

Proyecto 14-INV-409
UTILIZACIÓN DE
HUMEDALES ARTIFICIALES
COMO SISTEMA DE
BIODEPURACIÓN DE
EFLUENTES
DOMICILIARIOS EN ÁREA
DE INFLUENCIA DEL LAGO
YPACARAÍ

Evaluación de implementación del humedal



Seguimiento y Evaluación del humedal
artificial instalado en la Playa de Areguá



Fechas de muestreo

2016		
Nº	Fecha de muestreo	Identificación
1	05/05/2016	Punto 1 - Efluente de entrada
2	02/06/2016	Punto 2 - Efluente de salida
3	julio	
4	13/09/2016	Punto 1 - Efluente de entrada
		Punto 2 - Efluente de salida
5	08/11/2016	Punto 1 - Efluente de entrada
		Punto 2 - Efluente de salida

2017		
Nº	Fecha de muestreo	Identificación
6	06/01/2017	Punto 1 - Efluente de entrada
		Punto 2 - Efluente de salida
7	17/01/2017	Punto 1 - Efluente de entrada
		Punto 2 - Efluente de salida
8	13/02/2017	Punto 1 - Efluente de entrada
		Punto 2 - Efluente de salida
9	06/10/2017	Punto 1 - Efluente de entrada
		Punto 2 - Efluente de salida
10	11/10/2017	Punto 1 - Efluente de entrada
		Punto 2 - Efluente de salida
11	18/10/2017	Punto 1 - Efluente de entrada
		Punto 2 - Efluente de salida
12	25/10/2017	Punto 1 - Efluente de entrada
		Punto 2 - Efluente de salida
13	01/11/2017	Punto 1 - Efluente de entrada
		Punto 2 - Efluente de salida
14	08/11/2017	Punto 1 - Efluente de entrada
		Punto 2 - Efluente de salida
15	15/11/2017	Punto 1 - Efluente de entrada
		Punto 2 - Efluente de salida
16	29/11/2017	Punto 1 - Efluente de entrada
		Punto 2 - Efluente de salida
17	06/12/2017	Punto 1 - Efluente de entrada
		Punto 2 - Efluente de salida
18	13/12/2017	Punto 1 - Efluente de entrada
		Punto 2 - Efluente de salida
19	22/12/2017	Punto 1 - Efluente de entrada
		Punto 2 - Efluente de salida
20	27/12/2018	Punto 1 - Efluente de entrada
		Punto 2 - Efluente de salida



Planillas de resultados obtenidos en las campañas de muestreo.

Parámetros	Unidad de medida	Límites admisibles Res. SEAM N°222/02	05/05/2016		02/06/2016		13/07/2016		13/09/2016		08/11/2016	
			P1 (entrada)	P2 (salida)	P1 (entrada)	P2 (salida)	P1 (entrada)	P2 (salida)	P1 (entrada)	P2 (salida)	P1 (entrada)	P2 (salida)
Hora			9:05	9:25	10:34	10:51			10:00	10:10	9:15	9:25
Condiciones Atmosféricas			Nublado		Parcialmente nublado	Nublado				Soleado	Nublado	
pH	Unidad de pH	5 9	6,75	6,62	6,54	6,16	7,18	7	7,35	7,40	7,50	6,83
Oxígeno disuelto	mg/l	SLE	3,75	2,96	3,34	1,75			0,92	3,3	0,660	0,430
Temperatura del agua	°C	40	20,9	21,1	17,9	17,5	20,8	20,3	23,6	23,6	24,3	22,7
Nitrógeno de nitritos	mg/l	SLE	0,112	0,0043	-	0,0138	-	-	0,0042	0,0686	0,0956	0,0269
Nitratos	mg/l	SLE	25,8	23,4	-	14,5	-	-	0,15	8,42	3,88	5,35
Fósforo total	mg/l	4	0,0408	0,389	5,9	0,0281	0,815	1,32	0,206	0,178	2,65	0,618
Nitrógeno total	mg/l	40	4,84	0,38	44,5	1,13	27,9	9,71	18,6	13,6	29,7	14,2
DQO	mgO2/l	150	103	22,5	2.371	27	58	33,2	52,1	27,3	32,3	49,6
DBO5	mgO2/l	50	10,7	5,36	720	2,23	40	26,1	22,2	21,6	16,1	13
Sólidos sedimentables	ml/l	1			55	0,5			0,499	0,499	0,499	0,499
Sólidos suspendidos (103-105°C)	mg/l	SLE	10,8	13	2.850	10			2,5	2,87	5	3
Sólidos totales (103-105°C)	mg/l	SLE	302	229	-	430	-	-	200	-	4265	194
Coliformes totales	NPM/100ml	SLE	23	38	110.001	110.001			11.000	110.001		
Coliformes fecales	NPM/100ml	4.000	3	2,99	110.001	3	110.000	10	430	110.001	110.001	110.001
Plomo	mg/l	0,5	-	-	0,10	0,10	-	-	0,10	0,10	0,10	0,10
Cromo total	mg/l	2,5	-	-	0,319	0,107	-	-	0,10	0,10	0,10	0,10
Plata	mg/l	0,1	-	-	0,10	0,10	-	-	0,10	0,10	0,10	0,10
Conductividad	µS/cm	SLE	-	-	-	-	-	-	325	444	420	292
Descripción			Líquido incoloro, inodoro, con partículas en suspensión		Líquido marrón claro, turbio, inodoro	Líquido amarillo claro, ligeramente turbio			Líquido amarillento, con partículas en suspensión, olor nauseabundo		Líquido incoloro, libre de partículas en susp, olor característico	Líquido amarillo pálido, con part en susp, olor caracter
Tamaño de muestra			Frasco plástico de 2 litros		Frasco plástico de 2 litros				Frasco plástico de 2 litros y frasco estéril de 100 ml		Frasco plástico de 2 litros y frasco estéril de 100 ml	



