

## FILTRO BIOLÓGICO AIREADO, POST TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL, OPERANDO CON DISTINTAS CARGAS HIDRÁULICAS

AMBROSIO, M.; FOSSATI, E.; AYESTARÁN, A. Y CALZETTA, C.

Departamento de Ingeniería Civil Orientación Hidráulica  
 Facultad de Ingeniería – Sede Trelew  
 Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco  
 | Dirección postal  
 e-mail: mjambr@gmail.com

**Resumen.** *El nivel de calidad del agua residual urbana tratada mediante Lagunas Facultativas, no alcanza en algunos de sus parámetros de calidad, lo establecido para reúso agrícola, pecuario o vuelco a cuerpos receptores, por la Normativa Provincial vigente en la Provincia del Chubut (Ley XI N°35 y su Decreto Reglamentario N°1540/16) y las recomendaciones de la OMS. En este trabajo se estudió el post tratamiento con Filtros Biológicos Aireados (FBA), rellenos con arcilla expandida de diámetro 2 - 8 mm. Se construyeron dos unidades de filtros cilíndricos de igual sección circular y diferente volumen (FBA.a. de 0,29 litros, y FBA.b de 0,87 litros). Se alimentaron los equipos en forma continua, con agua residual urbana tratada en las Lagunas Facultativas de la ciudad de Puerto Madryn, operando con cargas hidráulicas volumétrica (CHv) de 1,3 a 13,8 (m<sup>3</sup>/día m<sup>3</sup>), y carga hidráulica superficial (CHs) de 1,3 a 4,6(m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> día). Con éstas cargas se obtuvieron niveles de reducción de DQO de 29% a 66%, sólidos suspendidos totales de 55% a 91% y nitrificación de 50% a 100%. Considerando los valores de eficiencia de tratamiento y las CHv indicadas, resulta factible el diseño de unidades compactas de post tratamiento mediante FBA.*

**Palabras clave:** biopelícula, filtro biológico aireado, DQO, nitrificación

### 1. INTRODUCCIÓN

La necesidad de post tratamiento de los efluentes de Lagunas Facultativas, se debe a que sus efluentes poseen niveles de DQO, nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), SST y carga bacteriológica, que superan en algún caso los establecidos por la Normativa Provincial vigente en la Provincia del Chubut, para reúso o vertido en cuerpos receptores (Decreto N°1540/16 que reglamenta parcialmente la Ley XI N°35), y las recomendados Organización Mundial de la Salud [1], para aguas de riego.

Históricamente el post tratamiento de las Lagunas Facultativas, se efectuó por medio de Lagunas de Maduración o Filtros de Roca (Rock Filters), que de acuerdo a lo indicado por Mara, D.D. [2], producen la reducción de la carga orgánica (SST 40% y DBO<sub>5</sub> 56%) y bacteriología (Coliformes Totales 80% y Escherichia coli 70%), pero no nitrificación, debido a su funcionamiento como tratamiento anaerobio. Este investigador planteó como alternativa la construcción de Filtros de Roca Aireados, en los que se mejoran los niveles de reducción de SST, DBO<sub>5</sub>, y NH<sub>4</sub><sup>+</sup> por nitrificación, lográndose relaciones de SST/DBO<sub>5</sub>/ NH<sub>4</sub><sup>+</sup> de ≤ 10/15/5 [2].

En éste trabajo se estudió el post tratamiento mediante Filtros Biológicos Aireados (FBA), empleando como material de relleno arcilla expandida de diámetro 2 - 8 mm, con el objeto de desarrollar unidades compactas al incrementar la CHv y CHs. Sobre éste relleno se desarrolló una biopelícula bacteriana, que en sus reacciones metabólicas, bajo distintas condiciones ambientales (aeróbicas, anóxicas o anaerobias), reduce el valor de los parámetros de carga, al emplear la materia orgánica y otros componentes del agua residual tratada como sustrato.

## 2. EQUIPO Y METODOLOGÍA

### 2.1. Características de los filtros biológicos aireados (FBA)

En el Departamento de Ingeniería Civil Orientación Hidráulica de la Facultad de Ingeniería (Sede Trelew), de la UNPSJB, se construyeron dos filtros cilíndricos de acrílico (35mm de diámetro interno), con las siguientes características: a) FBA.a de 0,3 m de longitud y un volumen útil de 0,29 Litros y b) FBA.b de 0,9 m de longitud y 0,87 Litros (Fig. N°1).

