

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO_5^{20}) Y DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) EN DESCARGAS ANTRÓPICAS VERTIDAS A UN ESTUARIO (PERÍODO 2013-2017)

González, Mariana¹; Cifuentes, Olga¹; Castro, Lucía¹; Fernández, Rocío¹; Kapluk, Giuliana¹

1: Grupo de Estudio de Ingeniería Ambiental
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Bahía Blanca
11 de abril 461, B8000LMI, Bahía Blanca
e-mails: mgonzal@frbb.utn.edu.ar, ocifuentes@frbb.utn.edu.ar

Resumen. *La Municipalidad de Bahía Blanca (Argentina) genera anualmente el “Programa Integral de Monitoreo (Polo Petroquímico y Área Portuaria)”, que contiene los resultados de los monitoreos establecidos por Ley Provincia Buenos Aires N°12530. Basado en este Programa, surgió el Proyecto UTN-FRBB denominado “Estudio de la dinámica (espacial y temporal) de los efluentes líquidos industriales y urbanos del Polo Petroquímico y Área Portuaria de Bahía Blanca (Período 2001-2012)”. En dicho estudio se dividían los resultados en dos períodos, 2001-2007 y 2008-2012, debido a los cambios en el modo de calificar al cuerpo receptor y a las mejoras tecnológicas incorporadas por las industrias en los primeros 5 años. Por tal motivo, en esta oportunidad, el objetivo es evaluar los nuevos resultados de las concentraciones de DBO_5^{20} y DQO en las descargas industriales y cloacales volcadas al Estuario de Bahía Blanca (Período 2013-2017) y compararlos con los resultados del último Período 2008-2012. Se comparan los resultados de cada parámetro respecto a los máximos admisibles para vuelco a cuerpo receptor según legislación vigente, se calcula el porcentaje de infracciones de cada descarga, se estiman las cargas máxicas diarias promedio aportadas y se comparan con el período anterior. Como resultado, en cuanto a la DBO_5^{20} , el porcentaje de infracciones disminuyó en la mayoría de las descargas industriales, así como las cargas máxicas diarias promedio. Respecto a la DQO el porcentaje de infracciones aumentó en 4 y disminuyó en 5 de las descargas, mientras la carga máxica promedio disminuyó para las descargas de mayor aporte. Se destaca la continuidad del monitoreo de las descargas industriales. Sin embargo, no sucedió lo mismo con las descargas cloacales. La única descarga cloacal monitoreada en ambos períodos, muestra para el Período 2013-2017, un porcentaje menor de infracciones de DBO_5^{20} y DQO, menores cargas máxicas promedio, y mayor frecuencia de muestreos. Se observa como positivo el acceso a la información, la continuidad de los monitoreos y la frecuencia de muestreo en las descargas industriales. En cuanto a las descargas cloacales se insinúa un retroceso en la falta de continuidad de monitoreos en la Planta Depuradora Primera Cuenca, que en el Período 2008-2012 resultó la más comprometida.*

Palabras clave: DBO_5^{20} , DQO, Descargas industriales y cloacales, Estuario.

1. INTRODUCCIÓN

La Municipalidad de Bahía Blanca (Argentina) genera anualmente el “Programa Integral de Monitoreo (Polo Petroquímico y Área Portuaria)”, que contiene los resultados de los monitoreos establecidos por Ley Provincia Buenos Aires N°12.530. Basado en este Programa, surgió el Estudio de la dinámica (espacial y temporal) de los efluentes líquidos industriales y urbanos del Polo Petroquímico y Área Portuaria de Bahía Blanca (Período 2001-2012), cuyos resultados se reflejan en Cifuentes et al. (2014). En el mismo se dividían los resultados en dos períodos, 2001-2007 y 2008-2012, debido a los cambios en el modo de calificar al cuerpo receptor y a las mejoras tecnológicas incorporadas por las industrias en los primeros 5 años. Entre las conclusiones, para el período 2008-2012, se indicaba que *“independientemente del tipo de descarga, los parámetros con mayor número de desviaciones, ordenados en forma decreciente eran DBO, SS10min, SS2hs, DQO...”*. Además que *“respecto a la DBO la carga másica de la descarga cloacal principal Bahía Blanca era aproximadamente 30 veces superior a la descarga industrial con mayor aporte, y la carga de la Tercera Cuenca, 3 veces superior”*; y *“en cuanto a la DQO la carga másica de la colectora Cloacal Cuenca Principal era unas 22 veces superior a la descarga industrial con mayor aporte y la Tercera Cuenca 3 veces superior”*. Dados los impactos que se producen sobre los recursos hídricos ante la descarga de altas concentraciones de DBO y DQO, y para comparar la tendencia de estos dos parámetros, se estudian para el Período 2013-2017, los resultados del monitoreo de 18 descargas de efluentes líquidos industriales del Polo Petroquímico y Área Portuaria de Bahía Blanca y de 2 descargas cloacales, que directa o indirectamente vuelcan al estuario. Corresponde a este área, la aplicación de la Ley Provincia de Buenos Aires N° 12.530, en la que se designa como autoridad de contralor al Comité Técnico Ejecutivo de la Municipalidad de Bahía Blanca, quien ejecuta anualmente el Programa Integral de Monitoreo. El objetivo de esta investigación es evaluar los resultados de las concentraciones de DBO₅²⁰ y DQO en las descargas industriales y cloacales volcadas al Estuario de Bahía Blanca en el Período 2013-2017 y compararlos con los resultados del Período 2008-2012.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se basa en los resultados de análisis de monitoreos realizados en el Área Industrial Portuaria (Período 2013-2017), extraídos del Programa Integral de Monitoreo (PIM), desarrollado por el Comité Técnico Ejecutivo (CTE) de la Municipalidad de Bahía Blanca (CTE, 2013 a 2017).