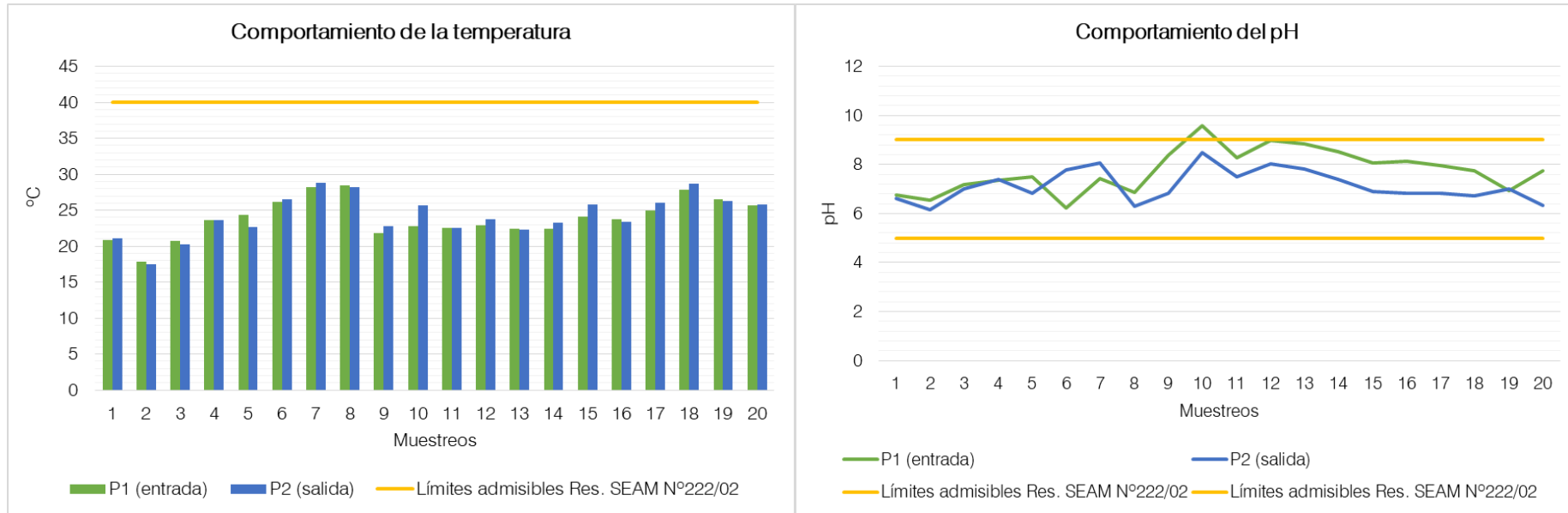
Parámetros	Unidad de medida	Límites admisibles Res. SEAM Nº222/02	06/01/2017		17/01/2017		13/02/2017	
			P1 (entrada)	P2 (salida)	P1 (entrada)	P2 (salida)	P1 (entrada)	P2 (salida)
Hora			10:10	9:57	11:00	10:45	12:16	
Condiciones Atmosféricas			sin datos	Nublado	Soleado		Soleado	
pH	Unidad de pH	5	6,21	7,77	7,44	8,07	6,87	6,28
		9						
Oxígeno disuelto	mg/l	SLE	5,82	5,47	0,52	6,95	1,48	5,43
Temperatura del agua	°C	40	26,2	26,5	28,2	28,8	28,4	28,2
Nitrógeno de nitritos	mg/l	SLE	0,102	0,0876	0,273	0,0076	0,206	0,032
Nitratos	mg/l	SLE	17,9	14,6	10	9,56	1,27	0,682
Fósforo total	mg/l	4	0,355	0,41	0,49	0,422	2,02	0,386
Nitrógeno total	mg/l	40	2,27	1,14	7,28	0,62	18,8	1,4
DQO	mgO2/l	150	58	46,5	154	124	72,5	27
DBO5	mgO2/l	50	13,5	12	6,54	2,64	22,5	12,4
Sólidos sedimentables	ml/l	1	0,499	0,499	0,6	0,499	0,499	0,499
Sólidos suspendidos (103-105°C)	mg/l	SLE	15	3	7	5	4	17
Sólidos totales (103-105°C)	mg/l	SLE	169	145	1583	201	215	181
Coliformes totales	NPM/100ml	SLE						
Coliformes fecales	NPM/100ml	4.000	930	430	930	64	110.001	3
Plomo	mg/l	0,5	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Cromo total	mg/l	2,5	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Plata	mg/l	0,1	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Conductividad	µS/cm	SLE	161	261	235	280	301	235
Descripción			Líquido incoloro, libre de partículas en suspensión, olor característico		Líquido amarillo pálido, con partículas en suspensión, olor característico	Líquido amarillo claro, con partículas en suspensión, olor característico.	Líquido amarillo claro, libre de partículas en suspensión, olor característico.	Líquido incoloro, con part marrones en suspensión, olor característico
Tamaño de muestra			Frasco plástico de 2 litros y frasco estéril de 100 ml		Frasco plástico de 2 litros y frasco estéril de 100 ml		Frasco plástico de 2 litros y frasco estéril de 100 ml	Frasco plástico de 2 litros, frasco plástico de 1 litro y frasco estéril de 100 ml