Con el objeto de incrementar el área específica del relleno y reducir su peso, respecto al material empleado en los filtros de Roca Aireados ensayados previamente [2], [3] (rellenos con árido de 1 1/2" a 4", y 3/4" y densidad del árido 2600Kg/m<sup>3</sup>), el material de relleno empleado fue arcilla expandida de diámetro 2 - 8 mm (Fig. N°2), con porosidad externa 0,3 y densidad aparente 750Kg/m<sup>3</sup>.

Se alimentaron ambos FBA, en forma continua con flujo ascendente desde el fondo de la unidad, por medio de una bomba peristáltica Dosibomba PC 500, con efluente tratado de las lagunas facultativas de Puerto Madryn. La inyección de aire (impulsado por un compresor de diafragma), se efectuó por medio de difusores poroso, en el tercio final del relleno (Fig N°1) tanto en el FBA.a, como en el FBA.b. El caudal inyectado al sistema mediante la bomba y difusor es en ambos casos fue en todos los ensayos de 26 L/h y su valor por unidad de área 23m<sup>3</sup>/(h m<sup>2</sup>).

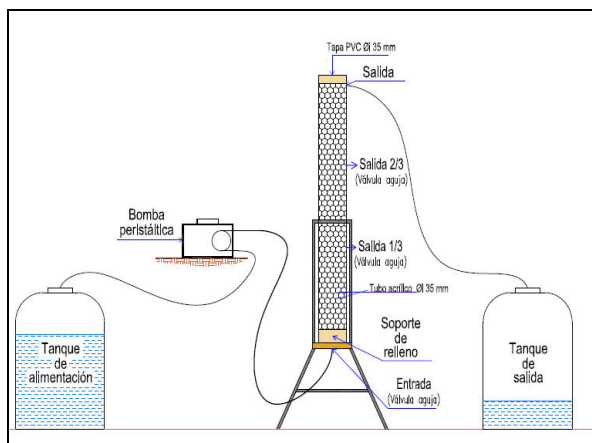


Fig. N°1. Filtro Biológico Aireado

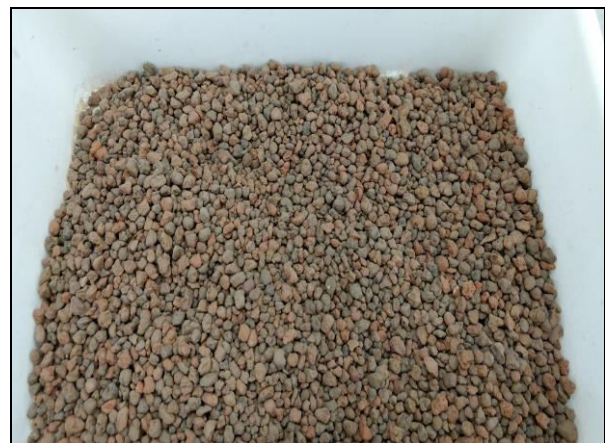


Fig. N°2. Material de relleno - arcilla expandida

## 2.2. Puesta en marcha y operación

La puesta en régimen de las unidades requirió siembra con agua residual urbana, y cuatro meses de operación continua, alimentando el equipo con el efluente de la laguna facultativa de tratamiento del agua residual urbana, de la ciudad de Puerto Madryn (provincia de Chubut). Estos efluentes muestran diferentes características respecto al nivel de degradación de la materia orgánica y nitrificación, según la estación del año correspondiente.

El control de operación se efectuó tres días por semana, determinándose el caudal alimentado, T, pH, oxígeno disuelto (OD), Potencial de óxido reducción (ORP), turbiedad. Las determinaciones se realizaron con un analizador multiparamétrico SPER LTD. 850081, y un Turbidímetro Lutron TU 2016.

Para cada uno de los ensayos realizados, semanalmente se tomó una muestra de la alimentación y en los distintos puntos de toma de muestra a lo largo de las unidades, para determinar SST, DQO,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  con los métodos del SMWW [4]. Las muestras de bacteriología ER y SR, fueron enviadas para su determinación analítica al Laboratorio de la Dirección de Salud Ambiental, del Ministerio de Salud de la Provincia del Chubut.

## 2.3. Ensayos efectuados con el FBA.a (0,29 L):

En el FBA.a, para determinar los parámetros, se tomaron muestras en la entrada del reactor (ER), a un tercio de la longitud del reactor (1/3R) y en la salida (SR).

