



UNIVERSITAT_{DE}
BARCELONA

Tratamiento terciario de aguas residuales por infiltración-percolación: parámetros de control

Montserrat Folch Sánchez



Aquesta tesi doctoral està subjecta a la llicència **Reconeixement- Compartigual 4.0. Espanya de Creative Commons.**

Esta tesis doctoral está sujeta a la licencia **Reconocimiento - Compartigual 4.0. España de Creative Commons.**

This doctoral thesis is licensed under the **Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0. Spain License.**

Departament de Productes Naturals, Biologia Vegetal Sanitaria i Edafologia
Facultat de Farmàcia
Universitat de Barcelona

**TRATAMIENTO TERCIARIO DE AGUAS RESIDUALES
POR INFILTRACION-PERCOLACION : PARAMETROS
DE CONTROL.**

Memoria presentada per
MONTSERRAT FOLCH SANCHEZ
para optar al grado de Doctor en Farmacia

El director de la tesis:



Dr. Miquel Salgot i de Marçay
Profesor Titular de Farmacia
Departament de Productes Naturals,
Biologia Vegetal Sanitaria i Edafologia
Facultat de Farmàcia
Universitat de Barcelona

Barcelona, Agost 1997

BIBLIOTECA DE LA UNIVERSITAT DE BARCELONA



0700992436

3.2.2. Periodo 1995-97

En la tabla.3.108. se indican para cada columna de laboratorio las cargas hidráulicas aplicadas y el número de aplicaciones en que fue dividida cada carga.

Columna	Carga hidráulica	Carga hidráulica dividida en "n" aplicaciones
C1	0,165 m.día ⁻¹	n=2
	0,247 m.día ⁻¹	n=3
	0,330 m.día ⁻¹	n=4
	0,412 m.día ⁻¹	n=5
	0,495 m.día ⁻¹	n=6
C2	0,165 m.día ⁻¹	n=2
	0,247 m.día ⁻¹	n=3
	0,330 m.día ⁻¹	n=4
	0,412 m.día ⁻¹	n=5
	0,495 m.día ⁻¹	n=6
C3	0,165 m.día ⁻¹	n=2
	0,247 m.día ⁻¹	n=3
	0,330 m.día ⁻¹	n=4
	0,412 m.día ⁻¹	n=5
	0,495 m.día ⁻¹	n=6

3.2.2.1. Columna C1

Agua procedente de la depuradora de Sant Feliu de Llobregat.

Datos de funcionamiento

Carga hidráulica 0,165 m.día⁻¹ en 2 aplicaciones diarias : <ul style="list-style-type: none"> • carga hidráulica por aplicación 8,24.10⁻² m • tiempo de riego por aplicación 10 minutos • 15 abril-25 abril 1996
--

Parámetros fisico-químicos**Nitrógeno**

Tabla 3.109. : Resultados del nitrógeno para la carga 0,165 m.día⁻¹ en 2 aplicaciones. C1

Día	E N-NTK (mgL ⁻¹)	E N-NH ₄ ⁺ (mgL ⁻¹)	E N-NO ₃ ⁻ (mgL ⁻¹)	S N-NTK (mgL ⁻¹)	S N-NH ₄ ⁺ (mgL ⁻¹)	S N-NO ₃ ⁻ (mgL ⁻¹)	%nitrificación
15-abr	24,56	22,74	4,11	4,70	4,38	23,22	77,81
16-abr	23,98	22,98	3,95	2,86	2,16	23,50	81,53
17-abr	23,45	22,45	4,32	4,06	3,84	22,01	75,44
18-abr	22,12	20,98	4,03	2,81	1,73	19,55	70,16
19-abr	21,23	19,97	3,88	3,43	2,00	21,10	81,11
23-abr	22,05	20,89	3,98	2,81	2,43	23,21	87,21
24-abr	21,99	17,99	4,13	3,81	2,21	20,25	73,31
25-abr	22,12	18,85	4,21	2,27	2,27	20,99	75,86
media	22,69	20,86	4,07	3,34	2,63	21,73	77,83
σ	1,16	1,84	0,15	0,80	0,95	1,49	5,36

- Las entradas de N-NTK, N-NH₄⁺ y N-NO₃⁻ al sistema son prácticamente constantes, presentando desviaciones estándar de 1,16; 1,84 y 0,15 respectivamente. Se observa una entrada media en nitrógeno de 26,76 mgL⁻¹ N (N-NTK+N-NO₃⁻), habiendo una diferencia entre el valor máximo y el mínimo de 3,56 mgL⁻¹. A la vista de estos resultados podemos considerar el agua de entrada a la columna homogénea en este periodo de funcionamiento.
- En la entrada, más del 77 % del nitrógeno es N-NH₄, y aproximadamente el 15 % es N-NO₃⁻, siendo el N-orgánico aproximadamente un 8 %.

- Las salidas de N-NTK y N-NH₄⁺ son prácticamente constantes, presentando desviaciones estándar de 0,80 y 0,95 respectivamente. Para el N-NTK hay una diferencia entre el valor máximo y el mínimo de 2,43 mgL⁻¹, siendo la media de 3,34 mgL⁻¹. Para el N-NH₄⁺ la diferencia entre el máximo y el mínimo es de 2,65 mgL⁻¹ para una media de 2,63 mgL⁻¹.
- Las salidas de N-NO₃⁻, presentan una desviación estándar de 1,49, para una media de 21,73 mgL⁻¹
- Los procesos de nitrificación no sufren variaciones importantes según nuestros datos, ya que para una media de 77,83 hay una desviación estándar de 5,36 ; con un valor mínimo del 70 % y un valor máximo del 87 % de nitrificación.
- Durante este ciclo de funcionamiento, la columna presenta un comportamiento homogéneo.

Demanda química de oxígeno.

Tabla 3.110. : Resultados de DQO para la carga hidráulica 0,165 m.día⁻¹ en 2 aplicaciones. C1

Día	E DQO (mgL ⁻¹)	S DQO (mgL ⁻¹)	%reducción
15-abr	192,94	76,75	60,22
16-abr	192,94	79,30	58,90
17-abr	62,89	30,23	51,93
18-abr	83,15	33,84	59,30
19-abr	67,16	21,20	68,43
23-abr	148,17	57,20	61,40
24-abr	185,40	70,00	62,24
25-abr	160,58	69,35	56,81
media	156,18	62,55	59,95
σ	56,76	23,00	4,71

- La entrada de DQO durante este ciclo de funcionamiento presenta una desviación estándar de 56,76 y hay una diferencia entre el mínimo y el máximo de 130,05 mgL⁻¹, para una media de 156,18 mgL⁻¹. El agua de entrada presenta una gran heterogeneidad respecto a la DQO.

- En cuanto al agua de salida de la columna, se observa una desviación estándar de 23,00 y hay una diferencia entre el valor mínimo y el máximo de $58,10 \text{ mgL}^{-1}$.
- Se observa una media de reducción de DQO del 59,95 % a lo largo de este ciclo de funcionamiento.

pH y conductividad

Tabla 3.111. : Resultados de pH y conductividad para la carga hidráulica $0,165 \text{ m.día}^{-1}$ en 2 aplicaciones. C1

Día	E pH	S pH	E C.E. (μScm^{-1})	S C.E. (μScm^{-1})
15-abr	7,72	7,10	1850	1491
16-abr	7,35	7,48	1862	1727
17-abr	7,73	7,29	1720	1850
18-abr	7,22	7,73	1680	1900
19-abr	7,22	7,22	1839	1711
23-abr	7,19	7,22	1795	1849
24-abr	7,58	7,35	1870	2010
25-abr	7,35	7,24	1745	1940
media	7,42	7,33	1795	1810
σ	0,23	0,20	72,14	163,26

- Ambos parámetros presentan mínimas variaciones a lo largo de este ciclo de funcionamiento, tanto en entradas como en salidas. Podemos afirmar que no hay cambios en estos parámetros en la columna, al comparar entradas y salidas.

Sólidos en suspensión

Tabla 3.112. : Resultados de sólidos en suspensión para la carga hidráulica $0,165 \text{ m.día}^{-1}$ en 2 aplicaciones. C1

Día	E SS (mgL^{-1})	S SS (mgL^{-1})	% reducción
15-abr	9,0	1,0	89
17-abr	10,0	2,0	80
19-abr	8,0	1,0	88
23-abr	9,0	0,5	94
media	9,0	1,13	88
σ	0,82	0,63	5,95

- La entrada en sólidos en suspensión presenta una media de $9,0 \text{ mgL}^{-1}$, con una desviación estándar de 0,82; por lo que podemos considerar una entrada homogénea durante este periodo de funcionamiento.
- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,63 para una media de $1,13 \text{ mgL}^{-1}$. Se consigue un 88 % de reducción.

Parámetros microbiológicos

Coliformes fecales

Ver el apartado "muestreo" de material y métodos.

Tabla 3.113 . : Resultados de coliformes fecales para la carga hidráulica $0,165 \text{ m.día}^{-1}$ en 2 aplicaciones. C1(17/4/96)

horas	E log (UFC/100ml)	S log (UFC/100ml)	reducción
1	4,85	1,38	3,47
2		1,34	3,51
3		1,14	3,71
4		1,07	3,78
5		1,14	3,71
6		1,07	3,78
7		1,07	3,78
8		1,11	3,74
9		1,00	3,85
10		0,69	4,16
11		0,69	4,16
12		0,60	4,25
media		1,03	3,83
σ		0,25	

- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,25 para una media de 1,03 unidades logarítmicas.
- La media de 12 horas de muestreo presenta una reducción de 3,83 unidades logarítmicas; la máxima reducción se observa para las tres últimas horas de muestreo.

Tabla 3.114. : Resultados de coliformes fecales para la carga hidráulica 0,165 m.día⁻¹ en 2 aplicaciones. C1 (25/4/96)

horas	E log (UFC/100ml)	S log (UFC/100ml)	reducción
1	5,60	1,97	3,63
2		1,54	4,06
3		1,79	3,81
4		1,56	4,04
5		1,56	4,04
6		1,39	4,21
7		1,41	4,19
8		1,39	4,21
9		1,34	4,26
10		1,46	4,14
11		0,00	5,60
12		0,00	5,60
media		1,28	4,32
σ		0,63	

- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,63 para una media de 1,28 unidades logarítmicas.
- La media de 12 horas de muestreo presenta una reducción de 4,32 unidades logarítmicas; la máxima reducción se observa para las dos últimas horas de muestreo

En general para los dos días de muestreo el agua de entrada presenta una media de 5,22 unidades logarítmicas, y tiene lugar una reducción de 4,07 unidades logarítmicas.

Colifagos CN13 y F⁺

Ver el apartado "muestreo" de material y métodos.

Tabla 3.115. : Resultados de colifagos CN13, F⁺ para la carga hidráulica 0,165 m.día⁻¹ en 2 aplicaciones. C1 17/4/96 ; 25/4/96

Colifagos CN 13

Día	E log UFP/100ml	S log UFP/100ml	reducción
17-abr	4,50	1,00	3,50
25-abr	4,50	1,00	3,50
media	4,50	1,00	3,50
σ	0,00	0,00	

Colifagos F⁺

Día	E log UFP/100ml	S log UFP/100ml	reducción
17-abr	1,90	0,00	1,90
25-abr	1,70	0,00	1,70
media	1,80	0,00	1,80
σ	0,14	0,00	

(17/4/96)

- En el agua de salida se consigue una reducción de 3,50 unidades logarítmicas en colifagos CN13
- Se consigue una reducción total en colifagos F⁺

(25/4/96)

- Se observa una disminución de 3,50 unidades logarítmicas en colifagos CN13
- Se consigue una reducción total en colifagos F⁺

En ambos casos

- Los resultados, tanto a la entrada como a la salida, de colifagos CN13 no presentan variaciones, se consigue una reducción de 3,5 unidades logarítmicas.
- La entrada de colifagos F⁺, presenta una desviación estándar de 0,14; la reducción es total.

Datos de funcionamiento**Carga hidráulica 0,247 m.día⁻¹ en
3 aplicaciones diarias :**

- carga hidráulica por aplicación $8,24 \cdot 10^{-2}$ m
- tiempo de riego por aplicación 10 minutos
- 2 mayo-6 junio 1996

Parámetros físico-químicos**Nitrógeno**Tabla 3.116 : Resultados del nitrógeno para la carga hidráulica 0,247 m.día⁻¹ en 3 aplicaciones. C1

Día	E N-NTK (mgL ⁻¹)	E N-NH ₄ ⁺ (mgL ⁻¹)	E N-NO ₃ ⁻ (mgL ⁻¹)	S N-NTK (mgL ⁻¹)	S N-NH ₄ ⁺ (mgL ⁻¹)	S N-NO ₃ ⁻ (mgL ⁻¹)	%nitrificación
15-may	23,00	16,80	0,00	1,40	1,80	14,28	62,09
16-may	23,50	17,50	0,00	2,48	1,74	14,24	60,60
17-may	24,50	17,00	0,00	4,35	2,27	23,66	96,57
22-may	24,05	22,04	0,00	4,08	2,68	16,77	69,73
23-may	24,58	22,90	0,00	3,75	2,88	16,68	67,86
4-jun	19,85	21,12	4,08	1,67	1,27	23,38	97,23
6-jun	21,35	21,11	4,08	3,28	2,14	18,71	68,52
media	22,98	19,78	1,17	3,00	2,11	18,25	74,34
σ	1,77	2,59	1,99	1,17	0,56	3,92	15,56

- Las entradas de N-NTK, N-NH₄⁺ y N-NO₃⁻ presentan desviaciones estándar de 1,77; 2,59 y 1,99 respectivamente. La diferencia entre el valor máximo y el mínimo de N-NTK es de 4,73 mgL⁻¹, mientras que para el N-NH₄ es de 6,10 mgL⁻¹, siendo de 4,08 mgL⁻¹ para el N-NO₃.
- En la entrada el 81 % del nitrógeno está en forma de N-NH₄⁺, el 13 % en forma de N-orgánico y el 5 % restante en forma de N-NO₃⁻.
- Las salidas de N-NTK y N-NH₄⁺ presentan una desviación estándar de 1,17 y 0,56 respectivamente, y hay una diferencia entre el máximo y el mínimo de 2,95 mgL⁻¹ para el N-NTK y de 1,61 mgL⁻¹ para N-NH₄⁺.

- Las salidas de N-NO_3^- presentan una variación mayor ya que la diferencia entre el valor máximo y el mínimo es de $9,42 \text{ mgL}^{-1}$, la desviación estándar es de 3,92.
- El día 4 de junio, se alcanza el 96 % de nitrificación; es importante resaltar que la columna dejó de recibir agua en una de las aplicaciones por un problema en el sistema de riego, por lo que este pico de nitrificación puede atribuirse a un tiempo de reposo mayor entre aplicaciones; el agua del último riego permaneció un tiempo medio mayor en el interior de la columna.
- El N-NTK representa el 4 % de nitrógeno total a la salida, siendo el 86 % nitrógeno en forma de N-NO_3^- .

Demanda química de oxígeno.

Tabla 3.117.: Resultados de DQO para la carga hidráulica $0,247 \text{ m.día}^{-1}$ en 3 aplicaciones. C1

Día	E DQO (mgL^{-1})	S DQO (mgL^{-1})	%reducción
15-may	128,26	20,60	83,94
16-may	126,14	60,20	52,28
17-may	127,20	36,04	71,67
22-may	63,22	26,50	58,08
23-may	60,45	21,12	65,06
4-jun	59,60	23,30	60,91
6-jun	60,01	22,21	62,99
media	89,27	30,00	66,40
σ	35,51	14,34	10,28

- La entrada de DQO durante este ciclo de funcionamiento presenta una desviación estándar de 35,51 y hay una diferencia entre el mínimo y el máximo de $68,66 \text{ mgL}^{-1}$, para una media de $89,27 \text{ mgL}^{-1}$. El agua de entrada presenta una gran heterogeneidad respecto a la DQO.
- En cuanto al agua de salida de la columna, se observa una desviación estándar de 14,34; y hay una diferencia entre el valor mínimo y el máximo de $39,6 \text{ mgL}^{-1}$.
- Se observa una media de reducción de DQO del 66,40 % a lo largo de este ciclo de funcionamiento.
- Se consigue el máximo de oxidación el día 15 de mayo.

pH y conductividad

Tabla 3.118. : Resultados del pH y conductividad para la carga hidráulica 0,247 m.día⁻¹ en 3 aplicaciones. C1

Día	E pH	S pH	E C.E. (μScm^{-1})	S C.E. (μScm^{-1})
15-may	7,35	7,30	1800	1725
16-may	7,22	7,30	1855	1780
17-may	7,27	7,25	1890	1824
22-may	7,58	7,27	1756	1840
23-may	7,45	7,45	1825	1785
4-jun	7,34	7,40	1856	1800
6-jun	7,24	7,36	1796	1839
media	7,35	7,33	1825	1799
σ	0,13	0,07	45,30	40,70

- Ambos parámetros presentan mínimas variaciones a lo largo de este ciclo de funcionamiento, tanto en entradas como en salidas. Podemos afirmar que no hay cambios en estos parámetros en la columna, al comparar entradas y salidas

Sólidos en suspensión

Tabla 3.119. : Resultados de sólidos en suspensión para la carga hidráulica 0,247 m.día⁻¹ en 3 aplicaciones. C1

Día	E SS (mgL^{-1})	S SS (mgL^{-1})	% reducción
15-may	7,0	0,5	93
17-may	6,0	0,5	92
22-may	8,0	2,0	75
4-jun	7,0	1,0	86
media	7,0	1,00	86
σ	0,82	0,71	8,16

- La entrada de sólidos en suspensión presenta una media de 7,0 mgL^{-1} , con una desviación estándar de 0,82; por lo que podemos considerar una entrada homogénea de sólidos en suspensión durante este periodo de funcionamiento.
- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,71, para una media de 1,00 mgL^{-1} . Se consigue un 86 % de reducción.

Parámetros microbiológicos**Coliformes fecales**

Ver el apartado "muestreo" de material y métodos.

Tabla 3.120. : Resultados de coliformes fecales para la carga hidráulica $0,247 \text{ m.día}^{-1}$ en 3 aplicaciones. C1 (15/5/96)

hora	E log (UFC/100ml)	S log (UFC/100ml)	reducción
1	5,23	1,79	3,44
2		1,81	3,42
3		1,94	3,29
4		1,64	3,59
5		1,02	4,21
6		1,14	4,09
7		1,11	4,12
8		1,11	4,12
media		1,45	3,79
σ		0,38	

- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,38 para una media de 1,45 unidades logarítmicas.
- La media de 8 horas de muestreo presenta una reducción de 3,79 unidades logarítmicas; la máxima reducción se observa para las dos últimas horas de muestreo

Tabla 3.121. : Resultados de coliformes fecales para la carga hidráulica $0,247 \text{ m.día}^{-1}$ en 3 aplicaciones. C1 (22/5/96)

hora	E log (UFC/100ml)	S log (UFC/100ml)	reducción
1	4,79	0,90	3,89
2		1,74	3,05
3		1,50	3,29
4		1,80	2,99
5		1,85	2,94
6		1,80	2,99
7		1,50	3,29
8		1,50	3,29
media		1,57	3,22
σ		0,31	

- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,31 para una media de 1,57 unidades logarítmicas.
- La media de 8 horas de muestreo presenta una reducción de 3,22 unidades logarítmicas.

Tabla 3.122. : Resultados de coliformes fecales para la carga hidráulica 0,247 m.día⁻¹ en 3 aplicaciones. C1 (6/6/96)

hora	E log (UFC/100ml)	S log (UFC/100ml)	reducción
1	5,10	1,14	3,96
2		0,90	4,20
3		1,92	3,18
4		1,80	3,30
5		1,90	3,20
6		1,85	3,25
7		1,50	3,60
8		1,50	3,60
media		1,56	3,54
σ		0,45	

- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,45 para una media de 1,56 unidades logarítmicas.
- La media de 8 horas de muestreo presenta una reducción de 3,54 unidades logarítmicas.

Respecto a los tres días de muestreo para esta carga hidráulica de 0,247 m.día⁻¹ el agua de entrada a la columna presenta variaciones de un logaritmo y como media de reducción se llegan a alcanzar aproximadamente 3,52 unidades logarítmicas

Colifagos CN13 ; F⁺

Ver el apartado "muestreo" de material y métodos.

Tabla 3.123. : Resultados de colifagos CN13, F⁺ para la carga hidráulica 0,247 m.día⁻¹ en 3 aplicaciones. C1 15/5/96 ; 6/6/96

Colifagos CN13

Día	E log UFP/100ml	S log UFP/100ml	reducción
15-may	4,07	1,00	3,07
6-jun	4,33	0,00	4,33
media	4,20	0,50	3,70
σ	0,18	0,71	

Colifagos F⁺

Día	E log UFP/100ml	S log UFP/100ml	reducción
15-may	2,70	1,00	1,70
6-jun	3,38	0,00	3,38
media	3,04	0,50	2,54
σ	0,48	0,71	

(15/5/96)

- En el agua de salida se consigue una reducción de 3,07 unidades logarítmicas en cuanto al número de colifagos CN13
- Se consigue una reducción total en colifagos F⁺

(6/6/96))

- Se observa una reducción total tanto para colifagos F⁺, como CN13.
- La entrada de colifagos CN13 presenta desviación estándar de 0,18 y una media de reducción de 3,70 unidades logarítmicas.
- La entrada de colifagos F⁺, presenta una desviación estándar de 0,48. La reducción es de 2,54.

Datos de funcionamiento

Carga hidráulica 0,330 m.día⁻¹ en 4 aplicaciones diarias: <ul style="list-style-type: none"> • carga hidráulica por aplicación 8,24.10⁻² m • tiempo de riego por aplicación 10 minutos • 28 junio-18 julio 1996

Parámetros físico-químicos**Nitrógeno**

Tabla 3.124.: Resultados del nitrógeno para la carga hidráulica 0,330 m.día⁻¹ en 4 aplicaciones. C1

Día	E N-NTK (mgL ⁻¹)	E N-NH ₄ ⁺ (mgL ⁻¹)	E N-NO ₃ ⁻ (mgL ⁻¹)	S N-NTK (mgL ⁻¹)	S N-NH ₄ ⁺ (mgL ⁻¹)	S N-NO ₃ ⁻ (mgL ⁻¹)	%nitrificación
3-jul	27,70	25,41	0,81	4,22	1,61	15,50	53,03
4-jul	27,20	25,32	0,82	3,88	3,35	19,37	68,20
5-jul	28,27	25,66	0,80	4,75	2,61	21,12	71,88
10-jul	24,52	21,16	0,21	4,42	3,28	17,17	69,17
11-jul	24,32	20,36	0,23	2,41	2,34	18,41	74,75
12-jul	24,42	21,97	0,20	3,88	3,15	15,10	61,02
17-jul	25,79	23,51	0,21	3,01	2,74	14,82	56,65
18-jul	25,07	22,98	0,22	3,01	2,88	24,17	95,53
media	25,91	23,30	0,44	3,70	2,75	18,21	68,58
σ	1,60	2,04	0,31	0,81	0,57	3,27	13,18

- Las entradas de N-NTK, N-NH₄⁺ y N-NO₃⁻ son prácticamente constantes, presentando desviaciones estándar de 1,60; 2,04 y 0,31 respectivamente. Se observa una entrada media en nitrógeno de 26,35 mgL⁻¹ N (N-NTK+N-NO₃⁻), habiendo una diferencia entre el valor máximo y el mínimo de 4,52 mgL⁻¹. A la vista de estos resultados podemos considerar el agua de entrada a la columna como homogénea en este periodo de funcionamiento.
- En la entrada, más del 88 % del nitrógeno es N-NH₄⁺, y aproximadamente el 2 % es N-NO₃⁻, siendo el N-orgánico aproximadamente un 10 %
- Las salidas de N-NTK y N-NH₄⁺ son prácticamente constantes, presentando desviaciones estándar de 0,81 y 0,57 respectivamente. Para el N-NTK hay una diferencia entre el valor máximo y el mínimo de 2,34 mgL⁻¹, siendo la media de 3,70

mgL⁻¹. Para el N-NH₄⁺ la diferencia entre el máximo y el mínimo es de 1,74 mgL⁻¹, para una media de 2,75 mgL⁻¹.

- Las salidas de N-NO₃⁻, presentan una desviación estándar de 3,27 para una media de 18,21 mgL⁻¹
- Los procesos de nitrificación sufren variaciones importantes según nuestros datos, ya que para una media de 68,58 hay una desviación estándar de 13,18; con un valor mínimo de 53,03 % y un valor máximo del 95,53 % que coinciden con el primer y último día de muestreo para este periodo de funcionamiento. Las oscilaciones en la eliminación son importantes.

Demanda química de oxígeno.

Tabla 3.125.: Resultados de DQO para la carga hidráulica 0,330 m.día⁻¹ en 4 aplicaciones. C1

Día	E DQO (mgL ⁻¹)	S DQO (mgL ⁻¹)	% reducción
3-jul	125,00	52,25	58,20
4-jul	102,00	50,00	50,98
5-jul	88,00	43,25	50,85
10-jul	87,00	38,70	55,52
11-jul	115,00	53,45	53,52
12-jul	116,00	49,90	56,98
17-jul	57,00	23,80	58,25
18-jul	52,00	21,00	59,62
media	92,75	41,54	55,21
σ	27,14	12,79	3,38

- La entrada de DQO durante este ciclo de funcionamiento presenta una desviación estándar de 27,14; y hay una diferencia entre el mínimo y el máximo de 73,00 mgL⁻¹, para una media de 92,75 mgL⁻¹. El agua de entrada presenta una gran heterogeneidad respecto a la DQO.
- En cuanto al agua de salida de la columna, se observa una desviación estándar de 12,79 para una media de 41.54 mgL⁻¹ y hay una diferencia entre el valor mínimo y el máximo de 32,45 mgL⁻¹.

- Se observa una media de reducción de DQO del 55,21 % a lo largo de este ciclo de funcionamiento. La desviación respecto a esta media es reducida, por lo que podemos decir que el rendimiento de eliminación de DQO es relativamente constante.

pH y conductividad

Tabla 3.126. : Resultados de pH y conductividad para la carga hidráulica 0,330 m.día⁻¹ en 4 aplicaciones. C1

Día	E pH	S pH	E C.E. (μScm^{-1})	S C.E. (μScm^{-1})
3-jul	7,00	7,35	1789	1823
4-jul	7,22	7,20	1890	1945
5-jul	7,35	7,22	1900	1680
10-jul	7,56	7,29	1720	1730
11-jul	7,45	7,45	1750	1770
12-jul	7,34	7,45	1790	1745
17-jul	7,39	7,37	1845	1823
18-jul	7,28	7,42	1820	1800
media	7,32	7,34	1813	1790
σ	0,17	0,10	63,58	79,67

- Ambos parámetros presentan mínimas variaciones a lo largo de este ciclo de funcionamiento tanto en entradas como en salidas. El paso del agua a través de las columnas no influye en estos parámetros.

Sólidos en suspensión

Tabla 3127. : Resultados de sólidos en suspensión para la carga hidráulica 0,330 m.día⁻¹ en 4 aplicaciones. C1

Día	E SS (mgL^{-1})	S SS (mgL^{-1})	% reducción
4-jul	10,0	3,0	70
10-jul	17,0	2,5	85
12-jun	15,0	4,0	73
17-jun	10,0	3,0	70
media	13,0	3,13	76
σ	3,56	0,63	7,26

- La entrada en sólidos en suspensión presenta una media de 13,0 mgL⁻¹ con una desviación estándar de 3,56; por lo que podemos considerar una entrada homogénea durante este periodo de funcionamiento.
- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,63 para una media de 3,13 mgL⁻¹. Se consigue un 76 % de reducción .

Parámetros microbiológicos

Coliformes fecales

Ver el apartado "muestreo" de material y métodos.

Tabla 3.128. : Resultados de sólidos en suspensión para la carga hidráulica 0,330 m.día⁻¹ en 4 aplicaciones. C1 (4/7/96)

Hora	E log (UFC/100ml)	S log (UFC/100ml)	reducción
1	5,00	1,38	3,62
2		1,38	3,62
3		1,77	3,23
4		1,73	3,27
5		1,69	3,31
6		1,64	3,36
media		1,60	3,40
σ		0,17	

- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,17 para una media de 1,60 unidades logarítmicas.
- La media de 6 horas de muestreo presenta una reducción de 3,40 unidades logarítmicas.

Tabla 3.129. : Resultados de sólidos en suspensión para la carga hidráulica $0,330 \text{ m.día}^{-1}$ en 4 aplicaciones. C1 (10/7/96)

Hora	E log (UFC/100ml)	S log (UFC/100ml)	reducción
1	4,83	1,14	3,69
2		1,25	3,58
3		1,44	3,39
4		1,40	3,43
5		1,50	3,33
6		1,25	3,58
media		1,33	3,50
σ		0,14	

- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,14 para una media de 1,33 unidades logarítmicas.
- La media de 6 horas de muestreo presenta una reducción de 3,50 unidades logarítmicas.

Tabla 3.130. : Resultados de sólidos en suspensión para la carga hidráulica $0,330 \text{ m.día}^{-1}$ en 4 aplicaciones. C1 (18/7/96)

Hora	E log (UFC/100ml)	S log (UFC/100ml)	reducción
1	4,90	0,60	4,30
2		1,36	3,54
3		1,81	3,09
4		1,91	2,99
5		1,95	2,95
6		1,95	2,95
media		1,60	3,30
σ		0,54	

- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,54 para una media de 1,60 unidades logarítmicas.
- La media de 6 horas de muestreo presenta una reducción de 3,30 unidades logarítmicas.

Respecto a los tres días de muestreo para esta carga hidráulica de $0,330 \text{ m.día}^{-1}$, el agua de entrada a la columna presenta variaciones de un logaritmo, pero sea cual sea la entrada se consigue una reducción media de 3,40 unidades logarítmicas.

Colifagos CN13 ; F⁺

Ver el apartado "muestreo" de material y métodos.

Tabla 3.131. : Resultados de coliformes fecales para la carga hidráulica 0,330 m.día⁻¹ en 4 aplicaciones. C1 (10/6/96) ; (18/6/96)

Colifagos CN13

Día	E log UFP/100ml	S log UFP/100ml	reducción
10-jul	4,80	1,60	3,20
18-jul	4,40	1,77	2,63
media	4,60	1,69	2,91
σ	0,28	0,12	

Colifagos F⁺

Día	E log UFP/100ml	S log UFP/100ml	reducción
10-jul	2,20	0,00	2,20
18-jul	3,50	1,69	1,81
media	2,85	0,85	2,00
σ	0,92	1,20	

(10/7/96)

- En el agua de salida se consigue una reducción de 3,20 unidades logarítmicas en cuanto al número de colifagos CN13
- Se consigue una reducción de 2,20 en colifagos F⁺

(18/7/96)

- En el agua de salida se consigue una reducción de 2,63 unidades logarítmicas en cuanto al número de colifagos CN13
- Se consigue una reducción de 1,81 en colifagos F⁺
-

En cuanto a los dos días de muestreo para esta carga hidráulica de 0,330 mdía⁻¹

- La entrada de colifagos CN13 presentan desviación estándar de 0,28 y una media de reducción de 2,91 unidades logarítmicas.
- La entrada de colifagos F⁺, presenta una desviación estándar de 0,92 para una media de 2,85; y una reducción de 2,00 unidades logarítmicas.

Datos de funcionamiento

Carga hidráulica 0,412 m.día⁻¹ en 5 aplicaciones diarias: <ul style="list-style-type: none"> • carga hidráulica por aplicación 8,24.10⁻² m • tiempo de riego por aplicación 10 minutos • 20 octubre-19 diciembre 1996

Parámetros físico-químicos**Nitrógeno**Tabla 3.132. : Resultados del nitrógeno para la carga hidráulica 0,412 m.día⁻¹ en 5 aplicaciones. C1

Día	E N-NTK (mgL ⁻¹)	E N-NH ₄ ⁺ (mgL ⁻¹)	E N-NO ₃ ⁻ (mgL ⁻¹)	S N-NTK (mgL ⁻¹)	S N-NH ₄ ⁺ (mgL ⁻¹)	S N-NO ₃ ⁻ (mgL ⁻¹)	%nitrificación
27-nov	25,42	22,77	0,50	2,76	1,46	18,50	70,81
28-nov	25,00	23,00	0,51	3,03	2,00	17,88	69,48
4-dic	24,98	21,80	0,64	4,21	1,73	16,86	64,93
5-dic	24,75	21,70	0,64	3,78	2,32	18,50	72,16
10-dic	25,58	23,80	2,86	2,75	2,27	18,01	59,23
11-dic	25,44	24,00	2,76	2,81	2,05	15,67	50,75
18-dic	25,33	21,90	1,15	2,90	2,07	18,10	66,92
19-dic	25,01	21,96	1,52	2,85	2,12	19,20	70,69
media	25,19	22,62	1,32	3,14	2,00	17,84	65,57
σ.	0,29	0,92	0,98	0,55	0,28	1,10	7,32

- Las entradas de N-NTK, N-NH₄⁺ y N-NO₃⁻ son prácticamente constantes, presentando desviaciones estándar de 0,29 ; 0,92 y 0,98 respectivamente. Se observa una entrada media en nitrógeno de 26,51 mgL⁻¹ N (N-NTK+N-NO₃⁻, habiendo una diferencia entre el valor máximo y el mínimo de 3,05 mgL⁻¹. A la vista de estos resultados podemos considerar el agua de entrada a la columna como homogénea en este periodo de funcionamiento.
- En la entrada, más del 85 % del nitrógeno es N-NH₄⁺, y aproximadamente el 5 % es N-NO₃⁻, siendo el N-orgánico aproximadamente un 10 %.

- Las salidas de N-NTK y N-NH₄⁺ son prácticamente constantes, presentando desviaciones estándar de 0,55 y 0,28 respectivamente. Para el N-NTK hay una diferencia entre el valor máximo y el mínimo de 1,46 mgL⁻¹, siendo la media de 3,14 mgL⁻¹. Para el N-NH₄ la diferencia entre el máximo y el mínimo es de 0,86 mgL⁻¹, para una media de 2,00 mgL⁻¹.
- Las salidas de N-NO₃⁻, presentan una desviación estándar de 1,10, para una media de 17,84 mgL⁻¹.
- Durante este periodo de funcionamiento se consigue una reducción del 65,57 % con un mínimo de nitrificación del 50,75 %.

Demanda química de oxígeno.

Tabla 3.133. : Resultados de DQO para la carga hidráulica 0,412 m.día⁻¹ en 5 aplicaciones. C1

Día	E DQO (mgL ⁻¹)	S DQO (mgL ⁻¹)	%reducción
27-nov	148,40	67,50	54,51
28-nov	148,00	54,12	63,43
4-dic	150,00	70,00	53,33
5-dic	151,00	78,00	48,34
10-dic	148,00	70,70	52,23
11-dic	148,00	77,80	47,43
18-dic	149,00	76,20	48,86
19-dic	149,00	77,30	48,12
media	148,93	71,45	52,02
σ	1,09	8,09	5,32

- La entrada de DQO durante este ciclo de funcionamiento presenta una desviación estándar de 1,09 y hay una diferencia entre el mínimo y el máximo de 3,00 mgL⁻¹ para una media de 148,93 mgL⁻¹.
- En cuanto al agua de salida de la columna, se observa una desviación estándar de 8,09 y hay una diferencia entre el valor mínimo y máximo de 23,88 mgL⁻¹ aunque esta diferencia es atribuible a un único día.
- Se observa una media de reducción de DQO del 52,02 % a lo largo de este ciclo de funcionamiento.

- Durante este ciclo de funcionamiento se observa una cierta tendencia a la disminución del rendimiento en la eliminación de DQO a medida que la columna iba funcionando a esta carga hidráulica.

pH y conductividad

Tabla 3.134 : Resultados del pH y conductividad para la carga hidráulica 0,412 m.día⁻¹ en 5 aplicaciones. C1

Día	E pH	S pH	E C.E (μS.cm ⁻¹)	S C.E (μS.cm ⁻¹)
27-nov	7,23	7,35	1915	1675
28-nov	7,36	7,30	1879	1789
4-dic	7,45	7,31	1834	1800
5-dic	7,45	7,37	1350	1650
10-dic	7,35	7,40	1425	1500
11-dic	7,20	7,39	1300	1450
18-dic	7,22	7,28	1250	1390
19-dic	7,76	7,25	1289	1400
media	7,38	7,33	1530	1582
σ	0,18	0,05	291,61	168,09

- El pH presenta variaciones mínimas a lo largo de este ciclo de funcionamiento tanto en entradas como en salidas.
- El agua de entrada tiene una cierta variación de conductividad, que se atenúa en el agua de salida. Podríamos decir que la columna homogeneiza la conductividad, ya que el aumento de la misma en el agua de salida es posterior al del agua de entrada. Esta tendencia se observa perfectamente en la gráfica correspondiente.