Parámetros	Unidad de medida	Límites admisibles Res. SEAM N°222/02	06/10/2017		11/10/2017		18/10/2017		25/10/2017	
			P1 (entrada)	P2 (salida)	P1 (entrada)	P2 (salida)	P1 (entrada)	P2 (salida)	P1 (entrada)	P2 (salida)
Hora			9:03	9:30	8:45	8:45	9:15		9:30	9:15
Condiciones Atmosféricas			Soleado		Soleado		Soleado		Lluvia leve	
pH	Unidad de pH	5	8,37	6,82	9,57	8,5	8,26	7,48	8,98	8,01
		9								
Oxígeno disuelto	mg/l	SLE	0,05	0,47	0,48	1,72	1,12	1,96	0,87	1,57
Temperatura del agua	°C	40	21,8	22,8	22,8	25,7	22,6	22,6	22,9	23,8
Nitrógeno de nitritos	mg/l	SLE	0,00249	0,00321	0,00249	0,00249	0,105	0,0254	0,033	6,72
Nitratos	mg/l	SLE	5,36	69,6	1,23	3,83	0,569	1,98	1,03	10,3
Fósforo total	mg/l	4	4,08	3,81	2,61	2,59	2,94	1,94	5,04	0,447
Nitrógeno total	mg/l	40	70,3	23,2	84,5	59,5	54,7	40	80,1	19,1
DQO	mgO ₂ /l	150	66,7	86	66,7	48,8	69,5	72,1	54	45
DBO ₅	mgO ₂ /l	50	6,96	8,49	34,7	22,1	30,9	20,3	41,5	44,2
Sólidos sedimentables	ml/l	1	0,499	0,499	0,499	0,499	0,5	0,499	0,499	0,499
Sólidos suspendidos (103-105°C)	mg/l	SLE	4	48	8	42	3,33	20	4,67	14
Sólidos totales (103-105°C)	mg/l	SLE	309	307	353	318	283	281	314	267
Coliformes totales	NPM/100ml	SLE	110.001	460	110.000	7.500	110.001	11.000	46.000	1.100
Coliformes fecales	NPM/100ml	4.000	110.001	460	110.001	1.500	110.001	11.000	46.000	1.100
Plomo	mg/l	0,5	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Cromo total	mg/l	2,5	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Plata	mg/l	0,1	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Conductividad	µS/cm	SLE	1022	612	1061	685	722	647	101	589
Descripción			Líquido amarillo claro, ligeramente turbio	Líquido marrón claro, ligeramente turbio, con finas part en susp, olor caracter	Líquido marrón claro, ligeramente turbio, con finas part en susp, olor característico.	Líquido marrón oscuro, ligeramente turbio, con finas part en susp, olor caracter.	Líquido marrón claro, ligeramente turbio, con finas partículas en suspensión, olor característico.	Líquido marrón oscuro, ligeramente turbio, con finas part en susp, olor caracter	Líquido marrón claro, ligeramente turbio, con finas partículas en suspensión, olor característico.	Líquido marrón oscuro, ligeramente turbio, con finas part. en susp, olor característico
Tamaño de muestra			Frasco plástico de 2 litros, frasco plástico de 1 litro		Frasco plástico de 2 litros, frasco plástico de 1 litro		Frasco plástico de 2 litros, frasco plástico de 1 litro		Frasco plástico de 2 litros, frasco plástico de 1 litro y frasco estéril de 100 ml	
Parámetros	Unidad de	Límites admisibles	01/11/2017		08/11/2017		15/11/2017		29/11/2017	

	medida	Res. SEAM Nº222/02	P1 (entrada)	P2 (salida)	P1 (entrada)	P2 (salida)	P1 (entrada)	P2 (salida)	P1 (entrada)	P2 (salida)
Hora			9:15	9:30	9:05	9:15	9:20		9:35	9:50
Condiciones Atmosféricas			Soleado		Nublado		Soleado		Soleado	
pH	Unidad de pH	5 9	8,85	7,81	8,53	7,38	8,06	6,91	8,15	6,84
Oxígeno disuelto	mg/l	SLE	1,18	2,17	1,84	2,32	1,63	1,96	1,01	3,01
Temperatura del agua	°C	40	22,4	22,3	22,4	23,3	24,1	25,8	23,7	23,4
Nitrógeno de nitritos	mg/l	SLE	0,092	0,114	0,063	0,06	0,0131	0,0904	0,0211	0,35
Nitratos	mg/l	SLE	1,09	2,34	0,312	0,854	0,558	1,48	4,11	7,12
Fósforo total	mg/l	4	4,37	3,99	4,18	2,88	4,31	1,58	5,28	1,44
Nitrógeno total	mg/l	40	93,2	46,6	85,4	43,6	49,6	37,3	81,2	39,7
DQO	mgO2/l	150	72,1	58	56,7	66,9	59,2	56,7	90,2	56,7
DBO5	mgO2/l	50	58,5	32,8	41	42,1	44,1	47,8	134	93
Sólidos sedimentables	ml/l	1	0,499	0,499	0,499	0,499	0,499	0,7	0,499	0,499
Sólidos suspendidos (103-105°C)	mg/l	SLE	18	36	24	24	6	27	8	22
Sólidos totales (103-105°C)	mg/l	SLE	384	280	330	224	306	241	325	244
Coliformes totales	NPM/100ml	SLE	1.100	46.000	15.000	11.000	46.000	2.100	1.100	4.600
Coliformes fecales	NPM/100ml	4.000	1.100	2,99	7.500	11.000	46.000	930	1.100	750
Plomo	mg/l	0,5	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Cromo total	mg/l	2,5	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Plata	mg/l	0,1	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Conductividad	µS/cm	SLE	974	626	965	599	954	678	1255	619
Descripción			Líquido amarillento, libre de partículas en suspensión, olor característico	Líquido amarillento, inodoro, libre de partículas en suspensión	Líquido marrón claro, con finas partículas en suspensión, olor característico.	Líquido amarillento, turbio, con partículas en suspensión, olor carácter.	Líquido incoloro, límpido, inodoro, sin partículas en suspensión.	Líquido incoloro, límpido, inodoro, con finas partículas en susp.	Líquido amarillo claro, ligeramente turbio, inodoro	Líquido marrón claro, ligeramente turbio, con partículas en suspensión
Tamaño de muestra			Frasco plástico de 2 litros, frasco plástico de 1 litro y frasco estéril de 100 ml		Frasco plástico de 2 litros, frasco plástico de 1 litro y frasco estéril de 100 ml		Frasco plástico de 2 litros, frasco plástico de 1 litro y frasco estéril de 100 ml		Frasco plástico de 2 litros, frasco plástico de 1 litro y frasco estéril de 100 ml	
Parámetros	Unidad de	Límites admisibles	06/12/2017		13/12/2017		22/12/2017		27/12/2017	

