

APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA (ACV) A UNA PROPUESTA DE REUTILIZACIÓN DE EFLUENTES URBANOS VERTIDOS A UN ESTUARIO

MERLI, GUSTAVO F.¹; BALDINI, MONICA D.² Y CIFUENTES, OLGA I.¹

1: Grupo de Estudio de Ingeniería Ambiental
Facultad Regional Bahía Blanca
Universidad Tecnológica Nacional
11 de Abril 461 - 8000 Bahía Blanca
e-mail: gustavofernandomerli@hotmail.com; ocifuentes@speedy.com.ar

2: Departamento de Biología, Bioquímica y Farmacia
Universidad Nacional del Sur
San Juan 670 - 8000 Bahía Blanca
e-mail: mbaldini@criba.edu.ar

Resumen. *Bahía Blanca (Argentina) está en el sudoeste de la Provincia de Buenos Aires, sobre el océano Atlántico. La provisión de agua potable para su población es un tema de preocupación debido a las sequías que suelen afectar la región. Además, en su zona costera se vuelcan los efluentes domiciliarios sin tratamiento apropiado. El objetivo del trabajo es evaluar si la reutilización de las aguas residuales urbanas para uso industrial, sería un paliativo a los problemas de la ciudad, ya que disminuiría la presión de consumo sobre el Dique Paso de las Piedras y reduciría el vuelco contaminante al estuario. Se aplica la metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV), utilizando el software SimaPró 8, comparando el impacto de las condiciones actuales con una nueva propuesta de tratamiento. El software permite efectuar un análisis cuantitativo de los impactos que afectan al sistema estudiado, aplicando el ACV con datos locales. Se incluyen las principales limitantes del trabajo. La regeneración de las aguas residuales reduciría un 75% de la toxicidad del ambiente marino y 80% de la humana, un 55% de la ecotoxicidad de las aguas superficiales; 98% de la eutrofización. La toxicidad terrestre no variaría. El ACV es una herramienta teórica que permite una aproximación de la realidad simplificada pero válida.*

Palabras Claves: Tratamiento de Aguas Residuales, ACV, Regeneración, SimaPro

1. INTRODUCCIÓN

La provisión de agua segura para la población es un tema de interés y preocupación creciente en el mundo. En la ciudad de Bahía Blanca (Argentina) la problemática se ve acrecentada por sequías que suelen afectar la región, poniendo en riesgo su principal fuente de agua (el Embalse Paso de las Piedras) que también abastece a Punta Alta. Por otra parte, su zona costera se ve afectada por la descarga constante de efluentes urbanos con escaso o nulo tratamiento.

En este contexto, cobra interés la posibilidad del tratamiento de los efluentes cloacales de

Bahía Blanca para su reutilización, por dos razones: 1) Disminuiría la presión de consumo ejercida sobre el Dique Paso de las Piedras, puesto que un importante volumen de agua, sería satisfecho con el agua recuperada, generando mayor oferta de agua para la población; 2) Mejorarían las condiciones ambientales del estuario, al evitarse el volcado de efluentes contaminantes, favoreciendo la salud pública, las actividades recreativas y la pesca.

Por tal motivo, se investigan y comparan los beneficios de la regeneración y reutilización de los efluentes cloacales producidos en la cuenca Grande de Bahía Blanca y volcados al estuario a través de la Planta Depuradora Bahía Blanca (PDBB), respecto a las condiciones actuales de descarga. El uso principal del agua regenerada sería en principio, cubrir la demanda de las industrias instaladas en el Polo Petroquímico. El excedente dependiendo de la calidad sería destinado a riego.

Con el fin de analizar las prestaciones que debe poseer el sistema de regeneración de agua a acoplar a la PDBB, se usó una herramienta informática que aplica el método del Análisis del Ciclo de Vida (ACV) al sistema de tratamiento de efluentes cloacales de la misma, con la finalidad de determinar el impacto que éste imprime al ambiente. Esta metodología es en la actualidad, una de las técnicas de mayor difusión para la protección ambiental y la evaluación de los posibles impactos. Consiste en la elaboración de un inventario mediante el cual se cuantifican y cargan a un determinado producto los efectos ambientales adversos generados a lo largo de su vida útil, desde la obtención de los recursos para su fabricación hasta su desecho como residuo. Mediante esta técnica, los impactos se agrupan en 10 categorías (agotamiento de los recursos abióticos, cambio climático, agotamiento del ozono estratosférico; acidificación; eutrofización; formación de oxidantes foto-químicos; toxicidad en aguas marinas y superficiales; toxicidad terrestre y en humanos).

El programa SimaPró 8 (2013), gentileza de la firma holandesa PRé Consultants, permite efectuar la evaluación del impacto sobre el sistema en estudio, aplicando diferentes métodos. También admite utilizar procesos almacenados en sus bases de datos, modificarlos y adaptarlos a las tecnologías empleadas en el proceso en estudio y al área geográfica correspondiente.

El análisis comprende el sistema de tratamiento del efluente desde su ingreso a la PDBB hasta el vuelco en el estuario. También incluye la caracterización de los efluentes, una evaluación del impacto que genera el proceso y una interpretación de los resultados obtenidos.

Utilizando la misma técnica, y luego de aplicar las modificaciones tendientes a producir efluentes con la calidad requerida para su reúso, se evalúa el impacto ambiental ocasionado en la nueva configuración de la planta.