Sólidos en suspensión

Tabla 3.135. : Resultados de sólidos en suspensión para la carga hidráulica 0,412 m.día⁻¹ en 5 aplicaciones. C1

Día	E SS (mgL ⁻¹)	S SS (mgL ⁻¹)	% reducción
28-nov	9,0	2,0	78
5-dic	12,0	3,0	75
11-dic	15,0	2,1	86
19-dic	11,0	2,6	76
media	11,75	2,43	79
σ	2,50	0,46	4,94

- La entrada en sólidos en suspensión presenta una media de unos 11,75 mgL⁻¹, con una desviación estándar de 2,50 por lo que podemos considerar una entrada prácticamente homogénea durante este periodo de funcionamiento.
- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,46, para una media de 2,43 mgL⁻¹. Se consigue un 79 % de reducción.

Parámetros microbiológicos**Coliformes fecales**

Ver el apartado "muestreo" de material y métodos.

Tabla 3.136. : Resultados de coliformes fecales para la carga hidráulica 0,412 m.día⁻¹ en 5 aplicaciones. C1(28/11/96)

Hora	E log (UFC/100ml)	S log (UFC/100ml)	reducción
1	5,07	1,84	3,23
2		2,00	3,07
3		1,97	3,10
4		1,95	3,12
5		1,95	3,12
media		1,94	3,13
σ		0,06	

- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,06 para una media de 1,94 unidades logarítmicas.

- La media de 5 horas de muestreo presenta una reducción de 3,13 unidades logarítmicas.

Tabla 3.137. : Resultados de coliformes fecales para la carga hidráulica $0,412 \text{ m.día}^{-1}$ en 5 aplicaciones. C1 (5/12/96) :

Hora	E log (UFC/100ml)	S log (UFC/100ml)	reducción
1	5,60	2,60	3,00
2		2,27	3,33
3		2,14	3,46
4		1,95	3,65
5		1,69	3,91
media		2,13	3,47
σ		0,34	

- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,34 para una media de 2,13 unidades logarítmicas.
- La media de 5 horas de muestreo presenta una reducción de 3,47 unidades logarítmicas.

Tabla 3.138. : Resultados de coliformes fecales para la carga hidráulica $0,412 \text{ m.día}^{-1}$ en 5 aplicaciones. C1 (11/12/96)

Hora	E log (UFC/100ml)	S log (UFC/100ml)	reducción
1	4,85	2,14	2,71
2		1,47	3,38
3		2,07	2,78
4		1,53	3,32
5		1,57	3,28
media		1,76	3,09
σ		0,32	

- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,32 para una media de 1,76 unidades logarítmicas.
- La media de 5 horas de muestreo presenta una reducción de 3,09 unidades logarítmicas.

Tabla 3.139. : Resultados de coliformes fecales para la carga hidráulica $0,412 \text{ m.día}^{-1}$ en 5 aplicaciones. C1 (18/12/96)

Hora	E log (UFC/100ml)	S log (UFC/100ml)	reducción
1	5,23	2,44	2,79
2		1,81	3,42
3		2,36	2,87
4		1,59	3,64
5		1,69	3,54
media		1,98	3,25
σ		0,39	

- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,39 para una media de 1,98 unidades logarítmicas.
- La media de 5 horas de muestreo presenta una reducción de 3,25 unidades logarítmicas.

Respecto a los cuatro días de muestreo para esta carga hidráulica de $0,412 \text{ m.día}^{-1}$ el agua de entrada a la columna presenta variaciones de hasta 1 unidad logarítmica. El promedio de reducción para los cuatro días de muestreo es de aproximadamente de 3,23 unidades logarítmicas.

Colifagos CN13 y F⁺

Ver el apartado "muestreo" de material y métodos.

Tabla 3.140. : Resultados de colifagos CN13, F⁺ para la carga hidráulica 0,412 m.día⁻¹ en 5 aplicaciones. C1 (11/12/96 ; 18/12/96)

Colifagos CN13

Día	E log UFP/100ml	S log UFP/100ml	reducción
11-dic	4,48	1,77	2,71
18-dic	4,34	1,72	2,62
media	4,41	1,75	2,66
σ	0,10	0,04	

Colifagos F⁺

Día	E log UFP/100ml	S log UFP/100ml	reducción
11-dic	2,25	2,00	0,25
18-dic	2,20	1,90	0,30
media	2,23	1,95	0,27
σ	0,04	0,07	

(11/12/96)

- En el agua de salida se consigue una reducción de 2,71 en cuanto al número de colifagos CN13.
- Se consigue una disminución de tan solo de 0,25 unidades logarítmicas en colifagos F⁺, esta mediocre reducción de colifagos F⁺, se puede atribuir a una menor conductividad del agua de entrada que podría haber dado lugar a la desorción de estos.

(18/12/96)

- En el agua de salida se consigue una reducción de 2,62 en cuanto al número de colifagos CN13
- Se consigue una disminución de tan solo de 0,30 unidades logarítmicas en colifagos F⁺, esta mediocre reducción de colifagos F⁺, se puede atribuir a una menor conductividad del agua de entrada que podría haber dado lugar a la desorción de estos.

En cuanto a los dos días de muestreo para esta carga hidráulica de 0,412 m.día⁻¹.

- La entrada de colifagos CN13 presentan desviación estándar de 0,10 y una media de reducción de 2,66 unidades logarítmicas.
- La entrada de colifagos F⁺, presenta una desviación estándar de 0,04. La reducción es de tan solo de 0,27 unidades logarítmicas.

Datos de funcionamiento

Carga hidráulica 0,495 m.día⁻¹ en 6 aplicaciones diarias:
• carga hidráulica por aplicación 8,24 · 10 ⁻² m
• tiempo de riego por aplicación 10 minutos
• 8 enero - 5 marzo 1997

Parámetros físico-químicosNitrógenoTabla 3.141. : Resultados del nitrógeno para la carga hidráulica 0,495 m.día⁻¹ en 6 aplicaciones. C1

Día	E N-NTK (mgL ⁻¹)	E N-NH ₄ ⁺ (mgL ⁻¹)	E N-NO ₃ ⁻ (mgL ⁻¹)	S N-NTK (mgL ⁻¹)	S N-NH ₄ ⁺ (mgL ⁻¹)	S N-NO ₃ ⁻ (mgL ⁻¹)	%nitrificación
13-feb	23,32	20,70	2,50	3,03	2,88	20,20	75,90
14-feb	22,30	20,80	3,80	2,78	2,72	17,88	63,14
19-feb	28,84	25,18	2,34	2,52	1,85	17,60	52,91
20-feb	26,67	26,36	2,20	2,83	2,47	17,96	59,09
21-feb	22,31	20,86	1,30	3,71	3,50	14,50	59,17
26-feb	26,20	25,60	1,65	3,30	3,28	20,77	72,98
27-feb	26,27	25,66	1,70	3,09	2,88	18,45	63,76
4-mar	29,16	27,97	2,10	3,19	2,88	19,02	58,02
5-mar	28,13	27,41	2,00	2,94	2,01	21,34	68,75
media	25,91	24,50	2,18	3,04	2,72	18,64	63,52
σ	2,68	2,92	0,71	0,34	0,54	2,05	7,51

- Las entradas de N-NTK, N-NH₄⁺ y N-NO₃⁻ son bastante constantes, presentando desviaciones estándar de 2,68; 2,92 y 0,71 respectivamente. Se observa una entrada media de nitrógeno de 28,09 mgL⁻¹ N (N-NTK+N-NO₃⁻), habiendo una diferencia entre el valor máximo y el mínimo de 7,65 mgL⁻¹. A la vista de estos resultados podemos considerar homogénea el agua de entrada a la columna en este periodo de funcionamiento.
- En la entrada, más del 87 % del nitrógeno es N-NH₄⁺ y aproximadamente el 8 % es N-NO₃⁻, siendo el N-orgánico aproximadamente un 5 %

- Las salidas de N-NTK y N-NH₄⁺ son prácticamente constantes, presentando desviaciones estándar de 0,34 y 0,54 respectivamente. Para el N-NTK hay una diferencia entre el valor máximo y el mínimo de 1,19 mgL⁻¹, siendo la media de 3,04 mgL⁻¹. Para el N-NH₄⁺ la diferencia entre el máximo y el mínimo es de 1,65 mgL⁻¹ para una media de 2,72 mgL⁻¹.
- Las salidas de N-NO₃⁻ presentan una desviación estándar de 2,05 para una media de 18,64 mgL⁻¹
- Hay una transformación clara del N-NTK a N-NO₃⁻ (nitrificación)
- Los procesos de nitrificación no sufren variaciones importantes según nuestros datos, ya que para una media de 63,52 hay una desviación estándar de 7,51. No obstante, se detecta un valor ligeramente más reducido de lo normal.

Demanda química de oxígeno.

Tabla 3.142. : Resultados de DQO para la carga hidráulica 0,495 m.día⁻¹ en 6 aplicaciones. C1

Día	E DQO (mgL ⁻¹)	S DQO (mgL ⁻¹)	%reducción
13-feb	157,00	97,85	37,68
14-feb	156,00	73,15	53,11
19-feb	166,00	121,00	27,11
20-feb	149,00	99,75	33,05
21-feb	186,00	106,65	42,66
26-feb	125,00	59,00	52,80
27-feb	126,00	56,02	55,54
4-mar	148,00	93,10	37,09
5-mar	101,00	79,00	21,78
media	146,00	87,28	40,22
σ	25,25	21,96	11,96

- La entrada de DQO durante este ciclo de funcionamiento presenta una desviación estándar de 25,25 y hay una diferencia entre el mínimo y el máximo de 85 mgL⁻¹, para una media de 146 mgL⁻¹. El agua de entrada presenta una cierta heterogeneidad respecto a la DQO.
- En cuanto al agua de salida de la columna, se observa una desviación estándar de 21,96 y hay una diferencia entre el valor mínimo y el máximo de 64,98 mgL⁻¹.

- Se observa una media de reducción de DQO del 40,22 % a lo largo de este ciclo de funcionamiento, aunque se puede indicar que las variaciones son comparativamente importantes y en un par de casos los rendimientos de eliminación son comparativamente pequeños en porcentaje, aunque no tanto en cantidad.

pH y conductividad

Tabla 3.143. : Resultados del pH y conductividad para la carga hidráulica $0,495 \text{ m.día}^{-1}$ en 6 aplicaciones. C1

Día	E pH	S pH	E C.E ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	S C.E ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)
13-feb	7,33	7,56	1805	1856
14-feb	7,65	7,45	1890	1847
19-feb	7,58	7,55	1845	1832
20-feb	7,50	7,56	1825	1790
21-feb	7,38	7,56	1845	1899
26-feb	7,30	7,50	1756	1798
27-feb	7,35	7,43	1790	1768
4-mar	7,38	7,38	1802	1798
5-mar	7,29	7,40	1799	1856
media	7,42	7,49	1817	1827
σ	0,13	0,07	38,89	41,57

- Ambos parámetros presentan mínimas variaciones a lo largo de este ciclo de funcionamiento, tanto en entradas como en salidas.

Sólidos en suspensión

Tabla 3.144. : Resultados de sólidos en suspensión para la carga hidráulica $0,495 \text{ m.día}^{-1}$ en 6 aplicaciones. C1

Día	E SS (mgL^{-1})	S SS (mgL^{-1})	% reducción
14-feb	8,0	2,0	75
20-feb	10,0	1,0	90
26-feb	11,0	2,5	77
4-mar	21,0	2,8	87
media	12,5	2,08	83
σ	5,80	0,79	7,23

- La entrada en sólidos en suspensión presenta una media de 12,5 mgL⁻¹ con una desviación estándar de 5,80; en este caso, la entrada de sólidos en suspensión no es excesivamente homogénea.
- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,79, para una media de 2,08 mgL⁻¹. Se consigue una reducción media del 83 %.

Parámetros microbiológicos

Coliformes fecales

Ver el apartado "muestreo" de material y métodos.

Tabla 3.145. : Resultados de coliformes fecales para la carga hidráulica 0,495 m.día⁻¹ en 6 aplicaciones. C1 (13/02/97)

Hora	E log (UFC/100ml)	S log (UFC/100ml)	reducción
1	5,62	1,83	3,79
2		2,66	2,96
3		1,55	4,07
4		2,61	3,01
media		2,16	3,46
σ		0,56	

- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,56 para una media de 2,16 unidades logarítmicas.
- La media de 4 horas de muestreo presenta una reducción de 3,46 unidades logarítmicas; la máxima reducción se observa para las dos últimas horas de muestreo

Tabla 3.146. : Resultados de coliformes fecales para la carga hidráulica 0,495 m.día⁻¹ en 6 aplicaciones. C1 (19/02/97)

Hora	E log (UFC/100ml)	S log (UFC/100ml)	% reducción
1	4,69	1,83	2,86
2		1,38	3,31
3		1,55	3,14
4		1,69	3,00
media		1,61	3,08
σ		0,19	

- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,19 para una media de 1,61 unidades logarítmicas.
- La media de 4 horas de muestreo presenta una reducción de 3,08 unidades logarítmicas; la máxima reducción se observa para las dos últimas horas de muestreo.

Tabla 3.147. : Resultados de coliformes fecales para la carga hidráulica 0,495 m.día⁻¹ en 6 aplicaciones. C1 (26/02/97)

Hora	E log (UFC/100ml)	S log (UFC/100ml)	reducción
1	5,50	2,11	3,39
2		2,00	3,50
3		1,96	3,54
4		2,00	3,50
media		2,02	3,48
σ		0,06	

- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,06 para una media de 2,02 unidades logarítmicas.
- La media de 4 horas de muestreo presenta una reducción de 3,48 unidades logarítmicas; la máxima reducción se observa para las dos últimas horas de muestreo

Tabla 3.148. : Resultados de coliformes fecales para la carga hidráulica 0,495 m.día⁻¹ en 6 aplicaciones. C1 (5/03/97)

Hora	E log (UFC/100ml)	S log (UFC/100ml)	reducción
1	5,39	2,00	3,39
2		1,96	3,43
3		2,28	3,11
4		2,00	3,39
media		2,06	3,33
σ		0,15	

- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,15 para una media de 2,06 unidades logarítmicas.
- La media de 4 horas de muestreo presenta una reducción de 3,33 unidades logarítmicas.

Respecto a los cuatro días de muestreo para esta carga hidráulica de 0,495 m.día⁻¹ el agua de entrada a la columna presenta variaciones de 1 unidad logarítmica. El promedio

de reducción para los cuatro días de muestreo es de aproximadamente 3,33 unidades logarítmicas.

Colifagos CN13 ; F⁺

Ver el apartado "muestreo" de material y métodos.

Tabla 3.149. : Resultados de colifagos CN13, F⁺ para la carga hidráulica 0,495 m.día⁻¹ en 6 aplicaciones. C1 (20/03/97) ; (4/04/97)

Colifagos CN13

Día	E log UFP/100ml	S log UFP/100ml	reducción
20-mar	4,88	1,69	3,19
4-abr	4,92	1,87	3,05
media	4,90	1,78	3,12
σ	0,03	0,13	

Colifagos F⁺

Día	E log UFP/100ml	S log UFP/100ml	reducción
20-mar	3,88	1,60	2,28
4-abr	3,93	1,65	2,28
media	3,91	1,63	2,28
σ	0,04	0,04	

(20/03/97)

- En el agua de salida se consigue una reducción de 3,19 unidades logarítmicas en cuanto al número de colifagos CN13
- Se consigue una disminución de 2,28 unidades logarítmicas en cuanto a colifagos F⁺

(4/04/97)

- Se observa una reducción de 3,05 para los colifagos CN13
- Se consigue una disminución de 2,28 en colifagos F⁺

En cuanto a los dos días de muestreo para esta carga hidráulica de 0,495 m día⁻¹

- La entrada de colifagos CN13 presentan desviación estándar de 0,03 y una media de reducción de 3,12 unidades logarítmicas.
- La entrada de colifagos F⁺, presenta una desviación estándar de 0,04. La reducción es de 2,28 unidades logarítmicas.

3.2.2.2. Columna C2

Agua procedente de la depuradora de Sant Feliu de Llobregat

Datos de funcionamiento

<p>Carga hidráulica 0,165 m.día⁻¹ en 2 aplicaciones diarias :</p> <ul style="list-style-type: none"> • carga hidráulica por aplicación 8,24 · 10⁻² m • tiempo de riego por aplicación 10 minutos • 15 abril-25 abril 1996

Parámetros físico-químicosNitrógeno

Tabla 3.150. : Resultados del nitrógeno para la carga hidráulica 0,165m.día⁻¹ en 2 aplicaciones. C2

Día	E N-NTK (mgL ⁻¹)	E N-NH ₄ ⁺ (mgL ⁻¹)	E N-NO ₃ ⁻ (mgL ⁻¹)	S N-NTK (mgL ⁻¹)	S N-NH ₄ ⁺ (mgL ⁻¹)	S N-NO ₃ ⁻ (mgL ⁻¹)	%nitrificación
15-abr	24,56	22,74	4,11	4,97	2,11	23,77	80,05
16-abr	23,98	22,98	3,95	3,02	2,43	25,50	89,87
17-abr	23,45	22,45	4,32	2,81	1,78	24,97	88,06
18-abr	22,12	20,98	4,03	3,19	1,78	19,55	70,16
19-abr	21,23	19,97	3,88	4,27	2,16	19,86	75,27
23-abr	22,05	20,89	3,98	4,38	1,89	20,15	73,33
24-abr	21,99	17,99	4,13	3,30	2,21	20,17	72,94
25-abr	22,12	18,85	4,21	1,73	1,70	22,48	82,59
media	22,69	20,86	4,08	3,46	2,01	22,06	79,03
σ	1,16	1,84	0,15	1,03	0,26	2,44	7,32

- Las entradas de N-NTK, N-NH₄⁺ y N-NO₃⁻ son prácticamente constantes, presentando desviaciones estándar de 1,16 ; 1,84 y 0,15 respectivamente. Se observa una entrada media en nitrógeno de 26,75 mgL⁻¹ N (N-NTK+N-NO₃⁻), habiendo una diferencia entre el valor máximo y el mínimo de 3,56 mgL⁻¹.
- A la vista de estos resultados podemos considerar homogénea el agua de entrada a la columna en este periodo de funcionamiento.

- En la entrada, más del 77 % del nitrógeno es N-NH_4^+ , y aproximadamente el 15 % es N-NO_3^- , siendo el N-orgánico aproximadamente un 8 %
- Las salidas de N-NTK y N-NH_4^+ son prácticamente constantes, presentando desviaciones estándar de 1,03 y 0,26 respectivamente. Para el N-NTK hay una diferencia entre el valor máximo y el mínimo de $3,24 \text{ mgL}^{-1}$, siendo la media de $3,46 \text{ mgL}^{-1}$. Para el N-NH_4^+ la diferencia entre el máximo y el mínimo es de $0,73 \text{ mgL}^{-1}$, para una media de $2,01 \text{ mgL}^{-1}$.
- Las salidas de N-NO_3^- , presentan una desviación estándar de 2,44, para una media de $22,06 \text{ mgL}^{-1}$
- Los procesos de nitrificación tienen una cierta variación, aunque no importante según nuestros datos, ya que para una media de 79,03 hay una desviación estándar de 7,32 con un valor mínimo de 70,16 % y un valor máximo del 89,87 %.
- Durante este ciclo de funcionamiento, la columna presenta un comportamiento relativamente homogéneo.

Demanda química de oxígeno.

Tabla 3.151.: Resultados de DQO para la carga hidráulica $0,165 \text{ m.día}^{-1}$ en 2 aplicaciones. C2

Día	E DQO (mgL^{-1})	S DQO (mgL^{-1})	%reducción
15-abr	192,94	66,00	65,79
16-abr	192,94	43,70	77,35
17-abr	62,89	22,00	65,02
18-abr	83,15	39,00	53,10
19-abr	67,16	15,23	77,32
23-abr	148,17	60,28	59,32
24-abr	185,40	56,98	69,27
25-abr	160,58	60,58	62,27
media	136,65	45,47	66,73
σ	56,76	18,94	8,40

- La entrada de DQO durante este ciclo de funcionamiento presenta una desviación estándar de 56,76; y hay una diferencia entre el mínimo y el máximo de $130,05 \text{ mgL}^{-1}$, para una media de $136,65 \text{ mgL}^{-1}$. Podemos indicar que el agua de entrada presenta una gran heterogeneidad respecto a la DQO.

- En cuanto al agua de salida de la columna, se observa una desviación estándar de 18,49 y hay una diferencia entre el valor mínimo y el máximo de 50,77 mgL⁻¹.
- Se observa una media de reducción de DQO del 66,73 % a lo largo de este ciclo de funcionamiento. A pesar de la carga elevada en algunos casos, se consigue un rendimiento muy aceptable de reducción de la DQO.

pH y conductividad

Tabla 3.152. : Resultados del pH y conductividad para la carga hidráulica 0,165 m.día⁻¹ en 2 aplicaciones. C2

Día	E pH	S pH	E C.E (μS.cm ⁻¹)	S C.E (μS.cm ⁻¹)
15-abr	7,72	7,72	1850	1609
16-abr	7,35	7,51	1862	2200
17-abr	7,73	7,51	1720	1680
18-abr	7,22	7,26	1680	1780
19-abr	7,22	7,31	1839	1836
23-abr	7,19	7,23	1795	1912
24-abr	7,58	7,35	1870	1956
25-abr	7,35	7,39	1745	1691
media	7,42	7,41	1795	1833
σ	0,23	0,16	72,14	189,97

- Por lo que respecta al pH se observa una cierta variación (de media unidad) en el agua de entrada y en la de salida.
- En cuanto a la conductividad, podemos indicar que presentan mínimas variaciones a lo largo de este ciclo de funcionamiento, tanto en entradas como en salidas. Podemos afirmar que no hay cambios en estos parámetros en la columna, al comparar entradas y salidas.

Sólidos en suspensión

Tabla 3.153 : Resultados de sólidos en suspensión para la carga hidráulica 0,165 m.día⁻¹ en 2 aplicaciones. C2

Día	E SS (mgL ⁻¹)	S SS(mgL ⁻¹)	% reducción
15-abr	9,0	0,0	100
17-abr	10,0	1,0	90
19-abr	8,0	0,0	100
23-abr	9,0	0,0	100
media	9,0	0,25	98
σ	0,82	0,50	5,00

- La entrada en sólidos en suspensión presenta una media de $9,0 \text{ mgL}^{-1}$, con una desviación estándar de 0,82, por lo que podemos considerar una entrada homogénea durante este periodo de funcionamiento.
- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,50, para una media de $0,25 \text{ mgL}^{-1}$. Se consigue un 98 % de reducción.

Parámetros microbiológicos

Coliformes fecales

Ver el apartado “muestreo” de material y métodos.

Tabla 3.154. : Resultados de coliformes fecales para la carga hidráulica $0,165 \text{ m.día}^{-1}$ en 2 aplicaciones. C2 (17/4/96)

horas	E log (UFC/100ml)	S log (UFC/100ml)	reducción
1	4,85	0,00	4,85
2		0,00	4,85
3		0,00	4,85
4		0,00	4,85
5		0,00	4,85
6		0,00	4,85
7		0,00	4,85
8		0,00	4,85
9		0,00	4,85
10		0,00	4,85
11		0,00	4,85
12		0,00	4,85
media		0,00	4,85
σ		0,00	

- Hay eliminación total de coliformes fecales en este periodo de funcionamiento.

Tabla 3.155. : Resultados de coliformes fecales para la carga hidráulica $0,165 \text{ m.día}^{-1}$ en 2 aplicaciones. C2 (25/4/96)

horas	E log (UFC/100ml)	S log (UFC/100ml)	reducción
1	5,60	0,00	5,60
2		0,00	5,60
3		0,00	5,60
4		0,00	5,60
5		0,00	5,60
6		0,00	5,60
7		0,00	5,60
8		0,00	5,60
9		0,00	5,60
10		0,00	5,60
11		0,00	5,60
12		0,00	5,60
media		0,00	5,60
σ		0,00	

- Se consigue una eliminación total de coliformes fecales.

Con respecto a los a los dos días de muestreo podemos indicar que para una carga hidráulica de $0,165 \text{ m.día}^{-1}$, se consigue una reducción total en coliformes fecales respecto a la cantidad total al agua de entrada a la columna.

Colifagos CN13 ; F⁺

Ver el apartado “muestreo” en material y métodos.

Tabla 3.156. : Resultados de colifagos CN13, F⁺ para la carga hidráulica 0,165 m.día⁻¹ en 2 aplicaciones. C2.(17/4/96) ; (25/4/96)

Colifagos CN13

Día	E log UFP/100ml	S log UFP/100ml	reducción
17-abr	4,50	0,00	4,50
25-abr	4,50	0,00	4,50
media	4,50	0,00	4,50
σ	0,00	0,00	

Colifagos F⁺

Día	E log UFP/100ml	S log UFP/100ml	reducción
17-abr	1,90	0,00	1,90
25-abr	1,70	0,00	1,70
media	1,80	0,00	1,80
σ	0,14	0,00	

(17/4/96)

- En el agua de salida se consigue una reducción de 4,50 unidades logarítmicas en cuanto al número de colifagos CN13
- Se consigue una disminución de 1,90 unidades logarítmicas en colifagos F⁺

(25/4/96)

- En el agua de salida se consigue una reducción de 4,50 unidades logarítmicas en cuanto al número de colifagos CN13
- Se consigue una disminución de 1,70 unidades logarítmicas en colifagos F⁺

En cuanto a los dos días de muestreo para esta carga hidráulica de 0,165 m.día⁻¹

- Tanto la entrada como la salida de colifagos CN13 no presentan variaciones,
- La entrada de colifagos F⁺, presenta una desviación de 0,14. La reducción es de 1,80.

Datos de funcionamiento

Carga hidráulica 0,247 m.día⁻¹ en 3 aplicaciones diarias : <ul style="list-style-type: none"> • carga hidráulica por aplicación 8,24 10⁻² m • tiempo de riego por aplicación 10 minutos • 2 mayo-6 junio 1996

Parámetros físico-químicos**Nitrógeno**

Tabla 3.157. : Resultados del nitrógeno para la carga hidráulica 0,247m.día⁻¹ en 3 aplicaciones. C2

Día	E N-NTK (mgL ⁻¹)	E N-NH ₄ ⁺ (mgL ⁻¹)	E N-NO ₃ ⁻ (mgL ⁻¹)	S N-NTK (mgL ⁻¹)	S N-NH ₄ ⁺ (mgL ⁻¹)	S N-NO ₃ ⁻ (mgL ⁻¹)	%nitrificación
15-may	23,00	16,80	0,00	2,14	1,87	13,47	58,57
16-may	23,50	17,50	0,00	2,27	1,74	15,45	65,74
17-may	23,60	17,00	0,00	4,28	2,81	20,92	88,64
22-may	24,05	22,04	0,00	3,75	2,07	19,84	82,49
23-may	24,58	22,90	0,00	3,88	3,48	15,68	63,79
4-jun	19,85	15,61	4,08	2,41	1,74	21,38	87,15
6-jun	21,35	15,61	4,08	2,21	1,60	22,26	85,15
media	22,85	18,21	1,17	2,99	2,19	18,43	75,56
σ	1,67	3,00	1,99	0,93	0,70	3,48	12,70

- Las entradas de N-NTK, N-NH₄⁺ y N-NO₃⁻ presentan desviaciones estándar de 1,67; 3,00 y 1,99 respectivamente. La diferencia entre el valor máximo y mínimo de N-NTK es de 4,73 mgL⁻¹, mientras que para el N-NH₄⁺ es de 7,29 mgL⁻¹, siendo de 4,08 mgL⁻¹ para el N-NO₃⁻.
- En la entrada el 82% del nitrógeno está en forma de N-NH₄⁺, el 13 % en forma de N-orgánico y el 5 % restante en forma de N-NO₃⁻.
- Las salidas de N-NTK, y N-NH₄⁺ presentan una desviación estándar de 0,93 y 0,70 respectivamente, y hay una diferencia entre el máximo y el mínimo de 2,14 mgL⁻¹ para el N-NTK y de 1,88 mgL⁻¹ para N-NH₄⁺.

- Las salidas de N-NO_3^- presentan una variación mayor ya que la diferencia entre el valor máximo y el mínimo es de $8,79 \text{ mgL}^{-1}$, la desviación estándar es de 3,48.
- El N-NTK representa el 4% de nitrógeno total a la salida, siendo el 86 % nitrógeno en forma de N-NO_3^- .

Demanda química de oxígeno.

Tabla 3.158. : Resultados de DQO para la carga hidráulica $0,247 \text{ m.día}^{-1}$ en 3 aplicaciones. C2

Día	E DQO (mgL^{-1})	S DQO (mgL^{-1})	%reducción
15-may	128,26	91,16	28,93
16-may	126,14	75,25	40,34
17-may	127,20	34,98	72,50
22-may	63,22	22,18	64,92
23-may	60,45	25,32	58,11
4-jun	59,60	28,35	52,43
6-jun	60,01	21,67	63,89
media	89,27	42,70	52,17
σ	35,51	28,40	15,23

- La entrada de DQO durante este ciclo de funcionamiento presenta una desviación estándar de 35,51 y hay una diferencia entre el mínimo y el máximo de $68,66 \text{ mgL}^{-1}$, para una media de $89,27 \text{ mg}^{-1}$. El agua de entrada presenta una gran heterogeneidad respecto a la DQO.
- En cuanto al agua de salida de la columna, se observa una desviación estándar de 28,40 y hay una diferencia entre el valor mínimo y el máximo de $69,49 \text{ mgL}^{-1}$.
- Se observa una media de reducción de DQO del 52,17 % a lo largo de este ciclo de funcionamiento.
- Se consigue el máximo de oxidación el día 17 de mayo, que coincide con el máximo de nitrificación.

pH y conductividad

Tabla 3.159. : Resultados del pH y conductividad para la carga hidráulica 0,247 m.día⁻¹ en 3 aplicaciones. C2

Día	Entrada pH	Salida pH	E C.E (μS.cm ⁻¹)	S C.E (μS.cm ⁻¹)
15-may	7,35	7,68	1800	1680
16-may	7,22	7,45	1855	1789
17-may	7,27	7,30	1890	1845
22-may	7,58	7,45	1756	1900
23-may	7,45	7,45	1825	1945
4-jun	7,34	7,28	1856	1876
6-jun	7,24	7,39	1796	1789
media	7,35	7,43	1825	1832
σ	0,13	0,13	45,30	87,84

- Presentan mínimas variaciones a lo largo de este ciclo de funcionamiento tanto en entradas como en salidas.

Sólidos en suspensión

Tabla 3.160. : Resultados de sólidos en suspensión para la carga hidráulica 0,247 m.día⁻¹ en 3 aplicaciones. C2

Día	E SS (mgL ⁻¹)	S SS (mgL ⁻¹)	% reducción
15-may	7,0	0,5	93
17-may	6,0	0,5	92
22-may	8,0	1,0	88
4-jun	7,0	1,0	86
media	7,0	0,75	89
σ	0,82	0,29	3,38

- La entrada en sólidos en suspensión presenta una media de 7,0 mgL⁻¹, con una desviación estándar de 0,82, por lo que podemos considerar una entrada homogénea durante este periodo de funcionamiento.
- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,29, para una media de 0,75 mgL⁻¹. Se consigue un 89 % de reducción.

Parámetros microbiológicos**Coliformes fecales**

Ver el apartado “muestreo” de material y métodos.

Tabla 3.161. : Resultados de coliformes fecales para la carga hidráulica $0,247 \text{ m.día}^{-1}$ en 3 aplicaciones. C2(15/5/96)

hora	E log (UFC/100ml)	S log (UFC/100ml)	reducción
1	5,23	0,00	5,23
2		0,00	5,23
3		0,00	5,23
4		0,00	5,23
5		0,00	5,23
6		0,00	5,23
7		0,00	5,23
8		0,00	5,23
media		0,00	5,23
σ		0,00	0,00

- Se observa una eliminación total de coliformes fecales.

Tabla 3.162. : Resultados de coliformes fecales para la carga hidráulica $0,247 \text{ m.día}^{-1}$ en 3 aplicaciones. C2 (22/5/96)

hora	E log (UFC/100ml)	S log (UFC/100ml)	reducción
1	4,79	0,00	4,79
2		0,00	4,79
3		0,00	4,79
4		0,00	4,79
5		0,00	4,79
6		0,00	4,79
7		0,00	4,79
8		0,00	4,79
media		0,00	4,79
σ		0,00	

- Se observa una eliminación total de coliformes fecales.

Tabla 3.163. : Resultados de coliformes fecales para la carga hidráulica $0,247 \text{ m.día}^{-1}$ en 3 aplicaciones. C2 (6/6/96)

hora	E log (UFC/100ml)	S log (UFC/100ml)	reducción
1	5,10	1,11	3,99
2		0,00	5,10
3		0,00	5,10
4		0,00	5,10
5		0,30	4,80
6		0,30	4,80
7		0,30	4,80
8		0,30	4,80
media		0,29	4,81
σ		0,36	

- Se consigue una disminución de 4,81 unidades logarítmicas respecto a la concentración del agua de entrada.

Respecto a los tres días de muestreo para esta carga hidráulica de $0,247 \text{ m.día}^{-1}$ el agua de entrada a la columna presenta variaciones de un logaritmo, pero sea cual sea la entrada se consigue una reducción aproximada del 4,94 unidades logarítmicas.

Colifagos CN13 ; F⁺

Ver apartado "muestreo" en material y métodos.

Tabla 3.164. : Resultados de colifagos CN13, F⁺ para la carga hidráulica 0,247 m.día⁻¹ en 3 aplicaciones. C2 (15/5/96) ; (6/6/96)

Colifagos CN13

Día	E log UFP/100ml	S log UFP/100ml	reducción
15-may	4,07	1,00	3,07
6-jun	4,33	1,95	2,38
media	4,20	1,48	2,72
σ	0,18	0,67	

Colifagos F⁺

Día	E log UFP/100ml	S log UFP/100ml	reducción
15-may	2,70	0,00	2,70
6-jun	3,38	1,95	1,43
media	3,04	0,98	2,06
σ	0,48	1,38	

(15/5/96)

- En el agua de salida se consigue una reducción de 3,07 unidades logarítmicas en cuanto al número de colifagos CN13
- Se consigue una disminución de 2,70 en colifagos F⁺

(6/6/96)

- Se observa una disminución de 2,38 unidades logarítmicas para los colifagos CN13.
- Se consigue una disminución de 1,43 en colifagos F⁺

En cuanto a los dos días de muestreo para esta carga hidráulica de 0,247 m.día⁻¹

- La entrada de colifagos CN13 presenta desviación estándar de 0,18 y una media de reducción de 2,72 unidades logarítmicas.
- La entrada de colifagos F⁺, presenta una desviación estándar de 0,48. La reducción es de 2,06 unidades logarítmicas.

Datos de funcionamiento**Carga hidráulica 0,330 m.día⁻¹ en
4 aplicaciones diarias:**

- carga hidráulica por aplicación 8,24.10⁻² m
- tiempo de riego por aplicación 10 minutos
- 28 junio-18 julio 1996

Parámetros físico-químicos**Nitrógeno**

Tabla 3.165. : Resultados del nitrógeno para la carga hidráulica 0,330m.día⁻¹ en 4 aplicaciones. C2

Día	E N-NTK (mgL ⁻¹)	E N-NH ₄ ⁺ (mgL ⁻¹)	E N-NO ₃ ⁻ (mgL ⁻¹)	S N-NTK (mgL ⁻¹)	S N-NH ₄ ⁺ (mgL ⁻¹)	S N-NO ₃ ⁻ (mgL ⁻¹)	%nitrificación
3-jul	27,70	25,41	0,81	5,49	3,41	14,52	49,49
4-jul	27,20	25,32	0,82	3,88	2,81	19,22	67,65
5-jul	28,27	25,66	0,80	5,89	3,82	19,77	67,10
10-jul	24,52	21,16	0,21	3,14	1,34	13,03	52,28
11-jul	24,32	20,36	0,23	4,15	3,68	18,96	77,01
12-jul	24,42	21,97	0,20	4,02	2,68	18,71	75,80
17-jul	25,79	23,51	0,21	3,41	3,21	20,31	77,94
18-jul	25,07	22,98	0,22	4,42	2,48	22,12	87,36
media	25,91	23,30	0,44	4,30	2,93	18,33	69,05
σ	1,60	2,04	0,31	0,95	0,80	3,03	13,05

- Las entradas de N-NTK, N-NH₄⁺ y N-NO₃⁻, son prácticamente constantes, presentando desviaciones estándar de 1,60 ; 2,04 y 0,31 respectivamente. Se observa una entrada media en nitrógeno de 26,35 mgL⁻¹ N (N-NTK+N-NO₃⁻), habiendo una diferencia entre el valor máximo y el mínimo de 4,52 mgL⁻¹.
- A la vista de estos resultados podemos considerar el agua de entrada homogénea a la columna en este periodo de funcionamiento.
- En la entrada, más del 88 % del nitrógeno es N-NH₄⁺, y aproximadamente el 2 % es N-NO₃⁻, siendo el N-orgánico aproximadamente un 10%
- Las salidas de N-NTK y N-NH₄⁺ son prácticamente constantes, presentando desviaciones estándar de 0,95 y 0,80 respectivamente. Para el N-NTK hay una

diferencia entre el valor máximo y mínimo de $2,75 \text{ mgL}^{-1}$ siendo la media de $4,30 \text{ mgL}^{-1}$. Para el N-NH_4^+ la diferencia entre el máximo y el mínimo es de $2,48 \text{ mgL}^{-1}$, para una media de $2,93 \text{ mgL}^{-1}$.