Para el Período 2008-2012, la información fue obtenida del Informe de Resultados del Proyecto de Investigación “Estudio de la dinámica (espacial y temporal) de los efluentes líquidos industriales y urbanos del Polo Petroquímico y Área Portuaria de Bahía Blanca (Período 2001-2012)” (Cifuentes, et al., 2014).

Las descargas fueron geoposicionadas en un Sistema de Información Geográfico para facilitar su visualización (Figura 1).

Para el Período 2013-2017 se evaluaron los resultados de DBO₅²⁰ y DQO por descarga y se las comparó por parámetro. Además, y a fin de detectar infracciones, se compararon los resultados respecto a los máximos establecidos por la legislación vigente para vuelco a cuerpo receptor (Ley Provincia Buenos Aires N° 5.965 y Resolución ADA N° 336/03).

Luego, se calculó el porcentaje de infracciones por descarga, para cada parámetro y en ambos períodos.

Se obtuvieron los promedios ponderados de DBO_{5}^{20} y DQO , sólo para aquellos casos en los que en el monitoreo se midió simultáneamente el caudal.

Las cargas máxicas, se estimaron en función del promedio de los caudales aforados para cada descarga. Excepto para la descarga D5 para la que se consideró el promedio de caudales aforados en el Período 2008-2012 y para la descarga D13 para la que se consideró el caudal de diseño de la planta, así informado por el CTE (CTE, 2016).

Los indicadores mencionados, fueron comparados con los resultados del período anterior (Período 2008-2012), obtenidos de Cifuentes, et al (2014).

Se elaboraron consideraciones finales sobre los resultados obtenidos.

3. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La zona en estudio corresponde al área de las descargas del Polo Petroquímico y Área Portuaria de Bahía Blanca, al sudoeste de la Provincia de Buenos Aires, Argentina.

En la Figura 1 se visualizan las distintas descargas, en las que se monitoreó DBO_{5}^{20} y DQO , enmarcadas en el contexto de las localidades de General Cerri, Ingeniero White y Bahía Blanca, de una reserva natural, un balneario municipal, así como los Puertos Cuatreros, Galván e Ingeniero White.

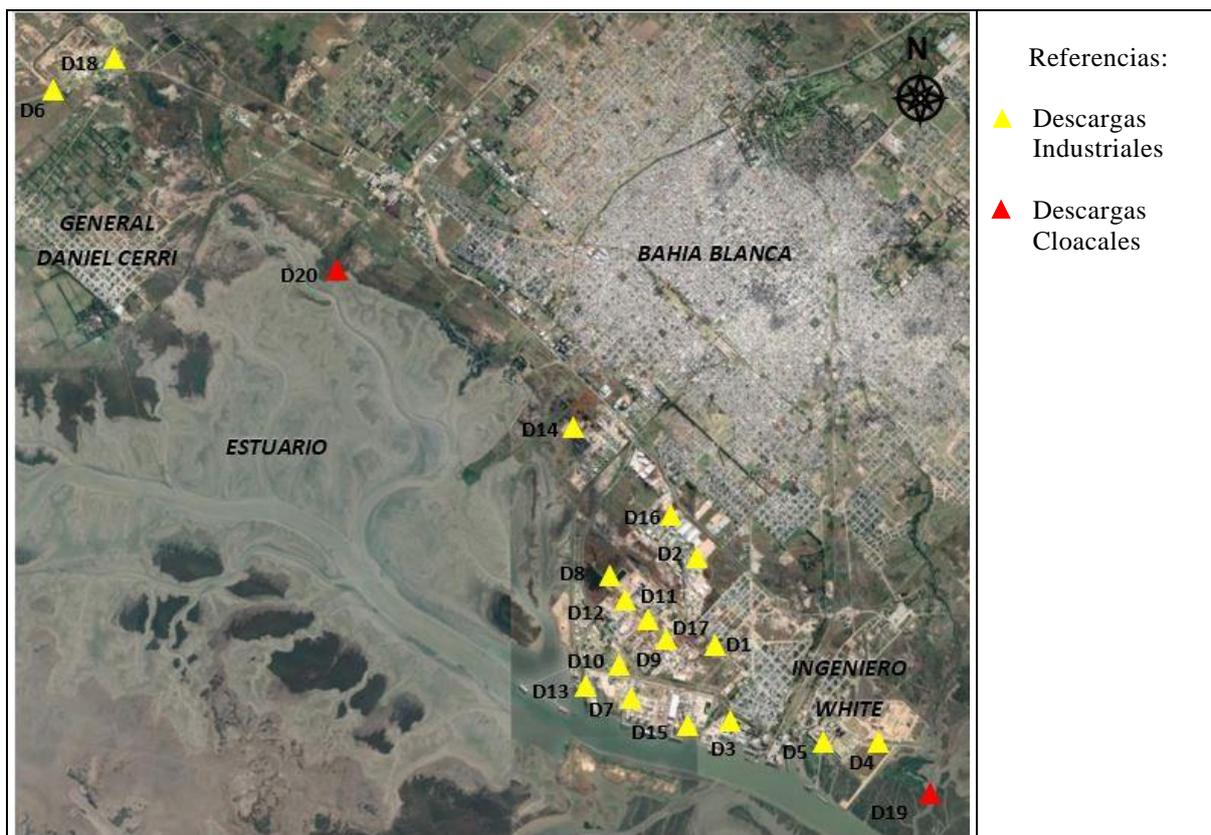


Figura 1. Geolocalización de las descargas de efluentes sobre el Área Industrial Portuaria de Bahía Blanca

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Ubicación y número de monitoreos de cada descarga

Tabla 1: Número de monitoreos en cada descarga industrial. Períodos 2008-2012 y 2013-2017.