### **Ensayo N°1: $\text{CH}_v = 8,15 \text{ m}^3/\text{día m}^3$ , $\text{CH}_s = 2,44 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ día}$ , $\theta_r = 2,95\text{h}$**

En la Tabla N°1, se observan los valores promedios de los parámetros determinados en la ER, 1/3R y S.R., la magnitud de la desviación estándar de DQO, Turbiedad,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$  se debe a la variación estacional de la calidad del efluente de las lagunas facultativas, a lo largo del tiempo de ensayo (debida a los cambios climáticos).

	t °C	pH	Conduc. (µs/cm)	Turb. (NTU)	O.D (mg/L)	ORP (mv)	S.S.T (mg/L)	$\text{NH}_4^+$ (mg/L)	$\text{NO}_3^-$ (mg/L)	DQO (mg/L)
E.R	23,1±1,8	7,5±0,1	997±44	57±18	3,8±0,8	214±60	64±25	0,2±0,13	28,1±16,2	156±40
1/3R	24,3±1,3	7,7±0,2	1007±36	42±15	4,6±0,8	145±42	-	4,5±0,90	15,0±9,3	79±30
S.R	22,8±1,5	8,3±0,2	989±30	27±14	5,6±0,4	145±29	17±14	0,1±0,1	20,2±8,8	86±53

Tabla N°1: Ensayo N°1 – Parámetros Físicoquímicos a lo largo del FBA y su desviación estándar

La reducción de DQO a lo largo de la unidad es de 45% y la de la turbiedad 55%(Fig N°3).

Los valores de ORP a lo largo del equipo, indican que para la CH y tiempo de retención del ensayo no se producen condiciones reductoras en el seno de la corriente de efluente. En 1/3R se observa la reducción de  $\text{NO}_3^-$ , aumento pH y de  $\text{NH}_4^+$ , en SR la concentración de  $\text{NO}_3^-$  se incrementa, produciéndose la nitrificación parcial del  $\text{NH}_4^+$  (50%), luego de la inyección de aire, y el correspondiente incremento de OD (Fig.N°4).

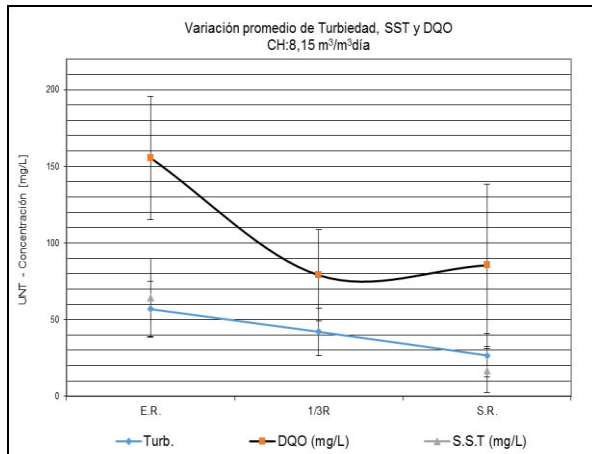


Fig. N°3. Ensayo N°1 variación DQO, Turb. y SST y su desviación estándar

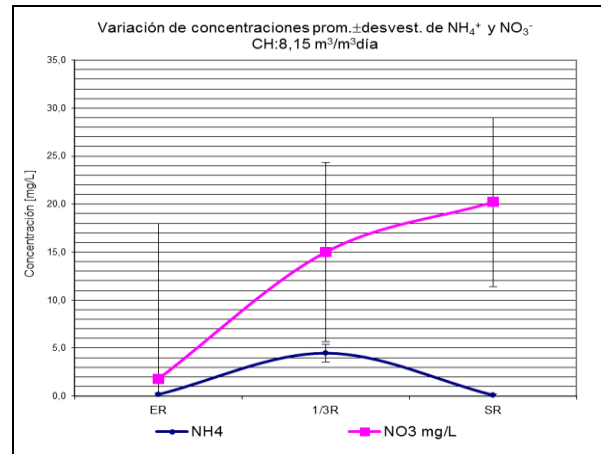


Fig. N°4. Ensayo N°1 variación  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$  y su desviación estándar

La media geométrica de Coliformes Totales pasa de  $7,1 \cdot 10^3$  en ER a  $3,3 \cdot 10^2$  NMP/100 ml en la SR., y la de Escherichia Coli de  $2,2 \cdot 10^2$  en ER a 97 NMP/100 ml en SR.