El objetivo general del trabajo es evaluar si la reutilización de las aguas residuales urbanas para uso industrial, sería un paliativo a los problemas actuales de la ciudad.

Como objetivos particulares se plantean:

- Proponer las modificaciones a incorporar a la planta, para adecuar sus instalaciones de manera que permita obtener agua con la calidad requerida para el reúso, tanto para su aplicación industrial como para riego.
- Comparar mediante la técnica de ACV, el impacto ambiental generado por la descarga de los efluentes cloacales en las condiciones actuales, respecto al que se generaría con las modificaciones propuestas.

- Generar una propuesta de reutilización de las aguas de regeneración de los efluentes cloacales de la PDBB, como herramienta de apoyo a la gestión de los recursos hídricos.

2. METODOLOGIA

El universo de estudio incluye las aguas residuales desde su ingreso a la PDBB hasta su descarga en el estuario bahiense. La estrategia metodológica se basa en el análisis de fuentes primarias, secundarias y la corrida de un modelo informático de ACV (CML 2001-Baseline). Se apoya en métodos aplicados en otras regiones, adaptándolos a las necesidades y características locales. Se analiza la calidad física, química y microbiológica del efluente en las condiciones actuales, tanto a la entrada como a la salida de la PDBB, y se compara en los mismos puntos con la del agua regenerada. Posteriormente, según la Serie ISO 14040 [2], se efectúan los cuatro pasos que establece la Norma para el ACV: 1) Definir objetivo y alcance del estudio; 2) Recopilar todas las entradas y salidas del sistema (inventario del ciclo de vida); 3) Determinar la relevancia ambiental de todas las entradas y salidas (análisis del impacto del ciclo de vida); 4) Interpretar los resultados. Finalmente, se comparan los beneficios ambientales de la regeneración y reutilización de los efluentes cloacales respecto a las condiciones actuales de descarga.

3. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DEPURADORA BAHÍA BLANCA (PDBB) EN LA CONDICIÓN ACTUAL Y PROPUESTA

La PDBB se encuentra ubicada en la calle Reconquista 2800 (Ruta 252 km 7,5) de la ciudad de Bahía Blanca, sobre la zona costera de la localidad de Ingeniero White. En la actualidad procesa un caudal medio de 1750 m³/h [1] y su calidad [1] es la que se presenta en la Tabla N°1 (datos utilizados como referencia para el cálculo de los ACV efectuados). En la PDBB actual sólo se realiza la separación de sólidos mediante el sistema de rejillas, ya que los filtros con tamices rotativos se encuentran fuera de servicio.

Para cumplir con los estándares para su reutilización en el polo petroquímico local, se propone una planta que consta de una línea de tratamiento de aguas con: 1) pretratamiento con rejillas finas, filtros rotativos, canaleta Parshall, desarenador, desengrasador aireado; 2) tratamiento primario con decantador; 3) tratamiento secundario por barros activados con difusores; 4) tratamiento terciario con ultrafiltración más ósmosis inversa. Para la línea de fangos: espesamiento, digestor biológico anaeróbico y deshidratador tipo filtro prensa.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al correr el modelo del ACV, se toman en cuenta las siguientes consideraciones:

- Una de las principales limitaciones, implícita en todo desarrollo matemático, fue la incertidumbre del modelo, motivada por las simplificaciones al reducir la realidad a una serie de parámetros medibles. En este sentido, contar con los resultados de análisis de todos los parámetros establecidos por la legislación vigente para vuelco a cuerpo receptor, como base del impacto ambiental generado, da representatividad al estudio. En cuanto a los eventos a futuro, se asume que, una vez instalada la planta propuesta para regeneración del efluente, el tratamiento no se verá modificado hasta tanto se reemplace por otro

ambientalmente más eficiente. Respecto a la unidad funcional seleccionada de 1 m³ de agua regenerada medida a la salida de la planta, si bien es un condicionante impuesto por el modelo, permite una comparación adecuada.

- El programa de cálculo SimaPró 8 [3] solo considera como cuerpo receptor a los ríos y océanos, no contempla la posibilidad de vuelco a estuario, que es el caso de estudio. No obstante, habiendo corrido el programa para los dos primeros, las diferencias en los resultados no fueron significativas.
- El acceso a la información de datos de operación de la PDBB es uno de los mayores obstáculos encontrados. Si la información estuviera disponible, los resultados mejorarían y contribuirían como aportes analíticos a fundamentar acciones tendientes a minimizar los impactos sobre el estuario. Los datos no obtenidos, como los consumos eléctricos, fueron calculados empíricamente.
- No se consideraron en el inventario los residuos generados como parte del pretratamiento, por no contarse con datos fehacientes sobre su composición y cantidad.
- La etapa más compleja del ACV es la interpretación de resultados, pues es necesario ponderar las categorías de impacto. Sin embargo, habiendo normalizado los resultados, pudo determinarse en qué forma contribuyó cada una de las categorías de impacto a la problemática ambiental global.
- Las conclusiones producto de los ACV efectuados tienen sustento pues se efectuaron las comprobaciones de integridad, sensibilidad y coherencia, determinando que los datos son lo suficientemente completos como para arribar a una conclusión relevante (integridad) [4]. La incertidumbre en los datos y asignación es evaluada y determinada matemáticamente por el mismo programa de cálculo, razón por la cual la sensibilidad se consideró comprobada de antemano. Por último, los datos ingresados al programa resultaron coherentes con el objetivo y alcance del estudio.