Descarga	Designación	Localización geográfica		Período 2008 - 2012		Período 2013 - 2017	
		Latitud	Longitud	Número monitoreos DBO ₅ ²⁰	Número monitoreos DQO	Número monitoreos DBO ₅ ²⁰	Número monitoreos DQO
Air Liquide	D1	38°47'25.14" S	62°16'47.06" O	41	50	43	45
Biobahía S.A.	D2	38°45'40.27" S	62°17'12.08" O	*	*	7	9
Cargill S.A.C.I.	D3	38°47'12.26" S	62°16'15.94" O	44	52	46	50
Central Piedra Buena S.A. - M6	D4	38°47'19.76" S	62°15'02.02" O	-	2	-	-
Central Piedra Buena S.A. - Oleo	D5	38°47'19.68" S	62°15'27.96" O	16	22	6	6
Central Termoeléctrica Guillermo Brown	D6	38°41'11.90" S	62°25'28.18" O	*	*	3	3
Compañía Mega S.A.	D7	38°47'3.36" S	62°17'33.40" O	41	51	51	53
PBB - Polisor (EPE)	D8	38°46'04.34" S	62°17'39.87" O	6	14	15	15
PBB - Polisor (HDPE)	D9	38°46'25.40" S	62°17'12.08" O	18	22	36	37
PBB - Polisor (LDPE)	D10	38°46'08.83" S	62°17'34.02" O	12	17	9	10
PBB - Polisor (LHC I)	D11	38°46'12.40" S	62°17'28.99" O	38	49	54	58
PBB - Polisor (LHC II)	D12	38°46'06.31" S	62°17'36.91" O	36	47	55	58
PBB - Polisor (LLDPE)	D13	38°46'51.32" S	62°18'8.96" O	1	1	1	1
Petrobras Argentina S.A. / Pampa Energía S.A.	D14	38°44'41.43" S	62°18'02.77" O	42	53	56	58
Profertil S.A.	D15	38°47'14.71" S	62°17'04.89" O	49	53	58	61
Sermat S.A.	D16	38°45'26.74" S	62°17'12.70" O	*	*	5	5
Solvay-Indupa S.A.I.C. / Unipar Indupa S.A.I.C.	D17	38°46'25.47" S	62°17'12.20" O	57	116	53	55
Transportadora de Gas del Sur (Cerri)	D18	38°41'15.61" S	62°23'21.40" O	36	44	47	49
Planta Depuradora Primera Cuenca	D19	38°45'57.80" S	62°13'41.05" O	20	25	-	-
Planta Depuradora Tercera Cuenca	D20	38°43'01.78" S	62°20'52.86" O	48	59	47	55
Total	-	-	-	505	677	592	628

*Descarga incorporada en los monitoreos del Período 2013-2017.

La Tabla 1 muestra las descargas monitoreadas en el Polo Petroquímico y Área Portuaria de Bahía Blanca, sus coordenadas geográficas y el número de monitoreos de DBO_5^{20} y DQO realizados en cada una durante los Períodos 2008-2012 y 2013-2017.

Del total de monitoreos, se desprende que en el primer período, se realizaron 505 monitoreos de DBO_5^{20} y 677 de DQO y en el segundo período, se realizaron 592 monitoreos de DBO_5^{20} y 628 de DQO .

Para el Período 2008-2012, las descargas industriales más monitoreadas para DBO_5^{20} y DQO , fueron D17 con 173, D20 con 107, con D15 con 102 y D3 con 96 monitoreos. Mientras que para el Período 2013-2017, las más monitoreadas fueron D15 con 119, D14 con 114 y D12 con 113 monitoreos.

4.2. Evaluación de los resultados de DBO_5^{20}

4.2.1. Resultados DBO_5^{20} . Período 2013-2017

La Tabla 2 muestra los resultados de DBO_5^{20} para el Período 2013-2017. De la misma surge que las descargas que superaron el máximo admisible fueron D20 (Planta Depuradora Tercera Cuenca, 24 infracciones), D3 (Cargill, 15 infracciones), D17 (Solvay, 4 infracciones), D14 (Petrobras, 3 infracciones), D7 (Mega, 1 infracción), D8 (EPE, 1 infracción), D9 (HDPE, 1 infracción), D12 (LHC-2, 1 infracción) y D15 (Profertil, 1 infracción).

Para la descarga D19 (Planta Depuradora Primera Cuenca) no se tuvo acceso a la información (por no existir o por no estar disponible en el PIM). Por tal motivo, no se pudo evaluar tendencias. Esto sugiere un retroceso en cuanto a los controles.

La descarga cloacal D20 (Planta Depuradora Tercera Cuenca) superó el máximo admisible el 51,10% de las veces monitoreadas. En cuanto a las descargas industriales, D3 (Cargill) superó el máximo admisible el 32,61% de las veces; D17 (Solvay) el 7,55% y el resto estuvo por debajo del 7%.

Las concentraciones promedio de DBO_5^{20} más altas corresponden a D20 con 56,59 mg/l (promedio general) y a D3 con 55,59 mg/l (promedio ponderado). Es importante resaltar que ambos promedios superaron el máximo admisible para vuelco a curso de agua superficial ($DBO_5^{20} \leq 50$ mg/l).

Las máximas concentraciones puntuales se detectaron en D7 (Mega) con 207 mg/l; D8 (EPE) con 168 mg/l, D12 (LHC-2) con 148 mg/l, estando los promedios ponderados de estas tres descargas muy por debajo del máximo admisible. Por el contrario, en D3 (Cargill) se detectó un máximo de 148 mg/l, y como se mencionó, hasta su promedio ponderado superó el máximo admisible (55,6 mg/l).