- Las salidas de N-NO_3^- , presentan una desviación estándar de $3,03$, para una media de $18,33 \text{ mgL}^{-1}$
- Los procesos de nitrificación sufren variaciones importantes según nuestros datos, ya que para una media de $69,05$ hay una desviación estándar de $13,05$; con un valor mínimo de $49,49 \%$ y un valor máximo del $87,36 \%$, que coinciden con el primer y último día de muestreo para este periodo de funcionamiento.

Demanda química de oxígeno.

Tabla 3.166.: Resultados de DQO para la carga hidráulica $0,330 \text{ m.día}^{-1}$ en 4 aplicaciones. C2

Día	E DQO (mgL^{-1})	S DQO (mgL^{-1})	%reducción
3-jul	125,00	56,00	55,20
4-jul	102,00	55,00	46,08
5-jul	88,00	42,00	52,27
10-jul	87,00	55,00	36,78
11-jul	115,00	44,00	61,74
12-jul	116,00	38,00	67,24
17-jul	57,00	39,00	31,58
18-jul	52,00	28,00	46,15
media	92,75	44,63	49,63
σ	27,14	10,03	12,01

- La entrada de DQO durante este ciclo de funcionamiento presenta una desviación estándar de $27,14$, y hay una diferencia entre el mínimo y el máximo de $73,00 \text{ mgL}^{-1}$, para una media de $92,75 \text{ mgL}^{-1}$. El agua de entrada presenta una gran heterogeneidad respecto a la DQO.
- En cuanto al agua de salida de la columna, se observa una desviación estándar de $10,03$ y hay una diferencia entre el valor mínimo y el máximo de $28,00 \text{ mgL}^{-1}$.
- Se observa una media de reducción de DQO del $49,63 \%$ a lo largo de este ciclo de funcionamiento.

pH y conductividad

Tabla 3.167. : Resultados del pH y conductividad para la carga hidráulica 0,330 m.día⁻¹ en 4 aplicaciones. C2

Día	E pH	S pH	E C.E (μS.cm ⁻¹)	S C.E (μS.cm ⁻¹)
3-jul	7,00	7,45	1789	1945
4-jul	7,22	7,20	1890	1735
5-jul	7,35	7,50	1900	1845
10-jul	7,56	7,45	1720	1801
11-jul	7,45	7,45	1750	1734
12-jul	7,34	7,32	1790	1912
17-jul	7,39	7,30	1845	1834
18-jul	7,28	7,45	1820	1723
media	7,32	7,39	1813	1816
σ	0,17	0,10	63,58	83,82

- Ambos parámetros presentan mínimas variaciones a lo largo de este ciclo de funcionamiento tanto en entradas como en salidas. El paso del agua a través de las columnas no influye en estos parámetros.

Sólidos en suspensión

Tabla 3.168. : Resultados de sólidos en suspensión para la carga hidráulica 0,330m.día⁻¹ en 4 aplicaciones. C2

Día	E SS (mgL ⁻¹)	S SS (mgL ⁻¹)	% reducción
4-jul	10,0	2,0	80
10-jul	17,0	1,5	91
12-jun	15,0	1,0	93
17-jun	10,0	1,0	90
media	13,0	1,38	89
σ	3,56	0,48	5,91

- La entrada en sólidos en suspensión presenta una media de 13,0 mgL⁻¹, con una desviación estándar de 3,56 por lo que podemos considerar una entrada homogénea durante este periodo de funcionamiento.
- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,48; para una media de 1,38 mgL⁻¹. Se consigue un 89 % de reducción.

Parámetros microbiológicos**Coliformes fecales**

Ver el apartado “muestreo” de material y métodos.

Tabla 3.169. : Resultados de coliformes fecales para la carga hidráulica 0,330 m.día⁻¹ en 4 aplicaciones. C2 (4/7/96)

Hora	E log (UFC/100ml)	S log (UFC/100ml)	reducción
1	5,00	0,47	4,53
2		0,69	4,31
3		0,60	4,40
4		0,50	4,50
5		0,50	4,50
6		0,60	4,40
media		0,56	4,44
σ		0,08	

- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,08 para una media de 0,56 unidades logarítmicas.
- La media de 6 horas de muestreo presenta una reducción de 4,44 unidades logarítmicas

Tabla 3.170. : Resultados de coliformes fecales para la carga hidráulica 0,330 m.día⁻¹ en 4 aplicaciones. C2 (10/7/96)

Hora	E log (UFC/100ml)	S log (UFC/100ml)	reducción
1	4,83	0,90	3,93
2		1,17	3,66
3		1,04	3,79
4		1,00	3,83
5		1,04	3,79
6		0,95	3,88
media		1,02	3,81
σ		0,09	

- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,09 para una media de 1,02 unidades logarítmicas.
- La media de 6 horas de muestreo presenta una reducción de 3,81 unidades logarítmicas

Tabla 3.171. : Resultados de coliformes fecales para la carga hidráulica $0,330 \text{ m.día}^{-1}$ en 4 aplicaciones. C2 18/7/96

Hora	E log (UFC/100ml)	S log (UFC/100ml)	reducción
1	4,90	0,00	4,90
2		0,90	4,00
3		0,95	3,95
4		0,77	4,13
5		0,69	4,21
6		0,60	4,30
media		0,65	4,25
σ		0,34	

- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,34 para una media de 0,65 unidades logarítmicas.
- La media de 6 horas de muestreo presenta una reducción de 4,25 unidades logarítmicas

Respecto a los tres días de muestreo para esta carga hidráulica de $0,330 \text{ m.día}^{-1}$ el agua de entrada a la columna presenta variaciones de un logaritmo, pero sea cual sea la entrada se consigue una reducción aproximada de 4,16 unidades logarítmicas.

Colifagos CN13 ; F⁺

Ver el apartado “muestreo” en material y métodos.

Tabla 3.172. : Resultados de colifagos CN13, F⁺ para la carga hidráulica 0,330 m.día⁻¹ en 4 aplicaciones. C2 (10/6/96) ; (18/6/96)

Colifagos CN13

Día	E log UFP/100ml	S log UFP/100ml	reducción
10-jul	4,80	1,67	3,13
18-jul	4,40	1,47	2,93
media	4,60	1,57	3,03
σ	0,28	0,14	

Colifagos F⁺

Día	E log UFP/100ml	S log UFP/100ml	reducción
10-jul	2,20	0,00	2,20
18-jul	3,50	0,00	3,50
media	2,85	0,00	2,85
σ	0,92	0,00	

(10/7/96)

- En el agua de salida se consigue una reducción de 3,13 en cuanto al número de colifagos CN13
- Se consigue una disminución de 2,20 unidades logarítmicas en colifagos F⁺

(18/7/96)

- Se observa una reducción de 2,93 para los colifagos CN13.
- Se consigue una disminución de 3,50 en colifagos F⁺

En cuanto a los dos días de muestreo para esta carga hidráulica de 0,330 m.día⁻¹

- La entrada de colifagos CN13 presentan desviación estándar de 0,28 y una media de reducción de 3,03 unidades logarítmicas.
- La entrada de colifagos F⁺, presenta una desviación estándar de 0,92. La reducción es de 2,85 unidades logarítmicas.

Datos de funcionamiento

<p>Carga hidráulica 0,412 m.día⁻¹ en 5 aplicaciones diarias:</p> <ul style="list-style-type: none"> • carga hidráulica por aplicación 8,24.10⁻² m • tiempo de riego por aplicación 10 minutos • 20 octubre-19 diciembre 1996
--

Parámetros físico-químicos**Nitrógeno**

Tabla 3.173.: Resultados del nitrógeno para la carga hidráulica 0,412m.día⁻¹ en 5 aplicaciones. C2

Día	E N-NTK (mgL ⁻¹)	E N-NH ₄ ⁺ (mgL ⁻¹)	E N-NO ₃ ⁻ (mgL ⁻¹)	S N-NTK (mgL ⁻¹)	S N-NH ₄ ⁺ (mgL ⁻¹)	S N-NO ₃ ⁻ (mgL ⁻¹)	%nitrificación
27-nov	25,42	22,77	0,50	2,38	1,78	7,95	29,31
28-nov	25,00	23,00	0,51	2,76	1,78	9,36	35,40
4-dic	24,98	21,80	0,64	3,13	1,52	14,47	55,36
5-dic	24,75	21,70	0,64	5,30	2,32	21,47	84,16
10-dic	25,58	23,80	2,86	3,35	1,83	23,11	79,16
11-dic	25,44	24,00	2,76	2,81	1,51	16,36	53,46
18-dic	25,33	21,90	1,15	2,12	1,78	17,40	64,15
19-dic	25,01	21,96	1,52	2,20	1,69	18,20	66,69
media	25,19	22,62	1,32	3,01	1,78	16,04	58,43
σ	0,29	0,92	0,98	1,02	0,25	5,33	19,29

- Las entradas de N-NTK, N-NH₄⁺ y N-NO₃⁻ son prácticamente constantes, presentando desviaciones estándar de 0,29 ;0,92 y 0,98 respectivamente. Se observa una entrada media en nitrógeno de 26,51 mgL⁻¹ N (N-NTK+N-NO₃⁻), habiendo una diferencia entre el valor máximo y el mínimo de 3,05 mgL⁻¹.
- A la vista de estos resultados podemos considerar el agua de entrada como homogénea a la columna en este periodo de funcionamiento.
- En la entrada, más del 85 % del nitrógeno es N-NH₄⁺, y aproximadamente el 5 % es N-NO₃⁻, siendo el N-orgánico aproximadamente un 10%
- Las salidas de N-NTK y N-NH₄⁺ son prácticamente constantes, presentando desviaciones estándar de 1,02 y 0,25 respectivamente. Para el N-NTK hay una

diferencia entre el valor máximo y el mínimo de $3,18 \text{ mgL}^{-1}$, siendo la media de $3,01 \text{ mgL}^{-1}$. Para el N-NH_4^+ la diferencia entre el máximo y el mínimo es de $0,81 \text{ mgL}^{-1}$, para una media de $1,78 \text{ mgL}^{-1}$.

- Las salidas de N-NO_3^- , presentan una desviación estándar de $5,33$, para una media de $16,04 \text{ mgL}^{-1}$
- Hay una transformación clara del N-NTK a N-NO_3^- (nitrificación)
- Durante este periodo de funcionamiento se consigue una reducción del $58,43 \%$ con un mínimo de nitrificación del $29,31 \%$, que corresponde al inicio del periodo, este bajo rendimiento se puede atribuir a que la columna ha permanecido durante mucho tiempo en reposo.

Demanda química en oxígeno.

Tabla 3.174. : Resultados de DQO para la carga hidráulica $0,412 \text{ m.día}^{-1}$ en 5 aplicaciones. C2

Día	E DQO (mgL^{-1})	S DQO (mgL^{-1})	%reducción
27-nov	148,40	92,92	37,39
28-nov	148,00	83,83	43,36
4-dic	150,00	88,88	40,75
5-dic	151,00	64,64	57,19
10-dic	148,00	110,09	25,61
11-dic	148,00	59,60	59,73
18-dic	149,00	90,20	39,46
19-dic	149,00	48,60	67,38
media	148,93	79,85	46,39
σ	1,09	20,38	13,82

- La entrada de DQO durante este ciclo de funcionamiento presenta una desviación estándar de $1,09$, y hay una diferencia entre el mínimo y el máximo de 3 mgL^{-1} , para una media de $148,93 \text{ mgL}^{-1}$.
- En cuanto al agua de salida de la columna, se observa una desviación estándar de $20,38$ y hay una diferencia entre el valor mínimo y el máximo de $61,49 \text{ mgL}^{-1}$.
- Se observa una media de reducción de DQO del $46,39 \%$ a lo largo de este ciclo de funcionamiento.

- Durante este ciclo de funcionamiento el tanto por ciento de reducción de la DQO se comporta de forma oscilante.

pH y conductividad

Tabla 3.175. : Resultados del pH y conductividad para la carga hidráulica 0,412 m.día⁻¹ en 5 aplicaciones. C2

Día	E pH	S pH	E C.E (μS.cm ⁻¹)	S C.E (μS.cm ⁻¹)
27-nov	7,23	7,39	1915	1650
28-nov	7,36	7,25	1879	1910
4-dic	7,45	7,56	1834	1870
5-dic	7,45	7,34	1350	1500
10-dic	7,35	7,45	1425	1403
11-dic	7,20	7,40	1300	1356
18-dic	7,22	7,30	1250	1398
19-dic	7,76	7,38	1289	1379
media	7,38	7,38	1530	1558
σ	0,18	0,09	291,61	225,37

- El pH presentan mínimas variaciones a lo largo de este ciclo de funcionamiento tanto en entradas como en salidas.
- La conductividad en el agua de entrada para los últimos días de funcionamiento a esta carga hidráulica fue menor, atenuándose su valor a la salida.

Sólidos en suspensión

Tabla 3.176. : Resultados de sólidos en suspensión para la carga hidráulica 0,412 m.día⁻¹ en 5 aplicaciones. C2

Día	E SS (mgL ⁻¹)	S SS (mgL ⁻¹)	% reducción
28-nov	9,0	1,5	83
5-dic	12,0	1,0	92
11-dic	15,0	1,0	93
19-dic	11,0	1,2	89
media	11,75	1,18	90
σ	2,50	0,24	4,38

- La entrada en sólidos en suspensión presenta una media de $11,75 \text{ mgL}^{-1}$, con una desviación estándar de 2,50 por lo que podemos considerar una entrada homogénea durante este periodo de funcionamiento.
- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,24; para una media de $1,18 \text{ mgL}^{-1}$. Se consigue un 90 % de reducción.

Parámetros microbiológicos

Coliformes fecales

Ver apartado “muestreo” en material y métodos.

Tabla 3.177. : Resultados de coliformes fecales para la carga hidráulica $0,412 \text{ m.día}^{-1}$ en 5 aplicaciones. C2 (28/11/96)

Hora	E log (UFC/100ml)	S log (UFC/100ml)	reducción
1	5,07	0,84	4,23
2		0,93	4,14
3		0,93	4,14
4		1,19	3,88
5		1,15	3,92
media		1,01	4,06
σ		0,15	

- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,15 para una media de 1,01 unidades logarítmicas.
- La media de 5 horas de muestreo presenta una reducción de 4,06 unidades logarítmicas

Tabla 3.178. : Resultados de coliformes fecales para la carga hidráulica $0,412 \text{ m.día}^{-1}$ en 5 aplicaciones. C2 (5/12/96)

Hora	E log (UFC/100ml)	S log (UFC/100ml)	reducción
1	5,60	2,42	3,18
2		0,69	4,91
3		1,57	4,03
4		1,39	4,21
5		1,23	4,37
media		1,46	4,14
σ		0,63	

- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,63 para una media de 1,46 unidades logarítmicas.
- La media de 5 horas de muestreo presenta una reducción de 4,14 unidades logarítmicas

Tabla 3.179. : Resultados de coliformes fecales para la carga hidráulica 0,412 m.día⁻¹ en 5 aplicaciones. C2 (11/12/96)

Hora	E log (UFC/100ml)	S log (UFC/100ml)	reducción
1	4,85	0,69	4,16
2		0,69	4,16
3		1,14	3,71
4		0,30	4,55
5		0,47	4,38
media		0,66	4,19
σ		0,32	

- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,32 para una media de 0,66 unidades logarítmicas.
- La media de 5 horas de muestreo presenta una reducción de 4,19 unidades logarítmicas

Tabla 3.180. : Resultados de coliformes fecales para la carga hidráulica 0,412 m.día⁻¹ en 5 aplicaciones. C2 (18/12/96)

Hora	E log (UFC/100ml)	S log (UFC/100ml)	reducción
1	5,23	1,00	4,23
2		1,00	4,23
3		1,44	3,79
4		0,60	4,63
5		0,90	4,33
media		0,99	4,24
σ		0,30	

- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,30 para una media de 0,99 unidades logarítmicas.
- La media de 5 horas de muestreo presenta una reducción de 4,24 unidades logarítmicas

Respecto a los cuatro días de muestreo para esta carga hidráulica de 0,412 m.día⁻¹ el agua de entrada a la columna presenta variaciones 1 unidad logarítmica . El promedio de

reducción para los cuatro días de muestreo es de aproximadamente 4,15 unidades logarítmicas.

Colifagos CN13 ; F⁺

Ver el apartado “muestreo” en material y métodos.

Tabla 3.181. : Resultados de colifagos CN13, F⁺ para la carga hidráulica 0,412 m.día⁻¹ en 5 aplicaciones. C2 (11/12/96) ; (18/12/96)

Colifagos CN13

Día	E log UFP/100ml	S log UFP/100ml	reducción
11-dic	4,48	1,30	3,18
18-dic	4,34	1,25	3,09
media	4,41	1,28	3,13
σ	0,10	0,04	

Colifagos F⁺

Día	E log UFP/100ml	S log UFP/100ml	reducción
11-dic	2,25	1,34	0,91
18-dic	2,20	1,20	1,00
media	2,23	1,27	0,95
σ	0,04	0,10	

(11/12/96)

- En el agua de salida se consigue una reducción de 3,18 unidades logarítmicas en colifagos CN13
- Se consigue una disminución de tan solo de 0,91 unidades logarítmicas en colifagos F⁺. Esta menor disminución puede atribuirse al descenso en la conductividad de entrada, que ha podido dar lugar a una desorción.

(18/12/96)

- Se observa una reducción de 3,09 para los colifagos CN13.
- Se consigue una disminución de tan solo 1 unidad logarítmica en colifagos F⁺

En cuanto a los dos días de muestreo para esta carga hidráulica de 0,412 m.día⁻¹

- La entrada de colifagos CN13 presentan desviación estándar de 0,10 y una media de reducción de 3,13 unidades logarítmicas.
- La entrada de colifagos F⁺, presenta una desviación estándar de 0,04. La reducción es de tan solo 0,95 unidades logarítmicas.

Datos de funcionamiento

Carga hidráulica 0,495 m.día⁻¹ en 6 aplicaciones diarias: <ul style="list-style-type: none"> • carga hidráulica por aplicación 8,24.10⁻² m • tiempo de riego por aplicación 10 minutos • 8 enero 1996-5 marzo 1997
--

Parámetros físico-químicos**Nitrógeno**

Tabla 3.182. : Resultados del nitrógeno para la carga hidráulica 0,495m.día⁻¹ en 6 aplicaciones. C2

Día	E N-NTK (mgL ⁻¹)	E N-NH ₄ ⁺ (mgL ⁻¹)	E N-NO ₃ ⁻ (mgL ⁻¹)	S N-NTK (mgL ⁻¹)	S N-NH ₄ ⁺ (mgL ⁻¹)	S N-NO ₃ ⁻ (mgL ⁻¹)	%nitrificación
13-feb	23,32	20,70	2,50	3,55	2,42	15,69	56,56
14-feb	22,30	20,80	3,80	2,88	2,62	16,83	58,43
19-feb	28,84	25,18	2,34	2,52	1,84	15,76	46,53
20-feb	26,67	26,36	2,20	3,45	1,59	15,67	50,51
21-feb	22,31	20,86	1,30	3,81	3,35	16,29	67,19
26-feb	26,20	25,60	1,65	3,66	3,04	13,99	47,10
27-feb	26,27	25,66	1,70	2,78	2,63	16,78	57,40
4-mar	29,16	27,97	2,10	3,40	2,99	14,23	41,60
5-mar	28,13	27,41	2,00	3,40	3,35	18,09	57,20
media	25,91	24,50	2,18	3,27	2,65	15,93	53,06
σ	2,68	2,92	0,71	0,44	0,62	1,28	7,83

- Las entradas de N-NTK, N-NH₄⁺ y N-NO₃⁻ son prácticamente constantes, presentando desviaciones estándar de 2,68 ; 2,92 y 0,71 respectivamente. Se observa una entrada media en nitrógeno de 28,09 mgL⁻¹ N (N-NTK+N-NO₃⁻), habiendo una diferencia entre el valor máximo y el mínimo de 7,65 mgL⁻¹.
- A la vista de estos resultados podemos considerar el agua de entrada homogénea a la columna en este periodo de funcionamiento.
- En la entrada, más del 87 % del nitrógeno es N-NH₄⁺ y aproximadamente el 8 % es N-NO₃⁻, siendo el N-orgánico aproximadamente un 5 %

- Las salidas de N-NTK y N-NH₄⁺ son prácticamente constantes, presentando desviaciones estándar de 0,44 y 0,62 respectivamente. Para el N-NTK hay una diferencia entre el valor máximo y el mínimo de 1,29 mgL⁻¹, siendo la media de 3,27 mgL⁻¹. Para el N-NH₄⁺ la diferencia entre el máximo y el mínimo es de 1,76 mgL⁻¹, para una media de 2,65 mgL⁻¹.
- Las salidas de N-NO₃⁻, presentan una desviación estándar de 1,28 para una media de 15,93 mgL
- Hay una transformación clara del N-NTK a N-NO₃⁻ (nitrificación)
- Los procesos de nitrificación no sufren variaciones importantes según nuestros datos, ya que para una media de 53,06 hay una desviación estándar de 7,83.

Demanda química de oxígeno.

Tabla 3.183. : Resultados de DQO para la carga hidráulica 0,495 m.dia⁻¹ en 6 aplicaciones. C2

Día	E DQO (mgL ⁻¹)	S DQO (mgL ⁻¹)	%reducción
13-feb	157,00	56,05	64,30
14-feb	156,00	74,10	52,50
19-feb	166,00	78,85	52,50
20-feb	149,00	132,00	11,41
21-feb	186,00	98,80	46,88
26-feb	125,00	70,30	43,76
27-feb	126,00	104,00	17,46
4-mar	148,00	63,65	56,99
5-mar	101,00	68,00	32,67
media	146,00	82,86	43,25
σ	25,25	24,17	18,01

- La entrada de DQO durante este ciclo de funcionamiento presenta una desviación estándar de 25,25 y hay una diferencia entre el mínimo y el máximo de 85,00 mgL⁻¹, para una media de 146,00 mgL⁻¹. El agua de entrada presenta una gran heterogeneidad respecto a la DQO.
- En cuanto al agua de salida de la columna, se observa una desviación estándar de 24,17 y hay una diferencia entre el valor mínimo y el máximo de 75,95 mgL⁻¹.

- Se observa una media de reducción de DQO del 43,25 % a lo largo de este ciclo de funcionamiento.
- Durante este ciclo de funcionamiento la reducción de la DQO presenta oscilaciones.

pH y conductividad

Tabla 3.184. : Resultados del pH y conductividad para la carga hidráulica 0,495 m.día⁻¹ en 6 aplicaciones. C2

Día	E pH	S pH	E C.E (μS.cm ⁻¹)	S C.E (μS.cm ⁻¹)
13-feb	7,33	7,49	1805	1898
14-feb	7,65	7,34	1890	1906
19-feb	7,58	7,65	1845	1956
20-feb	7,50	7,58	1825	1756
21-feb	7,38	7,45	1845	1875
26-feb	7,30	7,30	1756	1745
27-feb	7,35	7,34	1790	1803
4-mar	7,38	7,59	1802	1845
5-mar	7,29	7,43	1799	1856
media	7,42	7,46	1817	1849
σ	0,13	0,12	38,89	70,20

- Ambos parámetros presentan mínimas variaciones a lo largo de este ciclo de funcionamiento, tanto en entradas como en salidas.

Sólidos en suspensión

Tabla 3.185. : Resultados de sólidos en suspensión para la carga hidráulica 0,495 m.día⁻¹ en 6 aplicaciones. C2

Día	E SS (mgL ⁻¹)	S SS (mgL ⁻¹)	% reducción
14-feb	8,0	0,0	100
20-feb	10,0	0,5	95
26-feb	11,0	1,0	91
4-mar	21,0	1,2	94
media	12,5	0,68	95
σ	5,80	0,54	3,75

- La entrada en sólidos en suspensión presenta una media de 12,5 mgL⁻¹, con una desviación estándar de 5,80

- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,54; para una media de 0,68 mgL^{-1} . Se consigue un 95% de reducción.

Parámetros microbiológicos

Coliformes fecales

Ver apartado “muestreo” en material y métodos

Tabla 3.186. : Resultados de coliformes fecales para la carga hidráulica $0,495 \text{ m.día}^{-1}$ en 6 aplicaciones. C2 (13/02/97)

Hora	E log (UFC/100ml)	S log (UFC/100ml)	reducción
1	5,62	1,17	4,45
2		1,20	4,42
3		1,07	4,55
4		1,23	4,39
media		1,17	4,45
σ		0,07	

- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,07 para una media de 1,17 unidades logarítmicas.
- La media de 4 horas de muestreo presenta una reducción de 4,45 unidades logarítmicas; la máxima reducción se observa para las dos últimas horas de muestreo

Tabla 3.187. : Resultados de coliformes fecales para la carga hidráulica $0,495 \text{ m.día}^{-1}$ en 6 aplicaciones. C2 (19/02/97)

Hora	E log (UFC/100ml)	S log (UFC/100ml)	reducción
1	4,69	1,11	3,58
2		1,17	3,52
3		1,04	3,65
4		1,07	3,62
media		1,10	3,59
σ		0,06	

- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,06 para una media de 1,10 unidades logarítmicas.
- La media de 4 horas de muestreo presenta una reducción de 3,59 unidades logarítmicas; la máxima reducción se observa para las dos últimas horas de muestreo

Tabla 3.188. : Resultados de coliformes fecales para la carga hidráulica $0,495 \text{ m.día}^{-1}$ en 6 aplicaciones. C2 (26/02/97)

Hora	E log (UFC/100ml)	S log (UFC/100ml)	reducción
1	5,50	1,46	4,04
2		1,43	4,07
3		1,39	4,11
4		1,34	4,16
media		1,41	4,10
σ		0,05	

- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,05 para una media de 1,41 unidades logarítmicas.
- La media de 4 horas de muestreo presenta una reducción de 4,10 unidades logarítmicas; la máxima reducción se observa para las dos últimas horas de muestreo

Tabla 3.189. : Resultados de coliformes fecales para la carga hidráulica $0,495 \text{ m.día}^{-1}$ en 6 aplicaciones. C2 (5/03/97)

Hora	E log (UFC/100ml)	S log (UFC/100ml)	reducción
1	5,39	1,00	4,39
2		1,41	3,98
3		1,44	3,95
4		1,30	4,09
media		1,29	4,10
σ		0,20	

- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,20 para una media de 1,29 unidades logarítmicas.
- La media de 4 horas de muestreo presenta una reducción de 4,10 unidades logarítmicas; la máxima reducción se observa para las dos últimas horas de muestreo

Respecto a los cuatro días de muestreo para esta carga hidráulica de $0,495 \text{ m.día}^{-1}$ el agua de entrada a la columna presenta variaciones que van desde 1 a 2 unidades logarítmicas. El promedio de reducción para los cuatro días de muestreo es de aproximadamente 4,06 unidades logarítmicas.

Colifagos CN13 ; F⁺

Ver el apartado “muestreo” en material y métodos.

Tabla 3.190. : Resultados de colifagos CN13, F⁺ para la carga hidráulica 0,495 m.día⁻¹ en 6 aplicaciones. C2 (20/3/97) ; (4/4/97)

Colifagos CN13

Día	E log UFP/100ml	S log UFP/100ml	reducción
20-mar	4,88	1,30	3,58
4-abr	4,92	1,47	3,45
media	4,90	1,39	3,51
σ	0,03	0,12	

Colifagos F⁺

Día	E log UFP/100ml	S log UFP/100ml	reducción
20-mar	3,88	1,47	2,41
4-abr	3,93	1,39	2,54
media	3,91	1,43	2,47
σ	0,04	0,06	

(20/03/97)

- En el agua de salida se consigue una reducción de 3,58 unidades logarítmicas en cuanto al número de colifagos CN13
- Se consigue una disminución de 2,41 en colifagos F⁺

(4/04/97)

- Se observa una reducción de 3,45 para los colifagos CN13.
- Se consigue una disminución de 2,54 en colifagos F⁺

En cuanto a los dos días de muestreo para esta carga hidráulica de 0,495 m.día⁻¹

- La entrada de colifagos CN13 presentan desviación estándar de 0,03 y una media de reducción de 3,51 unidades logarítmicas
- La entrada de colifagos F⁺, presenta una desviación estándar de 0,04; la reducción es de 2,47 unidades logarítmicas.

3.2.2.3. Columna C3

Agua procedente de la depuradora de Sant Feliu de Llobregat.

Datos de funcionamiento

Carga hidráulica 0,165 m.día⁻¹ en 2 aplicaciones diarias : <ul style="list-style-type: none"> • carga hidráulica por aplicación 8,24 10⁻² m • tiempo de riego por aplicación 10 minutos • 15 abril-25 abril 1996
--

Parámetros físico-químicos**Nitrógeno**

Tabla 3.191. : Resultados del nitrógeno para la carga hidráulica 0,165m.día⁻¹ en 2 aplicaciones. C3

Día	E N-NTK (mgL ⁻¹)	E N-NH ₄ ⁺ (mgL ⁻¹)	E N-NO ₃ ⁻ (mgL ⁻¹)	S N-NTK (mgL ⁻¹)	S N-NH ₄ ⁺ (mgL ⁻¹)	S N-NO ₃ ⁻ (mgL ⁻¹)	%nitrificación
15-abr	24,56	22,74	4,11	6,01	5,87	22,09	73,21
16-abr	23,98	22,98	3,95	3,25	2,99	23,60	81,94
17-abr	23,45	22,45	4,32	3,08	2,94	23,13	80,21
18-abr	22,12	20,98	4,03	2,11	2,05	23,76	89,20
19-abr	21,23	19,97	3,88	5,09	4,87	19,80	74,99
23-abr	22,05	20,89	3,98	3,02	2,79	22,89	85,76
24-abr	21,99	17,99	4,13	3,60	3,28	21,98	81,17
25-abr	22,12	18,85	4,21	4,09	3,89	21,18	76,72
media	22,69	20,86	4,07	3,78	3,59	22,30	80,36
σ	1,16	1,84	0,15	1,25	1,24	1,34	5,39

- Las entradas de N-NTK, N-NH₄⁺ y N-NO₃⁻, son prácticamente constantes, presentando desviaciones estándar de 1,16 ; 1,84 y 0,15 respectivamente. Se observa una entrada media en nitrógeno de 26,76 mgL⁻¹ N (N-NTK+N-NO₃⁻), habiendo una diferencia entre el valor máximo y el mínimo de 3,56 mgL⁻¹.
- A la vista de estos resultados podemos considerar el agua de entrada a la columna como homogénea en este periodo de funcionamiento.
- En la entrada, más del 77 % del nitrógeno es N-NH₄⁺, y aproximadamente el 15 % es N-NO₃⁻, siendo el N-orgánico aproximadamente un 8 %

- Las salidas de N-NTK y N-NH₄⁺ son prácticamente constantes, presentando desviaciones estándar de 1,25 y 1,24 respectivamente. Para el N-NTK hay una diferencia entre el valor máximo y el mínimo de 3,90 mgL⁻¹, siendo la media de 3,78 mgL⁻¹. Para el N-NH₄⁺ la diferencia entre el máximo y el mínimo es de 3,82 mgL⁻¹, para una media de 3,59 mgL⁻¹.
- Las salidas de N-NO₃⁻, presentan una desviación estándar de 1,34 ; para una media de 22,30 mgL⁻¹
- Durante este ciclo de funcionamiento, la columna presenta un comportamiento homogéneo.

Demanda química de oxígeno.

Tabla 3.192.: Resultados de DQO para la carga hidráulica 0,165 m.día⁻¹ en 2 aplicaciones. C3

Día	E DQO (mgL ⁻¹)	S DQO (mgL ⁻¹)	%reducción
15-abr	192,94	89,54	53,59
16-abr	192,94	73,14	62,09
17-abr	62,89	33,04	47,46
18-abr	83,15	38,37	53,85
19-abr	67,16	15,99	76,19
23-abr	148,17	106	28,46
24-abr	185,4	43,46	76,56
25-abr	160,58	40,3	74,90
media	136,65	54,98	59,77
σ	56,76	31,06	16,85

- La entrada de DQO durante este ciclo de funcionamiento presenta una desviación estándar de 56,76 ; y hay una diferencia entre el mínimo y el máximo de 130,05 mgL⁻¹, para una media de 136,65 mgL⁻¹. El agua de entrada presenta una gran heterogeneidad respecto a la DQO.
- En cuanto al agua de salida de la columna, se observa una desviación estándar de 31,06 y hay una diferencia entre el valor mínimo y el máximo de 72,96 mgL⁻¹.
- Se observa una media de reducción de DQO del 59,77 % a lo largo de este ciclo de funcionamiento.
- Durante este ciclo de funcionamiento el tanto por ciento de reducción sufre pequeñas oscilaciones.

pH y conductividad

Tabla 3.193. : Resultados del pH y conductividad para la carga hidráulica 0,165 m.día⁻¹ en 2 aplicaciones. C3

Día	E pH	S pH	E C.E (μS.cm ⁻¹)	S C.E (μS.cm ⁻¹)
15-abr	7,72	7,12	1850	1797
16-abr	7,35	7,15	1862	2000
17-abr	7,73	7,19	1720	1950
18-abr	7,22	7,13	1680	1810
19-abr	7,22	7,21	1839	1962
23-abr	7,19	7,08	1795	1982
24-abr	7,58	7,19	1870	1994
25-abr	7,35	7,14	1745	1808
media	7,42	7,15	1795	1913
σ	0,23	0,04	72,14	90,83

- Presentan variaciones mínimas a lo largo de este ciclo de funcionamiento tanto en entradas como en salidas.

Sólidos en suspensión

Tabla 3.194. : Resultados de sólidos en suspensión para la carga hidráulica 0,165 m.día⁻¹ en 2 aplicaciones. C3

Día	E SS (mgL ⁻¹)	S SS (mgL ⁻¹)	% reducción
15-abr	9,0	1,0	89
17-abr	10,0	1,0	90
19-abr	8,0	1,5	81
23-abr	9,0	1,0	89
media	9,0	1,13	87
σ	0,82	0,25	4,04

- La entrada de sólidos en suspensión presenta una media de 9 mgL⁻¹, con una desviación estándar de 0,82, por lo que podemos considerar una entrada homogénea durante este periodo de funcionamiento.
- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,25, para una media de 1,13 mgL⁻¹. Se consigue un 87 % de reducción de sólidos en suspensión.

Parámetros microbiológicos**Coliformes fecales**

Ver el apartado “muestreo” de material y métodos.

Tabla 3.195. : Resultados de coliformes fecales para la carga hidráulica 0,165 m.día⁻¹ en 2 aplicaciones. C3 (17/4/96)

horas	E log (UFC/100ml)	S log (UFC/100ml)	reducción
1	4,85	0,00	4,85
2		0,00	4,85
3		0,00	4,85
4		0,00	4,85
5		1,04	3,81
6		1,04	3,81
7		0,90	3,95
8		0,84	4,01
9		0,70	4,15
10		0,70	4,15
11		0,70	4,15
12		0,70	4,15
media		0,55	4,30
σ		0,42	

- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,42 para una media de 0,55
- La media de 12 horas de muestreo presenta una reducción de 4,30 unidades logarítmicas.

Tabla 3.196. : Resultados de coliformes fecales para la carga hidráulica $0,165 \text{ m.día}^{-1}$ en 2 aplicaciones. C3 (25/4/96)

horas	E log (UFC/100ml)	S log (UFC/100ml)	reducción
1	5,60	0,77	4,83
2		1,27	4,33
3		0,30	5,30
4		0,60	5,00
5		0,30	5,30
6		0,30	5,30
7		0,47	5,13
8		0,30	5,30
9		0,60	5,00
10		0,30	5,30
11		0,30	5,30
12		0,30	5,30
media		0,48	5,12
σ		0,30	

- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,30 para una media de 0,48
- La media de 12 horas de muestreo presenta una reducción de 5,12 unidades logarítmicas.
- Con respecto a los a los dos días de muestreo podemos concluir que para una carga hidráulica de $0,165 \text{ m.día}^{-1}$, se consigue una reducción de 4,71 coliformes fecales respecto al agua de entrada a la columna.

Colifagos CN13 ; F⁺

Ver el apartado “muestreo” en material y métodos.

Tabla 3.197. : Resultados de colifagos CN13, F⁺ para la carga hidráulica 0,165 m.día⁻¹ en 2 aplicaciones. C3 (17/4/96) ; (25/4/96).

Colifagos CN13

Día	E log UFP/100ml	S log UFP/100ml	reducción
17-abr	4,50	0,69	3,81
25-abr	4,50	0,60	3,90
media	4,50	0,65	3,85
σ	0,00	0,06	

Colifagos F⁺

Día	E log UFP/100ml	S log UFP/100ml	reducción
17-abr	1,90	0,30	1,60
25-abr	1,70	0,47	1,23
media	1,80	0,39	1,41
σ	0,14	0,12	

(17/4/96)

- En el agua de salida se consigue una reducción de 3,81 unidades logarítmicas en cuanto al número de colifagos CN13
- Se consigue una disminución de 1,60 en colifagos F⁺

(25/4/96)

- Se observa una disminución de 3,90 unidades logarítmicas para los colifagos CN13.
- Se consigue una disminución de 2,23 unidades logarítmicas en colifagos F⁺

En cuanto a los dos días de muestreo para esta carga hidráulica de 0,165 mdía⁻¹

- Tanto la entrada como la salida de colifagos CN13 no presentan variaciones, se consigue una reducción de 3,85 unidades logarítmicas.
- La entrada de colifagos F⁺, presenta una desviación de 0,14; la reducción es de 1,41 unidades logarítmicas.