### **Ensayo N°2: $\text{CH}_v = 13,75 \text{ m}^3/\text{día m}^3$ , $\text{CH}_s = 4,13 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ día}$ , $\theta_r = 1,74\text{h}$**

Para las condiciones de  $\text{CH}_v$  ( $13,75 \text{ m}^3/\text{día m}^3$ ), y tiempo de retención ensayado (1,74h), la reducción de DQO es de 29% (Tabla N°2, Fig. N° 4).

	t °C	PH	Conduc. ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	Turb. (NTU)	O.D (mg/L)	ORP (mv)	S.S.T (mg/L)	$\text{NH}_4^+$ (mg/L)	$\text{NO}_3^-$ (mg/L)	DQO (mg/L)
E.R	17,9±1,9	7,5±0,3	998±66	39±9	4,2±0,4	179±25	56±29	6,9±5,6	30,0±22,4	159±29
1/3R	18,8±1,9	7,6±0,2	970±33	39±12	4,8±0,2	132±23	-	8,7±4,5	20,7±7,9	165±8
S.R	18,6±1,7	8,1±0,1	950±33	20±6	5,2±0,2	127±16	25±17	2,4±3,0	31,2±15,5	112±10

Tabla N°2: Ensayo N°2 – Parámetros Físicoquímicos a lo largo del FBA y su desviación estándar

En la Fig.N°5, se observó la reducción de  $\text{NO}_3^-$  desde ER a 1/3R y su posterior aumento hacia SR (luego de la inyección de aire). El  $\text{NH}_4^+$  se incrementa por hidrólisis de la materia orgánica desde ER a 1/3R, sin reducirse completamente por nitrificación en SR.

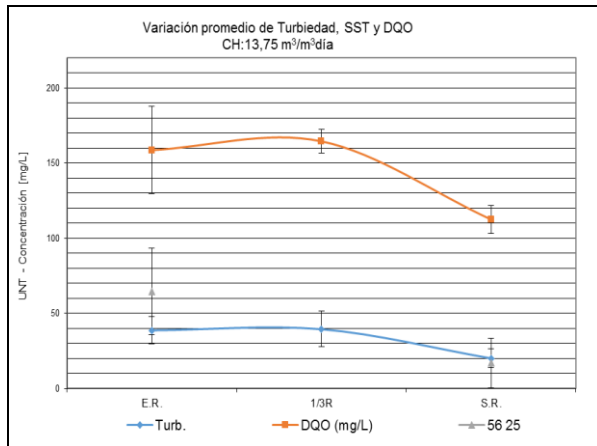


Fig. N°4. Ensayo N°2 variación DQO, Turb. y SST, a lo largo del FBA.

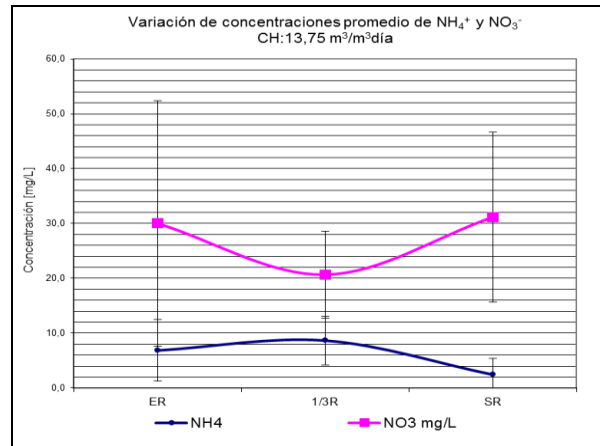


Fig. N°5. Ensayo N°2 variación  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$ , a lo largo del FBA.

La media geométrica de Coliformes Totales pasa de  $5,1 \cdot 10^3$  en ER a  $9,8 \cdot 10^2$  NMP/100 ml en la SR., y la de Escherichia Coli de  $1,4 \cdot 10^3$  en ER a 270 NMP/100 ml en SR.

**2.4. Ensayos efectuados con el FBA.b (0,87 L):**

En el FBA.b, se tomaron muestras para determinar los parámetros en la entrada del reactor (ER), a un tercio de la longitud del reactor (1/3R), a los dos tercios (2/3R) y en la salida (SR).