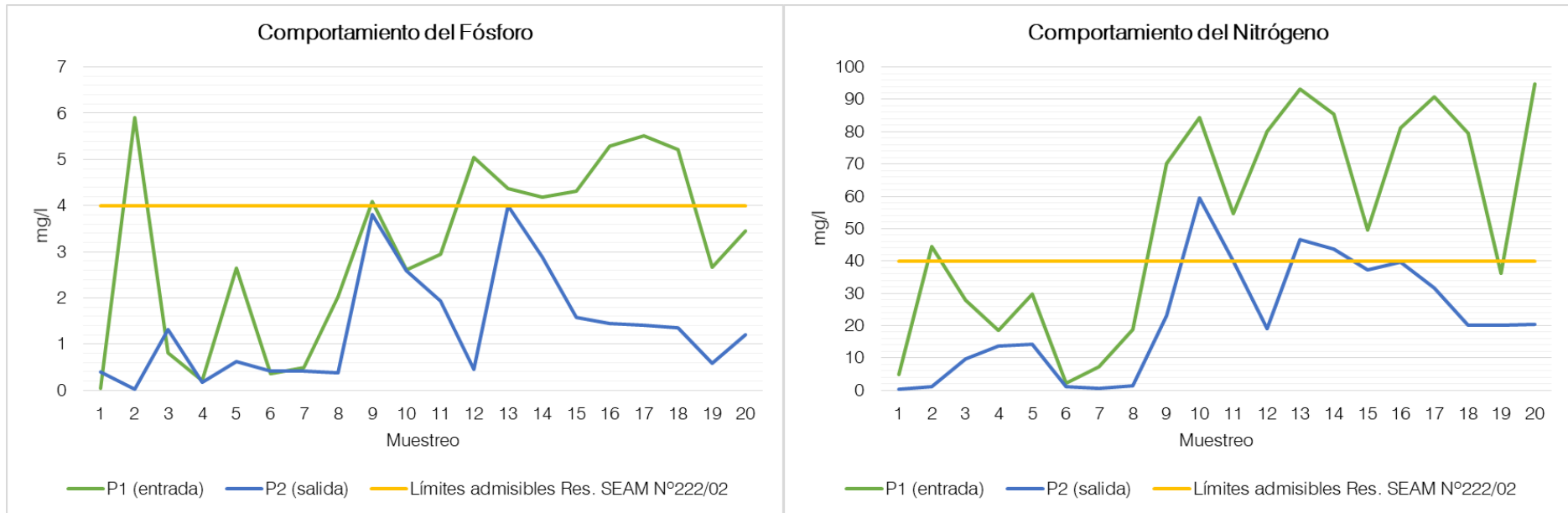
	medida	Res. SEAM Nº222/02	P1 (entrada)	P2 (salida)	P1 (entrada)	P2 (salida)	P1 (entrada)	P2 (salida)	P1 (entrada)	P2 (salida)
Hora			9:25	9:42	9:15	9:36	8:40		8:45	9:05
Condiciones Atmosféricas			Nublado		Soleado		Nublado		Llovizna	
pH	Unidad de pH	5	7,96	6,81	7,76	6,72	6,94	6,99	7,73	6,32
		9								
Oxígeno disuelto	mg/l	SLE	0,57	2,39	0,57	4,46	1,92	2,62	1,34	2,05
Temperatura del agua	°C	40	25	26,1	27,9	28,7	26,5	26,3	25,7	25,8
Nitrógeno de nitritos	mg/l	SLE	0,0248	1,43	0,0191	3,31	0,0578	0,678	0,0156	0,0292
Nitratos	mg/l	SLE	0,351	7,02	0,714	3,08	2,82	13,4	0,753	3,07
Fósforo total	mg/l	4	5,51	1,4	5,21	1,36	2,67	0,588	3,45	1,21
Nitrógeno total	mg/l	40	90,7	31,6	79,5	20	36,2	20,2	94,7	20,5
DQO	mgO ₂ /l	150	97,9	92,7	106	157	77,3	82,4	87,6	72,1
DBO ₅	mgO ₂ /l	50	87,4	106	92,3	87,2	66,6	75	78,6	62,2
Sólidos sedimentables	ml/l	1	0,499	0,499	0,499	0,7	0,499	0,499	0,499	0,499
Sólidos suspendidos (103-105°C)	mg/l	SLE	13	18	5	9	3,2	8	3	8
Sólidos totales (103-105°C)	mg/l	SLE	389	372	287	310	274	371	268	240
Coliformes totales	NPM/100ml	SLE	11.000	240	46.000	150	110.001	110.001	110.001	110.001
Coliformes fecales	NPM/100ml	4.000	11.000	93	46.000	23	4.600	7.500	110.001	110.001
Plomo	mg/l	0,5	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Cromo total	mg/l	2,5	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Plata	mg/l	0,1	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Conductividad	µS/cm	SLE	1214	780	1214	694	580	630	997	395
Descripción			Líquido amarillo claro, ligeramente turbio, inodoro	Líquido marrón claro, ligeramente turbio, con partículas en suspensión	Líquido amarillo claro, ligeramente turbio, inodoro	Líquido marrón claro, ligeramente turbio, con partículas en suspensión	Líquido amarillo claro, ligeramente turbio, olor característico	Líquido marrón claro, ligeramente turbio, olor característico	Líquido marrón claro, ligeramente turbio, olor característico	Líquido amarillo claro, ligeramente turbio, olor característico
Tamaño de muestra			Frasco plástico de 2 litros, frasco plástico de 1 litro y frasco estéril de 100 ml		Frasco plástico de 2 litros, frasco plástico de 1 litro y frasco estéril de 100 ml		Frasco plástico de 2 litros, frasco plástico de 1 litro		Frasco plástico de 2 litros, frasco plástico de 1 litro	