Datos de funcionamiento

Carga hidráulica 0,247 m.día⁻¹ en 3 aplicaciones diarias : <ul style="list-style-type: none"> • carga hidráulica por aplicación 8,24.10⁻² m • tiempo de riego por aplicación 10 minutos • 2 mayo-6 junio 1996

Parámetros físico-químicos**Nitrógeno**Tabla 3.198 . : Resultados del nitrógeno para la carga hidráulica 0,247m.día⁻¹ en 3 aplicaciones. C3

Día	E N-NTK (mgL ⁻¹)	E N-NH ₄ ⁺ (mgL ⁻¹)	E N-NO ₃ ⁻ (mgL ⁻¹)	S N-NTK (mgL ⁻¹)	S N-NH ₄ ⁺ (mgL ⁻¹)	S N-NO ₃ ⁻ (mgL ⁻¹)	%nitrificación
15-may	23,00	16,80	0,00	2,94	1,94	19,24	83,65
16-may	23,50	17,50	0,00	2,88	2,88	15,09	64,21
17-may	23,60	17,00	0,00	2,68	2,14	15,93	67,50
22-may	24,05	22,04	0,00	3,75	2,34	16,28	67,69
23-may	24,58	22,90	0,00	4,02	2,61	16,11	65,54
4-jun	19,85	15,61	4,08	3,01	2,01	18,01	90,73
6-jun	21,35	15,61	4,08	2,34	1,34	19,04	89,18
media	22,85	18,21	1,17	3,09	2,18	17,10	74,85
σ	1,67	3,00	1,99	0,59	0,50	1,64	11,81

- Las entradas de N-NTK, N-NH₄⁺ y N-NO₃⁻ presentan desviaciones estándar de 1,67; 3,00 y 1,99 respectivamente. La diferencia entre el valor máximo y el mínimo de N-NTK es de 4,73 mgL⁻¹, mientras que para el N-NH₄⁺ es de 7,29 mgL⁻¹, siendo de 4,08 mgL⁻¹ para el N-NO₃⁻.
- En la entrada el 82 % del nitrógeno está en forma de N-NH₄⁺, el 13 % en forma de N-orgánico y el 5 % restante en forma de N-NO₃⁻.
- Las salidas de N-NTK, y N-NH₄⁺ presentan una desviación estándar de 0,59 y 0,50 respectivamente, y hay una diferencia entre el máximo y el mínimo de 1,68 mgL⁻¹ para el N-NTK y de 1,54 mgL⁻¹ para N-NH₄⁺.
- Las salidas de N-NO₃⁻ presentan una desviación estándar de 1,64 ; para una media de 17,10 mgL⁻¹

- El N-NTK representa el 15 % de nitrógeno total a la salida, siendo el 85 % nitrógeno en forma de N-NO_3^- .
- Hay una transformación clara de N-NTK a N-NO_3^- ; el proceso de nitrificación se ha llevado a cabo en un 74,85 % como media de esta experiencia, con valores puntuales que han llegado a ser del 90,73 %.

Demanda química de oxígeno.

Tabla 3.199: Resultados de DQO para la carga hidráulica $0,247 \text{ m.día}^{-1}$ en 3 aplicaciones. C3

Día	E DQO (mgL^{-1})	S DQO (mgL^{-1})	%reducción
15-may	128,26	10,60	91,74
16-may	126,14	80,56	36,13
17-may	127,20	36,04	71,67
22-may	63,22	26,50	58,08
23-may	60,45	2,12	96,49
4-jun	59,60	19,09	67,97
6-jun	60,01	9,09	84,85
media	89,27	26,29	70,55
σ	35,51	26,52	21,01

- La entrada de DQO durante este ciclo de funcionamiento presenta una desviación estándar de 35,51 y hay una diferencia entre el mínimo y el máximo de $68,66 \text{ mgL}^{-1}$, para una media de $89,27 \text{ mgL}^{-1}$. El agua de entrada presenta una gran heterogeneidad respecto a la DQO.
- En cuanto al agua de salida de la columna, se observa una desviación estándar de 26,52 y hay una diferencia entre el valor mínimo y el máximo de $78,44 \text{ mgL}^{-1}$.
- Se observa una media de reducción de DQO del 70,55 % a lo largo de este ciclo de funcionamiento.
- Se consigue el máximo de oxidación el día 23 de mayo, que coincide con el máximo de nitrificación.

pH y conductividad

Tabla 3.200. : Resultados del pH y conductividad para la carga hidráulica $0,247 \text{ m.día}^{-1}$ en 3 aplicaciones. C3

Día	E pH	S pH	E C.E ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	S C.E ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)
15-may	7,35	7,22	1800	1909
16-may	7,22	7,17	1855	1800
17-may	7,27	7,13	1890	1729
22-may	7,58	7,09	1756	1878
23-may	7,45	7,20	1825	1846
4-jun	7,34	7,19	1856	1720
6-jun	7,24	7,15	1796	1803
media	7,35	7,16	1825	1812
σ	0,13	0,04	45,30	71,30

- Por lo que respecta al pH se observa una cierta variación (de media unidad) en el agua de entrada y en la de salida.
- En cuanto a la conductividad, podemos indicar que presenta mínimas variaciones a lo largo de este ciclo de funcionamiento, tanto en entradas como en salidas. Podemos afirmar que no hay cambios en estos parámetros en la columna, al comparar entradas y salidas.

Sólidos en suspensión

Tabla 3.201. : Resultados de sólidos en suspensión para la carga hidráulica $0,247 \text{ m.día}^{-1}$ en 3 aplicaciones. C3

Día	E SS (mgL^{-1})	S SS (mgL^{-1})	% reducción
15-may	7	1,0	86
17-may	6	1,0	83
22-may	8	2,0	75
4-jun	7	1,0	86
media	7	1,25	82
σ	0,82	0,50	5,09

- La entrada de sólidos en suspensión presenta una media de 7 mgL^{-1} , con una desviación estándar de 0,82, por lo que podemos considerar una entrada homogénea durante este periodo de funcionamiento.

- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,50, para una media de 1,25 mgL⁻¹. Se consigue un 82 % de reducción en sólidos en suspensión.

Parámetros microbiológicos

Coliformes fecales

Ver el apartado “muestreo” en material y métodos.

Tabla 3.202. : Resultados de coliformes fecales para la carga hidráulica 0,247 m.día⁻¹ en 3 aplicaciones. C3 (15/5/96)

hora	E log (UFC/100ml)	S log (UFC/100ml)	reducción
1	5,23	0,00	5,23
2		0,00	5,23
3		0,30	4,93
4		0,47	4,76
5		0,45	4,78
6		0,45	4,78
7		0,45	4,78
8		0,45	4,78
media		0,32	4,91
σ		0,21	

- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,21 para una media de 0,32
- La media de 12 horas de muestreo presenta una reducción de 4,91 unidades logarítmicas.

Tabla 3.203. : Resultados de coliformes fecales para la carga hidráulica 0,247 m.día⁻¹ en 3 aplicaciones. C3 (22/5/96)

hora	E log (UFC/100ml)	S log (UFC/100ml)	reducción
1	4,79	0,00	4,79
2		0,77	4,02
3		0,69	4,10
4		0,47	4,32
5		0,47	4,32
6		0,50	4,29
7		0,50	4,29
8		0,50	4,29
media		0,49	4,30
σ		0,23	

- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,23 para una media de 0,49
- La media de 12 horas de muestreo presenta una reducción de 4,30 unidades logarítmicas.

Tabla 3.204. : Resultados de coliformes fecales para la carga hidráulica 0,247 m.día⁻¹ en 3 aplicaciones. C3 (6/6/96)

hora	E log (UFC/100ml)	S log (UFC/100ml)	reducción
1	5,10	0,00	5,10
2		0,60	4,50
3		0,77	4,33
4		0,77	4,33
5		0,77	4,33
6		0,30	4,80
7		0,47	4,63
8		0,47	4,63
media		0,52	4,58
σ		0,27	0,27

- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,27 para una media de 0,52
- La media de 12 horas de muestreo presenta una reducción de 4,58 unidades logarítmicas.

Respecto a los tres días de muestreo para esta carga hidráulica de 0,247 m.día⁻¹, el agua de entrada a la columna presenta variaciones de un logaritmo, pero sea cual sea la entrada se consigue una reducción aproximada de 4,60 unidades logarítmicas.

Colifagos CN13 ; F⁺

Ver el apartado “muestreo” en material y métodos.

Tabla 3.205. : Resultados de colifagos CN13, F⁺ para la carga hidráulica 0,247 m.día⁻¹ en 3 aplicaciones. C3 (15/5/96), (25/4/96)

Colifagos CN13

Día	E log UFP/100ml	S log UFP/100ml	reducción
15-may	4,07	1,00	3,07
6-jun	4,33	1,47	3,09
media	4,20	1,24	3,08
σ	0,18	0,33	

Colifagos F⁺

Día	E log UFP/100ml	S log UFP/100ml	reducción
15-may	2,70	1,00	1,70
6-jun	3,38	1,95	1,43
media	3,04	1,48	1,56
σ	0,48	0,67	

(15/5/96)

- En el agua de salida se consigue una reducción de 3,07 unidades logarítmicas en cuanto al número de colifagos CN13
- Se consigue una disminución de 1,70 en colifagos F⁺

(25/4/96)

- En el agua de salida se consigue una reducción de 3,07 unidades logarítmicas en cuanto al número de colifagos CN13
- Se consigue una disminución de 1,70 en colifagos F⁺

En cuanto a los dos días de muestreo para esta carga hidráulica de 0,247 m.día⁻¹

- La entrada de colifagos CN13 presenta una desviación estándar de 0,18 y una media de reducción de 3,08 unidades logarítmicas.
- La entrada de colifagos F⁺, presenta una desviación estándar de 0,48; la reducción es de 1,56 unidades logarítmicas.

Datos de funcionamiento**Carga hidráulica 0,330 m.día⁻¹ en
4 aplicaciones diarias:**

- carga hidráulica por aplicación 8,24 10⁻² m
- tiempo de riego por aplicación 10 minutos
- 28 junio-18 julio 1996

Parámetros físico-químicos**Nitrógeno**Tabla 3.206. : Resultados del nitrógeno para la carga hidráulica 0,330m.día⁻¹ en 4 aplicaciones. C3

Día	E N-NTK (mgL ⁻¹)	E N-NH ₄ ⁺ (mgL ⁻¹)	E N-NO ₃ ⁻ (mgL ⁻¹)	S N-NTK (mgL ⁻¹)	S N-NH ₄ ⁺ (mgL ⁻¹)	S N-NO ₃ ⁻ (mgL ⁻¹)	%nitrificación
3-jul	27,70	25,41	0,81	4,69	1,94	15,50	53,03
4-jul	27,20	25,32	0,82	5,16	2,88	20,41	72,02
5-jul	28,27	25,66	0,80	5,09	2,34	19,00	64,38
10-jul	24,52	21,16	0,21	2,47	2,14	19,71	79,53
11-jul	24,32	20,36	0,23	3,82	3,81	21,07	85,69
12-jul	24,42	21,97	0,20	4,15	3,68	19,51	79,07
17-jul	25,79	23,51	0,21	3,88	3,41	22,03	84,61
18-jul	25,07	22,98	0,22	3,41	2,34	14,82	58,24
media	25,91	23,30	0,44	4,08	2,82	19,01	71,66
σ	1,60	2,04	0,31	0,90	0,73	2,56	12,31

- Las entradas de N-NTK, N-NH₄⁺ y N-NO₃⁻ son prácticamente constantes, presentando desviaciones estándar de 11,60 ; 2,04 y 0,31 respectivamente. Se observa una entrada media en nitrógeno de 26,35 mgL⁻¹ N (N-NTK+N-NO₃⁻), habiendo una diferencia entre el valor máximo y el mínimo de 4,45 mgL⁻¹.
- A la vista de estos resultados podemos considerar el agua de entrada a la columna como homogénea en este periodo de funcionamiento.
- En la entrada, más del 88 % del nitrógeno es N-NH₄⁺, y aproximadamente el 2 % es N-NO₃⁻, siendo el N-orgánico aproximadamente un 10 %
- Las salidas de N-NTK y N-NH₄⁺ son prácticamente constantes, presentando desviaciones estándar de 0,90 y 0,73 respectivamente. Para el N-NTK hay una

diferencia entre el valor máximo y el mínimo de $2,69 \text{ mgL}^{-1}$, siendo la media de $4,08 \text{ mgL}^{-1}$. Para el N-NH_4^+ la diferencia entre el máximo y el mínimo es de $1,87 \text{ mgL}^{-1}$ para una media de $2,82 \text{ mgL}^{-1}$.

- Las salidas de N-NO_3^- , presentan una desviación estándar de $2,56$ para una media de $19,01 \text{ mgL}^{-1}$
- Hay una transformación clara del N-NTK a N-NO_3^- (nitrificación)
- Los procesos de nitrificación sufren variaciones importantes según nuestros datos, ya que para una media de $71,66$ hay una desviación estándar de $12,31$; con un valor mínimo de $53,03 \%$ y un valor máximo del $85,69 \%$, que coinciden con el primer y último día de muestreo para este periodo de funcionamiento.

Demanda química de oxígeno.

Tabla 3.207. : Resultados de DQO para la carga hidráulica $0,330 \text{ m.día}^{-1}$ en 4 aplicaciones. C3

Día	E DQO (mgL^{-1})	S DQO (mgL^{-1})	%reducción
3-jul	125,00	70,00	44,00
4-jul	102,00	9,00	91,18
5-jul	88,00	36,00	59,09
10-jul	87,00	38,00	56,32
11-jul	115,00	44,00	61,74
12-jul	116,00	25,00	78,45
17-jul	57,00	5,00	91,23
18-jul	52,00	12,00	76,92
media	92,75	29,88	67,79
σ	27,14	21,75	17,19

- La entrada de DQO durante este ciclo de funcionamiento presenta una desviación estándar de $27,14$, y hay una diferencia entre el mínimo y el máximo de $73,00 \text{ mgL}^{-1}$, para una media de $92,75 \text{ mgL}^{-1}$. El agua de entrada presenta una gran heterogeneidad respecto a la DQO.
- En cuanto al agua de salida de la columna, se observa una desviación estándar de $21,75$ y hay una diferencia entre el valor mínimo y el máximo de $65,00 \text{ mgL}^{-1}$.
- Se observa una media de reducción de DQO del $67,79 \%$ a lo largo de este ciclo de funcionamiento.

- Durante este ciclo de funcionamiento el tanto por ciento de reducción fue mayor para entradas de mayor carga contaminante.

pH y conductividad

Tabla 3.208. : Resultados del pH y conductividad para la carga hidráulica $0,330 \text{ m.día}^{-1}$ en 4 aplicaciones. C3

Día	E pH	S pH	E C.E ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	S C.E ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)
3-jul	7,00	7,18	1789	1735
4-jul	7,22	7,23	1890	1945
5-jul	7,35	7,17	1900	1890
10-jul	7,56	7,10	1720	1789
11-jul	7,45	7,13	1750	1840
12-jul	7,34	7,17	1790	1893
17-jul	7,39	7,13	1845	1784
18-jul	7,28	7,16	1820	1901
media	7,32	7,16	1813	1847
σ	0,17	0,04	63,58	72,12

- Ambos parámetros presentan mínimas variaciones a lo largo de este ciclo de funcionamiento tanto en entradas como en salidas. El paso del agua a través de las columnas no influye en estos parámetros.

Sólidos en suspensión

Tabla 3.208. : Resultados de sólidos en suspensión para la carga hidráulica $0,330 \text{ m.día}^{-1}$ en 4 aplicaciones. C3

Día	E SS (mgL^{-1})	S SS (mgL^{-1})	% reducción
4-jul	10	1,0	90
10-jul	17	1,5	91
12-jun	15	2,2	85
17-jun	10	1,1	89
media	13	1,45	89
σ	3,56	0,54	2,52

- La entrada de sólidos en suspensión presenta una media de 13 mgL^{-1} , con una desviación estándar de 3,56 por lo que podemos considerar una entrada homogénea durante este periodo de funcionamiento.

- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,54, para una media de 1,45 mgL^{-1} . Se consigue un 89 % de reducción en sólidos en suspensión.

Parámetros microbiológicos

Coliformes fecales

Ver el apartado “muestreo” en material y métodos.

Tabla 3.209. : Resultados de coliformes fecales para la carga hidráulica $0,330 \text{ m.día}^{-1}$ en 4 aplicaciones. C3 (4/7/96)

Hora	E log (UFC/100ml)	S log (UFC/100ml)	reducción
1	5,00	1,00	4,00
2		1,23	3,77
3		1,36	3,64
4		1,00	4,00
5		1,00	4,00
6		0,47	4,53
media		1,01	3,99
σ		0,30	

- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,30 para una media de 1,01
- La media de 6 horas de muestreo presenta una reducción de 3,99 unidades logarítmicas.

Tabla 3.210. : Resultados de coliformes fecales para la carga hidráulica $0,330 \text{ m.día}^{-1}$ en 4 aplicaciones. C3 (10/7/96)

Hora	E log (UFC/100ml)	S log (UFC/100ml)	reducción
1	4,83	1,00	3,83
2		0,60	4,23
3		0,90	3,93
4		0,60	4,23
5		1,07	3,76
6		1,00	3,83
media		0,86	3,97
σ		0,21	

- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,21 para una media de 0,86
- La media de 6 horas de muestreo presenta una reducción de 3,97 unidades logarítmicas.

Tabla 3.211. : Resultados de coliformes fecales para la carga hidráulica 0,330 m.día⁻¹ en 4 aplicaciones. C3 (18/7/96)

Hora	E log (UFC/100ml)	S log (UFC/100ml)	reducción
1	4,90	0,90	4,00
2		1,00	3,90
3		0,95	3,95
4		1,00	3,90
5		1,04	3,86
6		1,04	3,86
media		0,99	3,91
σ		0,05	

- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,05 para una media de 0,99
- La media de 6 horas de muestreo presenta una reducción de 3,91 unidades logarítmicas.

Respecto a los tres días de muestreo para esta carga hidráulica de 0,330 m.día⁻¹ el agua de entrada a la columna presenta variaciones de un logaritmo, pero sea cual sea la entrada se consigue una reducción aproximada de 3,95 unidades logarítmicas.

Colifagos CN13 ; F⁺

Ver apartado "muestreo" en material y métodos.

Colifagos CN13

Tabla 3.212. : Resultados de colifagos CN13, F⁺ para la carga hidráulica 0,330 m.día⁻¹ en 4 aplicaciones. C3 (10/6/96) ; (18/6/96)

Día	E log UFP/100ml	S log UFP/100ml	reducción
10-jul	4,80	1,30	3,50
18-jul	4,40	1,30	3,10
media	4,60	1,30	3,30
σ	0,28	0,00	

Colifagos F+

Día	E log UFP/100ml	S log UFP/100ml	reducción
10-jul	2,20	0,00	2,20
18-jul	3,50	1,60	1,90
media	2,85	0,80	2,05
σ	0,92	1,13	

(10/7/96)

- En el agua de salida se consigue una reducción de 3,50 unidades logarítmicas en cuanto al número de colifagos CN13
- Se consigue una disminución de 2,20 en colifagos F⁺

(18/7/96)

- En el agua de salida se consigue una reducción de 3,10 unidades logarítmicas en cuanto al número de colifagos CN13
- Se consigue una disminución de 1,90 en colifagos F⁺

En cuanto a los dos días de muestreo para esta carga hidráulica de 0,330 m.día⁻¹

- La entrada de colifagos CN13 presenta una desviación estándar de 0,28 y una media de reducción de 3,30 unidades logarítmicas.
- La entrada de colifagos F⁺, presenta una desviación estándar de 0,92; la reducción es de 2,05 unidades logarítmicas

Datos de funcionamiento

Carga hidráulica 0,412 m.día⁻¹ en 5 aplicaciones diarias: <ul style="list-style-type: none"> • carga hidráulica por aplicación 8,24x10⁻² m • tiempo de riego por aplicación 10 minutos • 20 octubre-19 diciembre 1996

Parámetros físico-químicos**Nitrógeno**Tabla 3.213. : Resultados del nitrógeno para la carga hidráulica 0,412m.día⁻¹ en 5 aplicaciones. C3

Día	E N-NTK (mgL ⁻¹)	E N-NH ₄ ⁺ (mgL ⁻¹)	E N-NO ₃ ⁻ (mgL ⁻¹)	S N-NTK (mgL ⁻¹)	S N-NH ₄ ⁺ (mgL ⁻¹)	S N-NO ₃ ⁻ (mgL ⁻¹)	%nitrificación
27-nov	25,42	22,77	0,50	3,08	1,62	18,33	70,14
28-nov	25,00	23,00	0,51	2,86	1,62	18,25	70,96
4-dic	24,98	21,80	0,64	2,70	1,94	16,54	63,65
5-dic	24,75	21,70	0,64	3,08	2,54	16,86	65,54
10-dic	25,58	23,80	2,86	3,73	2,21	20,12	67,47
11-dic	25,44	24,00	2,76	2,70	2,16	20,76	70,75
18-dic	25,33	21,90	1,15	2,90	2,13	19,20	71,26
19-dic	25,01	21,96	1,52	2,80	2,16	20,00	73,89
media	25,19	22,62	1,32	2,98	2,05	18,76	69,22
σ	0,29	0,92	0,98	0,34	0,31	1,54	3,38

- Las entradas de N-NTK, N-NH₄⁺ y N-NO₃⁻ son prácticamente constantes, presentando desviaciones estándar de 0,29 ; 0,92 y 0,98 respectivamente. Se observa una entrada media en nitrógeno de 26,51 mgL⁻¹ N (N-NTK+N-NO₃⁻), habiendo una diferencia entre el valor máximo y el mínimo de 3,05 mgL⁻¹.
- A la vista de estos resultados podemos considerar el agua de entrada a la columna homogénea en este periodo de funcionamiento.
- En la entrada, más del 85 % del nitrógeno es N-NH₄⁺ y aproximadamente el 5 % es N-NO₃⁻, siendo el N-orgánico aproximadamente un 10%
- Las salidas de N-NTK y N-NH₄⁺ son prácticamente constantes, presentando desviaciones estándar de 0,34 y 0,31 respectivamente. Para el N-NTK hay una

diferencia entre el valor máximo y mínimo de $1,03 \text{ mgL}^{-1}$, siendo la media de $2,98 \text{ mgL}^{-1}$. Para el N-NH_4^+ la diferencia entre el máximo y el mínimo es de $0,92 \text{ mgL}^{-1}$, para una media de $2,05 \text{ mgL}^{-1}$.

- Las salidas de N-NO_3^- , presentan una desviación estándar de $1,54$ para una media de $18,76 \text{ mgL}^{-1}$
- Hay una transformación clara del N-NTK a N-NO_3^- (nitrificación)
- Durante este periodo de funcionamiento se consigue una reducción del $69,22 \%$ con un comportamiento homogéneo a lo largo de este periodo de funcionamiento.

Demanda química de oxígeno.

Tabla 3.214.: Resultados de DQO para la carga hidráulica $0,412 \text{ m.día}^{-1}$ en 5 aplicaciones. C3

Día	E DQO (mgL^{-1})	S DQO (mgL^{-1})	%reducción
27-nov	148,40	99,00	33,29
28-nov	148,00	51,25	65,37
4-dic	150,00	89,89	40,07
5-dic	151,00	78,20	48,21
10-dic	148,00	110,09	25,61
11-dic	148,00	35,35	76,11
18-dic	149,00	70,25	52,85
19-dic	149,00	68,00	54,36
media	148,93	75,25	49,47
σ	1,09	24,63	16,56

- La entrada de DQO durante este ciclo de funcionamiento presenta una desviación estándar de $1,09$, y hay una diferencia entre el mínimo y el máximo de 3 mgL^{-1} , para una media de $148,93 \text{ mgL}^{-1}$.
- En cuanto al agua de salida de la columna, se observa una desviación estándar de $24,63$ y hay una diferencia entre el valor mínimo y el máximo de $74,74 \text{ mgL}^{-1}$.
- Se observa una reducción media de DQO del $49,47 \%$ a lo largo de este ciclo de funcionamiento.
- Durante este ciclo de funcionamiento la de reducción de la DQO se comporta de forma oscilante.

pH y conductividad

Tabla 3.215. : Resultados del pH y conductividad para la carga hidráulica 0,412 m.día⁻¹ en 5 aplicaciones. C3

Día	E pH	S pH	E C.E. (μS/cm)	S C.E. (μS/cm)
27-nov	7,23	7,25	1915	1830
28-nov	7,36	7,23	1879	1878
4-dic	7,45	7,14	1834	1900
5-dic	7,45	7,12	1350	1701
10-dic	7,35	7,18	1425	1556
11-dic	7,20	7,22	1300	1409
18-dic	7,22	7,22	1250	1389
19-dic	7,76	7,19	1289	1326
media	7,38	7,19	1530	1624
σ	0,18	0,05	291,61	234,20

- El pH presenta variaciones mínimas a lo largo de este ciclo de funcionamiento tanto en entradas como en salidas.
- El agua de entrada tiene una cierta variación de conductividad, que se atenúa en el agua de salida. Podríamos decir que la columna homogeneiza la conductividad, ya que el aumento de la misma en el agua de salida es posterior al del agua de entrada..

Sólidos en suspensión

Tabla 3.216. : Resultados de sólidos en suspensión para la carga hidráulica 0,412 m.día⁻¹ en 5 aplicaciones. C3

Día	E SS (mgL ⁻¹)	S SS (mgL ⁻¹)	% reducción
28-nov	9,0	1,0	89
5-dic	12,0	0,0	100
11-dic	15,0	1,2	92
19-dic	11,0	2,0	82
media	11,75	1,05	91
σ	2,50	0,82	7,54

- La entrada de sólidos en suspensión presenta una media de 11,75 mgL⁻¹, con una desviación estándar de 2,50 por lo que podemos considerar una entrada homogénea durante este periodo de funcionamiento.

- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,82, para una media de 1,05 mgL⁻¹. Se consigue un 91 % de reducción.

Parámetros microbiológicos

Coliformes fecales

Ver el apartado “muestreo” en material y métodos.

Tabla 3.217. : Resultados de coliformes fecales para la carga hidráulica 0,412 m.día⁻¹ en 5 aplicaciones. C3(28/11/96)

Hora	E log (UFC/100ml)	S log (UFC/100ml)	reducción
1	5,07	1,39	3,68
2		1,36	3,71
3		1,38	3,69
4		1,39	3,68
5		1,32	3,75
media		1,37	3,70
σ		0,03	

- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,03 para una media de 1,37
- La media de 5 horas de muestreo presenta una reducción de 3,70 unidades logarítmicas.

Tabla 3.218. : Resultados de coliformes fecales para la carga hidráulica 0,412 m.día⁻¹ en 5 aplicaciones. C3 (5/12/96)

Hora	E log (UFC/100ml)	S log (UFC/100ml)	reducción
1	5,60	1,39	4,21
2		2,07	3,53
3		2,27	3,33
4		2,00	3,60
5		1,94	3,66
media		1,93	3,67
σ		0,33	

- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,33 para una media de 1,93
- La media de 5 horas de muestreo presenta una reducción de 3,67 unidades logarítmicas.

Tabla 3.219. : Resultados de coliformes fecales para la carga hidráulica $0,412 \text{ m.día}^{-1}$ en 5 aplicaciones. C3 (11/12/96)

Hora	E log (UFC/100ml)	S log (UFC/100ml)	reducción
1	4,85	1,47	3,38
2		1,30	3,55
3		1,30	3,55
4		1,30	3,55
5		1,90	2,95
media		1,45	3,40
σ		0,26	

- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,26 para una media de 1,45
- La media de 6 horas de muestreo presenta una reducción de 3,40 unidades logarítmicas.

Tabla 3.220. : Resultados de coliformes fecales para la carga hidráulica $0,412 \text{ m.día}^{-1}$ en 5 aplicaciones. C3 (18/12/96)

Hora	E log (UFC/100ml)	S log (UFC/100ml)	reducción
1	5,23	1,41	3,82
2		1,00	4,23
3		1,00	4,23
4		1,60	3,63
5		1,60	3,63
media		1,32	3,91
σ		0,30	

- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,30 para una media de 1,32
- La media de 6 horas de muestreo presenta una reducción de 3,91 unidades logarítmicas.

Respecto a los cuatro días de muestreo para esta carga hidráulica de $0,412 \text{ m.día}^{-1}$ el agua de entrada a la columna presenta variaciones de una unidad logarítmica ; consiguiendo una reducción media de 3,67 unidades logarítmicas.

Colifagos CN13 ; F⁺

Ver apartado "muestreo" en material y métodos)

Tabla 3.221. : Resultados de colifagos CN13, F⁺ para la carga hidráulica 0,412 m.día⁻¹ en 5 aplicaciones. C3. (11/12/96) ; (18/12/96).

Colifagos CN13

Día	E log UFP/100ml	S log UFP/100ml	reducción
11-dic	4,48	1,77	2,71
18-dic	4,34	1,69	2,65
media	4,41	1,73	2,68
σ	0,10	0,06	

Colifagos F⁺

Día	E log UFP/100ml	S log UFP/100ml	reducción
11-dic	2,25	1,60	0,65
18-dic	2,20	1,47	0,73
media	2,23	1,54	0,69
σ	0,04	0,09	

(11/12/96)

- En el agua de salida se consigue una reducción de 2,71 en cuanto al número de colifagos CN13 .
- Se consigue una disminución de tan solo de 0,65 unidades logarítmicas en colifagos F⁺, esta mediocre reducción de colifagos F⁺, se puede atribuir a una menor conductividad del agua de entrada que podría haber dado lugar a la desorción de estos.

(18/12/96)

- En el agua de salida se consigue una reducción de 2,65 en cuanto al número de colifagos CN13
- Se consigue una disminución de tan solo de 0,73 unidades logarítmicas en colifagos F⁺, esta mediocre reducción de colifagos F⁺, se puede atribuir a una menor conductividad del agua de entrada que podría haber dado lugar a la desorción de estos.

En cuanto a los dos días de muestreo para esta carga hidráulica de $0,412 \text{ m}^3 \text{ día}^{-1}$

- La entrada de colifagos CN13 presenta una desviación estándar de 0,10 y una media de reducción de 2,68 unidades logarítmicas.
- La entrada de colifagos F^+ , presenta una desviación estándar de 0,04; la reducción es de tan solo de 0,69 unidades logarítmicas.

Datos de funcionamiento

Carga hidráulica 0,495 m.día⁻¹ en 6 aplicaciones diarias: <ul style="list-style-type: none"> • carga hidráulica por aplicación 8,24 · 10⁻² m • tiempo de riego por aplicación 10 minutos • 8 enero - 5 marzo 1997

Parámetros físico-químicos**Nitrógeno**

Tabla 3.222. : Resultados del nitrógeno para la carga hidráulica 0,495 m.día⁻¹ en 6 aplicaciones. C3

Día	E N-NTK (mgL ⁻¹)	E N-NH ₄ ⁺ (mgL ⁻¹)	E N-NO ₃ ⁻ (mgL ⁻¹)	S N-NTK (mgL ⁻¹)	S N-NH ₄ ⁺ (mgL ⁻¹)	S N-NO ₃ ⁻ (mgL ⁻¹)	%nitrificación
13-feb	23,32	20,70	2,50	3,24	2,06	18,55	68,83
14-feb	22,30	20,80	3,80	2,98	2,47	19,87	72,06
19-feb	28,84	25,18	2,34	2,67	1,64	22,30	69,21
20-feb	26,67	26,36	2,20	2,78	2,21	20,67	69,25
21-feb	22,31	20,86	1,30	3,91	3,24	16,09	66,29
26-feb	26,20	25,60	1,65	3,66	3,04	18,54	64,47
27-feb	26,27	25,66	1,70	2,78	2,68	18,67	64,60
4-mar	29,16	27,97	2,10	3,54	3,45	20,34	62,55
5-mar	28,13	27,41	2,00	3,24	2,73	21,67	69,93
media	25,91	24,50	2,18	3,20	2,61	19,63	67,37
σ	2,68	2,92	0,71	0,44	0,58	1,90	3,12

- Las entradas de N-NTK, N-NH₄⁺ y N-NO₃⁻ son prácticamente constantes, presentando desviaciones estándar de 2,68 ; 2,92 y 0,71 respectivamente. Se observa una entrada media en nitrógeno de 28,09 mgL⁻¹ (N-NTK+N-NO₃⁻), habiendo una diferencia entre el valor máximo y el mínimo de 7,65 mgL⁻¹.
- A la vista de estos resultados podemos considerar el agua de entrada a la columna como homogénea en este periodo de funcionamiento.
- En la entrada, más del 87 % del nitrógeno es N-NH₄⁺, y aproximadamente el 8 % es N-NO₃⁻, siendo el N-orgánico aproximadamente un 5 %

- Las salidas de N-NTK y N-NH₄⁺ son prácticamente constantes, presentando desviaciones estándar de 0,44 y 0,58 respectivamente. Para el N-NTK hay una diferencia entre el valor máximo y mínimo de 1,24 mgL⁻¹, siendo la media de 3,20. Para el N-NH₄⁺ la diferencia entre el máximo y el mínimo es de 1,81 mgL⁻¹ para una media de 2,61 mgL⁻¹.
- Las salidas de N-NO₃⁻, presentan una desviación estándar de 1,90, para una media de 19,63 mgL⁻¹
- Hay una transformación clara del N-NTK a N-NO₃⁻ (nitrificación)
- Los procesos de nitrificación no sufren variaciones importantes según nuestros datos, ya que para una media de 67,37 hay una desviación estándar de 3,12.

Demanda química de oxígeno.

Tabla 3.223. : Resultados de DQO para la carga hidráulica 0,495 m.día⁻¹ en 6 aplicaciones. C3

Día	E DQO (mgL ⁻¹)	S DQO (mgL ⁻¹)	%reducción
13-feb	157,00	94,00	40,13
14-feb	156,00	57,00	63,46
19-feb	166,00	85,89	48,26
20-feb	149,00	78,00	47,65
21-feb	186,00	98,80	46,88
26-feb	125,00	74,99	40,01
27-feb	126,00	77,09	38,82
4-mar	148,00	89,99	39,20
5-mar	101,00	65,99	34,66
media	146,00	80,19	45,07
σ	25,25	13,45	8,56

- La entrada de DQO durante este ciclo de funcionamiento presenta una desviación estándar de 25,25 y hay una diferencia entre el mínimo y el máximo de 85 mgL⁻¹, para una media de 146 mgL⁻¹. El agua de entrada presenta una gran heterogeneidad respecto a la DQO.
- En cuanto al agua de salida de la columna, se observa una desviación estándar de 13,45 y hay una diferencia entre el valor mínimo y el máximo de 41,8 mgL⁻¹.
- Se observa una media de reducción de DQO del 45,07 % a lo largo de este ciclo de funcionamiento.

- Durante este ciclo de funcionamiento la de reducción de la DQO presenta un comportamiento homogéneo.

pH y conductividad

Tabla 3.224. : Resultados del pH y conductividad para la carga hidráulica 0,495 m.día⁻¹ en 6 aplicaciones. C3

Día	E pH	S pH	E C.E (μS.cm ⁻¹)	S C.E (μS.cm ⁻¹)
13-feb	7,33	7,29	1805	1879
14-feb	7,65	7,22	1890	1902
19-feb	7,58	7,20	1845	1934
20-feb	7,50	7,17	1825	1768
21-feb	7,38	7,16	1845	1891
26-feb	7,30	7,21	1756	1803
27-feb	7,35	7,23	1790	1834
4-mar	7,38	7,24	1802	1820
5-mar	7,29	7,22	1799	1808
media	7,42	7,22	1817	1849
σ	0,13	0,04	38,89	54,91

- Ambos parámetros presentan mínimas variaciones a lo largo de este ciclo de funcionamiento, tanto en entradas como en salidas.

Sólidos en suspensión

Tabla 3.225. : Resultados de sólidos en suspensión para la carga hidráulica 0,495 m.día⁻¹ en 6 aplicaciones. C3

Día	E SS (mgL ⁻¹)	S SS (mgL ⁻¹)	% reducción
14-feb	8	1,0	88
20-feb	10	0,5	95
26-feb	11	1,0	91
4-mar	21	1,0	95
media	12,5	0,88	93
σ	5,80	0,25	3,69

- La entrada en sólidos en suspensión presenta una media de 12,5 mgL⁻¹, con una desviación estándar de 5,80 por lo que podemos considerar una entrada homogénea durante este periodo de funcionamiento.

- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,25; para una media de 0,88 mgL^{-1} . Se consigue un 93 % de reducción en sólidos en suspensión.

Parámetros microbiológicos

Coliformes fecales

Ver el apartado “muestreo” en material y métodos.