Ensayo N°3:  $\text{CHv} = 1,32 \text{ m}^3/\text{día m}^3$ ,  $\text{CHs} = 1,18 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ día}$ ,  $\theta_r = 18,23\text{h}$

Para las condiciones de  $\text{CHv}$  ( $1,32 \text{ m}^3/\text{día m}^3$ ), y tiempo de retención ensayado (18,23h), la reducción de DQO a lo largo de la unidad es del 67% y la de SST 91%, como se observa en la Tabla N° 3 y la Fig. N°6.

	t °C	pH	Conduc. (µs/cm)	Turb. (NTU)	O.D (mg/L)	ORP (mv)	S.S.T (mg/L)	$\text{NH}_4^+$ (mg/L)	$\text{NO}_3^-$ (mg/L)	DQO (mg/L)
E.R	22,0±2,8	8,5±0,3	1253±123	62,9±10	4,3±1,3	83,3±25	93±16	29,0±12	40±11	114±19
1/3R	21,5±2,6	8,1±0,6	1117±81	37,9±9	1,9±0,6	-102,0±19		29,0±17	4±3	83±17
2/3R	22,4±2,7	8,0±0,4	1230±31	30,8±11	4,8±0,9	-32,3±22		19,2±14	23±14	67±15
S.R	22,1±2,5	7,8±0,5	10987±32	6,6±5	5,7±0,6	97,3±18	8±4	0,2±	44±25	38±6

Tabla N°3 – Valores parámetros promedio ± desviación estándar durante ensayo FBA.b.1

Como se observa en las Fig. N°7 y N°8, los valores de ORP toman valores negativos en 1/3R del FBA, con reducción de  $\text{NO}_3^-$  y aumento de  $\text{NH}_4^+$ . Luego de la inyección de aire en 2/3R, se produce el incremento de  $\text{NO}_3^-$ , y la reducción de  $\text{NH}_4^+$ , completándose la

nitrificación en la SR. (Fig.N°7 y Fig. N°8), de acuerdo a lo indicado en [6] y [7].

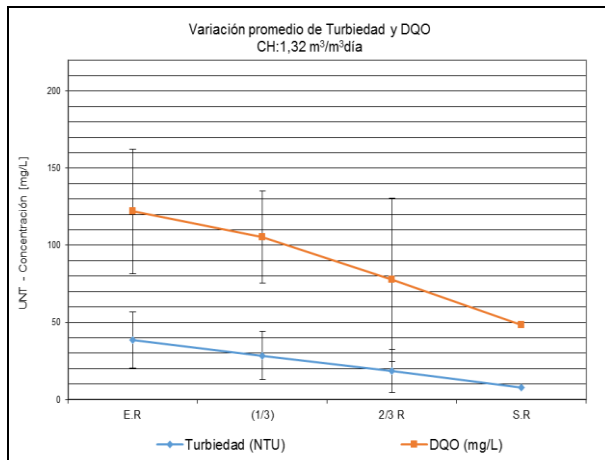


Fig. N°6. Ensayo N°3 variación de DQO y Turbiedad a lo largo del FBA.

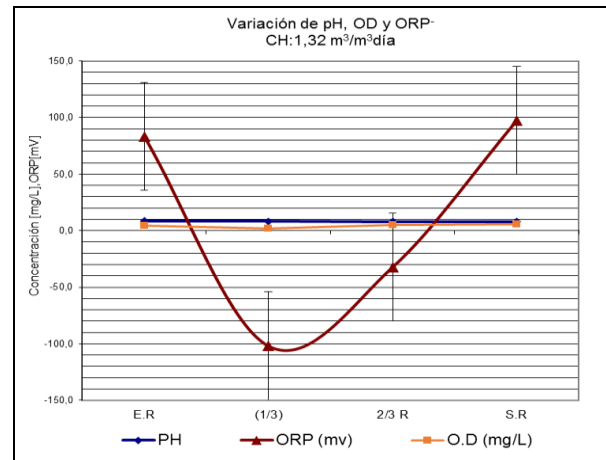


Fig. N°7. Ensayo N°3 variación pH, ORP y OD a lo largo del FBA.

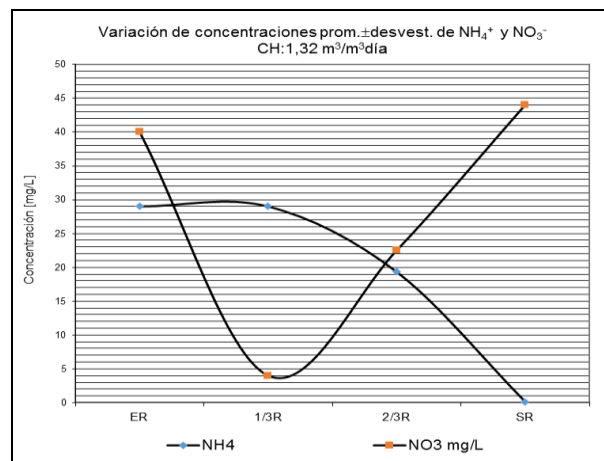


Fig. N°8. Ensayo N°3 variación NH<sub>4</sub><sup>+</sup> y NO<sub>3</sub><sup>-</sup> a lo largo del FBA.