Gráficos de los parámetros monitoreados



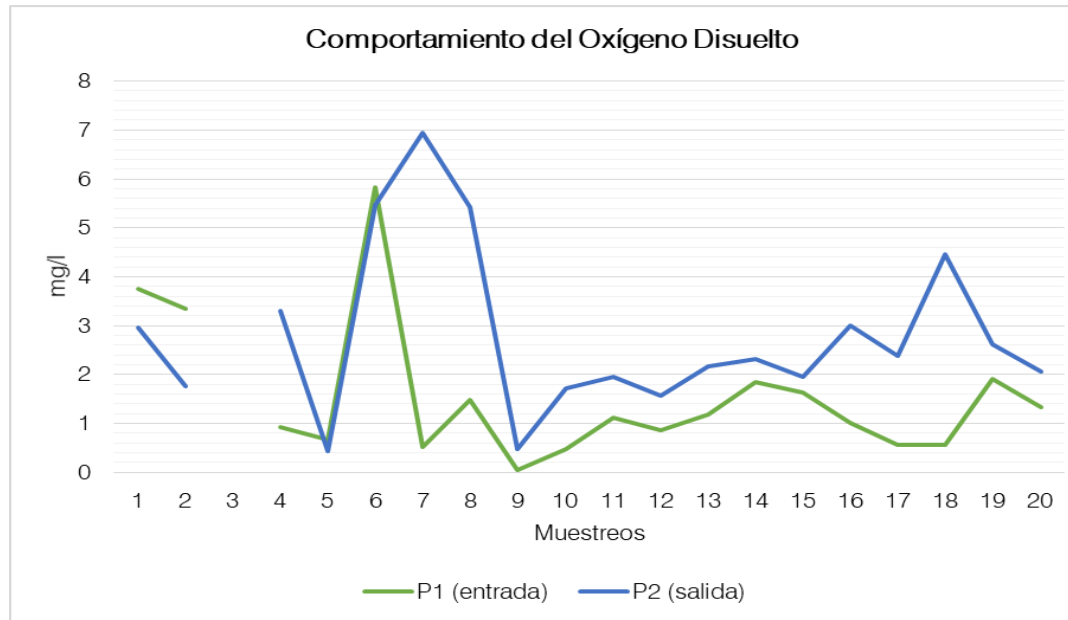
Como se observa en los gráficos, tanto la temperatura de entrada como de salida están por debajo de los límites admisibles mediante Resolución SEAM N° 222/02 Por la cual se establece el Padrón de calidad de aguas en el territorio nacional.

El pH es la medida de la concentración de ion hidrógeno en el agua, el valor de pH adecuado para diferentes procesos de tratamiento y para la existencia de la mayoría de la vida biológica puede ser muy restrictivo y crítico, pero generalmente es de 6,5 a 8,5. En la mayoría de los muestreos este parámetro se mantuvo dentro de los límites admisibles y por lo general el pH de salida es generalmente menor al de entrada.



En los sistemas de tasa baja o flujo subsuperficial, la remoción de nitrógeno ocurre como resultado de la incorporación del nitrógeno a los tejidos vegetales de los cultivos, por nitrificación/denitrificación, y en menor proporción por volatilización de amonio e incorporación de este en el suelo (almacenamiento en suelo). La nitrificación y la denitrificación son dos procesos que ocurren inclusive en suelos aerobios, ya que estas condiciones promueven la nitrificación y las zonas anóxicas del suelo permiten la denitrificación (Crites y Tchobanoglous, 2000).

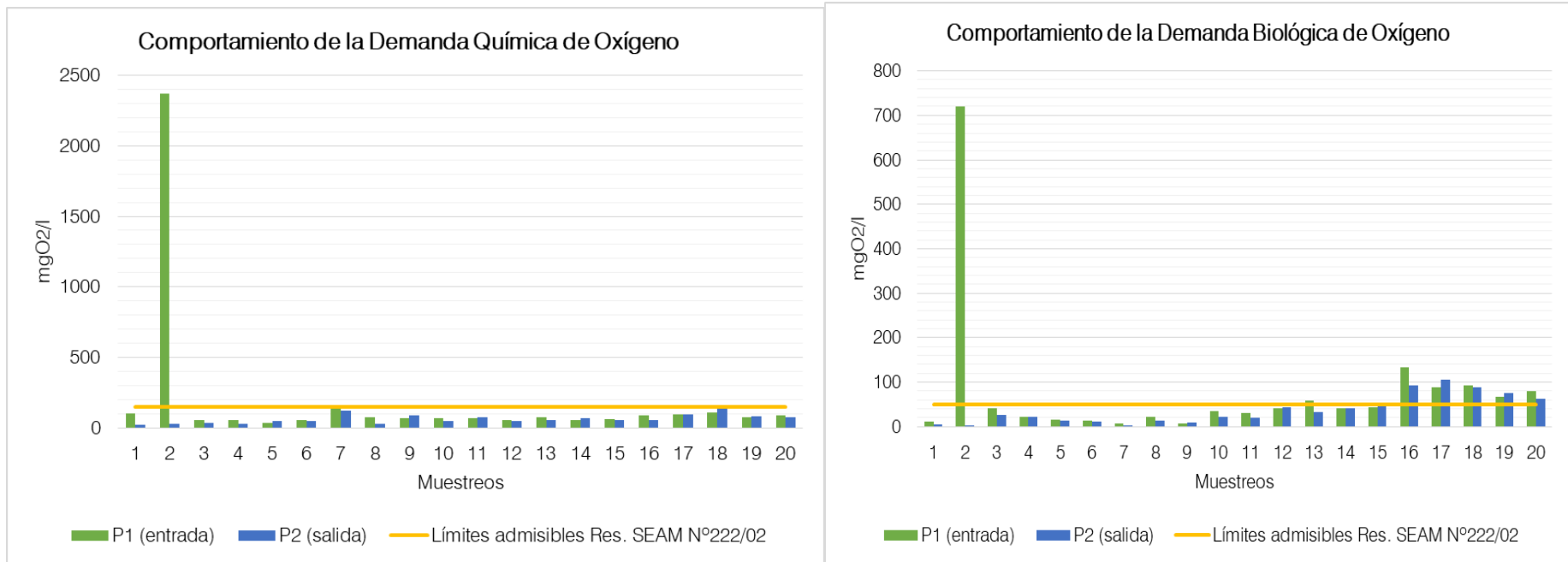
Como se puede observar en el gráfico, en el Punto de Salida del humedal los valores de fósforo y de nitrógeno son menores que en los puntos de entrada, por lo que se puede evidenciar efectivamente la remoción mencionada.