Tabla 3.226. : Resultados de coliformes fecales para la carga hidráulica $0,495 \text{ m.día}^{-1}$ en 6 aplicaciones. C3 (13/02/97)

Hora	E log (UFC/100ml)	S log (UFC/100ml)	reducción
1	5,62	2,39	3,23
2		2,39	3,23
3		2,13	3,49
4		2,07	3,55
media		2,25	3,38
σ		0,17	

- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,17 para una media de 2,25 unidades logarítmicas.
- La media de 4 horas de muestreo presenta una reducción de 3,38 unidades logarítmicas; la máxima reducción se observa para las dos últimas horas de muestreo

Tabla 3.227. : Resultados de coliformes fecales para la carga hidráulica $0,495 \text{ m.día}^{-1}$ en 6 aplicaciones. C3 (19/02/97)

Hora	E log (UFC/100ml)	S log (UFC/100ml)	reducción
1	4,69	1,47	3,22
2		1,50	3,19
3		1,11	3,58
4		1,25	3,44
media		1,33	3,36
σ		0,19	

- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,19 para una media de 1,33 unidades logarítmicas.

- La media de 4 horas de muestreo presenta una reducción de 3,36 unidades logarítmicas; la máxima reducción se observa para las dos últimas horas de muestreo

Tabla 3.228. : Resultados de coliformes fecales para la carga hidráulica 0,495 m.día⁻¹ en 6 aplicaciones. C3 (26/02/97)

Hora	E log (UFC/100ml)	S log (UFC/100ml)	reducción
1	5,50	1,65	3,85
2		1,77	3,73
3		1,69	3,81
4		1,60	3,90
media		1,68	3,82
σ		0,07	

- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,07 para una media de 1,68 unidades logarítmicas.
- La media de 4 horas de muestreo presenta una reducción de 3,82 unidades logarítmicas; la máxima reducción se observa para las dos últimas horas de muestreo

Tabla 3.229. : Resultados de coliformes fecales para la carga hidráulica 0,495 m.día⁻¹ en 6 aplicaciones. C3 (5/03/97)

Hora	E log (UFC/100ml)	S log (UFC/100ml)	reducción
1	5,39	1,84	3,55
2		1,81	3,58
3		1,69	3,70
4		1,65	3,74
media		1,75	3,64
σ		0,09	

- El agua de salida presenta una desviación estándar de 0,09 para una media de 1,75 unidades logarítmicas.
- La media de 4 horas de muestreo presenta una reducción de 3,64 unidades logarítmicas.

Respecto a los cuatro días de muestreo para esta carga hidráulica de 0,495 m.día⁻¹ el agua de entrada a la columna presenta variaciones que 1 unidad logarítmica. El promedio

de reducción para los cuatro días de muestreo es de aproximadamente 3,55 unidades logarítmicas.

Colifagos CN13 ; F⁺

Ver apartado "muestreo" en material y métodos.

Tabla 3.230. : Resultados de colifagos CN13, F⁺ para la carga hidráulica 0,495 m.día⁻¹ en 6 aplicaciones. C3. (20/3/97) ; (4/04/97).

Colifagos CN13

Día	E log UFP/100ml	S log UFP/100ml	reducción
20-mar	4,88	2,51	2,37
4-abr	4,92	1,30	3,62
media	4,90	1,91	2,99
σ	0,03	0,86	

Colifagos F⁺

Día	E log UFP/100ml	S log UFP/100ml	reducción
20-mar	3,88	1,69	2,19
4-abr	3,93	1,47	2,46
media	3,91	1,58	2,32
σ	0,04	0,16	

(20/03/97)

- En el agua de salida se consigue una reducción de 2,37 unidades logarítmicas en cuanto al número de colifagos CN13
- Se consigue una disminución de 2,19 unidades logarítmicas en cuanto a colifagos F⁺

(4/04/97)

- Se observa una reducción de 3,62 para los colifagos CN13
- Se consigue una disminución de 2,46 en colifagos F⁺

En cuanto a los dos días de muestreo para esta carga hidráulica de 0,495 m día⁻¹

- La entrada de colifagos CN13 presenta una desviación estándar de 0,03 y una media de reducción de 2,99 unidades logarítmicas.

- La entrada de colifagos F^+ , presenta una desviación estándar de 0,04; la reducción es de 2,32 unidades logarítmicas.

INTERPRETACION DEL SEGUNDO PROTOCOLO

Una vez analizados los datos correspondientes a las distintas cargas hidráulicas aplicadas 0,165; 0,247; 0,330; 0,412 y 0,495 m.día⁻¹ en las columnas C1, C2 y C3 ; interpretamos los datos de forma global para cada una de las cargas hidráulicas aplicadas y para las tres columnas.

Parámetros fisico-químicos.

Recordemos que se han determinado pH, conductividad, sólidos en suspensión, DQO, N-NTK, N-NH₄⁺, N-NO₃⁻, N-NO₂⁻.

pH

Tabla 3.231. : Medias de pH columnas C1, C2 y C3

CH (m.día ⁻¹)	Entrada	Salida		
	pH	C1	C2	C3
0,165	7,42	7,33	7,41	7,15
0,247	7,35	7,33	7,43	7,16
0,330	7,32	7,34	7,39	7,16
0,412	7,38	7,33	7,38	7,19
0,495	7,42	7,49	7,46	7,22

El agua de entrada procedente del efluente secundario de la depuradora de Sant Feliu presenta un pH cercano a la neutralidad que varia entre 7,3 y 7,4 ; propio de una planta de tratamiento de agua residual urbana. Estos valores de pH cercanos a la neutralidad deben favorecer el crecimiento microbiano y la formación de la biopelícula.

En las columnas C1 y C2 no se observan variaciones significativas de pH, mientras que en la columna C3, se ha encontrado una ligera disminución del pH del orden de 0,2 unidades para todas las cargas hidráulicas aplicadas. No obstante, no creemos que esto sea especialmente significativo.

Conductividad

Tabla 3.232. : Medias de conductividad columnas C1, C2 y C3

CH (m.día ⁻¹)	Entrada	Salida		
	Conductividad ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	C1 ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	C2 ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	C3 ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)
0,165	1795	1810	1833	1913
0,247	1825	1799	1832	1812
0,330	1813	1790	1816	1847
0,412	1530	1582	1558	1624
0,495	1817	1827	1849	1849

En el agua de entrada a las columnas la conductividad presenta valores entre $1530 \mu\text{Scm}^{-1}$ y $1825 \mu\text{Scm}^{-1}$

El agua de salida presenta ligeras variaciones que, de entrada y evaluando este parámetro de forma independiente, no se consideran significativas.

Sólidos en suspensión.

Tabla 3.233. : Medias de sólidos en suspensión C1, C2 y C3

CH (m.día ⁻¹)	Entrada	Salida		
	SS (mgL^{-1})	C1 (mgL^{-1})	C2 (mgL^{-1})	C3 (mgL^{-1})
0,165	9,0	1,13 (88%)	0,25 (98%)	1,13 (87%)
0,247	7,0	1,00 (86%)	0,75 (89%)	1,25 (82%)
0,330	13,0	3,13 (76%)	1,38 (89%)	1,45 (89%)
0,412	11,7	2,43 (79%)	1,18 (90%)	1,05 (91%)
0,495	12,5	2,08 (83%)	0,68 (95%)	0,88 (93%)

() rendimiento en porcentaje

Se puede considerar que el agua de salida de la planta de Sant Feliu de Llobregat presenta una concentración baja en cuanto al contenido de sólidos en suspensión. Este es un dato importante a la hora de dar a estos efluentes un tratamiento terciario. Concretamente en el sistema de IPm, un contenido bajo en sólidos en suspensión favorece que no tenga lugar una colmatación superficial, evitando así una reducción en la permeabilidad superficial del filtro.

En general se encuentra una disminución de sólidos en suspensión que va del 88 % al 94 %, y no se observa una relación entre la reducción de sólidos en suspensión y la carga hidráulica aplicada, ya que para todos los casos ha tenido lugar satisfactoriamente.

Se observan mejores rendimientos en cuanto a la eliminación de sólidos en suspensión en las columnas C2 y C3 que en la C1.

Nitrógeno

Tabla 3.234. : Medias de nitrógeno C1, C2 y C3

CH (m.día ⁻¹)	Entrada				Salida											
					C1			C2			C3					
	N-NTK (mgL ⁻¹)	N-NH ₄ ⁺ (mgL ⁻¹)	N-NO ₃ ⁻ (mgL ⁻¹)		N-NTK (mgL ⁻¹)	N-NH ₄ ⁺ (mgL ⁻¹)	N-NO ₃ ⁻ (mgL ⁻¹)	N-NTK (mgL ⁻¹)	N-NH ₄ ⁺ (mgL ⁻¹)	N-NO ₃ ⁻ (mgL ⁻¹)	N-NTK (mgL ⁻¹)	N-NH ₄ ⁺ (mgL ⁻¹)	N-NO ₃ ⁻ (mgL ⁻¹)			
0,165	22,69	20,86	4,07		3,34	2,63	21,73 (78%)	3,46	2,01	22,06 (79%)	3,78	3,59	22,30 (80%)			
0,247	22,98	19,78	1,17		3,00	2,11	18,25 (74%)	2,99	2,19	18,43 (76%)	3,09	2,18	17,10 (75%)			
0,330	25,91	23,30	0,44		3,70	2,75	18,21 (68%)	4,30	2,93	18,33 (69%)	4,08	2,82	19,01 (72%)			
0,412	25,19	22,62	1,32		3,14	2,00	17,84 (66%)	3,01	1,78	16,04 (58%)	2,98	2,05	18,76 (70%)			
0,495	25,91	24,50	2,18		3,04	2,72	18,64 (63%)	3,27	2,65	15,93 (53%)	3,20	2,61	19,63 (67%)			

() rendimiento en % de nitrificación

El agua de entrada al filtro presenta una concentración que podemos considerar homogénea en cada una de las formas de nitrógeno aplicadas.

A lo largo de este experimento el N-NTK del efluente secundario que se encuentra en el rango de 23 mgL^{-1} a 26 mgL^{-1} ha sido transformado parcialmente en nitratos. El porcentaje de nitrificación ha ido disminuyendo a medida que se iba aumentando la carga hidráulica aplicada, para cada una de las columnas.

En general, para todas las cargas hidráulicas aplicadas, excepto para la carga de $0,247 \text{ m.día}^{-1}$, se observa que el porcentaje de nitrificación fue más satisfactorio en la columna C3. En este punto cabe señalar la diferencia, en cuanto a la granulometría, de la columna C3, respecto a la columna C1 y C2. La arena utilizada en la columna C3 presenta un 77,42 % de arena gruesa (2-0,5 mm) como fracción dominante; a diferencia de las columnas C1 y C2 con un 61,43 % y un 68,93 % respectivamente de arena media (0,5-0,25 mm) como fracción dominante. Podemos atribuir el mayor porcentaje de nitrificación en la columna C3, a un mayor aprovisionamiento de oxígeno por difusión molecular, debido a la percolación más rápida del agua a través de los primeros centímetros de arena.

Los contenidos de N-NH_4^+ y N-NTK en el efluente terciario son siempre muy reducidos, alcanzándose valores máximos de 4 mgL^{-1}

En todos los casos, el resto de nitrógeno se encuentra como N-NO_3^- .

El aumento de la carga hidráulica que se llevó a cabo mediante el aumento del número de aplicaciones en un día, conlleva una disminución del aporte de oxígeno por difusión, debido a que la capa superficial del macizo filtrante permanece durante más tiempo húmeda, dificultándose teóricamente los intercambios gaseosos del filtro con la atmósfera. Si tenemos en cuenta que el aumento de la carga hidráulica implica un aumento en la expansión del biofilm, como consecuencia de un aumento en el aporte de nutrientes y de materia orgánica; obtendremos una disminución progresiva de la porosidad ocupada por la fase gaseosa. Los intercambios difusivos entre la fase gaseosa

del medio poroso y el aire atmosférico que se consideran una de las fuentes principales de aprovisionamiento de oxígeno se verán cada vez mas mermados.

En cuanto a la diferencia de altura entre la columna C1 de 1 m y las otras dos de 1,5 m no se observan diferencias significativas.

Demanda química de oxígeno

Tabla 3.235. : Medias de DQO C1, C2 y C3

CH (m/día)	Entrada	Salida		
	DQO (mgL ⁻¹)	C1 (mgL ⁻¹)	C2 (mgL ⁻¹)	C3 (mgL ⁻¹)
0,165	156,18	62,55 (60%)	45,47 (66%)	54,98 (60%)
0,247	89,27	30,00 (66%)	42,70 (52%)	26,29 (70%)
0,330	92,75	41,54 (55%)	44,63 (50%)	29,88 (68%)
0,412	148,93	71,45 (52%)	79,85 (46%)	75,25 (57%)
0,495	146,00	87,28 (40%)	82,86 (43%)	80,19 (45%)

() rendimiento en % de oxidación.

El agua de entrada a las columnas presenta valores promedio de DQO para cada una de las cargas evaluadas que varían entre 89 mgL⁻¹ y 149 mgL⁻¹, por lo que podemos considerarla poco homogénea.

Los percolados presentan una disminución de DQO que varia entre el 40 % y el 67 % respecto al influente. Se observa una clara tendencia a obtener peores resultados en cuanto a la oxidación a medida que aumentamos la carga hidráulica.

Los mejores resultados de disminución de DQO se obtienen en la columna C3, excepto para la carga hidráulica de 0,165 m.día⁻¹.

Los resultados obtenidos para este parámetro (DQO) son similares a los encontrados para la nitrificación, ya que tanto para la disminución de la DQO, como para que tenga

lugar la nitrificación, es necesario un aporte de oxígeno, para poder satisfacer la demanda total de oxígeno (DTO):

Parámetros microbiológicos :

La calidad microbiológica del agua tratada en las columnas durante este segundo protocolo de estudio se ha determinado mediante el contenido en coliformes fecales como indicadores de contaminación fecal bacteriana y el contenido en colifagos F⁺ y CN13, como indicadores de contaminación viral.

Coliformes fecales

Tabla 3.236. : Medias de coliformes fecales C1, C2 y C3

CH m.día ⁻¹	Entrada	Salida		
	Coliformes fecales log(UFC/100ml)	C1 log(UFC/100ml)	C2 log(UFC/100ml)	C3 log(UFC/100ml)
0,165	5,22	1,15 (4,07)	0,00 (5,22)	0,52 (4,70)
0,247	5,04	1,52 (3,52)	0,10 (4,94)	0,44 (4,60)
0,330	4,91	1,51 (3,40)	0,74 (4,17)	0,95 (3,96)
0,412	5,18	1,95 (3,23)	1,03 (4,15)	1,51 (3,67)
0,495	5,30	1,96 (3,34)	1,24 (4,06)	1,75 (3,55)

() reducción en unidades logarítmicas.

El agua de entrada presenta un contenido en coliformes fecales que varía entre 10^4 y 10^5 UFC/100 ml .

A lo largo de este experimento se observa que, a pesar de las diferencias en la granulometría de la arena de las tres columnas y la diferencia de altura de 1 m de la columna C1 respecto a 1,5 m de altura de las columnas C2 y C3, se observa un buen proceso de filtración. Esto se refleja en los altos porcentajes de eliminación de los coliformes fecales que llegan a ser de hasta 5 unidades logarítmicas.

La filtración es el factor más importante que controla el transporte de bacterias a través del suelo. Las bacterias que se acumulan en la superficie del filtro favorecen la retención de partículas finas y a su vez la mayor eliminación de otros organismos.

Los resultados de eliminación de los coliformes fecales coinciden con los encontrados en un sistema de infiltración-percolación en Marruecos por Guessab et al (1993) donde se logra una eliminación del 99,93% de coliformes fecales aplicando una carga hidráulica de 0,23 m/d.

Se observan diferencias en cuanto a la reducción de entre la columna C1 (1m), y las columnas C2 y C3 (1,5m). Estas diferencias se atribuyen al tiempo de permanencia del agua en la columna; para la misma carga hidráulica, el agua permanece más tiempo en las columnas más largas, por lo que el tiempo de contacto del agua con el medio adsorbente es mayor y como consecuencia aumenta la eficacia de la adsorción

Si comparamos los resultados obtenidos para las tres columnas, se observan los mejores resultados de eliminación de coliformes fecales para la columna C2. Esta columna presentaba los tiempos de retención más altos para la misma carga hidráulica aplicada, lo que confirmaría la eficacia de la adsorción como mecanismo de eliminación de coliformes fecales.

Colifagos CN13, F⁺

Colifagos CN13

Tabla 3.237. : Medias de colifagos CN13 C1, C2 y C3

CH m.día ⁻¹	Entrada	Salida		
	Colifagos CN13 log(UFP/100ml)	C1 log(UFP/100ml)	C2 log(UFP/100ml)	C3 log(UFP/100ml)
0,165	4,50	1,00 (3,50)	0,00 (4,50)	0,65 (3,85)
0,247	4,20	0,50 (3,70)	1,48 (2,72)	1,24 (3,08)
0,330	4,60	1,69 (2,91)	1,57 (3,03)	1,30 (3,30)
0,412	4,41	1,75 (2,66)	1,28 (3,13)	1,73 (2,68)
0,495	4,90	1,78 (3,12)	1,39 (3,51)	1,91 (2,99)

() reducción en unidades logarítmicas.

El agua de entrada presenta un contenido en colifagos CN13 que varía entre 4,20 y 4,90 unidades logarítmicas.

A lo largo de este experimento no se observa una relación directa entre la eliminación de colifagos CN13 y la carga hidráulica aplicada. Los mejores resultados de eliminación se consiguen para la columna C2, obteniéndose una eliminación total de colifagos para la carga de 0,165 m.día⁻¹, los mejores rendimientos obtenidos podrían atribuirse al tipo de arena utilizada para la columna de Menorca de composición mineralógica principalmente calcárea

Colifagos F⁺

Tabla 3.239. : Medias de colifagos F⁺-C1, C2 y C3

CH m.día ⁻¹	Entrada	Salida		
	Colifagos F ⁺ log(UFP/100ml)	C1 log(UFP/100ml)	C2 log(UFP/100ml)	C3 log(UFP/100ml)
0,165	1,80	0,00 (1,80)	0,00 (1,80)	0,39 (1,41)
0,247	3,04	0,50 (2,54)	0,98 (2,06)	1,48 (1,56)
0,330	2,85	0,85 (2,00)	0,00 (2,85)	0,80 (2,05)
0,412	2,23	1,95 (0,27)	1,27 (0,95)	1,54 (0,69)
0,495	3,91	1,63 (2,28)	1,43 (2,47)	1,58 (2,32)

() reducción en unidades logarítmicas.

El agua de entrada presenta un contenido en colifagos F⁺ que varía entre 1,80 y 3,91 unidades logarítmicas, por lo que podemos considerarlo heterogéneo a lo largo de este experimento.

No se observa una relación entre la disminución de colifagos F⁺ y la carga hidráulica aplicada, ya que esta disminución ha sido variable para las distintas cargas hidráulicas. Los rendimientos más bajos de reducción coinciden para las tres columnas al aplicar, la carga de 0,412 m.día⁻¹. Como ya se ha comentado en el apartado de resultados, la

conductividad del agua de entrada ha sido menor para esta carga, por lo que la menor reducción encontrada podría atribuirse a una desorción de colifagos.

Si comparamos la reducción en colifagos CN13 y colifagos F⁺, los mejores resultados se obtienen para el contenido en colifagos CN13. Las diferencias encontradas se pueden explicar al tener en cuenta su distinta composición en la cubierta viral.

En el análisis estadístico según el método de la covarianza en los que se toman como parámetros cuantitativos

- N-NTK,
- N-NH₄⁺
- N-NO₃⁻
- DQO y
- coliformes fecales;

como cualitativos,

- carga hidráulica aplicada,
- altura de la columna,

cuyo nivel de significación “p- valores” correspondientes a las comparaciones entre los distintos valores de cada variable, para cada parámetro indicamos en la tabla.3.240.

Tabla.3.240. Nivel de significación

	N-NTK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	DQO	Coliformes fecales
Carga hidráulica	0,0000 ***	0,0000 ***	0,0065 ***	0,0000 ***	0,0000 ***
Altura	0,3459	0,2487	0,7054	0,7533	0,0000 ***
Concentración inicial del parámetro	0,0000 ***	0,0684 ***	0,2454 **	0,0000 ***	0,0000 ***

Los símbolos * ; ** ; *** ; representan respectivamente diferencias a un nivel de significación de 0,1 ; 0,05 y < 0,01

N-NTK , N-NH₄⁺ y DQO: presenta un alto nivel de significación respecto a la carga hidráulica aplicada, y a la concentración inicial de los distintos parámetros en el agua de entrada. No se observa una relación importante respecto a la altura.

N-NO₃⁻:La concentración de nitratos en los percolados sólo es función de la carga hidráulica, coincidiendo con lo interpretado anteriormente

Coliformes fecales, colifagos F⁺ y CN13 : Los parámetros que definen la calidad microbiológica en el agua de salida a las columnas varían tanto con la carga hidráulica aplicada ,como con la altura y dependen del contenido de estos en el agua de entrada a las columnas.

3.3. FILTROS

Dado que los muestreos en los filtros son de un sólo día para cada carga hidráulica experimentada, y las muestras se toman a diferentes intervalos de tiempo (ver el apartado “muestreo” en material y métodos); se consideró conveniente emplear un modelo de trabajo distinto al utilizado para las columnas, interpretando los datos de forma global para cada filtro. Es decir, las comparaciones se efectúan filtro por filtro, comparando entre sí los resultados obtenidos para las distintas cargas hidráulicas. En el anexo (de A-I a A-XIII). se indican los parámetros analizados en cada muestreo.

3.3.1. Filtro Vall-Llobrega

Los resultados están ordenados de menor a mayor carga hidráulica, y se separan los parámetros fisico-químicos de los microbiológicos.

Parámetros fisico-químicos

Recordemos que se han determinado pH, conductividad, temperatura, sólidos en suspensión, DQO, N-NTK, N-NH₄⁺, N-NO₃⁻, N-NO₂⁻, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ y K⁺.

pH

Tabla 3.241. : Medias de pH. Filtro de Vall-Lobrega.

CH (m.día ⁻¹)	Entrada pH	Salida pH
0,165 (24/07/95)	7,90	7,30
0,247 (27/07/95)	7,50	7,20
0,330 (31/07/95)	7,80	7,12
0,412 (03/08/95)	7,90	7,10
0,550 (02/05/96)	7,80	7,10

El agua de entrada al sistema de IPm situado en la depuradora de Vall-Llobrega (Palamós) presenta variaciones de pH que oscilan entre 7,50 y 7,90; se observa una

tendencia a la disminución de los valores de este parámetro a la salida del sistema para todas las cargas hidráulicas aplicadas, entre 0,10 y 0,70 unidades de pH.

Conductividad

Tabla 3.242. : Medias de conductividad. Filtro de Vall-Lobrega.

CH (m.día ⁻¹)	Entrada C.E (μScm^{-1})	Salida C.E (μScm^{-1})
0,165 (24/07/95)	1520	1230
0,247 (27/07/95)	1950	1750
0,330 (31/07/95)	1370	1315
0,412 (03/08/95)	1600	1500
0,550 (02/05/96)	1664	1585

La conductividad del agua de entrada al sistema de IPm presenta valores que oscilan entre $1370 \mu\text{Scm}^{-1}$ y $1950 \mu\text{Scm}^{-1}$; los cambios de conductividad en la entrada al filtro dependen de la carga contaminante que llega a la EDAR y ocasionalmente de las entradas de agua de mar al sistema de alcantarillado.

La conductividad a la salida del filtro presenta variaciones, pero éstas están aproximadamente en concordancia con la conductividad de entrada. En general se observa un descenso en la conductividad de salida respecto a la entrada.

Temperatura

Tabla 3.243. : Medias de temperatura. Filtro de Vall-Lobrega.

CH (m.día ⁻¹)	Entrada Temperatura (°C)	Salida Temperatura (°C)
0,165 (24/07/95)	25	24
0,247 (27/07/95)	26	25
0,330 (31/07/95)	26	25
0,412 (03/08/95)	26	25
0,550 (02/05/96)	17	17

La temperatura del agua de entrada al filtro es la propia del mes de muestreo.

La temperatura de salida no presenta variaciones significativas respecto a la de la entrada.

Sólidos en suspensión

Tabla 3.244. : Medias de sólidos en suspensión. Filtro de Vall-Lobrega

CH (m.día ⁻¹)	Entrada SS (mgL ⁻¹)	Salida SS (mgL ⁻¹)
0,165 (24/07/95)	17	2
0,247 (27/07/95)	7	3
0,330 (31/07/95)	17	2
0,412 (03/08/95)	7	2
0,550 (02/05/96)	5	1

El agua de entrada presenta un contenido en sólidos en suspensión variable para las distintas cargas hidráulicas ensayadas, que oscila entre 17 mgL⁻¹ y 5 mgL⁻¹.

El agua de salida del filtro presenta un contenido en sólidos en suspensión que varia entre 1 y 3 mgL⁻¹

Los contenidos son realmente reducidos, por lo que la variación de salida es poco significativa.

Demanda química de oxígeno

Tabla 3.245. : Medias de DQO. Filtro de Vall-Lobrega

CH (m.día ⁻¹)	E DQO (mgL ⁻¹)	S DQO (mgL ⁻¹)
0,165 (24/07/95)	70	49
0,247 (27/07/95)	58	44
0,330 (31/07/95)	96	54
0,412 (03/08/95)	176	58
0,550 (02/05/96)	186	45

El agua de entrada al filtro presenta un contenido en DQO variable que oscila entre 57 y 186 mgL⁻¹

El agua de salida presenta valores que oscilan entre 44 mgL⁻¹ y 54 mgL⁻¹.

Se consiguió un nivel de salida comparable, independientemente de la carga en DQO de entrada, y en ningún caso la DQO residual supera los 58 mgL⁻¹

Nitrógeno

Tabla 3.246. : Medias de nitrógeno. Filtro de Vall-Lobrega

CH (m.día ⁻¹)	N-NTK (mgL ⁻¹)		N-NH ₄ ⁺ (mgL ⁻¹)		N-NO ₃ ⁻ (mgL ⁻¹)		N-NO ₂ ⁻ (mgL ⁻¹)	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
0,165 (24/07/95)	53,67	0,98	29,33	0,87	0,60	56,40	i.l.d.	i.l.d.
0,247 (27/07/95)	45,67	1,86	37,92	1,62	i.l.d.	30,86	i.l.d.	i.l.d.
0,330 (31/07/95)	51,67	3,11	34,00	1,42	i.l.d.	35,44	i.l.d.	i.l.d.
0,412 (03/08/95)	50,33	6,13	39,67	4,49	i.l.d.	83,95	i.l.d.	i.l.d.
0,550 (02/05/96)	20,64	2,13	17,57	1,55	0,90	21,49	i.l.d.	i.l.d.

i.l.d. inferior al límite de detección.

El agua de entrada al filtro presenta un contenido que podemos considerar heterogéneo en cuanto al contenido en nitrógeno para las distintas cargas hidráulicas evaluadas. Los contenidos más altos corresponden a muestreos realizados en época estival ; ya que la EDAR de Vall-Llobrega trata mayor volumen de agua en verano y con mayor carga contaminante.

Se observa que en el agua de la salida del filtro el 90 % del nitrógeno ha sido oxidado a N-NO₃⁻.

Para la carga hidráulica de 0,412 m.día⁻¹, el contenido en N-NO₃⁻, a la salida supera la cantidad de nitrógeno que puede ser oxidado del efluente de entrada, esto puede ser debido a arrastres de este anión debido a que las muestras se tomaron después del reposo de un fin de semana.

Cationes

Tabla 3.247. : Medias de cationes. Filtro de Vall-Lobrega

CH (m.día ⁻¹)	Ca ²⁺ (mgL ⁻¹)		Mg ²⁺ (mgL ⁻¹)		Na ⁺ (mgL ⁻¹)		K ⁺ (mgL ⁻¹)	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
0,165 (24/07/95)	45	40	30	40	238	270	29	27
0,247 (27/07/95)	115	99	44	38	313	263	29	28
0,330 (31/07/95)	88	116	43	75	298	250	31	25
0,412 (03/08/95)	103	121	31	21	235	248	28	23
0,550 (02/05/96)	96	116	42	39	139	151	9	9

En cuanto a los cationes no se observan diferencias significativas en las entradas, excepto para la carga de $0,165 \text{ m.día}^{-1}$ donde el contenido en Ca^{2+} es algo más bajo, en comparación con el resto de agua de entrada de las distintas cargas hidráulicas ensayadas.

En el agua de salida no se observan cambios significativos respecto a la entrada de estos parámetros.

Parámetros microbiológicos

Como es habitual, se ha trabajado con coliformes fecales y dos tipos de colifagos.

Coliformes fecales

Tabla 3.248. : Medias de coliformes fecales. Filtro de Vall-Lobrega

CH (m.día^{-1})	E Coliformes fecales (log UFC/100 ml)	S Coliformes Fecales (log UFC/100 ml)
0,165 (24/07/95)	5,14	1,42
0,247 (27/07/95)	5,14	1,20
0,330 (31/07/95)	4,28	0,25
0,412 (03/08/95)	5,11	1,23
0,550 (02/05/96)	5,20	1,68

El agua de entrada al filtro presenta variaciones, en cuanto al contenido de coliformes fecales, de tan solo una unidad logarítmica. Las entradas más bajas corresponden a la carga de $0,330 \text{ m.día}^{-1}$.

Se observa que para cualquiera de las cargas hidráulicas aplicadas ha tenido lugar una reducción de más de 3 unidades logarítmicas en coliformes fecales.

Colifagos F⁺, CN13Tabla 3.249. : Medias de colifagos CN13 y F⁺. Filtro de Vall-Lobrega

CH (m.día ⁻¹)	E F ⁺ (log UFP/100 ml)	S F ⁺ (log UFP/100 ml)	E CN13 (log UFP/100 ml)	S CN13 (log UFP/100 ml)
0,165 (24/07/95)	n.d	n.d	n.d	n.d
0,247 (27/07/95)	3,83	1,35	4,83	1,51
0,330 (31/07/95)	3,37	2,57	4,68	2,63
0,412 (03/08/95)	3,43	1,90	4,42	2,17
0,550 (02/05/96)	1,20	1,17	4,60	1,30

En el agua de entrada se observa un contenido homogéneo en cuanto a colifagos F⁺ y CN13, excepto para el agua de entrada y para la carga hidráulica de 0,550 m.día⁻¹, en la que el contenido en colifagos F⁺ fue menor.

En el agua de salida se alcanzan reducciones que varían entre 1 y 2 unidades logarítmicas, excepto para la carga hidráulica de 0,550 m.día⁻¹ donde se observan valores idénticos de entrada y salida para los colifagos F⁺. Estos resultados pueden tener relación con la lluvia intensa que se presentó durante el periodo de muestreo. Estos valores de reducción mínima coinciden con los resultados obtenidos en el filtro de Piera cuando hubo periodos de lluvias intensas.

3.3.2. Filtro Sant Lluís

Los resultados para los distintos parámetros analizados se han ordenado de menor a mayor carga hidráulica ensayada.

Parámetros físico-químicos

Recordemos que se han determinado pH, conductividad, temperatura, sólidos en suspensión, DQO, N-NTK, N-NH₄⁺, N-NO₃⁻, N-NO₂⁻, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ y K⁺.

pH

Tabla 3.250. : Medias de pH. Filtro de Sant Lluís

CH (m.día ⁻¹)	E pH	S pH
0,219 (22/01/95)	n.d	n.d
0,365 (08/11/95)	7,68	7,71
0,427 (15/11/95)	7,69	7,74

n.d: no determinado.

El agua de entrada al sistema de IPm situado en la depuradora de Sant Lluís en Menorca presenta variaciones insignificantes de pH que oscilan entre 7,68 y 7,69. Se observa una ligerísima tendencia a aumentar a la salida del sistema para las dos cargas hidráulicas en que se pudieron hacer medidas. Estas variaciones, en los dos casos, no son en absoluto significativas.

Conductividad

Tabla 3.251. : Medias de conductividad. Filtro Sant Lluís

CH (m.día ⁻¹)	Entrada C.E. (μScm^{-1})	Salida C.E. (μScm^{-1})
0,219 (22/01/95)	n.d	n.d
0,365 (08/11/95)	226	212
0,427 (15/11/95)	204	209

n.d no determinado

La conductividad del agua de entrada al sistema de IPm presenta valores que oscilan entre 204 μScm^{-1} y 226 μScm^{-1} .

La conductividad a la salida del filtro presenta variaciones mínimas, pero éstas están en concordancia con la conductividad de entrada.

Temperatura

Tabla 3.252. : Medias de temperatura. Filtro de Sant Lluís

CH (m.día ⁻¹)	Entrada Temperatura (°C)	Salida Temperatura (°C)
0,219 (22/01/95)	15	14
0,365 (08/11/95)	16	15
0,427 (15/11/95)	15	16

La temperatura del agua de entrada al filtro es la propia del mes de muestreo.

La temperatura de salida no presenta variaciones significativas respecto a la de entrada.

Sólidos en suspensión

Tabla 3.252. : Medias de sólidos en suspensión. Filtro de Sant Lluís

CH (m.día ⁻¹)	E SS (mgL ⁻¹)	S SS (mgL ⁻¹)
0,219 (22/1/95)	42	11
0,365 (8/11/95)	22	0,7
0,427 (15/11/95)	31	0,6

El agua de entrada presenta un contenido en sólidos en suspensión variable para las distintas cargas hidráulicas ensayadas, y que oscila entre 42 mgL⁻¹ y 31 mgL⁻¹.

El agua de salida del filtro presenta un contenido que varía entre 0,6 mgL⁻¹ y 11 mgL⁻¹; el resultado más bajo de eliminación corresponde a la carga hidráulica ensayada más baja.

El valor de 11 mgL⁻¹ debe considerarse no normal.

Demanda química de oxígeno

Tabla 3.253. : Medias de DQO. Filtro de Sant Lluís

CH (m.día ⁻¹)	E DQO (mgL ⁻¹)	S DQO (mgL ⁻¹)
0,219 (22/01/95)	32	13
0,365 (08/11/95)	149	86
0,427 (15/11/95)	70	37

El agua de entrada al filtro presenta un contenido en DQO variable ; la entrada más alta corresponde al agua aplicada en el ensayo realizado para la carga hidráulica de $0,365 \text{ m.día}^{-1}$.

El agua de salida presenta valores que oscilan entre 13 mgL^{-1} y 86 mgL^{-1} , en relación clara con el contenido en el agua de entrada.

En todos los casos, se consiguió una excelente eliminación de la DQO, independientemente de la carga hidráulica aplicada. Se obtienen valores de reducción entre el 42 % y el 59 %.

Las diferencias en oxidación de la DQO pueden atribuirse a la diferente composición de la materia orgánica, pudiendo haber formas más difícilmente biodegradables en días determinados.

Nitrógeno

Tabla 3.254. : Medias de nitrógeno. Filtro de Sant Lluís

CH (m.día ⁻¹)	N-NTK (mgL ⁻¹)		N-NH ₄ ⁺ (mgL ⁻¹)		N-NO ₃ ⁻ (mgL ⁻¹)		N-NO ₂ ⁻ (mgL ⁻¹)	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
0,219 (22/1/95)	1,96	1,76	1,57	1,34	39,45	41,20	i.l.d.	i.l.d.
0,365 (8/11/95)	2,62	2,44	1,52	1,16	14,14	14,78	i.l.d.	i.l.d.
0,427 (15/11/95)	3,42	1,78	0,18	0,72	24,01	28,13	i.l.d.	i.l.d.

i.l.d. inferior al límite de detección.

El agua de entrada al filtro presenta un contenido en N-NTK y N-NH₄⁺ que podemos considerar bajo. Esto es debido a las características de la EDAR , ya que la mayor parte del nitrógeno se encontraba en forma oxidada antes de llegar al tratamiento terciario. De ahí que la mayor parte de formas de nitrógeno que entra al filtro sea N-NO₃⁻ . La variabilidad del N-NO₃⁻ en el agua de entrada viene dada por el diferente tiempo de retención del agua en el canal de oxidación de la EDAR antes de llegar al filtro de IPm.

En el agua de salida se observan pocas variaciones en las formas del nitrógeno, respecto al agua de entrada.

Cationes

Tabla 3.255. : Medias de cationes. Filtro de Sant Lluís

CH (m.día ⁻¹)	Ca ²⁺ (mgL ⁻¹)		Mg ²⁺ (mgL ⁻¹)		Na ⁺ (mgL ⁻¹)		K ⁺ (mgL ⁻¹)	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
0,219 (22/01/95)	n.d.	n.d.	n.d	n.d.	232	235	20	21
0,365 (08/11/95)	103	89	49	56	179	170	26	28
0,427 (15/11/95)	73	65	47	65	170	166	22	23

nd: no determinado

En cuanto a los cationes no se observan diferencias significativas en las entradas.

En el agua de salida no se observan cambios significativos respecto a la entrada.

Parámetros microbiológicos

Como es habitual, se ha trabajado con coliformes fecales y dos tipos de colifagos.

Coliformes fecales

Tabla 3.256. : Medias de coliformes fecales. Filtro de Sant Lluís

CH (m.día ⁻¹)	E Coliformes fecales (log UFC/100 ml)	S Coliformes Fecales (log UFC/100 ml)
0,219 (22/01/95)	4,82	1,25
0,365 (08/11/95)	4,85	1,20
0,427 (15/11/95)	4,99	2,93

El agua de entrada al filtro no presenta variaciones en cuanto al contenido de coliformes fecales que es del orden de 5 unidades logarítmicas.