Pese a las consideraciones y limitaciones planteadas, se pudo comprobar la hipótesis, de que el tratamiento y reutilización de las aguas residuales, sería un paliativo para dos problemas de particular interés en Bahía Blanca. Por un lado disminuir la presión de consumo sobre el Dique Paso de las Piedras y por el otro reducir el volcado constante y creciente de contaminantes orgánicos, metales y de microorganismos potencialmente patógenos, que pueden poner en crisis el funcionamiento de tramas tróficas estuariales.

Para poder interpretar los resultados, en la Figura 1 se muestra en qué porcentaje influyen los subprocesos que conforman el proceso en estudio para cada una de las diez categorías de impacto (agotamiento de los recursos abióticos, cambio climático, agotamiento del ozono estratosférico; acidificación; eutrofización; formación de oxidantes foto-químicos; toxicidad en aguas marinas y superficiales; toxicidad terrestre y toxicidad en humanos). La Figura 2 muestra la Normalización que transforma cada resultado de la caracterización, multiplicándolos por valores de referencia (Factores de Normalización). Los factores se calculan en función de las emisiones anuales para una determinada zona.

TABLA 1- Parámetros de entrada medidos y de salidas calculados Planta Depuradora Propuesta (Elaboración propia)

VALORES DE ENTRADA PRIMERA CUENCA					DESCARGA LINEA DE AGUA								VALORES LÍMITE PARA SU UTILIZACIÓN EN LA INDUSTRIA/RIEGO			LINEA DE LODOS	
Muestra	Mayor Valor	Promedio General	Promedio Ajustado	Percentil mayor de No Detectables	TRATAMIENTO PRIMARIO		TRATAMIENTO SECUNDARIO		TRATAMIENTO UF		TRATAMIENTO OI		Requerimiento Industria	Límite Admisible Riego	Condición Límite	Lodos Generados (M3)	Materia Seca en Fangos (Ton)
					% Reducción	Valor Calculado Salida	% Reducción	Valor Calculado Salida	% Reducción	Valor Calculado Salida	% Reducción	Valor Calculado Salida					
CAUDAL (m3/h)		1750,0			0	1750,0	1	1732,5	5	1645,9	25,00	1234,4				19,3	4,04
CONSUMO ELÉCTRICO/m3 (Kw-h/m3)					0,2857		0,4000		0,3143		0,4286					% TRANS LINEA AGUAS	MATERIA SECA EN FANGOS
Conductividad eléctrica (µS/cm)	1611,00	1587,00			0	1587,0000	0	1587,0000	10	1428,3000	98	28,56600	< 671,0	70-300	70-300		
pH (upH)	8,40	8,01111			0	8,0111	0	8,0111		8,0111	13	6,96967	7,5 - 8,5		7,5 - 8,5		
Temperatura (°C)	25,20	21,33846			0	21,3385	0	21,3385		21,3385		21,33846					
DQO compl. (mg/l)	674,00	380,12000			0	380,1200	93	26,6084	87	3,4591	92,8	0,24905	≤ 30,0		≤ 30,0		
DBO compl. (mg/l)	241,00	186,05000			0	186,0500	97	5,5815	93	0,3907	92,9	0,02774	≤ 1,0		≤ 1,0		
Sólidos sedim 10' (ml/l)	5,00	2,48462			65	0,8696	95	0,0435	90	0,0043	98	0,00009					
Sólidos sedim 2 h (ml/l)	5,00	3,32308			65	1,1631	95	0,0582	90	0,0058	98	0,00012					
Sólidos totales (mg/l)	1397,50	1235,63462			0	1235,6346	0	1235,6346		1235,6346		1235,63462	≤ 10,0		≤ 10,0		
Sólidos fijos (mg/l)	870,00	759,60000			0	759,6000	0	759,6000		759,6000		759,60000					
Sólidos volátiles (mg/l)	602,50	442,59259			0	442,5926	0	442,5926		442,5926		442,59259					
Sólidos disueltos totales (mg/l)	1097,50	1051,25000			0	1051,2500	0	1051,2500	14	904,0750	98	18,08150					
Sólidos disueltos fijos (mg/l)	700,00	594,16667			0	594,1667	0	594,1667	14	510,9833	98	10,21967					
Sólidos suspendidos totales (mg/l)	0,00	184,38462			60	73,7538		73,7538	90	7,3754	99,8	0,01475					
Sólidos disueltos volátiles (mg/l)	527,50	457,08333			0	457,0833	0	457,0833	14	393,0917	98	7,86183					
Nitrógeno Tot. (mg/l)	46,60	38,07407			0	38,0741	76	9,1378	58	3,8379	82	0,69082	5,0 - 30,0		5,0 - 30,0	22,3	8,49052
Sulfuros (mg/l)	0,72	0,19630			0	0,1963	0	0,1963	1	0,1943	99	0,00194				0	0,00000
Plomo (mg/l)	0,03	0,01488		0,01116	0	0,0112	90	0,0011	14	0,0010	99	0,00001	< 0,05	5,0	< 0,05	90	0,01004