El Oxígeno Disuelto es un gas de baja solubilidad en el agua, requerido para la vida acuática aerobia. La determinación de OD es el fundamento del cálculo de la DBO y de la valoración de las condiciones de aerobividad de un agua. En general, todo proceso aerobio requiere una concentración de OD mayor de 0,5 mg/L. El suministro de oxígeno y la concentración de OD en tratamientos biológicos aerobios y aguas receptoras de aguas residuales son aspectos de mayor importancia en el diseño, operación y evaluación de plantas de tratamiento de aguas residuales.

La baja disponibilidad de oxígeno disuelto (OD) limita la capacidad autopurificadora de los cuerpos de agua y hace necesario el tratamiento de las aguas residuales para su disposición en ríos y embalses.

Como se puede observar, la tendencia del Oxígeno disuelto es a aumentar en el punto de salida, como se puede observar en el gráfico correspondiente al comportamiento del Oxígeno Disuelto, lo que evidencia una vez más la eficacia en el funcionamiento del humedal.

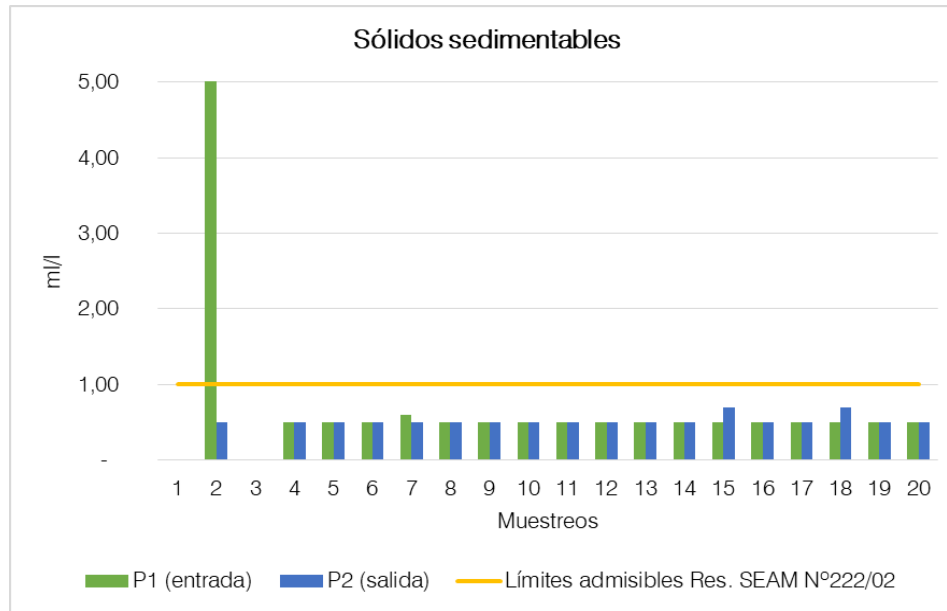


La DBO y la DQO son dos parámetros del agua que nos permiten conocer la cantidad de materia orgánica que hay en ésta.

La Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) es la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para degradar totalmente la materia orgánica biodegradable que se encuentre en la muestra.

La Demanda Química de Oxígeno (DQO) es la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar químicamente (generalmente con permanganato potásico o con dicromato potásico en medio ácido) toda la materia orgánica que se pueda encontrar presente en la muestra.

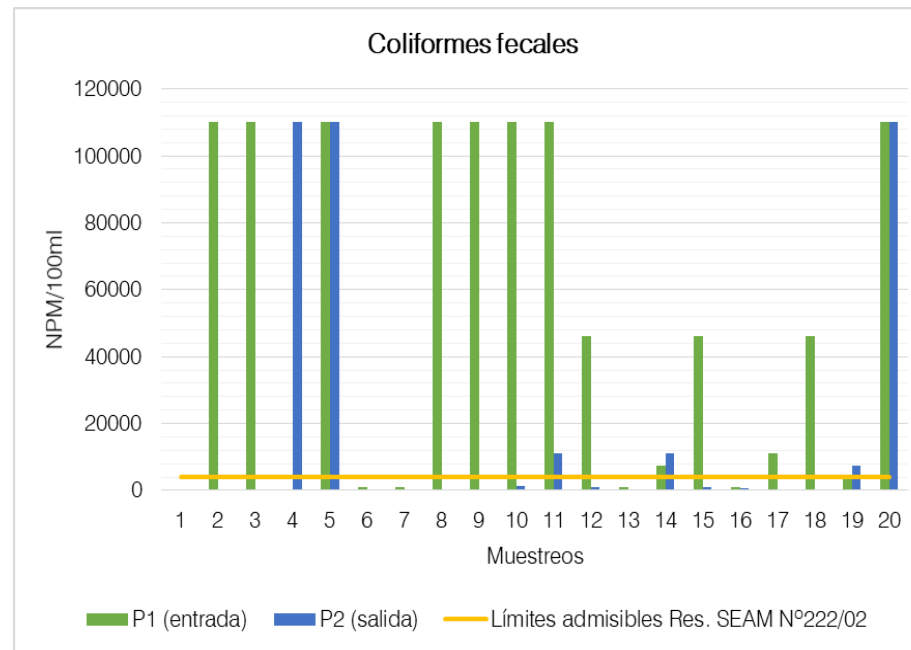
En los gráficos se puede observar un comportamiento irregular del DBO y DQO, en algunos muestreos estos valores han aumentado, se han mantenido iguales tanto en el punto de entrada como de salida, pero en la mayoría de los muestreos estos valores han disminuido en el punto de salida del humedal.