El agua de salida presenta un contenido en coliformes fecales que varía entre 1,25 y 2,93 unidades logarítmicas.

Se observa que para cualquiera de las cargas hidráulicas aplicadas ha tenido lugar una reducción de por lo menos 2 unidades logarítmicas en coliformes fecales. Se observa también una cierta tendencia a una menor reducción al ir aumentando la carga hidráulica aplicada ; estos resultados son atribuibles al tiempo medio de residencia del agua en el

interior del filtro, que es menor para la carga hidráulica más alta, coincidiendo con la reducción mas baja.

Colifagos F⁺, CN13

Tabla 3.257. : Medias de colifagos CN13 y F⁺. Filtro de Sant Lluís

CH (m.día ⁻¹)	E F ⁺ (log UFP/100 ml)	S F ⁺ (log UFP/100 ml)	E CN13 (log UFP/100 ml)	S CN13 (log UFP/100 ml)
0,219 (22/01/95)	3,83	1,66	4,82	1,94
0,365 (08/11/95)	2,63	1,56	3,37	2,00
0,427 (15/11/95)	1,84	1,45	4,81	0,65

El agua de entrada al filtro presenta un contenido en colifagos F⁺ que varia entre 1,84 unidades logarítmicas y 3,83 unidades logarítmicas. Las entradas en colifagos CN13, no presentan tanta variabilidad.

En el agua de salida del filtro el contenido en colifagos F⁺ varia entre 1,66 y 1,45 unidades logarítmicas, no observándose una relación de reducción con la carga hidráulica aplicada. En cuanto al contenido en colifagos CN13 del agua del filtro la reducción ha tenido lugar de forma más satisfactoria, logrando reducir hasta 4,16 unidades logarítmicas para la carga hidráulica más alta ensayada.

3.3.3. Filtro Piera

Los resultados para los distintos parámetros analizados se han ordenado de menor a mayor carga hidráulica ensayada, sin tener en cuenta la fecha de muestreo que se indica a continuación de la carga hidráulica .

Parámetros físico-químicos

Recordemos que se han determinado pH, conductividad, temperatura, sólidos en suspensión, DQO, N-NTK, N-NH₄⁺, N-NO₃⁻, N-NO₂⁻, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ y K⁺.

pH

Tabla 3.258. : Medias de pH. Filtro de Piera

CH (m.día ⁻¹)	Entrada pH	Salida pH
0,222 (06/02/96)	7,80	7,76
0,314 (30/1/96)	7,20	7,29
0,524 (04/06/96)	7,30	7,50
0,547* (13/06/96)	7,35	7,15
0,678 (02/10/96)	7,80	7,50

*agua de pretratamiento

El agua de entrada al sistema de IPm situado en la depuradora de Piera presenta variaciones de pH que oscilan entre 7,20 y 7,80; se observa una ligera tendencia a la disminución a la salida del sistema, y para la mayoría de las cargas hidráulicas aplicadas, de entre 0,10 y 0,20 unidades de pH.

Conductividad

Tabla 3.259. : Medias de conductividad. Filtro de Piera

CH (m.día ⁻¹)	Entrada C.E. (μScm^{-1})	Salida C.E. (μScm^{-1})
0,222 (06/02/96)	569	564
0,314 (30/1/96)	417	488
0,524 (04/06/96)	783	749
0,547* (13/06/96)	806	784
0,678 (02/10/96)	879	841

*agua de pretratamiento

La conductividad del agua de entrada al sistema de IPm presenta valores que oscilan entre $569 \mu\text{Scm}^{-1}$ y $879 \mu\text{Scm}^{-1}$; los cambios de conductividad en la entrada al filtro dependen de la carga contaminante que llega a la EDAR de Piera. La conductividad más baja las presentan las cargas de $0,222 \text{ m.día}^{-1}$ y $0,314 \text{ m.día}^{-1}$, es importante señalar las fuertes lluvias caídas durante estos meses de muestreo, ya que el agua de lluvia es un factor importante en la dilución de la carga contaminante.

La conductividad a la salida del filtro presenta variaciones, pero éstas están en concordancia con la conductividad de entrada. En general se observa un descenso en la

conductividad de salida respecto a la entrada. Excepto para la carga hidráulica de 0,314 m.día⁻¹, el agua de salida del filtro presenta un ligero aumento en la conductividad.

Temperatura

Tabla 3.260. : Medias de temperatura. Filtro de Piera

CH (m.día ⁻¹)	Entrada Temperatura (°C)	Salida Temperatura (°C)
0,222 (06/02/96)	15	12
0,314 (30/01/96)	12	11
0,524 (04/06/96)	19	19
0,547* (13/06/96)	11	11
0,678 (02/10/96)	19	19

*agua de pretratamiento

La temperatura del agua de entrada al filtro es la propia del mes de muestreo.

La temperatura de salida no presenta variaciones significativas respecto a la de la entrada.

Sólidos en suspensión

Tabla 3.261. : Medias de sólidos en suspensión. Filtro de Piera

CH (m.día ⁻¹)	E SS (mgL ⁻¹)	S SS (mgL ⁻¹)
0,222 (06/02/96)	20,0	i.l.d.
0,314 (30/01/96)	21,0	i.l.d.
0,524 (04/06/96)	9,0	i.l.d.
0,547* (13/06/96)	13,0	i.l.d.
0,678 (02/10/96)	15,0	i.l.d.

*agua de pretratamiento

i.l.d. inferior al límite de detección.

El agua de entrada presenta un contenido en sólidos en suspensión variable para las distintas cargas hidráulicas ensayadas, que oscila entre 20,0 mgL⁻¹ y 9,0 mgL⁻¹.

El agua de salida del filtro presenta un contenido inferior al límite de detección de la técnica empleada que se fija en menos de 0,1 mgL⁻¹.

Se observa que sea cual sea el contenido en sólidos en suspensión, hay una eliminación total de estos a la salida del filtro.

Demanda química de oxígeno

Tabla 3.262. : Medias de DQO. Filtro de Piera

CH (m.día ⁻¹)	E DQO (mgL ⁻¹)	S DQO (mgL ⁻¹)
0,222 (6/2/96)	38	24
0,314 (30/1/96)	40	14
0,524 (4/6/96)	50	19
0,547* (13/6/96)	87	58
0,678 (2/10/96)	74	10

*agua de pretratamiento

El agua de entrada al filtro presenta un contenido en DQO variable ; la entrada más alta corresponde al agua de pretratamiento .

El agua de salida presenta valores que oscilan entre 10 mgL⁻¹ y 58 mgL⁻¹.

En todos los casos se consiguió una excelente eliminación de la DQO, independientemente de la carga hidráulica aplicada ; con la posible excepción de la carga con agua de pretratamiento, lo que es absolutamente lógico

Nitrógeno

Tabla 3.263. : Medias de nitrógeno. Filtro de Piera

CH (m.día ⁻¹)	N-NTK (mgL ⁻¹)		N-NH ₄ ⁺ (mgL ⁻¹)		N-NO ₃ ⁻ (mgL ⁻¹)		N-NO ₂ ⁻ (mgL ⁻¹)	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
0,222 (06/02/96)	2,53	1,27	2,26	0,87	10,27	7,66	0,57	0,67
0,314 (30/01/96)	2,19	1,56	1,21	0,94	3,62	4,52	0,37	0,40
0,524 (04/06/96)	2,30	1,79	2,07	1,53	8,00	8,42	i.l.d.	i.l.d.
0,547* (13/06/96)	12,41	4,49	12,15	3,87	3,02	6,33	1,60	0,70
0,678 (02/10/96)	2,27	2,13	2,20	1,93	13,04	13,47	i.l.d.	i.l.d.

*agua de pretratamiento

i.l.d. inferior al límite de detección.

El agua de entrada al filtro presenta un contenido en N-NTK y N-NH₄⁺ que podemos considerar bajo; esto es debido a las características de la EDAR. La mayor parte del nitrógeno ya se encontraba en forma oxidada antes de llegar al tratamiento terciario (excepto agua procedente del pretratamiento), de ahí que la mayor parte de formas de nitrógeno que entran al filtro sea N-NO₃⁻. La variabilidad del N-NO₃⁻ en el agua de

entrada viene dada por el diferente tiempo de retención del agua en el canal de oxidación de la EDAR antes de llegar al filtro de IPm.

En el agua de salida se observan contenidos en N-NTK, N-NH₄⁺, N-NO₃⁻ y N-NO₂⁻, con mínimas variaciones respecto al agua de entrada al filtro, excepto cuando el agua de entrada al filtro es la de pretratamiento que corresponde a la carga hidráulica de 0,547 m.día⁻¹.

Cationes

Tabla 3.264. : Medias de cationes. Filtro de Piera

CH (m.día ⁻¹)	Ca ²⁺ (mgL ⁻¹)		Mg ²⁺ (mgL ⁻¹)		Na ⁺ (mgL ⁻¹)		K ⁺ (mgL ⁻¹)	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
0,222 (06/02/96)	103	110	47	40	58	61	7	6
0,314 (30/01/96)	82	85	45	66	38	48	6	7
0,524 (04/06/96)	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
0,547* (13/06/96)	105	109	28	31	64	60	10	10
0,678 (02/10/96)	104	107	31	25	75	77	84	78

*agua de pretratamiento

n.d : no determinado

En cuanto a los cationes no se observan diferencias significativas en la entrada, excepto para la carga de 0,314 m.día⁻¹ donde el contenido en Ca²⁺ y Na⁺ es algo más bajo en comparación con el resto de agua de entrada de las distintas cargas hidráulicas ensayadas.

En el agua de salida no se observan cambios significativos respecto a la de entrada.

Parámetros microbiológicos

Como es habitual, se ha trabajado con coliformes fecales y dos tipos de colifagos.

Coliformes fecales

Tabla 3.265. : Medias de coliformes fecales. Filtro de Piera

CH (m.día ⁻¹)	E Coliformes fecales (log UFC/100 ml)	S Coliformes Fecales (log UFC/100 ml)
0,222 (06/02/96)	2,57	0,00
0,314 (30/01/96)	2,93	0,53
0,524 (04/06/96)	4,06	1,06
0,547* (13/06/96)	5,37	2,75
0,678 (02/10/96)	4,20	1,50

*agua de pretratamiento

El agua de entrada al filtro presenta variaciones en cuanto al contenido de coliformes fecales que varia entre 2 y 5 unidades logarítmicas. Las entradas más bajas corresponden a las cargas de 0,222 m.día⁻¹ y 0,314 m.día⁻¹. Este bajo contenido en coliformes fecales puede atribuirse a las fuertes lluvias que tuvieron lugar en la zona durante este periodo de muestreo.

El agua de salida presenta un contenido en coliformes fecales que varia entre 0 y 2,75 unidades logarítmicas.

Se observa que para todas las cargas hidráulicas aplicadas ha tenido lugar una reducción entre 2 y 3 unidades logarítmicas.

Colifagos F⁺, CN13Tabla 3.266. : Medias de colifagos CN13 y F⁺. Filtro de Piera

CH (m.día ⁻¹)	E F ⁺ (log UFP/100 ml)	S F ⁺ (log UFP/100 ml)	E CN13 (log UFP/100 ml)	S CN13 (log UFP/100 ml)
0,222 (0 6/02/96)	1,21	1,52	3,28	1,59
0,314 (30/01/96)	0,87	1,47	2,66	1,83
0,524 (04/06/96)	1,00	0,00	3,80	0,00
0,547* (13/06/96)	3,47	1,80	5,07	3,07
0,678 (02/10/96)	0,53	0,00	2,97	0,38

*agua de pretratamiento

En el agua de entrada se observa un contenido homogéneo en cuanto a colifagos F^+ y CN13, excepto para el agua de pretratamiento.

En el agua de salida se alcanzan reducciones que varían entre 1 y 2 unidades logarítmicas, excepto para las cargas hidráulicas de $0,222 \text{ m.día}^{-1}$ y $0,314 \text{ m.día}^{-1}$ donde se observa la reducción más baja de colifagos CN13 y valores idénticos de entrada y salida para los colifagos F^+ . Estos resultados pueden tener relación con la lluvia intensa que se presentó durante el periodo de muestreo. La lluvia produce en el suelo una disminución de la fuerza iónica por dilución de los iones existentes, favoreciendo la liberación de los virus.

3.4 TRAZADORES

Para cada una de las cargas hidráulicas 0,165 ; 0,247 ; 0,330 ; 0,412 ; y 0,494 m.día⁻¹ aplicadas en las columnas de laboratorio ; y para las cargas de 0,550 m.día⁻¹ en el filtro de Vall-Llobrega ; de 0,524 y 0,655 m.día⁻¹ en el filtro de Piera y de 0,219 ; 0,365 y 0,427 m.día⁻¹ en el filtro de Sant Lluís, se han determinado :

- 1- curva E
- 2- distribución del tiempo de residencia (DTR),
- 3- varianza (σ^2)
- 4- tiempo medio de residencia (T_{medio}), y
- 5- factor de dispersión axial (d)

El tiempo medio de residencia se ha determinado según la ecuación 7 apartado (1.3.2.).

La varianza se ha determinado según la ecuación 11 apartado (1.3.2.)

El número de dispersión axial se ha calculado a partir de la ecuación 15 apartado (1.3.2.) ya que su valor es superior a 0,01 por lo que no se puede determinar a partir de la ecuación simplificada ecuación 13 apartado (1.3.2.).

3.4.1. Columnas de laboratorio

Para las columnas de laboratorio C1, C2 y C3 se han determinado los parámetros enumerados en el apartado 3.4. ; a continuación se detalla la ficha técnica, y los resultados obtenidos para cada carga hidráulica aplicada.

Columna C1

Columna C1
 Carga hidráulica : 0,165 m.día⁻¹
 dividida en 2 aplicaciones
 CE residual +Trazador NaCl = 4690 μScm⁻¹
 CE residual = 2740 μScm⁻¹

TIEMPO horas	CE salida μScm ⁻¹	dt horas	CE real μScm ⁻¹	CE media μScm ⁻¹	CE.dt	E curva	t .E .dt	t ² .E .dt
0	2740	1	0	0	0	0,0000	0,0000	0,0000
1	2740	1	0	0	0	0,0000	0,0000	0,0000
2	2745	1	5	2,5	2,5	0,0002	0,0004	0,0008
3	2750	1	10	7,5	7,5	0,0006	0,0018	0,0054
4	2755	1	15	12,5	12,5	0,0010	0,0040	0,0160
5	2775	1	35	25	25	0,0020	0,0100	0,0499
6	2785	1	45	40	40	0,0032	0,0192	0,1149
7	2790	1	50	47,5	47,5	0,0038	0,0265	0,1858
8	2795	1	55	52,5	52,5	0,0042	0,0335	0,2682
9	2800	1	60	57,5	57,5	0,0046	0,0413	0,3717
10	2810	1	70	65	65	0,0052	0,0519	0,5188
11	2820	1	80	75	75	0,0060	0,0658	0,7243
12	2920	1	180	130	130	0,0104	0,1245	1,4940
13	3040	1	300	240	240	0,0192	0,2490	3,2370
14	3220	1	480	390	390	0,0311	0,4358	6,1006
15	3200	1	460	470	470	0,0375	0,5626	8,4397
16	3400	1	660	560	560	0,0447	0,7151	11,4413
17	3555	1	815	737,5	737,5	0,0589	1,0006	17,0102
18	3655	1	915	865	865	0,0690	1,2426	22,3671
19	3720	1	980	947,5	947,5	0,0756	1,4368	27,2983
20	3640	1	900	940	940	0,0750	1,5004	30,0080
22	3580	1	840	870	870	0,0694	1,5275	33,6057
23	3455	1	715	777,5	777,5	0,0621	1,4272	32,8250
24	3330	1	590	652,5	652,5	0,0521	1,2498	29,9952
25	3300	1	560	575	575	0,0459	1,1472	28,6812
26	3280	1	540	550	550	0,0439	1,1413	29,6728
27	3265	1	525	532,5	532,5	0,0425	1,1474	30,9810
28	3225	1	485	505	505	0,0403	1,1285	31,5978
29	3205	1	465	475	475	0,0379	1,0994	31,8815
30	3185	1	445	455	455	0,0363	1,0894	32,6816
31	3160	1	420	432,5	432,5	0,0345	1,0700	33,1710
32	3060	1	320	370	370	0,0295	0,9449	30,2378
33	2950	1	210	265	265	0,0211	0,6979	23,0315
34	2900	1	160	185	185	0,0148	0,5020	17,0678
35	2840	1	100	130	130	0,0104	0,3631	12,7095
36	2780	1	40	70	70	0,0056	0,2011	7,2402
37	2740	1	0	20	20	0,0016	0,0591	2,1852
38	2740	1	0	0	0	0,0000	0,0000	0,0000
sumas					12530		22,32	537,22

$t = 0$: inicio de la aplicación del trazador

CE salida : conductividad eléctrica a la salida de la columna

dt : intervalo de tiempo entre dos medidas consecutivas

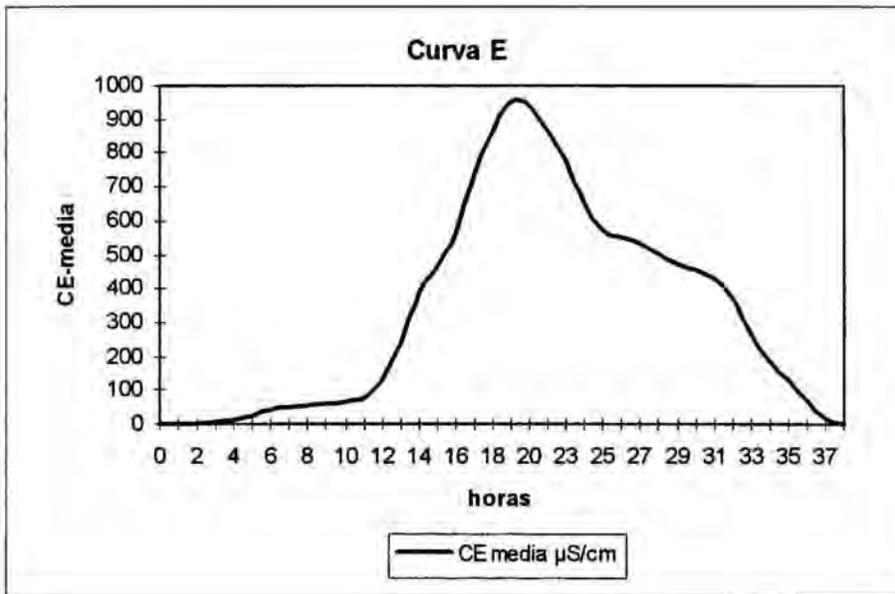
CE real = CE salida - CE residual

CE media = $(CE\ real_{i-1} + CE\ real_i) / 2$

E curva : calculada según la ecuación 1 del apartado (1.3.2.)

t.E.dt : según la ecuación 7 apartado (1.3.2.) a partir de la suma total se obtiene el tiempo medio de residencia

$t^2.E.dt$: es el primer término de la ecuación 11 apartado (1.3.2.). A partir de esta ecuación obtenemos la varianza.



A partir de la curva E se han podido determinar los siguientes valores:

$$T_{\text{media}} = 22 \text{ horas } 19 \text{ minutos}$$

$$\sigma^2 = 39,03$$

$$d = 0,035$$

Columna C1
Carga hidráulica : $0,247 \text{ m.día}^{-1}$
dividida en 3 aplicaciones
CE residual + Trazador NaCl = $4860 \mu\text{Scm}^{-1}$
CE residual = $3050 \mu\text{Scm}^{-1}$

TIEMPO horas	CE salida μScm^{-1}	dt horas	CE real μScm^{-1}	CE media μScm^{-1}	CE.dt	E curva	t.E.dt	t ² .E.dt
0	3050	1	0	0	0	0,0000	0,0000	0,0000
1	3055	1	5	2,5	2,5	0,0002	0,0002	0,0002
2	3060	1	10	7,5	7,5	0,0006	0,0012	0,0025
3	3075	1	25	17,5	17,5	0,0015	0,0044	0,0131
4	3085	1	35	30	30	0,0025	0,0100	0,0398
5	3090	1	40	37,5	37,5	0,0031	0,0156	0,0778
6	3100	1	50	45	45	0,0037	0,0224	0,1344
7	3130	1	80	65	65	0,0054	0,0377	0,2642
8	3240	1	190	135	135	0,0112	0,0896	0,7167
9	3365	1	315	252,5	252,5	0,0209	0,1885	1,6966
10	3430	1	380	347,5	347,5	0,0288	0,2883	2,8826
11	3495	1	445	412,5	412,5	0,0342	0,3764	4,1404
12	3740	1	690	567,5	567,5	0,0471	0,5649	6,7789
13	3845	1	795	742,5	742,5	0,0616	0,8007	10,4092
16	3915	1	865	830	830	0,0689	1,1016	17,6259
17	3970	1	920	892,5	892,5	0,0740	1,2586	21,3963
18	3900	1	850	885	885	0,0734	1,3214	23,7860
19	3860	1	810	830	830	0,0689	1,3082	24,8552
20	3730	1	680	745	745	0,0618	1,2360	24,7200
21	3670	1	620	650	650	0,0539	1,1323	23,7785
22	3615	1	565	592,5	592,5	0,0491	1,0813	23,7885
23	3600	1	550	557,5	557,5	0,0462	1,0637	24,4643
24	3560	1	510	530	530	0,0440	1,0552	25,3239
25	3515	1	465	487,5	487,5	0,0404	1,0110	25,2748
26	3510	1	460	462,5	462,5	0,0384	0,9975	25,9353
27	3495	1	445	452,5	452,5	0,0375	1,0135	27,3640
28	3465	1	415	430	430	0,0357	0,9988	27,9652
29	3375	1	325	370	370	0,0307	0,8901	25,8125
30	3255	1	205	265	265	0,0220	0,6595	19,7843
31	3220	1	170	187,5	187,5	0,0156	0,4822	14,9471
32	3140	1	90	130	130	0,0108	0,3451	11,0427
33	3100	1	50	70	70	0,0058	0,1916	6,3235
34	3050	1	0	25	25	0,0021	0,0705	2,3973
35	3050	1	0	0	0	0,0000	0,0000	0,0000
sumas					12055		19,62	423,74

t = 0 : inicio de la aplicación del trazador

CE salida : conductividad eléctrica a la salida de la columna

dt : intervalo de tiempo entre dos medidas consecutivas

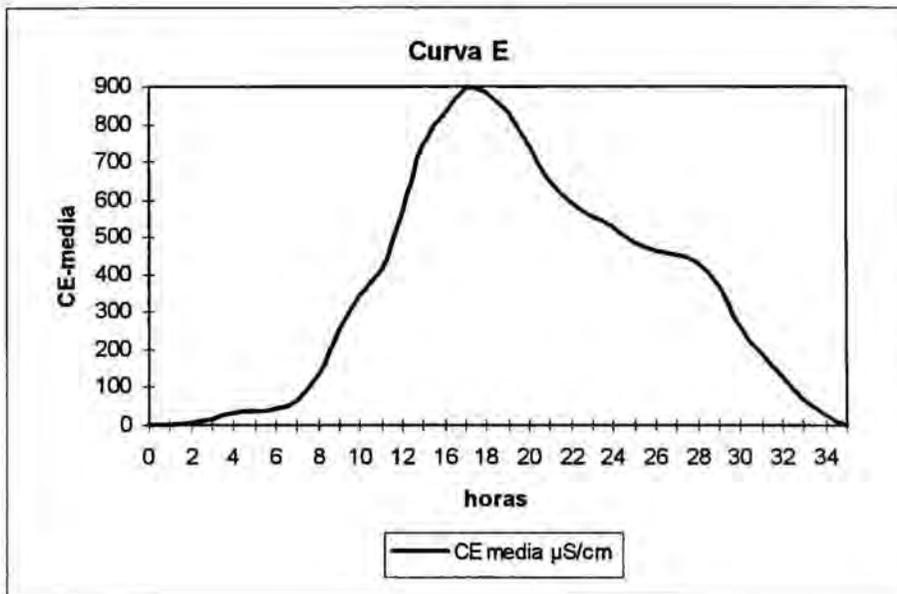
CE real = CE salida - CE residual

CE media = $(\text{CE real}_{i-1} + \text{CE real}_i) / 2$

E curva : calculada según la ecuación 1 del apartado (1.3.2.)

$t_{E.dt}$: según la ecuación 7 apartado (1.3.2.) a partir de la suma total se obtiene el tiempo medio de residencia

$t^2_{E.dt}$: es el primer término de la ecuación 11 apartado (1.3.2.). A partir de esta ecuación obtenemos la varianza.



A partir de la curva E se determinan los valores siguientes :

$$T_{\text{medio}} = 19 \text{ horas } 19 \text{ minutos}$$

$$\sigma^2 = 38,80$$

$$d = 0,043$$

Columna C1
 Carga hidráulica : $0,330 \text{ m.día}^{-1}$
 dividida en 3 aplicaciones
 CE residual +Trazador NaCl = $4900 \mu\text{Scm}^{-1}$
 CE residual = $3020 \mu\text{Scm}^{-1}$

TIEMPO horas	CE salida μScm^{-1}	dt horas	CE real μScm^{-1}	CE media μScm^{-1}	CE.dt	E curva	t.E.dt	t ² .E.dt
0	3020	1	0	0	0	0,0000	0,0000	0,0000
1	3025	1	5	2,5	2,5	0,0002	0,0002	0,0002
2	3035	1	15	10	10	0,0008	0,0017	0,0033
3	3040	1	20	17,5	17,5	0,0015	0,0044	0,0131
4	3050	1	30	25	25	0,0021	0,0083	0,0333
5	3100	1	80	55	55	0,0046	0,0229	0,1145
6	3205	1	185	132,5	132,5	0,0110	0,0662	0,3972
7	3355	1	335	260	260	0,0216	0,1515	1,0608
8	3400	1	380	357,5	357,5	0,0298	0,2381	1,9051
9	3465	1	445	412,5	412,5	0,0343	0,3091	2,7821
10	3700	1	680	562,5	562,5	0,0468	0,4684	4,6836
11	3815	1	795	737,5	737,5	0,0614	0,6755	7,4303
12	3890	1	870	832,5	832,5	0,0693	0,8318	9,9817
13	3930	1	910	890	890	0,0741	0,9634	12,5237
14	3870	1	850	880	880	0,0733	1,0258	14,3614
15	3830	1	810	830	830	0,0691	1,0366	15,5495
16	3705	1	685	747,5	747,5	0,0622	0,9958	15,9334
17	3650	1	630	657,5	657,5	0,0547	0,9307	15,8216
18	3585	1	565	597,5	597,5	0,0498	0,8955	16,1191
19	3560	1	540	552,5	552,5	0,0460	0,8741	16,6072
20	3555	1	535	537,5	537,5	0,0448	0,8951	17,9017
21	3495	1	475	505	505	0,0420	0,8830	18,5433
22	3475	1	455	465	465	0,0387	0,8518	18,7394
23	3460	1	440	447,5	447,5	0,0373	0,8570	19,7109
24	3445	1	425	432,5	432,5	0,0360	0,8643	20,7427
25	3335	1	315	370	370	0,0308	0,7702	19,2548
26	3230	1	210	262,5	262,5	0,0219	0,5683	14,7752
27	3190	1	170	190	190	0,0158	0,4271	11,5329
28	3125	1	105	137,5	137,5	0,0114	0,3206	8,9759
29	3070	1	50	77,5	77,5	0,0065	0,1871	5,4269
30	3020	1	0	25	25	0,0021	0,0624	1,8734
31	3020	1	0	0	0	0,0000	0,0000	0,0000
sumas					12010		16,19	292,80

t = 0 : inicio de la aplicación del trazador

CE salida : conductividad eléctrica a la salida de la columna

dt : intervalo de tiempo entre dos medidas consecutivas

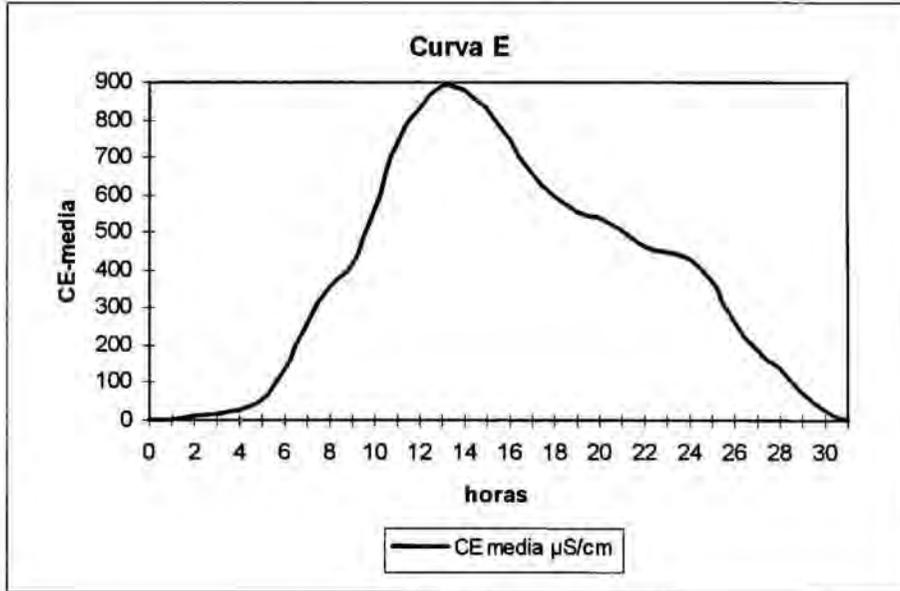
CE real = CE salida - CE residual

$$CE \text{ media} = (CE \text{ real}_{i-1} + CE \text{ real}_i) / 2$$

E curva : calculada según la ecuación 1 del apartado (1.3.2.)

t.E.dt : según la ecuación 7 apartado (1.3.2.) a partir de la suma total se obtiene el tiempo medio de residencia

t².E.dt : es el primer término de la ecuación 11 apartado (1.3.2.). A partir de esta ecuación obtenemos la varianza.



Se han calculado los valores de tiempo medio de residencia, varianza y número de dispersión axial a partir de la curva E

$$T_{\text{medio}} = 16 \text{ horas } 11 \text{ minutos}$$

$$\sigma^2 = 30,69$$

$$d = 0,049$$

Columna C1
Carga hidráulica : 0,412 m.día⁻¹
dividida en 5 aplicaciones
CE residual + Trazador NaCl = 4520 μScm^{-1}
CE residual = 2730 μScm^{-1}

TIEMPO horas	CE salida μScm^{-1}	dt horas	CE real μScm^{-1}	CE media μScm^{-1}	CE.dt	E curva	t.E.dt	t ² .E.dt
0	2730	1	0	0	0	0,0000	0,0000	0,0000
1	2735	1	5	2,5	2,5	0,0002	0,0002	0,0002
2	2740	1	10	7,5	7,5	0,0006	0,0012	0,0025
3	2750	1	20	15	15	0,0012	0,0037	0,0112
4	2810	1	80	50	50	0,0042	0,0166	0,0665
5	2910	1	180	130	130	0,0108	0,0541	0,2703
6	3050	1	320	250	250	0,0208	0,1247	0,7484
7	3110	1	380	350	350	0,0291	0,2037	1,4262
8	3170	1	440	410	410	0,0341	0,2728	2,1821
9	3420	1	690	565	565	0,0470	0,4229	3,8058
10	3530	1	800	745	745	0,0620	0,6195	6,1954
11	3630	1	900	850	850	0,0707	0,7775	8,5530
12	3690	1	960	930	930	0,0773	0,9281	11,1368
13	3610	1	880	920	920	0,0765	0,9946	12,9297
14	3540	1	810	845	845	0,0703	0,9838	13,7730
15	3410	1	680	745	745	0,0620	0,9293	13,9397
16	3330	1	600	640	640	0,0532	0,8516	13,6249
17	3290	1	560	580	580	0,0482	0,8200	13,9393
18	3270	1	540	550	550	0,0457	0,8233	14,8191
19	3250	1	520	530	530	0,0441	0,8374	15,9110
20	3200	1	470	495	495	0,0412	0,8233	16,4657
21	3190	1	460	465	465	0,0387	0,8121	17,0532
22	3170	1	440	450	450	0,0374	0,8233	18,1123
23	3150	1	420	430	430	0,0358	0,8225	18,9164
24	3050	1	320	370	370	0,0308	0,7385	17,7231
25	2950	1	220	270	270	0,0225	0,5613	14,0333
26	2900	1	170	195	195	0,0162	0,4216	10,9622
27	2830	1	100	135	135	0,0112	0,3031	8,1842
28	2780	1	50	75	75	0,0062	0,1746	4,8898
29	2730	1	0	25	25	0,0021	0,0603	1,7484
30	2730	1	0	0	0	0,0000	0,0000	0,0000
sumas					12025		15,21	261,42

t = 0 : inicio de la aplicación del trazador

CE salida : conductividad eléctrica a la salida de la columna

dt : intervalo de tiempo entre dos medidas consecutivas

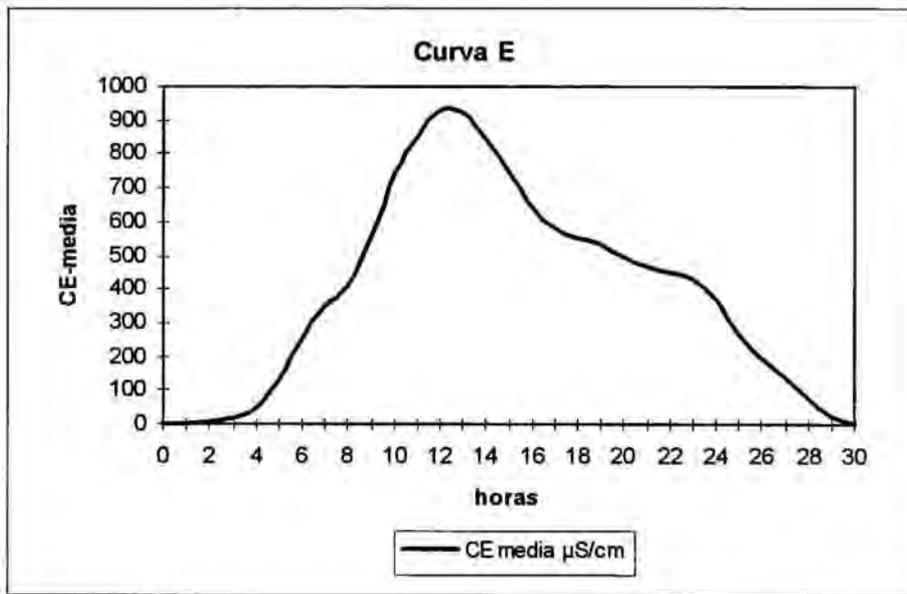
CE real = CE salida - CE residual

CE media = $(\text{CE real}_{i-1} + \text{CE real}_i) / 2$

E curva : calculada según la ecuación 1 del apartado (1.3.2.)

t.E.dt : según la ecuación 7 apartado (1.3.2.) a partir de la suma total se obtiene el tiempo medio de residencia

$t^2.E.dt$: es el primer término de la ecuación 11 apartado (1.3.2.). A partir de esta ecuación obtenemos la varianza.