Cobre (mg/l)	0,08	0,03715			0	0,0371	75	0,0093	14	0,0080	99	0,00008	< 0,05	0,2	< 0,05	75	0,02786
Cinc (mg/l)	0,20	0,11150		0,08259	0	0,0826	70	0,0248	14	0,0213	99	0,00021	< 0,01	2,0	< 0,01	70	0,05781
Cromo (mg/l)	0,06	0,01740		0,01131	0	0,0113	50	0,0057	14	0,0049	99	0,00005	< 0,03	0,1	< 0,03	50	0,00566
Cadmio (mg/l)	0,00	< 0,005			0	< 0,005	50	< 0,0025	14	< 0,0025	99	< 0,0025	< 0,005	0,01	< 0,005	50	< 0,0025
Cobalto (mg/l)	< 0,01	< 0,01			0	< 0,01	50	< 0,005	14	< 0,005	99	< 0,005	< 0,005		< 0,005	50	< 0,005
Bario (mg/l)	0,29	0,16625		0,12931	0	0,1293	50	0,0647	14	0,0556	99	0,00056	< 0,025		< 0,025	50	0,06465
Níquel (mg/l)	0,05	0,02667		0,02267	0	0,0267	40	0,0160	14	0,0138	99	0,00014	< 0,1	0,2	< 0,1	40	0,01067
Vanadio (mg/l)	0,20	0,13707			0	0,1371	50	0,0685	14	0,0589	99	0,00059	< 0,01	0,1	< 0,01	50	0,06854
Talio (mg/l)	< 0,010	< 0,010			0	< 0,010	50	< 0,010	14	< 0,010	99	< 0,010	< 0,1		< 0,1	50	< 0,1
Estaño (mg/l)	0,03	0,01715		0,01029	0	0,0103	59	0,0042	14	0,0036	99	0,00004	< 0,05	-	< 0,05	59	0,00607
Titanio (mg/l)	0,13	0,03035		0,02248	0	0,0225	50	0,0112	14	0,0097	99	0,00010	< 0,01	-	< 0,01	50	0,01124
Berilio (mg/l)	< 0,010	< 0,010			0	< 0,010	50	< 0,005	14	< 0,005	99	< 0,005	< 0,005	0,1	< 0,005	50	< 0,005
Antimonio (mg/l)	< 0,010	< 0,010			0	< 0,010	50	< 0,005	14	< 0,005	99	< 0,005	< 0,1		< 0,1	50	< 0,005
Sodio (mg/l)	310,00	238,81481			0	238,8148	0	238,8148	14	205,3807	97	6,16142	70,0	3,0 - 9,0	3,0 - 9,0	0	0,00000
Selenio (mg/l)	0,03	0,01900		0,01615	0	0,0162	50	0,0081	14	0,0069	99	0,00007	< 0,01	0,02	< 0,01	50	0,00808
Boro (mg/l)	0,65	0,49950		0,37000	0	0,3700	50	0,1850	14	0,1591	99	0,00159	0,24	0,7 - 3,0	0,24	50	0,18500
Arsénico (mg/l)	0,04	0,02508			0	0,0251	22	0,0196	14	0,0168	99	0,00017	< 0,1	0,1	< 0,1	22	0,00552
Aluminio (mg/l)	2,40	0,84444			0	0,8444	95	0,0422	14	0,0363	99	0,00036	0,4	5,0	0,4	95	0,80222
Estroncio (mg/l)	0,46	0,37750			0	0,3775	50	0,1888	14	0,1623	99	0,00162	< 0,05		< 0,05	50	0,18875
Fluoruros (mg/l)	1,80	1,21111			0	1,2111	0	1,2111	14	1,0416	99	0,01042	1,0	1,0	1	0	0,00000
Cianuros (mg/l)	0,01	0,01000		0,00750	0	0,0075	0	0,0075	14	0,0065	99	0,00006	40,0		40	0	0,00000
Cloruros (mg/l)	300,00	250,88889			0	250,8889	0	250,8889	14	215,7644	99	2,15764				0	0,00000
Mercurio (mg/l)	0,00180	0,00091			0	0,0009	70	0,0003	14	0,0002	99	0,00000233	< 0,005		< 0,005	70	0,00063
Coliformes fecales (NMP/100ml)	4,80E+07	1,13E+07			0	1,1294E+07	60	4,52E+06	90	4,5174E+05	99,9	~ 0				60	6,78E+06
E. coli (UFC/100ml)	1,90E+08	2,57E+07			0	2,5702E+07	60	1,03E+07	90	1,0281E+06	99,9	~ 0				60	1,54E+07
Enterococcus spp.(UFC/100ml)	2,40E+07	1,78E+06			0	1,7830E+06	60	7,13E+05	90	7,1318E+04	99,9	~ 0				60	1,07E+06

Nota: Los valores indicados en color verde indican el valor ingresado al programa de cálculo

Se aprecia cómo contribuye cada una de las categorías de impacto en la problemática ambiental global. En la Figura 3, cada columna muestra en qué porcentaje influyen los subprocesos intervinientes, a los que se sumaron las entradas al sistema de materiales utilizados en el proceso, tal el caso de las sales de aluminio utilizadas como coagulante (hidróxido de aluminio) y el floculante del tipo polielectrolito (acrynolitrito). Los valores negativos corresponden a los “productos evitados”. Ejemplo, los fangos que sirven de reemplazo a cierto tipo de fertilizante (compost) como producto del proceso, así como el agua regenerada, que disminuye el consumo de agua cruda del dique. La Figura 4 permite apreciar cómo contribuye cada una de las categorías de impacto en la problemática ambiental global; y la reducción (valores debajo de cero) que implican los “productos evitados” en la carga que impacta al ambiente.