Las mayores cargas másicas corresponden a D20 (Planta Depuradora Tercera Cuenca) con 543,36 kg/día; D15 (Profertil) con 166 kg/día, D17 (Solvay) con 145,6 kg/día y a D3 (Cargill) con 60,7 kg/día. Esto implica que, respecto a DBO_5^{20} , la carga másica de la descarga D20 es unas 3 veces superior a la descarga industrial con mayor aporte (D15).

Se puede observar que, pese a los promedios ponderados bajos, los valores de carga másica de D15 (Profertil) y D17 (Solvay) son elevados, esto se debe a la influencia de sus altos caudales. A la descarga D13 (LLDPE) no se le realizó análisis estadístico ya que sólo cuenta con un registro. En la descarga D4 (Termo M6) no se monitoreó DBO_5^{20} , por ser agua de neutralización y enfriamiento y considerarse que no posee contaminación orgánica.

Tabla 2: Resultados de DBO_5^{20} . Período 2013-2017.

INDICADOR	Caudal Medio Horario	Caudal Medio Diario	Caudal Medio Anual	Caudal Medio de Monitoreos DBO_5^{20}	Promedio Ponderado DBO_5^{20}	N° de Registros de DBO_5^{20}	Máximo DBO_5^{20}	N° veces Superado Máximo Admisible	% Superado Máximo Admisible	Mínimo DBO_5^{20}	Carga Másica Promedio Diaria	Carga Másica Promedio Anual
Unidad	m ³ /h	m ³ /día	m ³ /año	m ³ /h	mg/l	-	mg/l	-	%	mg/l	kg/día	ton/año
D1 ⁽¹⁾	0,83	19,92	7270,8	0,9	6	43	17	0	0	5	0,22	0,08
D2 ⁽¹⁾	10,20	244,80	89352,0	5,9	41,42	7	132	0	0	5	9,30	3,39
D3 ⁽²⁾	49,16	1179,84	430641,6	51,3	55,59	46	148	15	32,61	18	60,70	22,16
D4 ⁽²⁾⁽⁴⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D5 ⁽²⁾	19,3 ⁽⁵⁾	463,2	169068	19,3 ⁽⁵⁾	9,83	6	36	0	0	6	6,83	2,49
D6 ⁽²⁾	28,70	688,8	251412	28,7	8,67	3	21	0	0	5	8,95	3,27
D7 ⁽²⁾	13,22	317,28	115807,2	12,7	11,04	51	207	1	1,96	5	5,41	1,97
D8 ⁽²⁾	10,68	256,32	93556,8	10,3	23,64	15	168	1	6,67	6	7,05	2,57
D9 ⁽²⁾	13,06	313,44	114405,6	13	16,02	36	129	1	2,78	5	6,03	2,2
D10 ⁽²⁾	46,86	1124,64	410493,6	33,1	9,97	9	42	0	0	5	21,12	7,71
D11 ⁽²⁾	110,46	2651,04	967629,6	105,8	22,84	54	45	0	0	5	51,75	18,89
D12 ⁽²⁾	39,70	952,80	347772,0	41	18,70	55	148	1	1,82	5	23,07	8,42
D13 ⁽²⁾	0,43	10,40 ⁽³⁾	3796,0	0,43	32	1	32	0	0	32	0,33	0,12
D14 ⁽²⁾	34,92	837,60	305724,0	35	37,42	56	120	3	5,36	5	30,99	11,31
D15 ⁽²⁾	429,63	10310,40	3763296,0	437,5	16,28	58	100	1	1,72	5	166	60,59
D16 ⁽¹⁾	1,70	40,80	14892,0	1,7	6,60	5	12	0	0	9	0,45	0,16
D17 ⁽²⁾	170,95	4102,80	1497722,0	171,3	37,63	53	100	4	7,55	6	145,60	53,14
D18 ⁽²⁾	19,72	472,80	172572,0	20	8,87	47	24	0	0	5	5,19	1,89
D19 ⁽²⁾⁽⁴⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D20 ⁽²⁾	400 ⁽⁵⁾	9600	3504000	400 ⁽³⁾	56,59	47	126	24	51,10	3,2	543,36	198,29

(1) Descarga a colectora cloacal: MÁXIMO ADMISIBLE $DBO_5^{20} \leq 200$ mg/l. Resolución ADA 336/03.

(2) Descarga a cuerpo de agua superficial: MÁXIMO ADMISIBLE $DBO_5^{20} \leq 50$ mg/l. Resolución ADA 336/03.

(3) Caudal de diseño. (CTE, 2016).

(4) No se tuvo acceso a la información por no existir o por no estar disponible.

(5) Sin datos de aforo. Caudal tomado del período 2008-2012. (Cifuentes et al., 2014).

Se observa la influencia del volumen de la descarga frente a la concentración de DBO_5^{20} , lo que sugiere la necesidad de revisar la legislación aplicable incorporando el concepto de carga másica y no sólo considerando los valores máximos admisibles de vuelco.

4.2.2. Resultados DBO_5^{20} . Período 2008-2012

Durante este período, las descargas que superaron el máximo admisible fueron D3 (Cargill, 20 infracciones), D7 (Mega, 2 infracciones), D11 (LHC-1, 2 infracciones), D12 (LHC-2, 1 infracción), D14 (Petrobras, 5 infracciones), D17 (Solvay, 13 infracciones), D18 (Transportadora Gas del Sur, 3 infracciones), D19 (Planta Depuradora Primera Cuenca, 20 infracciones) y D20 (Planta Depuradora Tercera Cuenca, 38 infracciones).