La media geométrica de Coliformes Totales pasa de  $6,5 \cdot 10^3$  en ER a 35 NMP/100 ml en la SR., y la de Escherichia Coli de 71 en ER a 22 NMP/100 ml en SR.

Ensayo N°4:  $CH_v = 2,71 \text{ m}^3/\text{día m}^3$ ,  $CH_s = 2,44 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ día}$ ,  $\theta_r = 8,84\text{h}$

Para las condiciones de  $CH_v$  ( $2,71 \text{ m}^3/\text{día m}^3$ ), y tiempo de retención ensayado (8,84h), la reducción de DQO a lo largo de la unidad es del 59%, la Turbiedad del 79% y los SST 83%, como se observa en la Tabla N°4 y Fig. N°9.

	t °C	pH	Conduc. (µs/cm)	Turb. (NTU)	O.D (mg/L)	ORP (mv)	S.S.T (mg/L)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	DQO (mg/L)
E.R	21,0±3,1	8,6±0,1	1203±151	39±7	3,7±1,6	79±39	58±10	48,5±19,9	15±7	122±12
1/3R	20,8±2,4	8,1±0,5	1257±74	28±7	2,7±0,8	-137±22		49,0±20,7	8±7	105±18
2/3R	21,4±2,7	8,0±0,5	1097±26	18±6	4,3±1,0	-25±37,9		27,8±18,3	52±18	78±19
S.R	21,1±2,3	8,1±0,3	1027±28	8±3	5,1±0,2	87±12,9	10±6	0,1±	63±31	49±9

Tabla N°4 – Valores parámetros promedio ± desviación estándar durante ensayo FBA.b.2

Las variaciones ORP, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> y NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, resultaron análogas a las del Ensayo N°3, como se observa en Tabla N°4, y las Fig. N°10 y Fig. N°11, y lo indicado en [6] y [7].

En la Fig. N°11 se observa la nitrificación (reducción de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> entre 1/3R y SR) y el incremento de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> luego de aireación que se produce en 2/3R.

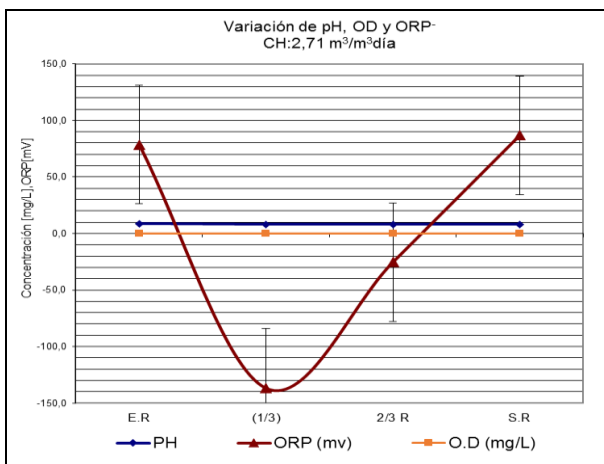


Fig. N°10 Ensayo N°4, variación de pH, ORP y OD a lo largo del FBA.

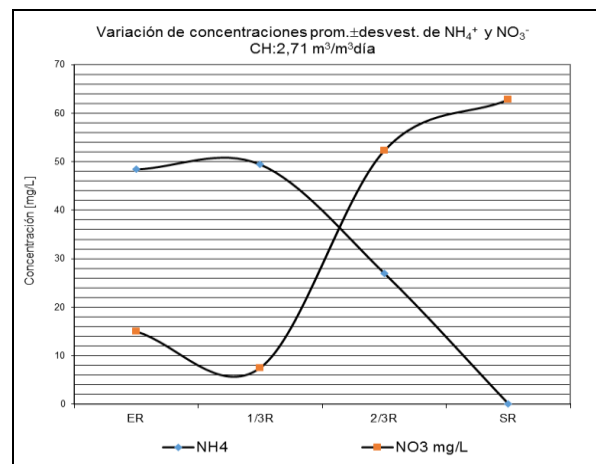


Fig. N°11. Ensayo N°4, variación de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> a lo largo del FBA.

La media geométrica de Coliformes Totales pasa de 2,1 10<sup>4</sup> en ER a 4,2 10<sup>2</sup> NMP/100 ml en la SR., y la de Escherichia Coli de 2,8 10<sup>3</sup> en ER a 138 NMP/100 ml en SR.

