A., & González, C. M. (2013). La salinidad como problema en la agricultura: La mejora vegetal una solución inmediata. *Cultivos tropicales*, 34(4), 31-42, ISSN: 0258-5936.
- Menéndez, C. L., & Guzmán, J. M. (2002). *Ecosistemas de manglar en el archipiélago cubano* (pp. 199-207) [Estudios y experiencias enfocados a su gestión]. Academia de Ciencias, La Habana, Cuba.
- Menéndez, L., Guzmán, J. M., & Priego, Á. (2006). *Manglares del Archipiélago Cubano: Aspectos generales*. (pp. 17-27) [Ecosistema de manglar en el archipiélago cubano: estudios y experiencias enfocados a su gestión]. Academia de Ciencias La Habana, Cuba.
- Mitsch, A., & Gosselink, A. (2000). *Características biogeoquímicas de los suelos de manglares*. Ecologiaverde. <https://www.ecologiaverde.com>
- NC 1021: 2014. (2014). *Higiene Comunal. Fuentes de abastecimiento de agua. Calidad y protección Sanitaria* [Norma cubana]. Oficina Nacional de Normatización, La Habana, Cuba.
- Olgún, E. J., Hernández, M. E., & Sánchez, G. G. (2007). Contaminación de manglares por hidrocarburos y estrategias de biorremediación, fitorremediación y restauración. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 23(3), 139-154, ISSN: 0188-4999.
- Rodríguez, L., Menéndez, L., Guzmán, J. M., González, A. V., & Gómez, R. (2006). *Manglares del Archipiélago Cubano: Estado de conservación actual* (pp. 37-45) [Ecosistema de manglar en el archipiélago cubano: estudios y experiencias enfocados a su gestión]. Academia de Ciencias, La Habana, Cuba.
- Vidal, T. P., Otero, X. L., Ferreira, T., De Souza, J. V. S., Bicego, M., García, G. M. T., & Macias, F. (2005). *Suelos de Manglar: Características, génesis e impactos antrópicos*. Sociedad Española de la Ciencia del Suelo, España.
- Yáñez, A. A., & Domínguez, L. A. L. (1999). *Ecosistemas de manglar en América Tropical*. UICN, Unión Mundial para la Naturaleza Gland, Switzerland, ISBN: 968-7863-57-9.
- Yáñez, A. A., Martínez, R. R., & Lara-Domínguez, D. A. L. (1998). Los ecosistemas de manglar frente al cambio climático global. *Madera y bosques*, 4(2), 3-19, ISSN: 2448-7597.

---

Dulce María Rodríguez-Lugo, MSc., Inv., Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, Empresa de Aprovechamiento Hidráulico de Mayabeque, Cuba, e-mail: [rodriguezlugodulcemaria@gmail.com](mailto:rodriguezlugodulcemaria@gmail.com) ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-6376-9904>

Pedro Luis Hernández-Tamayo, Téc., Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, Empresa de Aprovechamiento Hidráulico de Mayabeque, Cuba, e-mail: [rodriguezlugodulcemaria@gmail.com](mailto:rodriguezlugodulcemaria@gmail.com) ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-8894-9736>

Danaisy Díaz-Rodríguez, Lic., Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, Empresa de Aprovechamiento Hidráulico de Mayabeque, Cuba, e-mail: [rodriguezlugodulcemaria@gmail.com](mailto:rodriguezlugodulcemaria@gmail.com) ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-1408-6725>

#### CONTRIBUCIONES DE AUTOR:

Conceptualización: Dulce María Rodríguez-Lugo, Danaisy Díaz-Rodríguez. Curación de datos: Dulce María Rodríguez-Lugo, Pedro Luis Hernández-Tamayo. Análisis formal: Dulce María Rodríguez-Lugo, Danaisy Díaz-Rodríguez. Investigación: Dulce María Rodríguez-Lugo. Metodología: Dulce María Rodríguez-Lugo. Supervisión: Dulce María Rodríguez-Lugo. Redacción–borrador original: Dulce María Rodríguez-Lugo. Redacción–revisión y edición: Dulce María Rodríguez-Lugo, Danaisy Díaz-Rodríguez.

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra sujeto a la Licencia de Reconocimiento-NoComercial de Creative Commons 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0).

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.