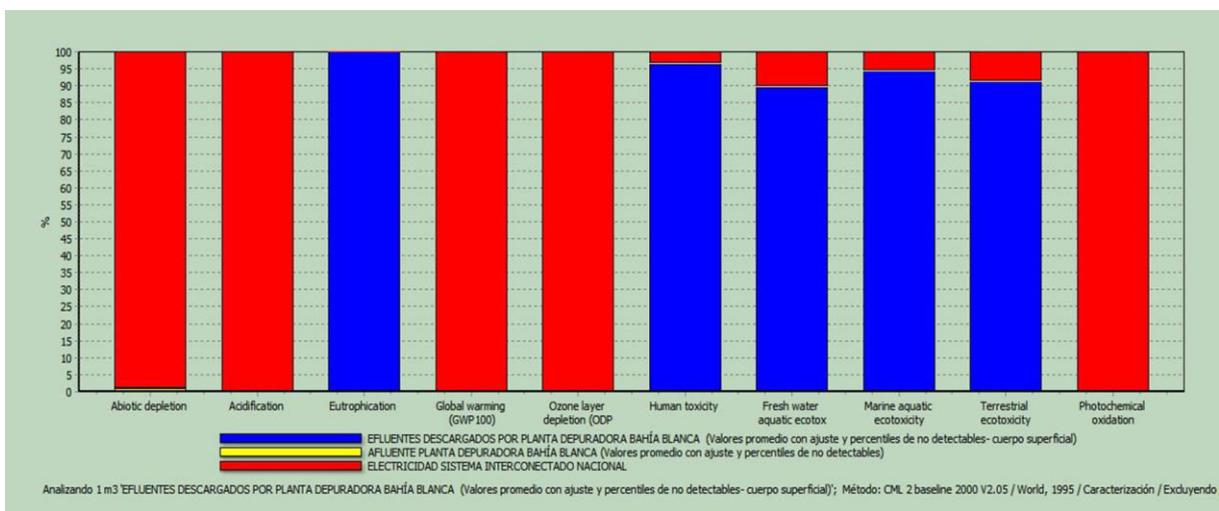


Figura 1 - Caracterización de 1 m³ del efluente descargado al estuario en las condiciones actuales.

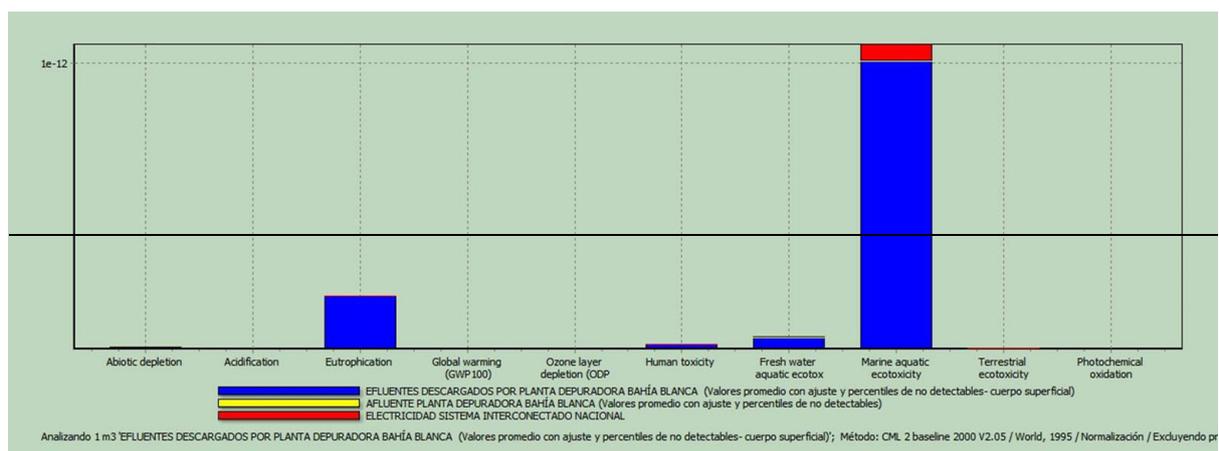


Figura 2 -Normalización del proceso de 1 m³ del efluente descargado al estuario por la PDBB.