### 3. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

La Tabla N°5, muestra la relación entre los valores de CHv desde 1,32 a 13,75 m<sup>3</sup>/día m<sup>3</sup> y CHs entre 1,18 y 4,13 m<sup>3</sup>/día m<sup>2</sup>, con los % de reducción de DQO, Turbiedad y Nitrificación, esta información permite el dimensionamiento de unidades de FBA, de acuerdo al % de reducción de carga que se requiera obtener. Se observa en general la disminución de los % de reducción con el incremento de la CHv.

El análisis de la eficiencia de reducción de los parámetros como NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> debe ser efectuado, considerando la variación estacional de la composición del efluente de las Lagunas Facultativas alimentado al filtro (ER), debida a la variación climática a lo largo del período de ensayos como se ve en las Tablas N°1, N°2, N°3 y N°4.

Parámetro	Reducción			
	FBA.b		FBA.a	
Ensayo	b.1	b.2	a.1	a.2
CHv (m <sup>3</sup> /día m <sup>3</sup> )	1,32	2,71	8,15	13,75
θr (horas)	18,23	8,84	2,95	1,74
CHs (m <sup>3</sup> /día m <sup>2</sup> )	1,18	2,44	2,44	4,13
DQO %	66%	60%	45%	29%
SST %	91%	83%	74%	55%
Turbiedad %	89%	79%	53%	48%
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> %	99,6%	99,8%	50%	65%

Tabla N°5 – Valores de reducción de los parámetros, para los FBA.a y FBA.b para distintas CHv.

Los valores de reducción en los ensayos b.1 y b.2, con CHv 1,32 a 2,71 m<sup>3</sup>/día m<sup>3</sup>, resultaron comparables a los obtenidos indicados previamente [3] con reducción de DQO (82% a 75%), SST (94% a 76%) y nitrificación 99% para CHv de 0,19 m<sup>3</sup>/día m<sup>3</sup>s a 0,7 m<sup>3</sup>/día m<sup>3</sup> con relleno de árido 20 mm de diámetro equivalente y por [2] para la nitrificación (60% a 90%) y reducción de SST (80% a 90%) para filtros de roca aireados con diámetro equivalente de 40 a 100 mm, operando con CHv de 0,3 m<sup>3</sup>/día m<sup>3</sup>.

Respecto a la reducción de carga bacteriológica (Coliformes Totales y Escherichia Coli) a lo largo de los FBA, los valores de Coliformes Totales en la SR resultaron inferiores a 10<sup>3</sup>, y los de Escherichia Coli a 3 10<sup>2</sup>, con reducciones de 1 a 2 órdenes de magnitud.

Parámetro	Punto toma muestra	Filtro			
		FBA.b		FBA.a	
		b.1	b.2	a.1	a.2
<i>Coliformes Totales</i> (NMP/100 mL) (Promedio Geométrico)	ER	7,1 10 <sup>3</sup>	5,1 10 <sup>3</sup>	6,5 10 <sup>3</sup>	2,1 10 <sup>4</sup>
	SR	3,3 10 <sup>2</sup>	9,8 10 <sup>2</sup>	3,5 10 <sup>1</sup>	4,2 10 <sup>2</sup>
<i>Escherichia Coli</i> (NMP/100 mL) (Promedio Geométrico)	ER	2,2 10 <sup>2</sup>	1,4 10 <sup>3</sup>	7,1 10 <sup>1</sup>	2,8 10 <sup>3</sup>
	SR	9,7 10 <sup>1</sup>	2,70 10 <sup>2</sup>	2,2 10 <sup>1</sup>	1,38 10 <sup>2</sup>

Tabla N°6 – Reducción de carga bacteriológica Coliforme Total y Escherichia Coli.

En todos los ensayos realizados tanto con el FBA.a como con el FBA.b, el % de remoción de SST se redujo con el aumento de la CHv, como se observa en las Tablas N°1, N°2, N°3 y N°4, y en la gráfica de la Fig. N°12.

A lo largo del período de desarrollo de las tareas experimentales (aproximadamente cuatro meses), con cada FBA (operando en forma continua a caudal constante), no se observó obstrucción y las pérdidas de carga en cada filtro se mantuvieron en valores de 4 a 18 mm de columna de agua, al variar el caudal de efluente desde 1,4 L/día a 4 L/día.