La D19 superó el máximo admisible el 100% de las veces en que se monitoreó; D20 el 79,2%; D3 el 48,8%; D17 el 23,6%; D14 el 12,5% y el resto estuvo por debajo del 8%.

Las concentraciones promedio de DBO_5^{20} más altas correspondieron a las descargas D19 (Planta Depuradora Primera Cuenca) con 186,1 mg/l (promedio general); D3 (Cargill) con 135,3 mg/l (promedio ponderado); D20 (Planta Depuradora Tercera Cuenca) con 91,3 mg/l (promedio general) y D17 (Solvay) con 48,8 mg/l (promedio ponderado). Excepto en esta última descarga, todos los promedios mencionados superaron el máximo admisible para vuelco a curso de agua superficial ($DBO_5^{20} \leq 50$ mg/l).

Las máximas concentraciones puntuales se detectaron en D3 (Cargill) con 992 mg/l; D20 (Planta Depuradora Tercera Cuenca) con 294 mg/l; D19 (Planta Depuradora Primera Cuenca) con 241 mg/l; D17 (Solvay) con 160 mg/l; D12 (LHC-2) con 118 mg/l y D14 (Petrobras) con 110 mg/l.

Las mayores cargas másicas corresponden a las descargas D19 (Planta Depuradora Primera Cuenca) con 7.814,1 kg/día; D20 (Planta Depuradora Tercera Cuenca) con 876,8 kg/día; D17 (Solvay) con 218,19 kg/día, D15 (Profertil) con 194,19 kg/día y D3 (Cargill) con 110,1 kg/día. Esto implica que, respecto a DBO_5^{20} , la carga másica de la descarga D19 (Planta Depuradora Primera Cuenca) es más de 35 veces superior a la descarga industrial con mayor aporte (D17), y la carga de la D20 (Planta Depuradora Tercera Cuenca), 4 veces superior (esto debido a sus elevados caudales).

A la descarga D13 (LLDPE) no se le realizó análisis estadístico, ya que sólo cuenta con un registro. En la descarga D4 (Termo M6) no se monitoreó DBO_5^{20} .

4.2.3. Comparación resultados DBO_5^{20} . Período 2013-2017 versus 2008-2012.

Evaluadas las infracciones de las distintas descargas para ambos períodos, se observó que la descarga industrial D3 las disminuyó (de 48,8% a 32,6% de las veces monitoreadas), la descarga industrial D17 (de 23,6% a 7,55%) y la descarga cloacal D20 (de 79,2% a 51,1%). En las Tablas 3 y 4 se resumen, para ambos períodos, las descargas más significativas según su aporte, indicando caudales, número de registros, promedio ponderado, máximo, número y porcentaje de veces superado el máximo admisible, carga másica diaria y anual.

Tabla 3: Resumen de descargas industriales más significativas según aporte de DBO_5^{20} . Período 2008-2012 vs. 2013-2017.

INDICADOR	UN.	D3		D15		D17	
		2008-2012 ⁽²⁾⁽³⁾	2013-2017 ⁽²⁾	2008-2012 ⁽²⁾⁽³⁾	2013-2017 ⁽²⁾	2008-2012 ⁽²⁾	2013-2017 ⁽²⁾
Caudal promedio horario	m ³ /h	33,9	49,16	414,94	429,63	186,41	170,95
Nº de registros de DQO	nº	41	46	49	58	55	53
Promedio ponderado DQO	mg/l	135,35	55,59	19,5	16,28	48,8	37,63
Máximo DQO	mg/l	992	148	45	100	160	100
Nº Veces Sup. Máx. Admisible	nº	20	15	0	1	13	4
% Superado Máx. Admisible	%	48,8	32,61	0	1,72	23,6	7,55
Carga Másica promedio diaria	kg/día	110,09	60,70	194,19	166,00	218,19	145,60
Carga Másica promedio anual	ton/año	40,18	22,16	70,89	60,59	79,6	53,14

(2) Descarga a cuerpo de agua superficial: MÁXIMO ADMISIBLE $DBO_5^{20} \leq 50$ mg/l. Resolución ADA 336/03.

(3) Descarga a cuerpo de mar abierto: MÁXIMO ADMISIBLE $DBO_5^{20} \leq 200$ mg/l. Resolución ADA 336/03.

Tabla 4: Resumen de descargas cloacales según aporte de DBO_5^{20} .
Período 2008-2012 vs. 2013-2017.

INDICADOR	UN.	D19		D20	
		2009-2012 ⁽²⁾	2013-2017 ⁽²⁾	2009-2012 ⁽²⁾	2013-2017 ⁽²⁾
Caudal promedio horario	m ³ /h	1750	-	400	400
Nº de registros de DQO	nº	20	-	48	47
Promedio ponderado DQO	mg/l	186,1	-	91,3	56,6
Máximo DQO	mg/l	241	-	294	126
Nº Veces Sup. Máx. Admisible	nº	20	-	38	24
% Superado Máx. Admisible	%	100	-	79,2	51,1
Carga Másica promedio diaria	kg/día	7814,1	-	876,8	543,36
Carga Másica promedio anual	ton/año	2852,1	-	320,02	198,32

(2) Descarga a cuerpo de agua superficial: MÁXIMO ADMISIBLE $DBO_5^{20} \leq 50$ mg/l. Resolución ADA 336/03.