A partir de la curva E se calcula:

$$T_{\text{medio}} = 15 \text{ horas } 12 \text{ minutos}$$

$$\sigma^2 = 30,38$$

$$d = 0,054$$

Columna C1
 Carga hidráulica : 0,495 m.día⁻¹
 dividida en 6 aplicaciones
 CE residual + Trazador NaCl = 4650 μScm^{-1}
 CE residual = 2780 μScm^{-1}

TIEMPO horas	CE salida μScm^{-1}	dt horas	CE real μScm^{-1}	CE media μScm^{-1}	CE .dt	E curva	t .E .dt	t ² .E .dt
0	2780	1	0	0	0	0,0000	0,0000	0,0000
1	2785	1	5	2,5	2,5	0,0002	0,0002	0,0002
2	2785	1	5	5	5	0,0004	0,0008	0,0017
3	2800	1	20	12,5	12,5	0,0010	0,0031	0,0094
4	2960	1	180	100	100	0,0084	0,0335	0,1340
5	3100	1	320	250	250	0,0209	0,1047	0,5235
6	3160	1	380	350	350	0,0293	0,1759	1,0553
7	3220	1	440	410	410	0,0343	0,2404	1,6826
8	3470	1	690	565	565	0,0473	0,3786	3,0285
9	3580	1	800	745	745	0,0624	0,5616	5,0540
10	3680	1	900	850	850	0,0712	0,7119	7,1189
11	3740	1	960	930	930	0,0779	0,8568	9,4246
12	3660	1	880	920	920	0,0771	0,9246	11,0955
13	3590	1	810	845	845	0,0708	0,9200	11,9602
14	3460	1	680	745	745	0,0624	0,8735	12,2295
15	3380	1	600	640	640	0,0536	0,8040	12,0603
16	3340	1	560	580	580	0,0486	0,7772	12,4355
17	3320	1	540	550	550	0,0461	0,7831	13,3124
18	3300	1	520	530	530	0,0444	0,7990	14,3819
19	3250	1	470	495	495	0,0415	0,7877	14,9661
20	3240	1	460	465	465	0,0389	0,7789	15,5779
21	3220	1	440	450	450	0,0377	0,7915	16,6206
22	3200	1	420	430	430	0,0360	0,7923	17,4305
23	3100	1	320	370	370	0,0310	0,7127	16,3928
24	3000	1	220	270	270	0,0226	0,5427	13,0251
25	2950	1	170	195	195	0,0163	0,4083	10,2073
26	2880	1	100	135	135	0,0113	0,2940	7,6432
27	2830	1	50	75	75	0,0063	0,1696	4,5791
28	2780	1	0	25	25	0,0021	0,0586	1,6415
29	2780	1	0	0	0	0,0000	0,0000	0,0000
30	2780	1	0	0	0	0,0000	0,0000	0,0000
sumas					11940		14,29	233,59

t = 0 : inicio de la aplicación del trazador

CE salida : conductividad eléctrica a la salida de la columna

dt : intervalo de tiempo entre dos medidas consecutivas

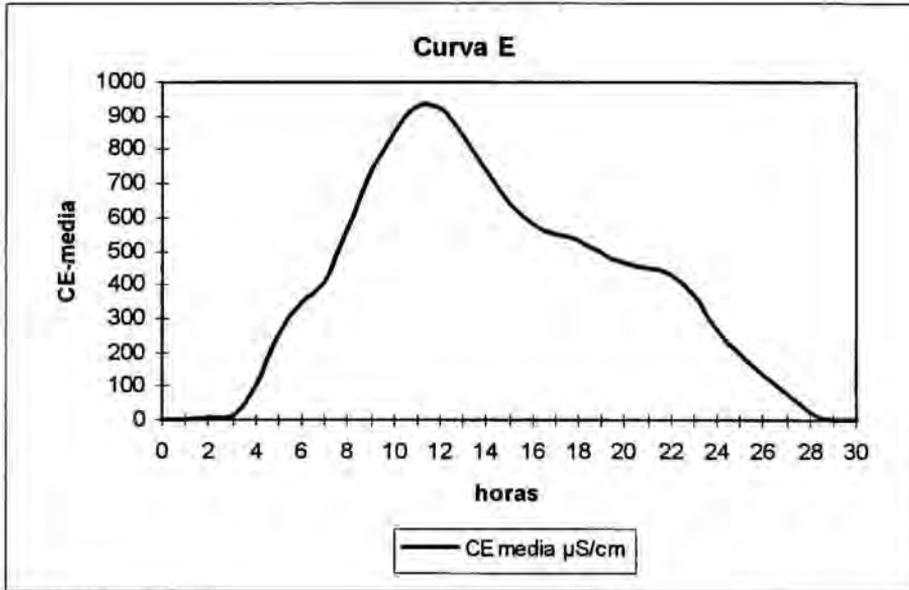
CE real = CE salida - CE residual

CE media = (CE real_{i-1} + CE real_i) / 2

E curva : calculada según la ecuación 1 del apartado (1.3.2.)

t.E.dt : según la ecuación 7 apartado (1.3.2.) a partir de la suma total se obtiene el tiempo medio de residencia

$t^2.E.dt$: es el primer término de la ecuación 11 apartado (1.3.2.). A partir de esta ecuación obtenemos la varianza.



A partir de la curva E se determina

$$T_{\text{media}} = 14 \text{ horas } 17 \text{ minutos}$$

$$\sigma^2 = 29,39$$

$$d = 0,058$$

Columna C2

Columna C2
 Carga hidráulica : 0,165 m día⁻¹
 dividida en 2 aplicaciones
 CE residual + Trazador NaCl = 4720 μScm^{-1}
 CE residual = 2740 μScm^{-1}

TIEMPO horas	CE salida μScm^{-1}	dt horas	CE real μScm^{-1}	CE media μScm^{-1}	CE .dt	E curva	t .E .dt	t ² .E .dt
0	2740	1	0	0	0	0,0000	0,0000	0,0000
1	2745	1	5	2,5	2,5	0,0004	0,0004	0,0004
2	2750	1	10	7,5	7,5	0,0012	0,0024	0,0047
3	2755	1	15	12,5	12,5	0,0020	0,0059	0,0177
4	2775	1	35	25	25	0,0039	0,0157	0,0629
5	2785	1	45	40	40	0,0063	0,0314	0,1572
6	2790	1	50	47,5	47,5	0,0075	0,0448	0,2689
7	2795	1	55	52,5	52,5	0,0083	0,0578	0,4045
8	2800	1	60	57,5	57,5	0,0090	0,0723	0,5786
9	2805	1	65	62,5	62,5	0,0098	0,0884	0,7960
10	2810	1	70	67,5	67,5	0,0106	0,1061	1,0613
11	2810	1	70	70	70	0,0110	0,1211	1,3318
12	2820	1	80	75	75	0,0118	0,1415	1,6981
13	2825	1	85	82,5	82,5	0,0130	0,1686	2,1922
14	2835	1	95	90	90	0,0142	0,1981	2,7736
15	2840	1	100	97,5	97,5	0,0153	0,2300	3,4493
16	2860	1	120	110	110	0,0173	0,2767	4,4277
17	2880	1	140	130	130	0,0204	0,3475	5,9072
18	2920	1	180	160	160	0,0252	0,4528	8,1509
19	2990	1	250	215	215	0,0338	0,6423	12,2036
20	3025	1	285	267,5	267,5	0,0421	0,8412	16,8239
22	3100	1	360	322,5	322,5	0,0507	1,1156	24,5425
23	3250	1	510	435	435	0,0684	1,5731	36,1816
24	3220	1	480	495	495	0,0778	1,8679	44,8302
25	3200	1	460	470	470	0,0739	1,8475	46,1871
26	3160	1	420	440	440	0,0692	1,7987	46,7673
27	3120	1	380	400	400	0,0629	1,6981	45,8491
28	3090	1	350	365	365	0,0574	1,6069	44,9937
29	3045	1	305	327,5	327,5	0,0515	1,4933	43,3062
30	3005	1	265	285	285	0,0448	1,3443	40,3302
31	2950	1	210	237,5	237,5	0,0373	1,1576	35,8864
32	2915	1	175	192,5	192,5	0,0303	0,9686	30,9937
33	2890	1	150	162,5	162,5	0,0256	0,8432	27,8243
34	2870	1	130	140	140	0,0220	0,7484	25,4465
35	2840	1	100	115	115	0,0181	0,6329	22,1502
36	2830	1	90	95	95	0,0149	0,5377	19,3585
37	2815	1	75	82,5	82,5	0,0130	0,4800	17,7583
38	2790	1	50	62,5	62,5	0,0098	0,3734	14,1903
39	2765	1	25	37,5	37,5	0,0059	0,2300	8,9682
40	2750	1	10	17,5	17,5	0,0028	0,1101	4,4025
41	2740	1	0	5	5	0,0008	0,0322	1,3215
sumas					6360		24,30	643,60

$t = 0$: inicio de la aplicación del trazador

CE salida : conductividad eléctrica a la salida de la columna

dt : intervalo de tiempo entre dos medida consecutivas

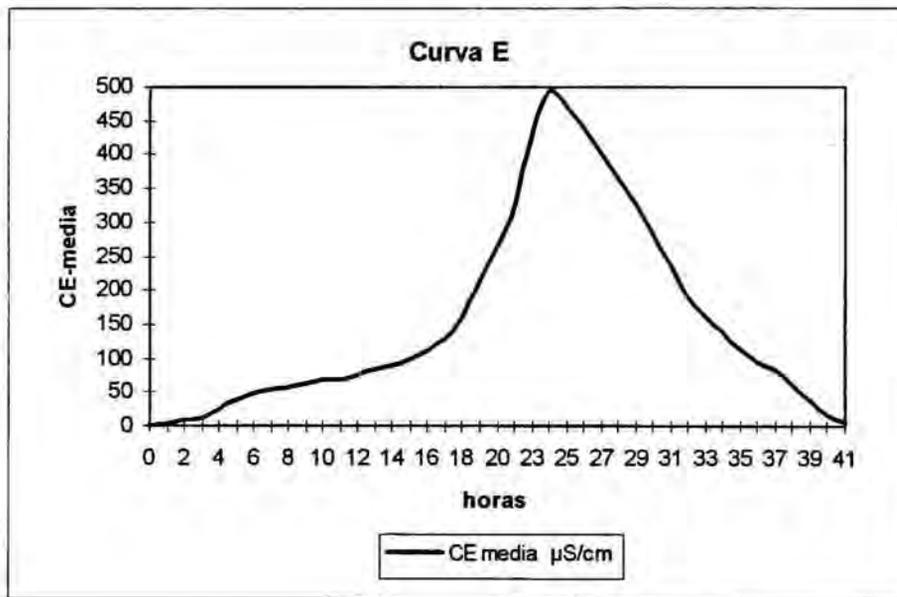
CE real = CE salida - CE residual

CE media = $(CE\ real_{t_{i-1}} + CE\ real_{t_i}) / 2$

E curva : calculada según la ecuación 1 del apartado (1.3.2.)

$t.E.dt$: según la ecuación 7 apartado (1.3.2.) a partir de la suma total se obtiene el tiempo medio de residencia

$t^2.E.dt$: es el primer término de la ecuación 11 apartado (1.3.2.). A partir de esta ecuación obtenemos la varianza



Mediante la curva E obtenemos los siguientes valores:

$$T_{\text{medio}} = 24 \text{ horas } 18 \text{ minutos}$$

$$\sigma^2 = 53,11$$

$$d = 0,040$$

Columna C2
 Carga hidráulica : 0,247 m día⁻¹
 dividida en 3 aplicaciones
 CE residual +Trazador NaCl = 4670
 μScm⁻¹
 CE residual = 3050 μScm⁻¹

TIEMPO horas	CE salida μScm ⁻¹	dt horas	CE real μScm ⁻¹	CE media μScm ⁻¹	CE .dt	E curva	t .E .dt	t .E .dt
0	3050	1	0	0	0	0,0000	0,0000	0,0000
1	3055	1	5	2,5	2,5	0,0004	0,0004	0,0004
2	3060	1	10	7,5	7,5	0,0013	0,0025	0,0050
3	3075	1	25	17,5	17,5	0,0029	0,0088	0,0265
4	3085	1	35	30	30	0,0050	0,0202	0,0807
5	3090	1	40	37,5	37,5	0,0063	0,0315	0,1577
6	3100	1	50	45	45	0,0076	0,0454	0,2725
7	3110	1	60	55	55	0,0093	0,0648	0,4533
8	3115	1	65	62,5	62,5	0,0105	0,0841	0,6728
9	3125	1	75	70	70	0,0118	0,1060	0,9537
10	3135	1	85	80	80	0,0135	0,1346	1,3457
11	3140	1	90	87,5	87,5	0,0147	0,1619	1,7809
12	3145	1	95	92,5	92,5	0,0156	0,1867	2,2405
13	3165	1	115	105	105	0,0177	0,2296	2,9849
14	3200	1	150	132,5	132,5	0,0223	0,3120	4,3684
15	3240	1	190	170	170	0,0286	0,4289	6,4340
16	3300	1	250	220	220	0,0370	0,5921	9,4735
17	3325	1	275	262,5	262,5	0,0442	0,7506	12,7607
18	3400	1	350	312,5	312,5	0,0526	0,9462	17,0311
19	3600	1	550	450	450	0,0757	1,4382	27,3255
20	3550	1	500	525	525	0,0883	1,7662	35,3238
22	3520	1	470	485	485	0,0816	1,7948	39,4853
23	3500	1	450	460	460	0,0774	1,7796	40,9319
24	3450	1	400	425	425	0,0715	1,7157	41,1775
25	3325	1	275	337,5	337,5	0,0568	1,4193	35,4815
26	3300	1	250	262,5	262,5	0,0442	1,1480	29,8486
27	3250	1	200	225	225	0,0378	1,0219	27,5904
28	3225	1	175	187,5	187,5	0,0315	0,8831	24,7267
29	3195	1	145	160	160	0,0269	0,7805	22,6341
30	3175	1	125	135	135	0,0227	0,6812	20,4373
31	3155	1	105	115	115	0,0193	0,5997	18,5896
32	3145	1	95	100	100	0,0168	0,5383	17,2246
33	3135	1	85	90	90	0,0151	0,4996	16,4861
34	3120	1	70	77,5	77,5	0,0130	0,4432	15,0698
35	3100	1	50	60	60	0,0101	0,3532	12,3633
36	3085	1	35	42,5	42,5	0,0071	0,2574	9,2649
37	3050	1	0	17,5	17,5	0,0029	0,1089	4,0299
sumas					5945		21,34	499,03

t = 0 : inicio de la aplicación del trazador

CE salida : conductividad eléctrica a la salida de la columna

dt : intervalo de tiempo entre dos medidas consecutivas

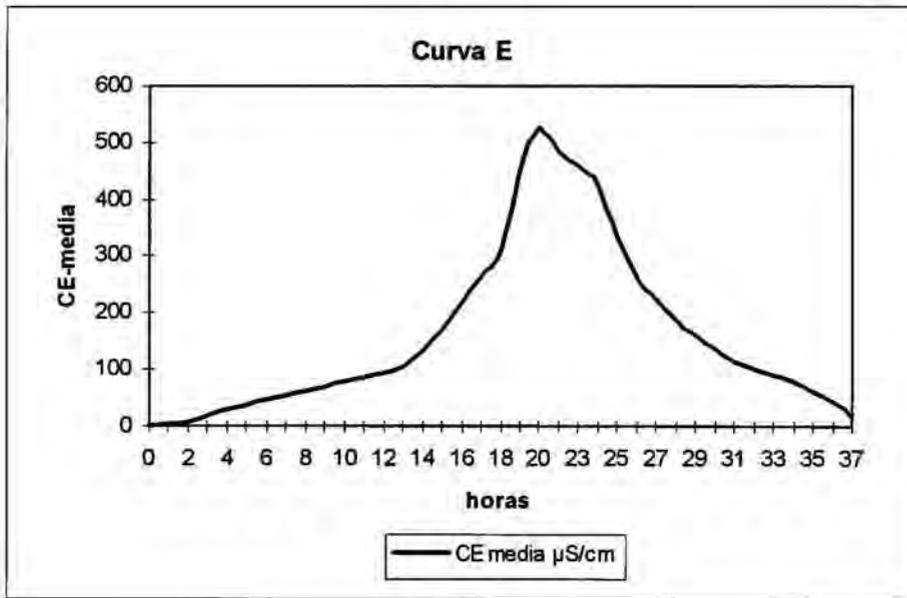
CE real = CE salida - CE residual

CE media = $(CE\ real_{i-1} + CE\ real_i) / 2$

E curva : calculada según la ecuación 1 del apartado (1.3.2.)

t.E.dt : según la ecuación 7 apartado (1.3.2.) a partir de la suma total se obtiene el tiempo medio de residencia

t².E.dt : es el primer término de la ecuación 11 apartado (1.3.2.). A partir de esta ecuación obtenemos la varianza



A partir de la curva E calculamos:

$$T_{\text{medio}} = 21 \text{ horas } 20 \text{ minutos}$$

$$\sigma^2 = 43,64$$

$$d = 0,041$$

Columna C2
 Carga hidráulica : 0,330 m día⁻¹
 dividida en 4 aplicaciones
 CE residual +Trazador NaCl = 4250μScm⁻¹
 CE residual = 2350 μScm⁻¹

TIEMPO horas	CE salida μScm ⁻¹	dt horas	CE real μScm ⁻¹	CE media μScm ⁻¹	CE .dt	E curva	t .E .dt	t ² .E .dt
0	2350	1	0	0	0	0,0000	0,0000	0,0000
1	2350	1	0	0	0	0,0000	0,0000	0,0000
2	2355	1	5	2,5	2,5	0,0004	0,0009	0,0018
3	2365	1	15	10	10	0,0018	0,0053	0,0158
4	2375	1	25	20	20	0,0035	0,0140	0,0561
5	2410	1	60	42,5	42,5	0,0075	0,0373	0,1864
6	2420	1	70	65	65	0,0114	0,0684	0,4105
7	2430	1	80	75	75	0,0132	0,0921	0,6447
8	2435	1	85	82,5	82,5	0,0145	0,1158	0,9263
9	2440	1	90	87,5	87,5	0,0154	0,1382	1,2434
10	2455	1	105	97,5	97,5	0,0171	0,1711	1,7105
11	2460	1	110	107,5	107,5	0,0189	0,2075	2,2820
12	2500	1	150	130	130	0,0228	0,2737	3,2842
13	2550	1	200	175	175	0,0307	0,3991	5,1886
14	2620	1	270	235	235	0,0412	0,5772	8,0807
15	2660	1	310	290	290	0,0509	0,7632	11,4474
16	2740	1	390	350	350	0,0614	0,9825	15,7193
17	2850	1	500	445	445	0,0781	1,3272	22,5623
18	2800	1	450	475	475	0,0833	1,5000	27,0000
19	2780	1	430	440	440	0,0772	1,4667	27,8667
20	2730	1	380	405	405	0,0711	1,4211	28,4211
22	2680	1	330	355	355	0,0623	1,3702	30,1439
23	2630	1	280	305	305	0,0535	1,2307	28,3061
24	2600	1	250	265	265	0,0465	1,1158	26,7789
25	2550	1	200	225	225	0,0395	0,9868	24,6711
26	2530	1	180	190	190	0,0333	0,8667	22,5333
27	2510	1	160	170	170	0,0298	0,8053	21,7421
28	2490	1	140	150	150	0,0263	0,7368	20,6316
29	2475	1	125	132,5	132,5	0,0232	0,6741	19,5496
30	2455	1	105	115	115	0,0202	0,6053	18,1579
31	2435	1	85	95	95	0,0167	0,5167	16,0167
32	2400	1	50	67,5	67,5	0,0118	0,3789	12,1263
33	2390	1	40	45	45	0,0079	0,2605	8,5974
34	2370	1	20	30	30	0,0053	0,1789	6,0842
35	2360	1	10	15	15	0,0026	0,0921	3,2237
36	2350	1	0	5	5	0,0009	0,0316	1,1368
sumas					5700		19,41	416,75

t = 0 : inicio de la aplicación del trazador

CE salida : conductividad eléctrica a la salida de la columna

dt : intervalo de tiempo entre dos medidas consecutivas

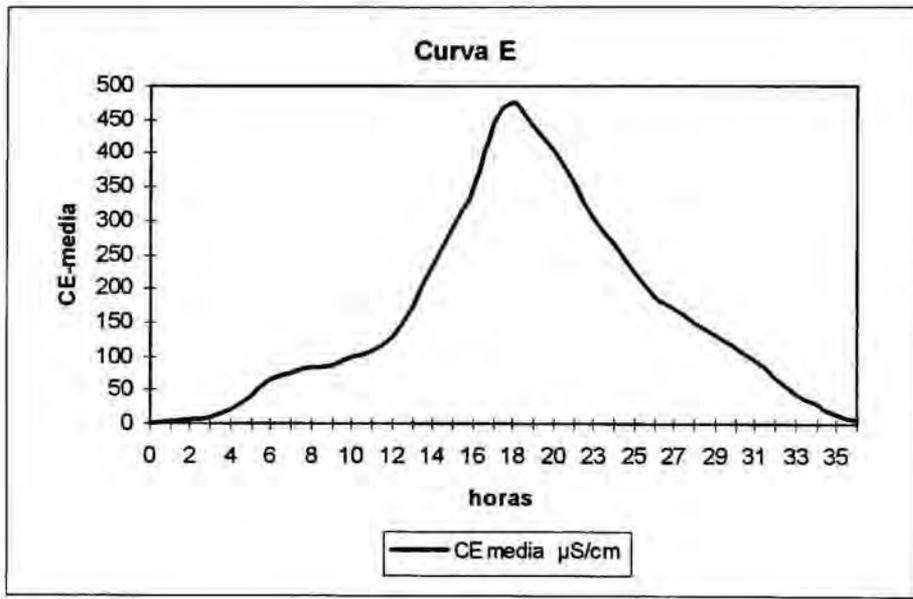
$CE_{real} = CE_{salida} - CE_{residual}$

$CE_{media} = (CE_{real_{i-1}} + CE_{real_i}) / 2$

E curva : calculada según la ecuación 1 del apartado (1.3.2.)

t.E.dt : según la ecuación 7 apartado (1.3.2.) a partir de la suma total se obtiene el tiempo medio de residencia

t².E.dt : es el primer término de la ecuación 11 apartado (1.3.2.). A partir de esta ecuación obtenemos la varianza



A partir de la curva E podemos calcular:

$$T_{media} = 19 \text{ horas } 25 \text{ minutos}$$

$$\sigma^2 = 40,11$$

$$d = 0,045$$

Columna C2
 Carga hidráulica : $0,412 \text{ m día}^{-1}$
 dividida en 5 aplicaciones
 CE residual + Trazador NaCl = $4400 \mu\text{Scm}^{-1}$
 CE residual = $2790 \mu\text{Scm}^{-1}$

TIEMPO horas	CE salida mScm^{-1}	dt horas	CE real mScm^{-1}	CE media mScm^{-1}	CE .dt	E curva	t . E .dt	t ² . E .dt
0	2790	1	0	0	0	0,0000	0,0000	0,0000
1	2795	1	5	2,5	2,5	0,0004	0,0004	0,0004
2	2800	1	10	7,5	7,5	0,0013	0,0027	0,0053
3	2830	1	40	25	25	0,0044	0,0133	0,0398
4	2850	1	60	50	50	0,0088	0,0354	0,1416
5	2860	1	70	65	65	0,0115	0,0575	0,2876
6	2870	1	80	75	75	0,0133	0,0796	0,4779
7	2875	1	85	82,5	82,5	0,0146	0,1022	0,7155
8	2880	1	90	87,5	87,5	0,0155	0,1239	0,9912
9	2890	1	100	95	95	0,0168	0,1513	1,3619
10	2900	1	110	105	105	0,0186	0,1858	1,8584
11	2950	1	160	135	135	0,0239	0,2628	2,8912
12	2980	1	190	175	175	0,0310	0,3717	4,4602
13	3080	1	290	240	240	0,0425	0,5522	7,1788
14	3090	1	300	295	295	0,0522	0,7310	10,2336
15	3170	1	380	340	340	0,0602	0,9027	13,5398
16	3280	1	490	435	435	0,0770	1,2319	19,7097
17	3235	1	445	467,5	467,5	0,0827	1,4066	23,9128
18	3210	1	420	432,5	432,5	0,0765	1,3779	24,8018
19	3175	1	385	402,5	402,5	0,0712	1,3535	25,7173
20	3125	1	335	360	360	0,0637	1,2743	25,4867
22	3105	1	315	325	325	0,0575	1,2655	27,8407
23	3100	1	310	312,5	312,5	0,0553	1,2721	29,2588
24	2970	1	180	245	245	0,0434	1,0407	24,9770
25	2950	1	160	170	170	0,0301	0,7522	18,8053
26	2930	1	140	150	150	0,0265	0,6903	17,9469
27	2910	1	120	130	130	0,0230	0,6212	16,7735
28	2890	1	100	110	110	0,0195	0,5451	15,2637
29	2880	1	90	95	95	0,0168	0,4876	14,1407
30	2870	1	80	85	85	0,0150	0,4513	13,5398
31	2840	1	50	65	65	0,0115	0,3566	11,0558
32	2825	1	35	42,5	42,5	0,0075	0,2407	7,7027
33	2805	1	15	25	25	0,0044	0,1460	4,8186
34	2800	1	10	12,5	12,5	0,0022	0,0752	2,5575
35	2790	1	0	5	5	0,0009	0,0310	1,0841
sumas					5650		18,19	369,58

t = 0 : inicio de la aplicación del trazador

CE salida : conductividad eléctrica a la salida de la columna

dt : intervalo de tiempo entre dos medidas consecutivas

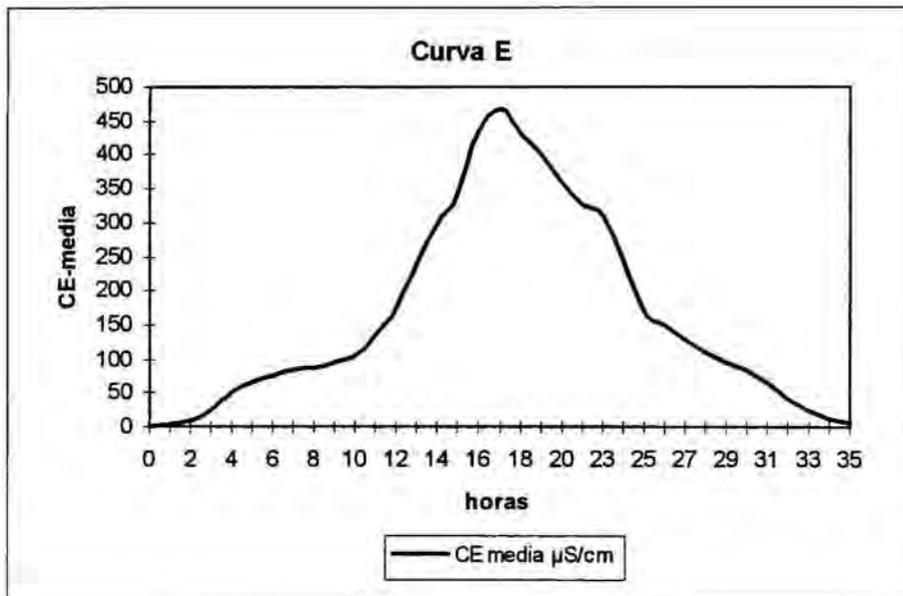
CE real = CE salida - CE residual

CE media = $(CE\ real_{i-1} + CE\ real_i) / 2$

E curva : calculada según la ecuación 1 del apartado (1.3.2.)

t.E.dt : según la ecuación 7 apartado (1.3.2.) a partir de la suma total se obtiene el tiempo medio de residencia

$t^2.E.dt$: es el primer término de la ecuación 11 apartado (1.3.2.). A partir de esta ecuación obtenemos la varianza



Mediante la curva E calculamos:

$$T_{\text{medio}} = 18 \text{ horas } 11 \text{ minutos}$$

$$\sigma^2 = 38,70$$

$$d = 0,049$$

Columna C2
 Carga hidráulica : 0,495 m día⁻¹
 dividida en 6 aplicaciones
 CE residual + Trazador NaCl = 4850 μScm⁻¹
 CE residual = 2780 μScm⁻¹

TIEMPO horas	CE salida μScm ⁻¹	dt horas	CE real μScm ⁻¹	CE media μScm ⁻¹	CE .dt	E curva	t.E.dt	t ² .E.dt
0	2780	1	0	0	0	0,0000	0,0000	0,0000
1	2785	1	5	2,5	2,5	0,0005	0,0005	0,0005
2	2785	1	5	5	5	0,0010	0,0020	0,0041
3	2800	1	20	12,5	12,5	0,0026	0,0077	0,0230
4	2850	1	70	45	45	0,0092	0,0368	0,1474
5	2860	1	80	75	75	0,0154	0,0768	0,3838
6	2865	1	85	82,5	82,5	0,0169	0,1013	0,6080
7	2870	1	90	87,5	87,5	0,0179	0,1254	0,8777
8	2880	1	100	95	95	0,0194	0,1556	1,2446
9	2890	1	110	105	105	0,0215	0,1934	1,7410
10	2900	1	120	115	115	0,0235	0,2354	2,3541
11	2980	1	200	160	160	0,0328	0,3603	3,9632
12	3000	1	220	210	210	0,0430	0,5159	6,1904
13	3050	1	270	245	245	0,0502	0,6520	8,4759
14	3100	1	320	295	295	0,0604	0,8454	11,8362
15	3250	1	470	395	395	0,0809	1,2129	18,1934
16	3220	1	440	455	455	0,0931	1,4903	23,8444
17	3170	1	390	415	415	0,0850	1,4442	24,5517
18	3150	1	370	380	380	0,0778	1,4002	25,2037
19	3100	1	320	345	345	0,0706	1,3419	25,4954
20	2990	1	210	265	265	0,0542	1,0850	21,6991
22	2970	1	190	200	200	0,0409	0,9007	19,8158
23	2950	1	170	180	180	0,0368	0,8475	19,4923
24	2920	1	140	155	155	0,0317	0,7615	18,2764
25	2905	1	125	132,5	132,5	0,0271	0,6781	16,9524
26	2890	1	110	117,5	117,5	0,0241	0,6254	16,2600
27	2860	1	80	95	95	0,0194	0,5251	14,1771
28	2850	1	70	75	75	0,0154	0,4299	12,0368
29	2845	1	65	67,5	67,5	0,0138	0,4007	11,6208
30	2820	1	40	52,5	52,5	0,0107	0,3224	9,6725
31	2780	1	0	20	20	0,0041	0,1269	3,9345
sumas					4885		16,90	319,08

t = 0 : inicio de la aplicación del trazador

CE salida : conductividad eléctrica a la salida de la columna

dt : intervalo de tiempo entre dos medidas consecutivas

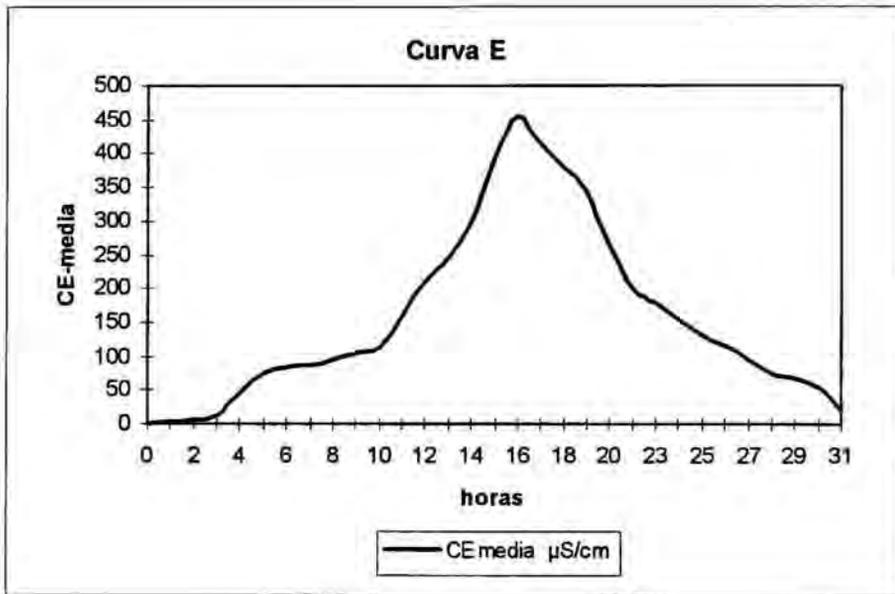
CE real = CE salida - CE residual

CE media = (CE real_{i-1} + CE real_i) / 2

E curva : calculada según la ecuación 1 del apartado (1.3.2.)

t.E.dt : según la ecuación 7 apartado (1.3.2.) a partir de la suma total se obtiene el tiempo medio de residencia

$t^2.E.dt$: es el primer término de la ecuación 11 apartado (1.3.2.). A partir de esta ecuación obtenemos la varianza



Calculamos los siguientes valores a partir de la curva E:

$$T_{media} = 16 \text{ horas } 54 \text{ minutos}$$

$$\sigma^2 = 33,47$$

$$d = 0,049$$

Columna C3

Columna C3
Carga hidráulica : 0,165 m día⁻¹
dividida en 2 aplicaciones
CE residual +Trazador NaCl = 4620 μScm⁻¹
CE residual = 2790 μScm⁻¹

TIEMPO horas	CE salida μScm ⁻¹	dt horas	CE real μScm ⁻¹	CE media μScm ⁻¹	CE .dt	E curva	t .E .dt	t ² .E .dt
0	2790	1	0	0	0	0,0000	0,0000	0,0000
1	2790	1	0	0	0	0,0000	0,0000	0,0000
2	2795	1	5	2,5	2,5	0,0004	0,0007	0,0014
3	2800	1	10	7,5	7,5	0,0011	0,0032	0,0096
4	2805	1	15	12,5	12,5	0,0018	0,0071	0,0283
5	2810	1	20	17,5	17,5	0,0025	0,0124	0,0620
6	2820	1	30	25	25	0,0035	0,0213	0,1276
7	2825	1	35	32,5	32,5	0,0046	0,0322	0,2257
8	2830	1	40	37,5	37,5	0,0053	0,0425	0,3402
9	2835	1	45	42,5	42,5	0,0060	0,0542	0,4880
10	2845	1	55	50	50	0,0071	0,0709	0,7087
11	2850	1	60	57,5	57,5	0,0082	0,0897	0,9862
12	2870	1	80	70	70	0,0099	0,1191	1,4288
13	2880	1	90	85	85	0,0120	0,1566	2,0361
14	2885	1	95	92,5	92,5	0,0131	0,1836	2,5698
15	2940	1	150	122,5	122,5	0,0174	0,2605	3,9068
16	2990	1	200	175	175	0,0248	0,3969	6,3501
17	3100	1	310	255	255	0,0361	0,6145	10,4458
18	3270	1	480	395	395	0,0560	1,0078	18,1403
19	3340	1	550	515	515	0,0730	1,3870	26,3522
20	3440	1	650	600	600	0,0850	1,7009	34,0184
22	3290	1	500	575	575	0,0815	1,7931	39,4472
23	3230	1	440	470	470	0,0666	1,5322	35,2417
24	3210	1	420	430	430	0,0609	1,4628	35,1070
25	3170	1	380	400	400	0,0567	1,4174	35,4359
26	3160	1	370	375	375	0,0532	1,3820	35,9320
27	3140	1	350	360	360	0,0510	1,3777	37,1991
28	3060	1	270	310	310	0,0439	1,2303	34,4493
29	3040	1	250	260	260	0,0369	1,0687	30,9936
30	2950	1	160	205	205	0,0291	0,8717	26,1517
31	2990	1	200	180	180	0,0255	0,7909	24,5188
32	2930	1	140	170	170	0,0241	0,7711	24,6747
33	2920	1	130	135	135	0,0191	0,6315	20,8384
34	2910	1	120	125	125	0,0177	0,6024	20,4819
35	2900	1	110	115	115	0,0163	0,5705	19,9681
36	2890	1	100	105	105	0,0149	0,5358	19,2884
37	2900	1	110	105	105	0,0149	0,5507	20,3749
38	2840	1	50	80	80	0,0113	0,4309	16,3742
39	2820	1	30	40	40	0,0057	0,2211	8,6237
40	2795	1	5	17,5	17,5	0,0025	0,0992	3,9688

41	2790	1	0	2,5	2,5	0,0004	0,0145	0,5957
sumas					7055		23,52	597,89

$t = 0$: inicio de la aplicación del trazador

CE salida : conductividad eléctrica a la salida de la columna

dt : intervalo de tiempo entre dos medidas consecutivas

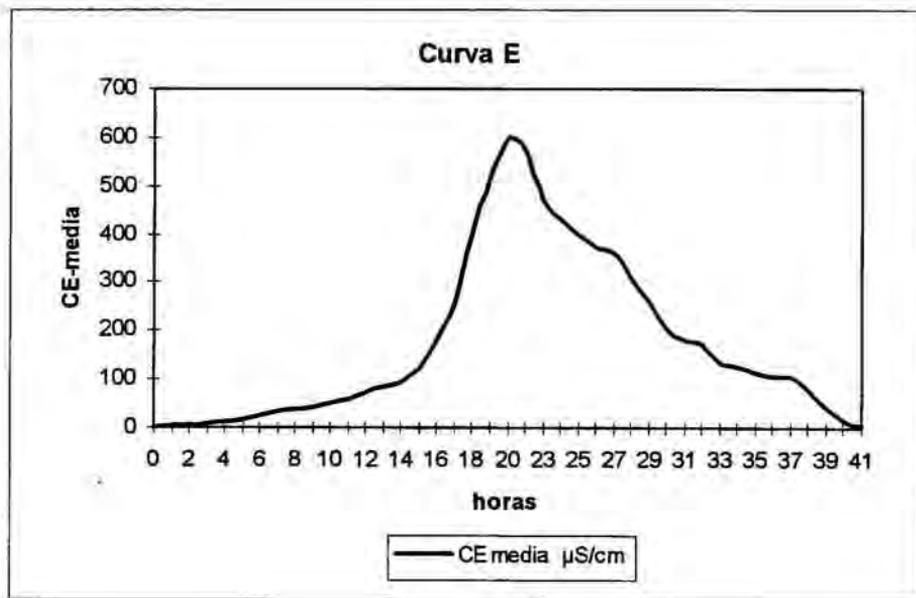
CE real = CE salida - CE residual

CE media = $(CE\ real_{i-1} + CE\ real_i) / 2$

E curva : calculada según la ecuación 1 del apartado (1.3.2.)

$t.E.dt$: según la ecuación 7 apartado (1.3.2.) a partir de la suma total se obtiene el tiempo medio de residencia

$t^2.E.dt$: es el primer término de la ecuación 11 apartado (1.3.2.). A partir de esta ecuación obtenemos la varianza.