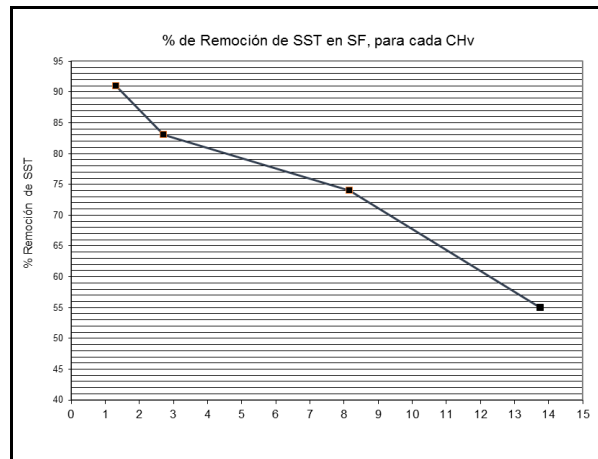


Fig. N°12. % de Remoción de SST en la SR, para cada CHv

#### 4. CONCLUSIÓN

Los resultados anteriores muestran la capacidad de los FBA, de operar como sistemas de post tratamiento para agua residual urbana tratada mediante Lagunas Facultativas.

La reducción observada en los parámetros de carga contaminante: DQO, SST, Turbiedad,  $\text{NH}_4^+$  y bacteriología (indicados en las Tablas N°5 y N°6), permiten mitigar el impacto ambiental del vertidos del agua post tratada, sobre los cuerpos receptores y/o posibilitar el reúso en riego con menor restricción [1], o como insumo en actividades de servicio o industriales (Ley XI N°35 y su Decreto Reglamentario N°1540/16).

Operando el FBA con CHv 1,32 a 2,71  $\text{m}^3/\text{día m}^3$ , los % de reducción obtenidos para los parámetros indicados en las Tablas N°5 y N°6, muestran la posibilidad del desarrollo de unidades de post tratamiento compactas.

A pesar de que se operó en forma continua, no se observó incremento de la pérdida de carga por obstrucción o crecimiento de biopelícula (manteniéndose ésta proporcional al caudal alimentado).

Como próxima etapa en la investigación se contempla construir, una planta de post tratamiento mediante FBA de escala demostrativa (dentro del predio de la Planta de Tratamiento Biológico de la ciudad de Puerto Madryn), objetivo formalizado mediante un convenio específico suscripto entre la Municipalidad de Puerto Madryn y la Facultad de Ingeniería de la UNPSJB. Con ésta planta se llevarán adelante ensayos para detectar probables inconvenientes operativos que no se produjeron durante los ensayos de laboratorio (ensuciamiento, pérdida de carga, olores, aparición de insectos), y estudiar estrategias para resolverlos (respectivamente períodos anóxicos o sin alimentación, aumento de caudal para incrementar la remoción de biopelícula por fricción, o aumento de espesor del estrato seco superficial).

#### 5. AGRADECIMIENTO

Se agradece la colaboración prestada para la concreción del presente estudio, por el personal técnico y de dirección de la Secretaría de Ecología y Protección Ambiental (SEPA), de la

Municipalidad de Puerto Madryn, facilitando (en el marco del Convenio de Cooperación existente), información sobre el sistema de tratamiento biológico secundario existente y el acceso para la toma del agua residual tratada para los ensayos.

## REFERENCIAS

- [1] OMS (World Health Organization), *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and grey water: Policy and regulatory aspects*. OMS, Switzerland. (2006)
- [2] Mara, D.D. y Johnson, M.L., “Aerated rock filters for enhanced ammonia and fecal coliform Removal from Facultative Pond Effluents”, *Journal of Environmental Engineering*, ASCE, 574-577, (2006).
- [3] Ambrosio, M.J., Calzetta C., “Filtro de Roca Aireado, Nitrificación y Desnitrificación bajo Distintas Cargas”, *Resumen 19º Congreso Argentino de Saneamiento y Medio Ambiente*, Buenos Aires (2014).
- [4] APHA, AWWA, WEF, *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 20th Ed., APHA-AWWA-WEF, Washington, D.C., (1998)
- [5] EPA, *Rock Media Polishing Filter for Lagoons, Wastewater Technology Fact Sheet*, EPA Office of Water, Washington, D.C., (2002).
- [6] Gerardi, M. H., “Reduction Potential and Wastewater Treatment”, *Interstate Water Report*, Water Pollution Control Commission (NEIWPC), (2007).
- [7] Myers M. y Okey R., “The Use Of Oxidation-Reduction Potential As A Means Of Controlling Effluent Ammonia Concentration In An Extended Aeration Activated Sludge System”, *WEFTEC*, (2007).