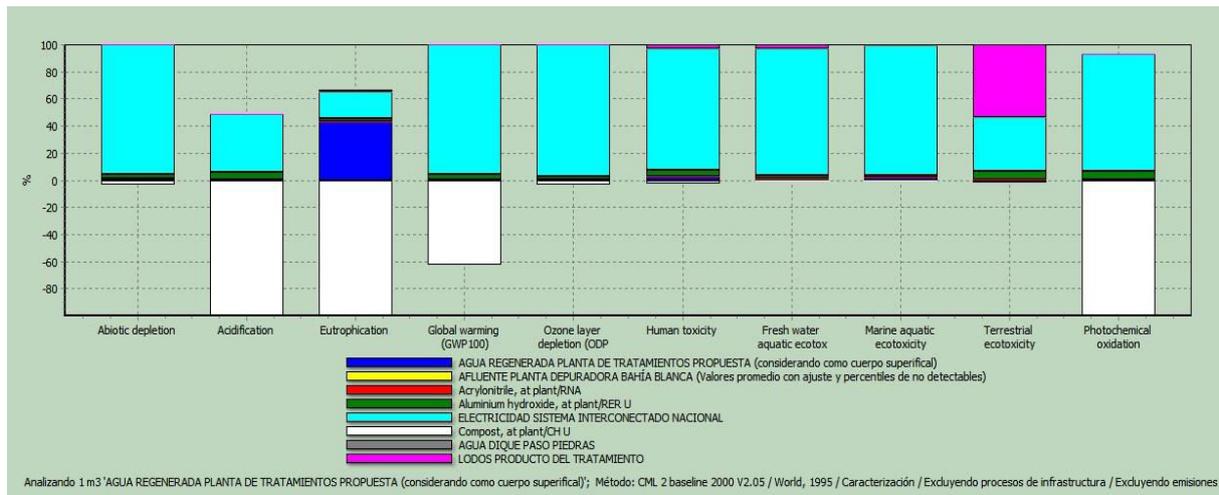


Figura 3 - Caracterización del proceso de 1 m³ del efluente regenerado por la planta depuradora propuesta.

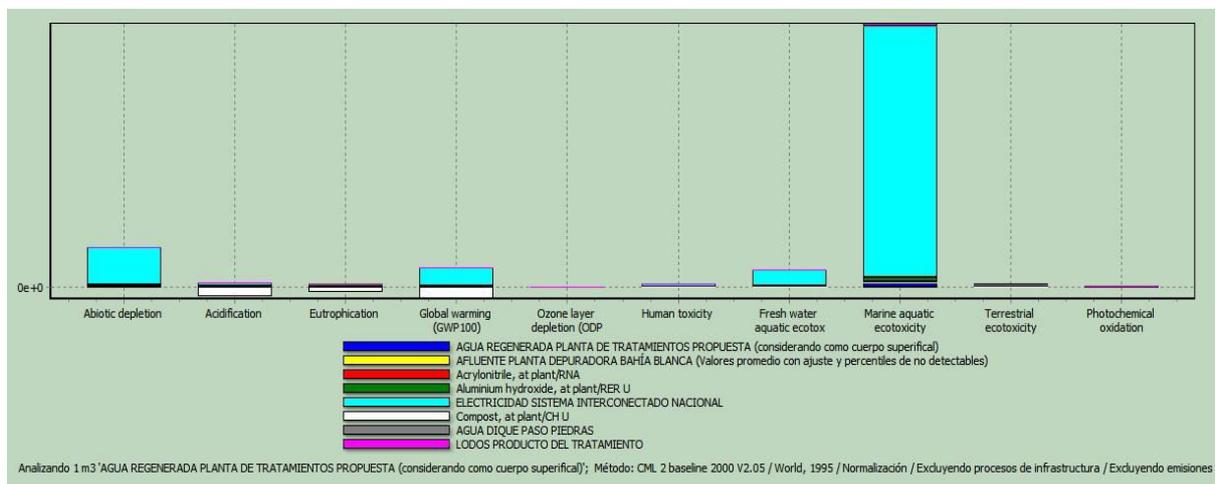


Figura 4 - Normalización del proceso de 1 m³ del efluente regenerado por la planta depuradora propuesta.

En la Figura 5 se presenta la comparación del impacto del proceso de 1 m³ de efluente para la obtención de agua regenerada respecto de la descarga directa, sin considerar los “productos evitados”. En la Figura 6 se observa cómo la regeneración de aguas residuales genera un impacto al medio ambiente mucho menor que la descarga directa. Muestra mejoras en los aspectos ambientales (valores por debajo de cero). Ejemplo: la acidificación, la eutrofización y la oxidación fotoquímica, pues la regeneración trae aparejada la sustitución de la explotación del agua cruda y de la fabricación de fertilizantes artificiales por los productos del tratamiento. Sin embargo, la regeneración implica el consumo de energía eléctrica proveniente de una matriz donde la utilización de recursos derivados del petróleo ocupa 60%, con el consiguiente impacto en el agotamiento de recursos, en el calentamiento global y en la capa de ozono. Las Figuras 7 y 8 muestran la Normalización de la comparación del impacto del proceso de 1 m³ de efluentes para la obtención de agua regenerada respecto del proceso de

la descarga directa, sin considerar y considerando los “productos evitados” respectivamente. Cada columna muestra la comparación entre procesos para las diez categorías de impacto.

A partir de los cálculos teóricos puede apreciarse que con la regeneración de aguas residuales:
 - se logra una reducción del 75% de la toxicidad del ambiente marino; 55% de la ecotoxicidad de las aguas superficiales; 80% de la toxicidad humana; 98% de la eutrofización, mientras que la toxicidad terrestre prácticamente no tiene variaciones (Fig. 5 y 6).

- la acidificación, así como la producción de oxidantes fotoquímicos, adoptan valores negativos, como consecuencia de la reducción de los productos evitados, reduciéndose en un ciento cuarenta por ciento para la primera y un ciento treinta para la segunda (Figuras 3 y 6)

- existe un mayor consumo de energía para el proceso, con un indicador de agotamiento de recursos que supera cinco veces lo utilizado para la descarga directa. La mayor parte de la utilización de recursos se debe a la generación eléctrica y en menor medida, al uso de sales de metales para la floculación y coagulación (Figura 5 y 6)

- se incrementa en un 50% el calentamiento global, y en un 80% los efectos de reducción de la capa de ozono (Figuras 5 y 6).