Sólidos sedimentables consiste en materia en el agua residual que no permanece en suspensión durante un período predeterminado, por ejemplo 1 hora, sino que se deposita en el fondo.

Sólidos suspendidos son pequeñas partículas de contaminantes sólidos insolubles que flotan en la superficie o están suspendidos en aguas residuales u otros líquidos. Resisten la remoción por medios convencionales.

Como se puede observar en los gráficos, estos niveles se han mantenido más bien constantes, sin notorias variaciones, con excepción del punto 2 que ingresó con alta carga de sólidos disueltos y sólidos suspendidos y se ha notado una gran disminución en el punto de salida.

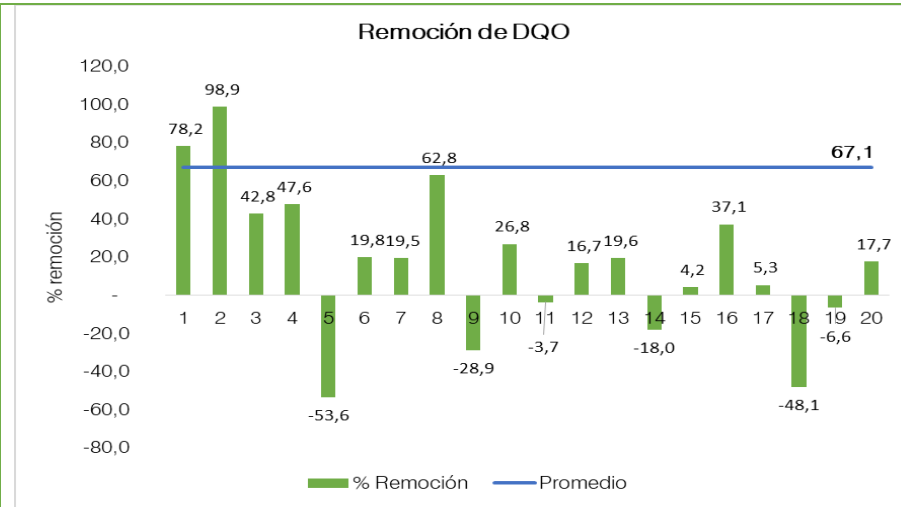


Los Coliformes son una familia de bacterias que se encuentran comúnmente en las plantas, el suelo y los animales, incluyendo a los humanos. La presencia de bacterias coliformes en el suministro de agua es un indicio de que puede estar contaminado con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición. Generalmente, las bacterias coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo.

Los E.Coli, que se encuentran en los intestinos de los humanos y otros animales de sangre caliente, son un tipo de bacterias coliformes. La presencia de E.Coli en un suministro de agua es un buen indicador de que las aguas negras las han contaminado.

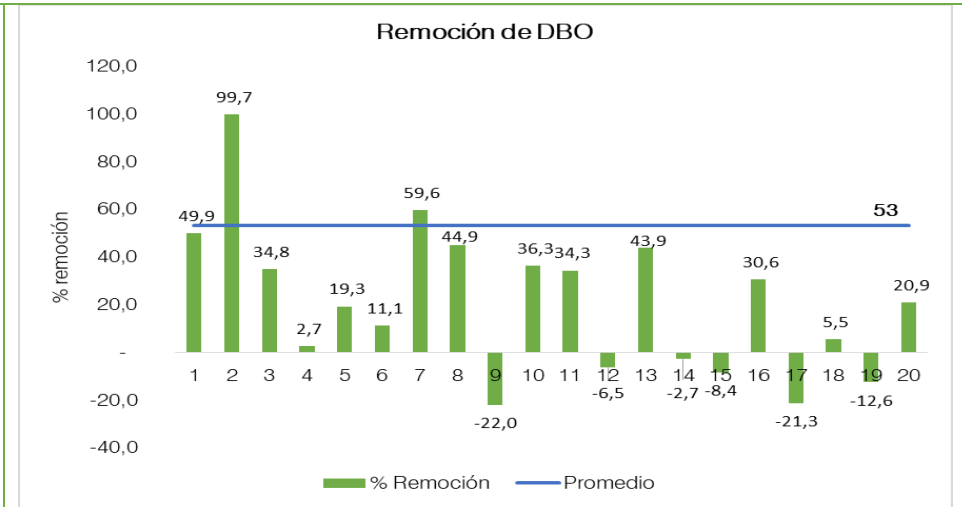
Como se puede observar en el gráfico, los valores de Coliformes fecales han disminuido en un la mayoría de los muestreos, esto puede verse más adelante en el cálculo de la remoción de los mismos en el humedal.

Porcentaje de remoción de parámetros monitoreados



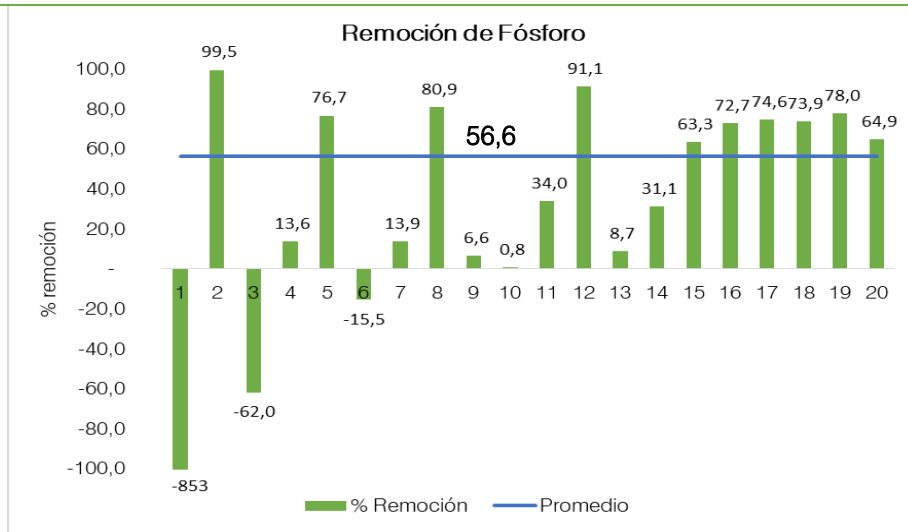
En el presente gráfico, se puede observar una tendencia clara en la disminución de la DQO en los efluentes que ingresan al humedal artificial, sólo en algunos muestreos este porcentaje de remoción es negativo.