En las Tablas 3 y 4 se observa que:

- Para ambos períodos, las descargas industriales que aportan mayor carga másica promedio (D15 y D17), no son las que tienen los mayores promedios ponderados de DBO_5^{20} . Esto se debe a que sus caudales son más elevados que los del resto de las otras descargas.
- Para ambos períodos, la descarga industrial que posee mayor promedio ponderado de DBO_5^{20} , es la de menor carga másica promedio (D3) debido a su bajo caudal.
- Para el período 2013-2017 no se accedió a información de la descarga D19 (Planta Depuradora Primera Cuenca), que fue la que en el período 2008-2012 mostró mayor aporte de carga másica de DBO_5^{20} , siendo 30 veces superior a la descarga industrial con mayor aporte (en ese entonces D17). Esto insinúa un retroceso por la ausencia de monitoreos de control y/o una falta de accesibilidad a la información que debiera ser pública.
- La descarga D20 (Planta Depuradora Tercera Cuenca) es la única descarga cloacal de la que se dispone de datos de monitoreo de DBO_5^{20} para ambos períodos. Para el período 2013-2017, muestra una disminución para el valor máximo de 57,1% y para el porcentaje de veces superado el máximo admisible de 35,4%. Se estima que esta mejora podría deberse a la incorporación de oxígeno envasado en el tratamiento biológico de la planta (a partir del año 2013), y/o mayores controles de la descarga de un frigorífico ubicado en el área de la cuenca del colector, que a su vez descarga en la planta y que aportaba altos valores de materia orgánica.

4.3. Evaluación de los resultados de DQO

4.3.1. Resultados DQO. Período 2013-2017

La Tabla 5 muestra los resultados de DQO para el Período 2013-2017. De la misma surge que superaron el máximo admisible, la nueva descarga D2 (Biobahía, 2 infracciones), D3 (Cargill, 7 infracciones), D7 (Mega, 1 infracción), D9 (HDPE, 1 infracción), D12 (LHC-2, 1 infracción), D14 (Petrobras, 1 infracción), D15 (Profertil, 1 infracción) y D20 (Planta Depuradora Tercera Cuenca, 4 infracciones).

De la descarga D19 (Planta Depuradora Primera Cuenca) no se obtuvieron datos por lo que

no se pudo evaluar su comportamiento en cuanto a la calidad de sus efluentes.

La nueva descarga D2 (Biobahía) superó el máximo admisible el 22,2% de las veces monitoreadas, D3 (Cargill) el 14%; D20 (Planta Depuradora Tercera Cuenca) el 7,2% y el resto estuvo por debajo del 3%.

Las concentraciones promedio más altas de DQO corresponden también a D2 (Biobahía) con 3.747,56 mg/l (promedio ponderado) y D3 (Cargill) con 211,04 mg/l (promedio ponderado). De ellas, sólo la primera supera su máximo admisible de vuelco a colectora cloacal ($DQO \leq 700$ mg/l).

Las máximas concentraciones puntuales se detectaron en D2 (Biobahía) con 23500 mg/l, D20 (Planta Depuradora Tercera Cuenca) con 556 mg/l y D3 (Cargill) con 541 mg/l.

Tabla 5: Resultados de DQO. Período 2013-2017.

INDICADOR	Caudal Medio Horario	Caudal Medio Diario	Caudal Medio Anual	Caudal Medio de Monitores DQO	Promedio Ponderado DQO	N° de Registros de DQO	Máximo DQO	N° veces Superado Máximo Admisible	% Superado Máximo Admisible	Mínimo DQO	Carga Másica Promedio Diario	Carga Másica Promedio Anual
Unidad	m ³ /h	m ³ /día	m ³ /año	m ³ /h	mg/l	-	mg/l	-	%	mg/l	kg/día	ton/año
D1 ⁽¹⁾	0,83	19,92	7270,8	0,83	26,7	45	43	0	0	5	0,58	0,21
D2 ⁽¹⁾	10,20	244,80	89352,0	10,2	3747,56	9	23500	2	22,22	16	917,40	334,85
D3 ⁽²⁾	49,16	1179,84	430641,6	49,16	211,04	50	541	7	14	44	238,78	87,15
D4 ⁽²⁾⁽⁴⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D5 ⁽²⁾	19,3 ⁽⁵⁾	463,2	169068	19,3 ⁽⁵⁾	59,17	6	200	0	0	10	27,4	10
D6 ⁽²⁾	28,70	688,80	251412	28,7	39,31	3	50	0	0	31	28,47	10,39
D7 ⁽²⁾	13,22	317,28	115807,2	13,22	33,68	53	284	1	1,89	5	8,95	3,27
D8 ⁽²⁾	10,68	256,32	93556,8	10,68	90,85	15	242	0	0	46	25,16	9,18
D9 ⁽²⁾	13,06	313,44	114405,6	13,06	88,39	37	298	1	2,70	10	28,87	10,54
D10 ⁽²⁾	46,86	1124,64	410493,6	46,86	74,63	10	131	0	0	42	89,18	32,55
D11 ⁽²⁾	110,46	2651,04	967629,6	110,46	78,33	58	206	0	0	34	226,11	82,53
D12 ⁽²⁾	39,70	952,80	347772,0	39,7	104,93	58	357	1	1,72	48	113,11	41,29
D13 ⁽²⁾	0,43	10,40 ⁽³⁾	3796,0	0,43	137	1	137	0	0	137	1,41	0,51
D14 ⁽²⁾	34,92	837,60	305724,0	34,9	176,55	58	300	1	1,72	67	149,03	54,4
D15 ⁽²⁾	429,63	10310,40	3763296,0	429,6	47,82	61	366	1	1,64	9	509,99	186,15
D16 ⁽¹⁾	1,70	40,80	14892,0	1,7	22,07	5	67	0	0	15	1,27	0,46
D17 ⁽²⁾	170,95	4102,80	1497722,0	169,8	113,36	55	215	0	0	10	443,83	162
D18 ⁽²⁾	19,72	472,80	172572,0	19,7	33,96	49	127	0	0	7	17,93	6,54
D19 ⁽²⁾⁽⁴⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D20 ⁽²⁾	400	9600	3504000	400 ⁽⁴⁾	131,78	55	556	4	7,2	25	1265	461,76

(1) Descarga a colectora cloacal: MÁXIMO ADMISIBLE DQO ≤ 700 mg/l. Resolución ADA 336/03.