La capacidad de regeneración de efluentes cloacales de una planta de las características propuestas, alcanzaría a cubrir la demanda de agua industrial, disminuyendo la demanda de agua sobre el Embalse Paso de las Piedras, que quedaría disponible para la población una vez tratada.

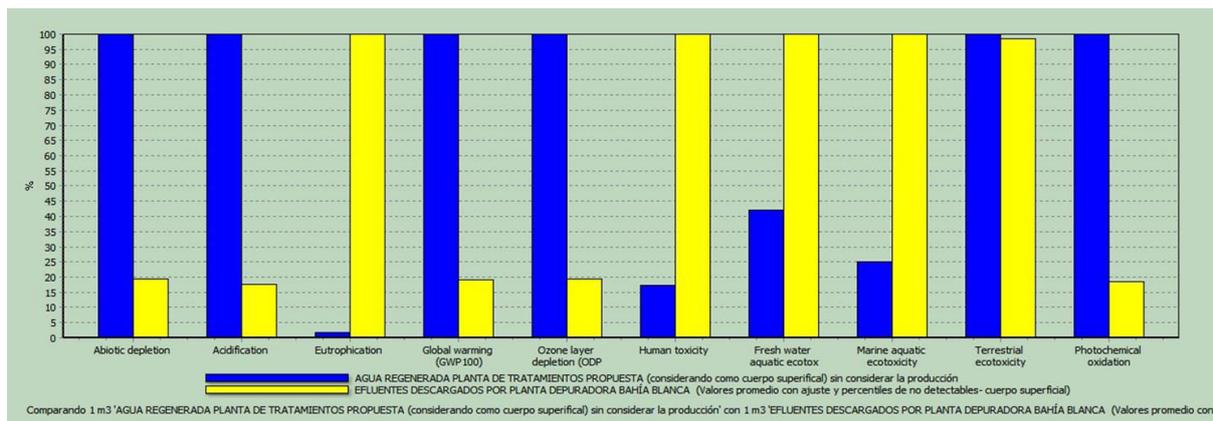


Figura 5 – Comparación del impacto del proceso de 1 m³ de efluente para la obtención de agua regenerada respecto de la descarga directa, sin considerar los “productos evitados”.

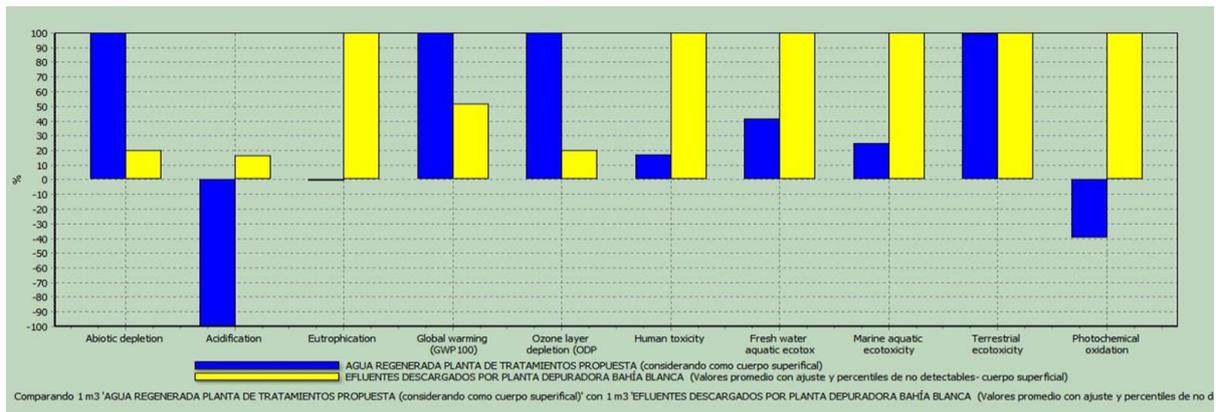


Figura 6 – Ídem a figura anterior, pero considerando los “productos evitados”.

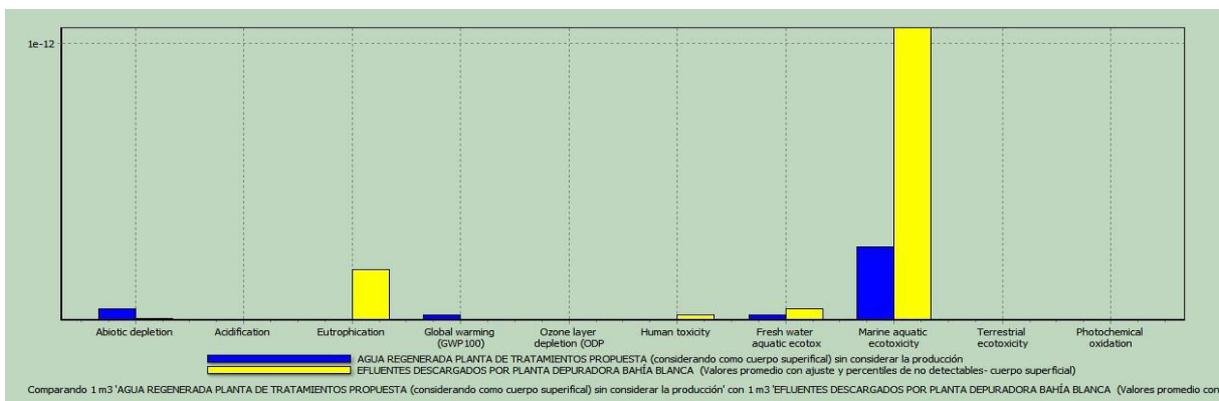


Figura 7 - Normalización de la comparación del impacto del proceso de 1 m³ de efluentes para la obtención de agua regenerada respecto del proceso de la descarga directa, sin considerar los “productos evitados”.