Los resultados obtenidos demostraron que se logró una remoción promedio del 67.1%, logrando en un muestreo un porcentaje de hasta 98.9% de remoción de la DQO.



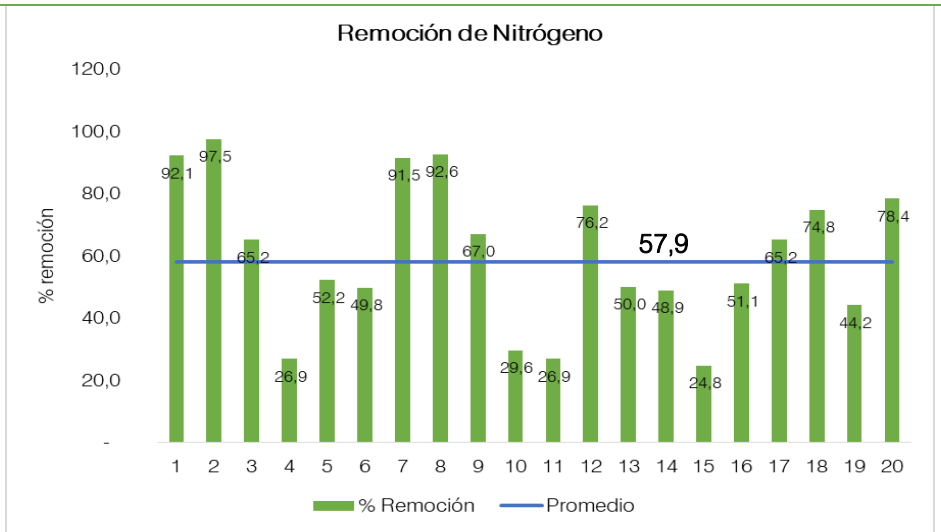
En el presente gráfico, también se puede observar una tendencia en la disminución de la DBO en el humedal artificial.

Los resultados obtenidos demostraron que se logró una remoción promedio del 53%, logrando en un muestreo un porcentaje de hasta 99.7% de remoción de la DBO



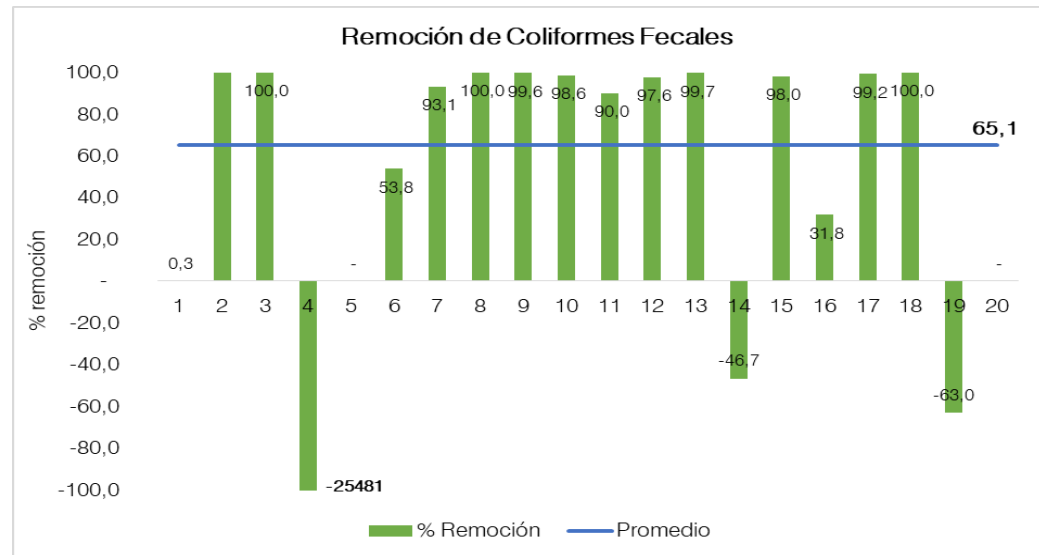
El presente gráfico arroja un promedio de remoción del Fósforo del 56,6%, por lo que se puede evidenciar el funcionamiento del humedal en la absorción de este nutriente.

Además se han registrado porcentajes de 91.1% y 99.5% de remoción en algunos muestreos realizados.



El presente gráfico arroja un promedio de remoción del Nitrógeno del 57,9%, por lo que se puede evidenciar el funcionamiento del humedal en la absorción de este nutriente.

Además se han registrado porcentajes de 91.5%, 92.1%, 92.6% y 97.5% de remoción en algunos muestreos realizados.



En el presente gráfico se puede evidenciar un promedio de remoción de coliformes fecales de 65.1%, sin embargo en algunos muestreos este porcentaje alcanzó incluso hasta el 100% de remoción. Lo que claramente evidencia la eficiencia del humedal en la remoción de este tipo de contaminantes.

Conclusión

El estudio efectuado corroboró que sí es posible la remoción de contaminantes en un Humedal Artificial de flujo subsuperficial, puesto que la remoción de los parámetros analizados han superado al menos el 53%.

La remoción biológica es quizá el camino más importante para la remoción de contaminantes en los humedales. Extensamente reconocido para la remoción de contaminantes en los humedales es la captación de la planta. Los contaminantes que son también formas de nutrientes esenciales para las plantas, tales como nitrato, amonio y fosfato, son tomados fácilmente por las plantas del humedal

De acuerdo a lo anterior, los porcentajes de remoción obtenidos indican que bajo las condiciones de operación a las cuales estuvo sometido el sistema, la especie (*Typha* sp) presentó una remoción eficiente de la materia orgánica, tomando en cuenta las variaciones de las condiciones climáticas