(2) Descarga a cuerpo de agua superficial: MÁXIMO ADMISIBLE DQO ≤ 250 mg/l. Resolución ADA 336/03.

(3) Caudal de diseño. (CTE, 2016).

(4) No monitoreada.

(5) Sin datos de aforo. Caudal tomado del período 2008-2012. (Cifuentes et al, 2014).

Las mayores cargas másicas corresponden a D20 (Planta Depuradora Tercera Cuenca) con 1.265 kg/día; D2 (Biobahía) con 917,4 kg/día, D15 (Profertil) con 509,1 kg/día y D17 (Solvay) con 443,83 kg/día. Esto implica que, respecto a DQO, la carga másica de la descarga D20 (Planta Depuradora Tercera Cuenca) es 1,4 veces superior a la descarga industrial D2 con mayor aporte. Respecto a la descarga D13 (LLDPE) no se analiza estadísticamente ya que sólo cuenta con un registro.

Se observa la influencia del volumen de la descarga frente a la concentración de DQO, lo que sugiere la necesidad de revisar la legislación aplicable incorporando el concepto de carga másica y no sólo considerando los valores máximos admisibles de vuelco.

4.3.2. Resultados DQO. Período 2008-2012

Durante el período 2008-2012, las descargas que superaron el máximo admisible fueron D3 (Cargill, 21 infracciones), D11 (LHC-1, 2 infracciones), D12 (LHC-2, 4 infracciones), D14 (Petrobras, 2 infracciones), D17 (Solvay, 7 infracciones), D19 (Planta Depuradora Primera Cuenca, 24 infracciones) y D20 (Planta Depuradora Tercera Cuenca, 14 infracciones).

De ellas, D19 (Planta Depuradora Primera Cuenca) superó el máximo admisible el 96% de las veces en que se monitoreó; D3 (Cargill) el 44,7%; D20 (Planta Depuradora Tercera Cuenca) el 23,7% y el resto estuvo por debajo del 9%.

Las concentraciones promedio de DQO más altas corresponden a las descargas D19 (Planta Depuradora Primera Cuenca) con 380,1 mg/l (promedio general) y Cargill con 538,56 mg/l (promedio ponderado). Los promedios mencionados superan el máximo admisible (DQO ≤ 250 mg/l) para vuelco a curso de agua superficial.

Las máximas concentraciones se detectaron en D3 (Cargill) con 6560 mg/l, D12 (LHC-2) con 1472 mg/l, D19 (Planta Depuradora Primera Cuenca) con 674 mg/l y D20 (Planta Depuradora Tercera Cuenca) con 563 mg/l.

Las mayores cargas másicas corresponden a: D19 (Planta Depuradora Primera Cuenca) con 15965 kg/día; D20 (Planta Depuradora Tercera Cuenca) con 2038,6 kg/día; D17 (Solvay) con 590,1 kg/día, D15 (Profertil) con 551,51 kg/día y D3 (Cargill) con 437,91 kg/día. Esto implica que, respecto a DQO, la carga másica de la descarga D19 (Planta Depuradora Primera Cuenca) era 27 veces superior a la descarga industrial con mayor aporte, y la carga másica de la descarga D20 (Planta Depuradora Tercera Cuenca) unas 3,5 veces superior.

A la descarga D13 (LLDPE) no se le realizó análisis estadístico ya que sólo cuenta con un registro. En la descarga D4 (Termo M6) no se monitoreó DQO.

4.3.3. Comparación resultados DQO. Período 2013-2017 versus 2008-2012

Evaluadas las infracciones de las distintas descargas para ambos períodos, se observó que la descarga industrial D3 (Cargill) disminuyó significativamente las mismas (de 48,68% a 14% de las veces monitoreadas) y la descarga cloacal D20 (de 23,7% a 7,2% de las veces). En las Tablas 6 y 7 se resumen, para ambos períodos, las descargas más significativas según su aporte, indicando caudales, número de registros, promedio ponderado, máximo, número y porcentaje de veces superado el máximo admisible y carga másica diaria y anual.

En la Tabla 6, se observa que:

- Para ambos períodos, las descargas industriales que aportan una elevada carga másica promedio de DQO (D15 y D17) no son las que tienen los mayores promedios ponderados. La elevada carga másica se debe a que los caudales de estas descargas son más elevados que los del resto.

- La nueva descarga, D2, es la que presenta mayor promedio ponderado de DQO.

Tabla 6: Resumen de descargas industriales más significativas según aporte de DQO.
Período 2008-2012 vs. 2013-2017.

INDICADOR	UN.	D2 ⁽³⁾	D3		D15		D17	
		2013-2017 ⁽¹⁾	2008-2012 ⁽²⁾	2013-2017 ⁽²⁾	2008-2012 ⁽²⁾	2013-2017 ⁽²⁾	2008-2012 ⁽²⁾	2013-2017 ⁽²⁾
Caudal promedio horario	m ³ /h	10,20	33,88	49,16	414,94	429,63	186,41	170,95
N° de registros de DQO	n°	45	47	50	53	61	116	55
Promedio ponderado DQO	mg/l	3747,5	538,56	211,04	55,38	47,82	131,9	113,36
Máximo DQO	mg/l	23500	6560	541	142	366	352	215
N° Veces Sup. Máx. Adm.	n°	2	21	7	0	1	7	0
% Superado Máx. Adm.	%	22,22	44,68	14	0	1,64	6,03	0
Carga Másica promedio diaria	kg/día	917,40	437,91	238,78	551,51	509,99	590,10	443,83
Carga Másica promedio anual	ton/año	334,85	159,83	87,15	201,30	186,15	215,60	162

(1) Descarga a colectora cloacal: MÁXIMO ADMISIBLE DQO ≤ 700 mg/l. Resolución ADA 336/03.