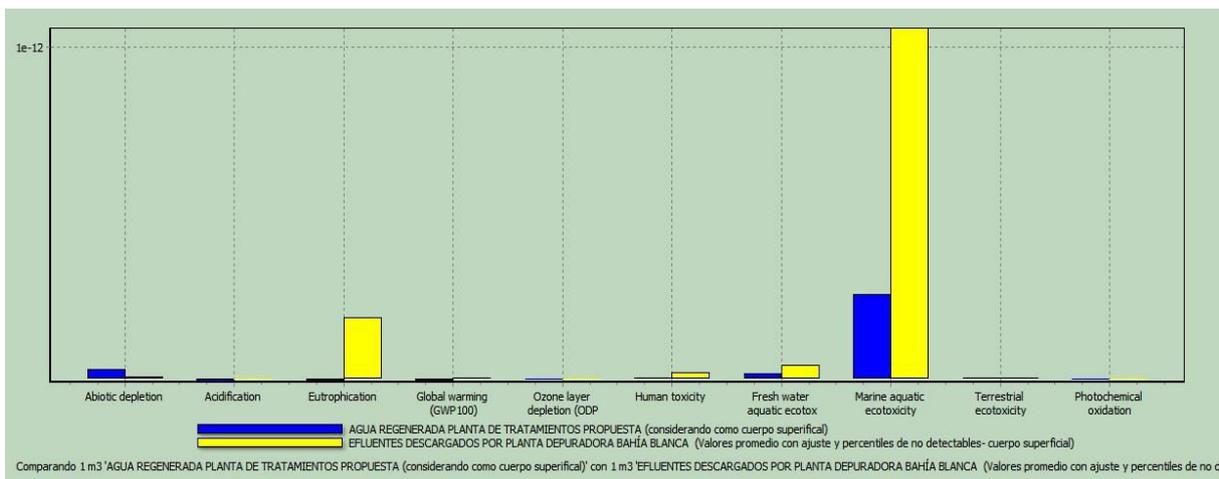


Figura 8 – IDEM a la Figura 7 pero considerando los “productos evitados”.

Surgen como consideraciones y/o recomendaciones que:

- Debe tenerse en cuenta que los rendimientos teóricos calculados no incluyen los errores en la operación de la planta ni las fallas que pudieran presentarse. Asimismo deben considerarse los parámetros límite para el ingreso a cada fase del proceso, los que traen aparejado un mejor rendimiento o, la no continuidad del proceso. Por ejemplo, la necesidad de regular el pH al ingresar al reactor biológico.
- Los procesos de membrana, ultrafiltración y en especial el de ósmosis inversa implican un consumo de energía eléctrica muy superior al resto del tratamiento. No obstante, al tratarse de procesos modulares, puede regularse la capacidad de producción en función de las necesidades de las empresas a las cuales está destinada el agua regenerada. Eso optimizaría el proceso de regeneración, ya que disminuiría el gasto de recursos para su obtención (generación eléctrica) y mejoraría la producción, al tener un menor rechazo. El exceso de producción podría destinarse, en función de la calidad obtenida, al riego.
- En cuanto a la reutilización para riego, se debería tenerse en cuenta que la implementación de tratamientos de membrana (ultra filtración y osmosis inversa) implica altos costos de producción, y elimina nutrientes necesarios para los cultivos. Por otro lado, se debe asegurar la eliminación de formas de resistencia de los microorganismos, principalmente si el riego es por aspersión.

5. CONCLUSIONES

La implementación de un proceso de regeneración de aguas residuales implicaría una considerable disminución de la contaminación en el estuario de Bahía Blanca y una reducción en la presión de consumo sobre el Dique Paso de las Piedras, aunque en algunos casos podría implicar un traslado de los impactos a otros compartimientos ambientales, con un mayor agotamiento de recursos, por ejemplo, para la generación de energía eléctrica.

El estudio sugiere que la aplicación de un proceso de regeneración sería beneficioso para el medio ambiente en general y para el estuario de Bahía Blanca en particular, superando los impactos negativos que su emplazamiento y operatoria producirían en estos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Monserrat, V. y Uribe Echevarría, M. *“Evaluación de reúso de los efluentes cloacales de la cuenca hídrica de Bahía Blanca, con destino agrícola y/o Industrial”*. Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Bahía Blanca. Bahía Blanca, Argentina (2013).
- [2] International Organization for Standardization. *“International Standard ISO 14040 - Environmental management - Life Cycle Assessment. Principles and framework”*. International Organization for Standardization, Ginebra, Suiza. (2006a).
- [3] Goedkoop, M., Oele, M., Leijting, J., Ponsioen, T., y Meijer, E. *“Introduction to LCA with SimaPro”*. PRé Consultants, San Francisco, California. (2013)
- [4] International Organization for Standardization. *“International Standard ISO 14044 - Environmental management - Life Cycle Assessment. Requirements and guidelines”*. International Organization for Standardization, Ginebra, Suiza. (2006b).