(2) Descarga a cuerpo de agua superficial: MÁXIMO ADMISIBLE DQO ≤ 250 mg/l. Resolución ADA 336/03.

(3) Descarga incorporada en el período 2013-2017.

En la Tabla 7, se observa que:

- No se accedió a información del período 2013-2017, de la descarga D19 (Planta Depuradora Primera Cuenca), siendo que la misma fue la de mayor carga másica de DQO para el período 2008-2012, con un aporte 27 veces superior a la descarga D17, que en ese entonces era la de mayor aporte. Esto insinúa un retroceso por la ausencia de monitoreos de control y/o por falta de accesibilidad a la información.
- La descarga D20 (Planta Depuradora Tercera Cuenca) es la única descarga cloacal de la que se dispone de datos de DQO para ambos períodos. Para el período 2013-2017, muestra una disminución para la concentración promedio del 37,9% y para el porcentaje de veces superado el máximo admisible del 69,6%. Como se mencionó para DBO_{5}^{20} respecto a esta disminución, existen dos posibles causas: la incorporación

Tabla 7: Resumen de descargas cloacales según aporte de DQO.
Período 2008-2012 vs. 2013-2017.

INDICADOR	UN.	D19		D20	
		2009-2012 ⁽²⁾	2013-2017 ⁽²⁾	2009-2012 ⁽²⁾	2013-2017 ⁽²⁾
Caudal promedio horario	m ³ /h	1750	-	400	400
N° de registros de DQO	n°	25	-	59	55
Promedio ponderado DQO	mg/l	380,1	-	212,4	131,8
Máximo DQO	mg/l	674	-	563	556
N° Veces Sup. Máx. Admisible	n°	24	-	14	4
% Superado Máx. Admisible	%	96	-	23,7	7,2
Carga Másica promedio diaria	kg/día	15965	-	2038,6	1265,09
Carga Másica promedio anual	ton/año	5827,24	-	744,09	461,75

(2) Descarga a cuerpo de agua superficial: MÁXIMO ADMISIBLE DQO ≤ 250 mg/l. Resolución 336/06.

- de oxígeno envasado en el tratamiento biológico de la planta, a partir del año 2013, y/o mayores controles a las descargas de un frigorífico ubicado en el área de la cuenca del colector que descarga a esta planta.

5. CONCLUSIONES

- Este estudio muestra la influencia del volumen de la descarga frente a la concentración, lo que pone de manifiesto la necesidad de revisar la legislación aplicable en cuanto a determinar infracciones sólo mediante la comparación con valores máximos admisibles de vuelco. En tal sentido, se destaca la importancia de considerar para su aplicación, no sólo la naturaleza del cuerpo receptor y la concentración máxima admisible sino también el caudal de vuelco. Es decir, considerar la calidad del efluente no sólo por la concentración del contaminante sino también incorporando el concepto de carga másica.
- Se observa que en aquellos casos en que las descargas son discontinuas no se cuenta con datos de monitoreo estadísticamente representativos. Esto limita la posibilidad de obtener conclusiones respecto de aquellas descargas que pudieran representar una carga contaminante de riesgo para la calidad del medio receptor.
- Comparando los resultados de ambos períodos, 2008-2012 versus 2013-2017, se destaca como positivo, que se dio continuidad al monitoreo de las descargas industriales y que se incorporaron nuevas descargas. Sin embargo, no sucedió lo mismo con las descargas cloacales, donde sólo se dio continuidad al monitoreo de la D20 (Planta Depuradora Tercera Cuenca). En tal sentido, se advierte sobre la discontinuidad del monitoreo de la descarga cloacal D19 (Planta Depuradora Primera Cuenca) que en el período anterior había superado la mayoría de las veces el máximo admisible de DBO_5^{20} y DQO y que por sus elevados caudales representaba las mayores cargas másicas. Esto insinúa un retroceso por la ausencia de monitoreos de control y/o una falta de accesibilidad a la información que debiera ser pública, si existiera.
- Respecto de las descargas industriales, se observa en D3 una disminución en las concentraciones promedio y en las cargas másicas de DBO_5^{20} y DQO , así como se advierte para D2 la necesidad de realizar un mayor seguimiento, aumentando la frecuencia de monitoreos de esta nueva descarga.
- Se destaca el acceso a la información, la disponibilidad de los datos y la continuidad de los monitoreos efectuados en las distintas descargas durante el período estudiado.

6. BIBLIOGRAFÍA

Cifuentes, O., Escudero, D., Medus, S., Bohn, A. (2014). Estudio de la dinámica (espacial y temporal) de los efluentes líquidos industriales y urbanos del Polo Petroquímico y Área Portuaria de Bahía Blanca (Período 2001-2012). Buenos Aires: Editorial EduTecne. Web: http://www.edutecne.utn.edu.ar/monografias/estudio_efluentes_bahia_blanca.pdf

CTE (2016 y 2013 a 2017). Programa Integral de Monitoreo 2016. Municipalidad de Bahía Blanca - Comité Técnico Ejecutivo. Págs. 10 y 38. Bahía Blanca, Argentina. Web: <https://www.bahia.gob.ar/cte/pim/>