A partir de la curva E se obtienen los siguientes valores:

$T_{medio} = 23 \text{ horas } 31 \text{ minutos}$
$\sigma^2 = 44,70$
$d = 0,035$

Columna C3
 Carga hidráulica : 0,247 m día⁻¹
 dividida en 3 aplicaciones
 CE residual +Trazador NaCl = (4700 μScm⁻¹)
 CE residual = 2990 μScm⁻¹

TIEMPO horas	CE salida μScm ⁻¹	dt horas	CE real μScm ⁻¹	CE media μScm ⁻¹	CE .dt	E curva	t .E .dt	t ² .E .dt
0	2990	1	0	0	0	0,0000	0,0000	0,0000
1	2990	1	0	0	0	0,0000	0,0000	0,0000
2	3000	1	10	5	5	0,0007	0,0014	0,0028
3	3005	1	15	12,5	12,5	0,0017	0,0052	0,0156
4	3010	1	20	17,5	17,5	0,0024	0,0097	0,0388
5	3015	1	25	22,5	22,5	0,0031	0,0156	0,0780
6	3020	1	30	27,5	27,5	0,0038	0,0229	0,1372
7	3035	1	45	37,5	37,5	0,0052	0,0364	0,2547
8	3050	1	60	52,5	52,5	0,0073	0,0582	0,4657
9	3065	1	75	67,5	67,5	0,0094	0,0842	0,7578
10	3090	1	100	87,5	87,5	0,0121	0,1213	1,2128
11	3100	1	110	105	105	0,0146	0,1601	1,7609
12	3130	1	140	125	125	0,0173	0,2079	2,4948
13	3200	1	210	175	175	0,0243	0,3153	4,0991
14	3330	1	340	275	275	0,0381	0,5336	7,4705
15	3500	1	510	425	425	0,0589	0,8836	13,2536
16	3580	1	590	550	550	0,0762	1,2197	19,5149
17	3670	1	680	635	635	0,0880	1,4962	25,4352
18	3510	1	520	600	600	0,0832	1,4969	26,9439
19	3450	1	460	490	490	0,0679	1,2904	24,5170
20	3410	1	420	440	440	0,0610	1,2197	24,3936
22	3380	1	390	405	405	0,0561	1,2349	27,1684
23	3365	1	375	382,5	382,5	0,0530	1,2193	28,0447
24	3355	1	365	370	370	0,0513	1,2308	29,5385
25	3330	1	340	352,5	352,5	0,0489	1,2214	30,5353
26	3250	1	260	300	300	0,0416	1,0811	28,1081
27	3150	1	160	210	210	0,0291	0,7859	21,2183
28	3140	1	150	155	155	0,0215	0,6015	16,8427
29	3130	1	140	145	145	0,0201	0,5828	16,9016
30	3115	1	125	132,5	132,5	0,0184	0,5509	16,5281
31	3110	1	120	122,5	122,5	0,0170	0,5263	16,3164
32	3105	1	115	117,5	117,5	0,0163	0,5211	16,6764
33	3100	1	110	112,5	112,5	0,0156	0,5146	16,9802
34	3100	1	110	110	110	0,0152	0,5184	17,6244
35	3050	1	60	85	85	0,0118	0,4123	14,4317
36	3020	1	30	45	45	0,0062	0,2245	8,0832
37	2995	1	5	17,5	17,5	0,0024	0,0897	3,3205
38	2990	1	0	2,5	2,5	0,0003	0,0132	0,5003
sumas					7215		20,51	461,67

t = 0 : inicio de la aplicación del trazador

CE salida : conductividad eléctrica a la salida de la columna

dt : intervalo de tiempo entre dos medidas consecutivas

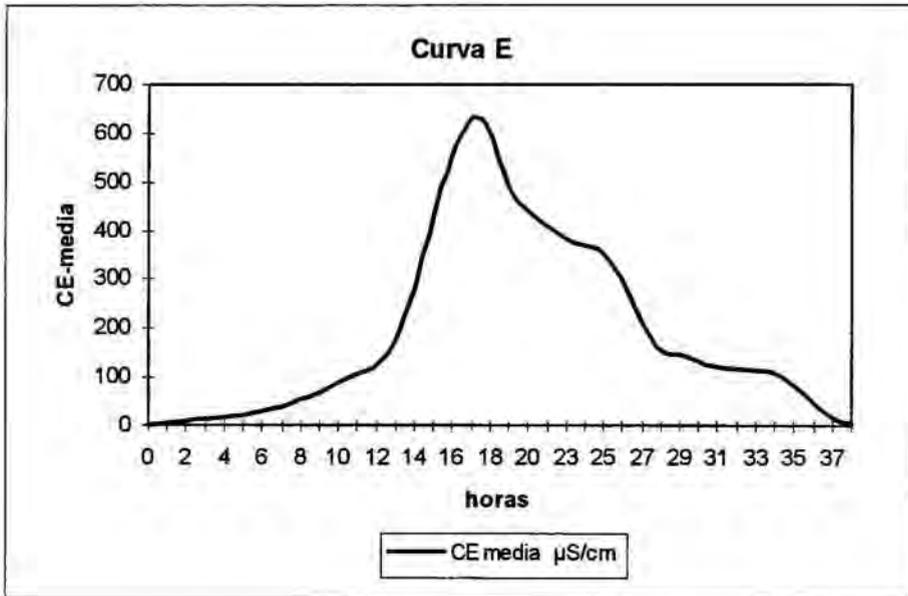
CE real = CE salida - CE residual

CE media = $(CE\ real_{t_{i-1}} + CE\ real_{t_i}) / 2$

E curva : calculada según la ecuación 1 del apartado (1.3.2.)

t.E.dt : según la ecuación 7 apartado (1.3.2.) a partir de la suma total se obtiene el tiempo medio de residencia

t².E.dt : es el primer término de la ecuación 11 apartado (1.3.2.). A partir de esta ecuación obtenemos la varianza.



A partir de la curva E podemos calcular:

$$T_{medio} = 20 \text{ horas } 31 \text{ minutos}$$

$$\sigma^2 = 41,00$$

$$d = 0,042$$

Columna C3
 Carga hidráulica : 0,330 m día⁻¹
 dividida en 4 aplicaciones
 CE residual +Trazador NaCl = 4860 μScm⁻¹
 CE residual = 2990 μScm⁻¹

TIEMPO horas	CE salida μScm ⁻¹	dt horas	CE real μScm ⁻¹	CE media μScm ⁻¹	CE .dt	E curva	t .E .dt	t'.E .dt
0	2550	1	0	0	0	0,0000	0,0000	0,0000
1	2555	1	5	2,5	2,5	0,0004	0,0004	0,0004
2	2555	1	5	5	5	0,0007	0,0014	0,0028
3	2560	1	10	7,5	7,5	0,0011	0,0032	0,0096
4	2570	1	20	15	15	0,0021	0,0085	0,0342
5	2605	1	55	37,5	37,5	0,0053	0,0267	0,1335
6	2610	1	60	57,5	57,5	0,0082	0,0491	0,2949
7	2630	1	80	70	70	0,0100	0,0698	0,4886
8	2640	1	90	85	85	0,0121	0,0969	0,7749
9	2645	1	95	92,5	92,5	0,0132	0,1186	1,0673
10	2700	1	150	122,5	122,5	0,0175	0,1745	1,7450
11	2750	1	200	175	175	0,0249	0,2742	3,0164
12	2860	1	310	255	255	0,0363	0,4359	5,2308
13	3030	1	480	395	395	0,0563	0,7315	9,5093
14	3100	1	550	515	515	0,0734	1,0271	14,3789
15	3220	1	670	610	610	0,0869	1,3034	19,5513
16	3070	1	520	595	595	0,0848	1,3561	21,6980
17	3000	1	450	485	485	0,0691	1,1745	19,9665
18	2980	1	430	440	440	0,0627	1,1282	20,3077
19	2950	1	400	415	415	0,0591	1,1232	21,3412
20	2920	1	370	385	385	0,0548	1,0969	21,9373
22	2900	1	350	360	360	0,0513	1,1282	24,8205
23	2820	1	270	310	310	0,0442	1,0157	23,3604
24	2800	1	250	260	260	0,0370	0,8889	21,3333
25	2760	1	210	230	230	0,0328	0,8191	20,4772
26	2750	1	200	205	205	0,0292	0,7593	19,7407
27	2690	1	140	170	170	0,0242	0,6538	17,6538
28	2680	1	130	135	135	0,0192	0,5385	15,0769
29	2670	1	120	125	125	0,0178	0,5164	14,9751
30	2665	1	115	117,5	117,5	0,0167	0,5021	15,0641
31	2660	1	110	112,5	112,5	0,0160	0,4968	15,4006
32	2640	1	90	100	100	0,0142	0,4558	14,5869
33	2600	1	50	70	70	0,0100	0,3291	10,8590
34	2580	1	30	40	40	0,0057	0,1937	6,5869
35	2555	1	5	17,5	17,5	0,0025	0,0873	3,0538
36	2550	1	0	2,5	2,5	0,0004	0,0128	0,4615
sumas					7020		18,60	384,94

$t = 0$: inicio de la aplicación del trazador

CE salida : conductividad eléctrica a la salida de la columna

dt : intervalo de tiempo entre dos medidas consecutivas

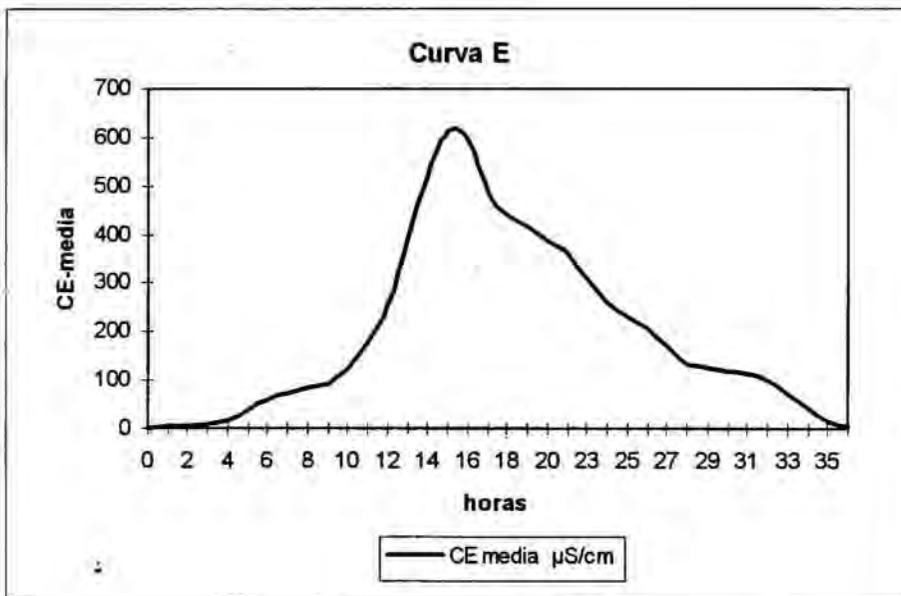
CE real = CE salida - CE residual

CE media = $(CE\ real_{t_{i-1}} + CE\ real_{t_i}) / 2$

E curva : calculada según la ecuación 1 del apartado (1.3.2.)

$t.E.dt$: según la ecuación 7 apartado (1.3.2.) a partir de la suma total se obtiene el tiempo medio de residencia

$t^2.E.dt$: es el primer término de la ecuación 11 apartado (1.3.2.). A partir de esta ecuación obtenemos la varianza.



Mediante la curva E se pueden calcular:

$$T_{\text{medio}} = 18 \text{ horas } 36 \text{ minutos}$$

$$\sigma^2 = 38,98$$

$$d = 0,047$$

Columna C3
 Carga hidráulica : 0,412 m día⁻¹
 dividida en 5 aplicaciones
 CE residual + Trazador NaCl = 4770 μScm⁻¹
 CE residual = 2840 μScm⁻¹

TIEMPO horas	CE salida μScm ⁻¹	dt horas	CE real μScm ⁻¹	CE media μScm ⁻¹	CE .dt	E curva	t.E .dt	t ² .E .dt
0	2850	1	0	0	0	0,0000	0,0000	0,0000
1	2870	1	20	10	10	0,0014	0,0014	0,0014
2	2890	1	40	30	30	0,0043	0,0086	0,0172
3	2900	1	50	45	45	0,0065	0,0194	0,0582
4	2905	1	55	52,5	52,5	0,0075	0,0302	0,1207
5	2910	1	60	57,5	57,5	0,0083	0,0413	0,2065
6	2930	1	80	70	70	0,0101	0,0603	0,3621
7	2940	1	90	85	85	0,0122	0,0855	0,5984
8	2945	1	95	92,5	92,5	0,0133	0,1063	0,8506
9	3000	1	150	122,5	122,5	0,0176	0,1584	1,4256
10	3050	1	200	175	175	0,0251	0,2514	2,5144
11	3160	1	310	255	255	0,0366	0,4030	4,4332
12	3330	1	480	395	395	0,0568	0,6810	8,1724
13	3400	1	550	515	515	0,0740	0,9619	12,5050
14	3500	1	650	600	600	0,0862	1,2069	16,8966
15	3350	1	500	575	575	0,0826	1,2392	18,5884
16	3290	1	440	470	470	0,0675	1,0805	17,2874
17	3270	1	420	430	430	0,0618	1,0503	17,8549
18	3230	1	380	400	400	0,0575	1,0345	18,6207
19	3220	1	370	375	375	0,0539	1,0237	19,4504
20	3200	1	350	360	360	0,0517	1,0345	20,6897
22	3120	1	270	310	310	0,0445	0,9799	21,5575
23	3115	1	265	267,5	267,5	0,0384	0,8840	20,3315
24	3010	1	160	212,5	212,5	0,0305	0,7328	17,5862
25	3050	1	200	180	180	0,0259	0,6466	16,1638
26	2990	1	140	170	170	0,0244	0,6351	16,5115
27	2980	1	130	135	135	0,0194	0,5237	14,1401
28	2975	1	125	127,5	127,5	0,0183	0,5129	14,3621
29	2960	1	110	117,5	117,5	0,0169	0,4896	14,1979
30	2955	1	105	107,5	107,5	0,0154	0,4634	13,9009
31	2930	1	80	92,5	92,5	0,0133	0,4120	12,7719
32	2900	1	50	65	65	0,0093	0,2989	9,5632
33	2880	1	30	40	40	0,0057	0,1897	6,2586
34	2855	1	5	17,5	17,5	0,0025	0,0855	2,9066
35	2850	1	0	2,5	2,5	0,0004	0,0126	0,4400
				sumas	6960		17,34	341,35

t = 0 : inicio de la aplicación del trazador

CE salida : conductividad eléctrica a la salida de la columna

dt : intervalo de tiempo entre dos medidas consecutivas

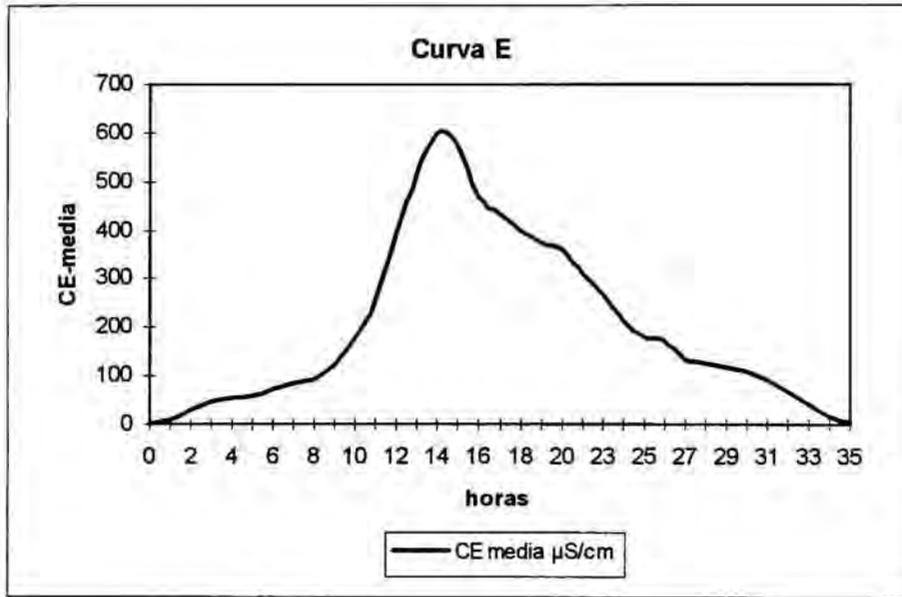
CE real = CE salida - CE residual

CE media = (CE real_{i-1} + CE real_i) / 2

E curva : calculada según la ecuación 1 del apartado (1.3.2.)

t.E.dt : según la ecuación 7 apartado (1.3.2.) a partir de la suma total se obtiene el tiempo medio de residencia

t².E.dt : es el primer término de la ecuación 11 apartado (1.3.2.). A partir de esta ecuación obtenemos la varianza.



A partir de la curva E se obtienen los siguientes valores:

$$T_{\text{medio}} = 17 \text{ horas } 20 \text{ minutos}$$

$$\sigma^2 = 40,67$$

$$d = 0,055$$

Columna C3
 Carga hidráulica : 0,495 m día⁻¹
 dividida en 6 aplicaciones
 CE residual + Trazador NaCl = 4800 μScm⁻¹
 CE residual = 2400 μScm⁻¹

TIEMPO horas	CE salida μScm ⁻¹	dt horas	CE real μS ⁻¹	CE media μScm ⁻¹	CE .dt	E curva	t.E .dt	tb ² .E .dt
0	2400	1	0	0	0	0,0000	0,0000	0,0000
1	2405	1	5	2,5	2,5	0,0004	0,0004	0,0004
2	2420	1	20	12,5	12,5	0,0018	0,0036	0,0073
3	2440	1	40	30	30	0,0044	0,0131	0,0394
4	2460	1	60	50	50	0,0073	0,0292	0,1168
5	2480	1	80	70	70	0,0102	0,0511	0,2555
6	2495	1	95	87,5	87,5	0,0128	0,0766	0,4599
7	2500	1	100	97,5	97,5	0,0142	0,0996	0,6974
8	2555	1	155	127,5	127,5	0,0186	0,1489	1,1912
9	2620	1	220	187,5	187,5	0,0274	0,2464	2,2172
10	2730	1	330	275	275	0,0401	0,4015	4,0146
11	2870	1	470	400	400	0,0584	0,6423	7,0657
12	2930	1	530	500	500	0,0730	0,8759	10,5109
13	3000	1	600	565	565	0,0825	1,0723	13,9394
14	2920	1	520	560	560	0,0818	1,1445	16,0234
15	2850	1	450	485	485	0,0708	1,0620	15,9307
16	2820	1	420	435	435	0,0635	1,0161	16,2569
17	2770	1	370	395	395	0,0577	0,9803	16,6650
18	2765	1	365	367,5	367,5	0,0536	0,9657	17,3825
19	2750	1	350	357,5	357,5	0,0522	0,9916	18,8405
20	2670	1	270	310	310	0,0453	0,9051	18,1022
22	2630	1	230	250	250	0,0365	0,8029	17,6642
23	2610	1	210	220	220	0,0321	0,7387	16,9898
24	2600	1	200	205	205	0,0299	0,7182	17,2380
25	2540	1	140	170	170	0,0248	0,6204	15,5109
26	2530	1	130	135	135	0,0197	0,5124	13,3226
27	2525	1	125	127,5	127,5	0,0186	0,5026	13,5690
28	2510	1	110	117,5	117,5	0,0172	0,4803	13,4482
29	2505	1	105	107,5	107,5	0,0157	0,4551	13,1982
30	2460	1	60	82,5	82,5	0,0120	0,3613	10,8394
31	2450	1	50	55	55	0,0080	0,2489	7,7161
32	2435	1	35	42,5	42,5	0,0062	0,1985	6,3533
33	2405	1	5	20	20	0,0029	0,0964	3,1796
34	2400	1	0	2,5	2,5	0,0004	0,0124	0,4219
35	2400	1	0	0	0	0,0000	0,0000	0,0000
sumas					6850		16,47	309,17

t = 0 : inicio de la aplicación del trazador

CE salida : conductividad eléctrica a la salida de la columna

dt : intervalo de tiempo entre dos medidas consecutivas

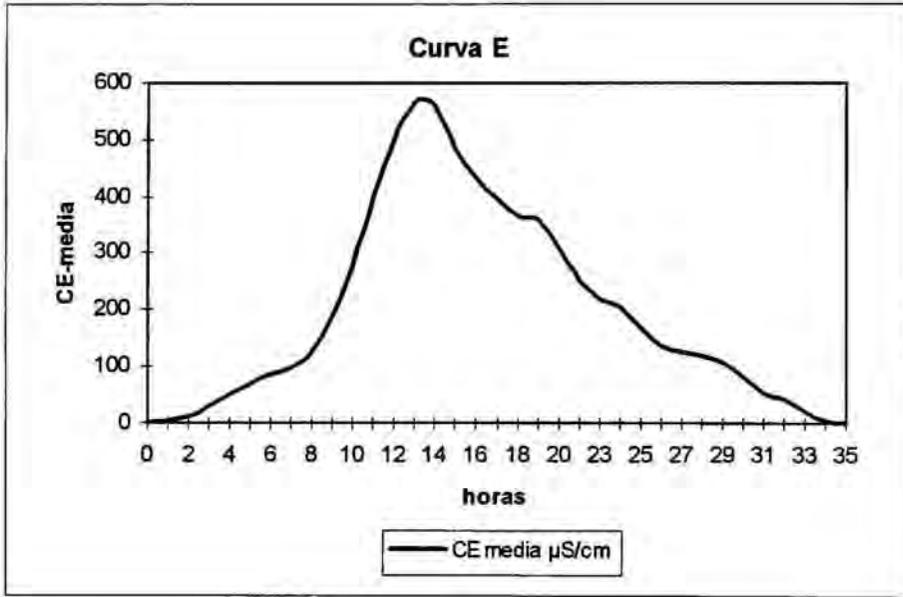
CE real = CE salida - CE residual

CE media = (CE real_{ti-1} + CE real_{ti}) / 2

E curva : calculada según la ecuación 1 del apartado (1.3.2.)

t.E.dt : según la ecuación 7 apartado (1.3.2.) a partir de la suma total se obtiene el tiempo medio de residencia

t².E.dt : es el primer término de la ecuación 11 apartado (1.3.2.). A partir de esta ecuación obtenemos la varianza.



Mediante la curva E obtenemos:

$$T_{\text{medio}} = 16 \text{ horas } 28 \text{ minutos}$$

$$\sigma^2 = 37,91$$

$$d = 0,057$$

INTERPRETACION DEL TRAZADO EN COLUMNAS

A partir de los ensayos realizados en la aplicación del trazador en las tres columnas, resumimos en una sola tabla los resultados obtenidos.

	Carga hidráulica	C1	C2	C3
T_{medio} (horas)	0,165 m.día ⁻¹ (n=2)	22,32	23,52	24,30
	0,247 m.día ⁻¹ (n=3)	19,62	20,51	21,34
	0,330 m.día ⁻¹ (n=4)	16,19	18,60	19,41
	0,412 m.día ⁻¹ (n=5)	15,21	17,34	18,19
	0,495 m.día ⁻¹ (n=6)	14,29	16,47	16,90
σ²	0,165 m.día ⁻¹ (n=2)	39,03	44,70	53,11
	0,247 m.día ⁻¹ (n=3)	38,80	41,00	43,64
	0,330 m.día ⁻¹ (n=4)	30,69	38,98	40,11
	0,412 m.día ⁻¹ (n=5)	30,38	40,67	38,70
	0,495 m.día ⁻¹ (n=6)	29,39	37,91	33,47
d	0,165 m.día ⁻¹ (n=2)	0,035	0,035	0,040
	0,247 m.día ⁻¹ (n=3)	0,043	0,042	0,041
	0,330 m.día ⁻¹ (n=4)	0,049	0,047	0,045
	0,412 m.día ⁻¹ (n=5)	0,054	0,055	0,049
	0,495 m.día ⁻¹ (n=6)	0,058	0,057	0,049

n = número de aplicaciones $8,24 \cdot 10^{-2}$ m

A partir de estos resultados utilizando trazador y con el volumen de agua idéntico en cada aplicación se interpreta que :

- En las tres columnas se ha podido observar que al aumentar la carga hidráulica, disminuye el tiempo medio de residencia. La explicación se debería buscar en la física del sistema. Al aumentar la carga hidráulica se aumenta el número de aplicaciones. El intervalo de tiempo entre dos aplicaciones sucesivas es más pequeño, por lo que el agua en el interior de la columna se desplaza más rápido, debido al empuje que ocasiona el agua aportada en la siguiente aplicación.
- Se observa que el tiempo medio de residencia del agua para una misma carga hidráulica es menor en la columna C1. La razón es obvia : la menor longitud (1 m.) de esta columna respecto a las otras dos.

- La columna C3 presenta unos tiempos medios de residencia menores que los de la columna C2, teniendo ambas la misma longitud (1,5 m) . El motivo lo debemos buscar en la granulometría. La granulometría de la arena de relleno de C3 presenta un 60 % aproximadamente de partículas menores de 1mm, a diferencia de C2 con una arena en la que más del 90 % es inferior a 1 mm. El diámetro de poro será mayor en C3, dando lugar a unos tiempos de residencia menores ya que el líquido fluirá más fácilmente.
- En todos los casos, siguiendo el modelo de dispersión aplicado (ver apartado 1.3.2), el número de dispersión axial oscila entre 0,035 y 0,058 por lo que podemos señalar que:
 - el sistema IPm ha funcionado correctamente ya que “d” es menor que 0,25.
 - la propagación del efluente dentro de la columna sigue un modelo de tipo pistón
 - la dispersión axial se puede considerar pequeña (Levenspiel 1972). El diámetro reducido de las columnas en relación a las cargas hidráulicas aplicadas se traduce en un efecto pared, lo que significa que teóricamente el agua fluirá de forma vertical con una dispersión lateral mínima.
- Recordemos de nuevo que en las tres columnas al aumentar la carga hidráulica disminuye el tiempo medio de residencia. La ecuación 19 (ver apartado 1.3.2) relaciona el coeficiente de mezcla completa (cmc) con la desinfección de modo que al disminuir cmc disminuye la eficacia de la desinfección.
Nuestros resultados concuerdan con lo que indica esta ecuación ; que fue descrita y utilizada por Bancole (1995) y Padilla (1996) .

3.4.2 Filtros a escala real

En los filtros a escala real se han determinado los parámetros enumerados en el apartado 3.4, a continuación para cada uno de los filtros y para cada carga hidráulica evaluada se detalla la ficha técnica, y los resultados obtenidos.

Filtro Vall-Llobrega (Palamós)

Filtro Vall-Llobrega
Carga hidráulica : 0,550 m.día⁻¹
dividida en 13 aplicaciones
CE residual = 1205 µScm⁻¹

TIEMPO horas	CE salida µScm ⁻¹	dt horas	CE real µScm ⁻¹	CE media µScm ⁻¹	CE .dt	E curva	t .E .dt	t ² .E .dt
0	1205	1	0	0	0	0,0000	0,0000	0,0000
1	1233	1	28	14	14	0,0018	0,0018	0,0018
2	1252	1	47	37,5	37,5	0,0048	0,0096	0,0192
3	1268	1	63	55	55	0,0070	0,0211	0,0634
4	1285	1	80	71,5	71,5	0,0092	0,0366	0,1465
5	1302	1	97	88,5	88,5	0,0113	0,0567	0,2833
6	1318	1	113	105	105	0,0134	0,0807	0,4840
7	1335	1	130	121,5	121,5	0,0156	0,1089	0,7624
8	1387	1	182	156	156	0,0200	0,1598	1,2785
9	1469	1	264	223	223	0,0286	0,2570	2,3130
9,5	1548	0,5	343	303,5	151,75	0,0389	0,1846	1,7537
10	1611	0,5	406	374,5	187,25	0,0480	0,2398	2,3978
10,5	1678	0,5	473	439,5	219,75	0,0563	0,2955	3,1024
11	1763	0,5	558	515,5	257,75	0,0660	0,3631	3,9937
11,5	1807	0,5	602	580	290	0,0743	0,4271	4,9112
12	1826	0,5	621	611,5	305,75	0,0783	0,4698	5,6379
12,5	1842	0,5	637	629	314,5	0,0805	0,5034	6,2926
13	1844	0,5	639	638	319	0,0817	0,5310	6,9035
13,5	1832	0,5	627	633	316,5	0,0811	0,5471	7,3864
14	1818	0,5	613	620	310	0,0794	0,5558	7,7805
14,5	1799	0,5	594	603,5	301,75	0,0773	0,5603	8,1241
15	1778	0,5	573	583,5	291,75	0,0747	0,5604	8,4059

t = 0 : inicio de la aplicación del trazador

CE salida : conductividad eléctrica a la salida de la columna

dt : intervalo de tiempo entre dos medidas consecutivas

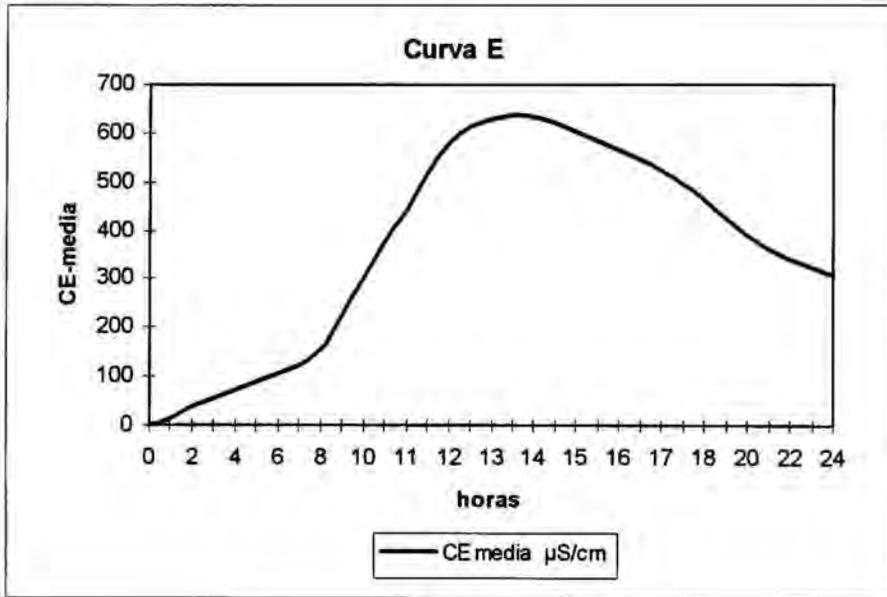
CE real = CE salida - CE residual

CE media = (CE real_{i-1} + CE real_i) / 2

E curva : calculada según la ecuación 1 del apartado (1.3.2.)

$t.E.dt$: según la ecuación 7 apartado (1.3.2.) a partir de la suma total se obtiene el tiempo medio de residencia

$t^2.E.dt$: es el primer término de la ecuación 11 apartado (1.3.2.). A partir de esta ecuación obtenemos la varianza.



Mediante la curva E obtenemos

$$T_{media} = 15 \text{ horas } 6 \text{ minutos}$$

$$\sigma^2 = 24,61$$

$$d = 0,046$$

Filtro Sant Lluís (Menorca)

Filtro Sant Lluís (Menorca)
 Carga hidráulica : 0,219 m.día⁻¹
 dividida en 7 aplicaciones
 CE residual = 2267 μScm^{-1}

TIEMPO horas	CE salida μScm^{-1}	dt horas	CE real μScm^{-1}	CE media μScm^{-1}	CE .dt	E curva	t .E .dt	t ² .E .dt
0	2267	1	0	0	0	0,0000	0,0000	0,0000
3	2267	1	0	0	0	0,0000	0,0000	0,0000
6	2427	1	160	80	80	0,0071	0,0426	0,2553
9	2427	1	160	160	160	0,0142	0,1277	1,1490
12	2433	1	166	163	163	0,0145	0,1734	2,0810
15	2533	1	266	216	216	0,0192	0,2873	4,3089
18	2600	1	333	299,5	299,5	0,0266	0,4780	8,6034
21	2707	1	440	386,5	386,5	0,0343	0,7196	15,1118
24	2733	1	466	453	453	0,0402	0,9639	23,1340
27	2753	1	486	476	476	0,0422	1,1395	30,7655
30	2760	1	493	489,5	489,5	0,0434	1,3020	39,0593
33	2840	1	573	533	533	0,0473	1,5594	51,4617
36	2933	1	666	619,5	619,5	0,0549	1,9773	71,1829
39	2873	1	606	636	636	0,0564	2,1991	85,7661
42	2753	1	486	546	546	0,0484	2,0332	85,3927
45	2820	1	553	519,5	519,5	0,0461	2,0727	93,2696
48	2880	1	613	583	583	0,0517	2,4811	119,0914
51	2900	1	633	623	623	0,0552	2,8170	143,6673
54	2760	1	493	563	563	0,0499	2,6955	145,5544
57	2760	1	493	493	493	0,0437	2,4914	142,0123
60	2760	1	493	493	493	0,0437	2,6226	157,3544
63	2760	1	493	493	493	0,0437	2,7537	173,4832
66	2707	1	440	466,5	466,5	0,0414	2,7298	180,1644
69	2633	1	366	403	403	0,0357	2,4654	170,1111
72	2613	1	346	356	356	0,0316	2,2725	163,6230
75	2573	1	306	326	326	0,0289	2,1677	162,5809
78	2493	1	226	266	266	0,0236	1,8395	143,4829
81	2440	1	173	199,5	199,5	0,0177	1,4327	116,0493
84	2387	1	120	146,5	146,5	0,0130	1,0911	91,6486
87	2360	1	93	106,5	106,5	0,0094	0,8215	71,4690
90	2307	1	40	66,5	66,5	0,0059	0,5306	47,7569
93	2300	1	33	36,5	36,5	0,0032	0,3010	27,9891
96	2293	1	26	29,5	29,5	0,0026	0,2511	24,1043
99	2293	1	26	26	26	0,0023	0,2282	22,5930
102	2273	1	6	16	16	0,0014	0,1447	14,7588
105	2273	1	6	6	6	0,0005	0,0559	5,8649
108	2267	1	0	3	3	0,0003	0,0287	3,1024
111	2267	1	0	0	0	0,0000	0,0000	0,0000
sumas					11279		47,30	2638,00

$t = 0$: inicio de la aplicación del trazador

CE salida : conductividad eléctrica a la salida de la columna

dt : intervalo de tiempo entre dos medidas consecutivas

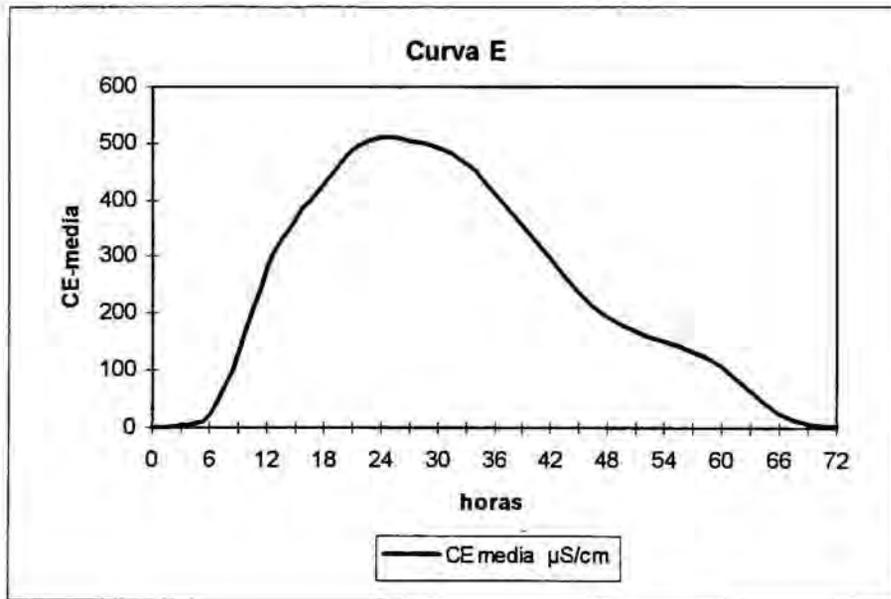
CE real = CE salida - CE residual

CE media = $(\text{CE real}_{i-1} + \text{CE real}_i) / 2$

E curva : calculada según la ecuación 1 del apartado (1.3.2.)

t.E.dt : según la ecuación 7 apartado (1.3.2.) a partir de la suma total se obtiene el tiempo medio de residencia

$t^2.E.dt$: es el primer término de la ecuación 11 apartado (1.3.2.). A partir de esta ecuación obtenemos la varianza.



Una vez obtenida la curva E podemos deducir :

$$T_{\text{medio}} = 47 \text{ horas } 18 \text{ minutos}$$

$$\sigma^2 = 400,71$$

$$d = 0,070$$

Filtro Sant Lluís (Menorca)
Carga hidráulica : 0,365 m.día⁻¹
dividida en 10 aplicaciones
CE residual = 2227 μScm^{-1}

TIEMPO horas	CE salida μScm^{-1}	dt horas	CE real μScm^{-1}	CE media μScm^{-1}	CE .dt	E curva	t.E .dt	t ² .E .dt
0	2227	1	0	0	0	0,0000	0,0000	0,0000
3	2227	1	0	0	0	0,0000	0,0000	0,0000
6	2280	1	53	26,5	26,5	0,0042	0,0253	0,1518
9	2280	1	53	53	53	0,0084	0,0759	0,6829
12	2340	1	113	83	83	0,0132	0,1584	1,9014
15	2447	1	220	166,5	166,5	0,0265	0,3973	5,9597
18	2567	1	340	280	280	0,0445	0,8018	14,4321
21	2620	1	393	366,5	366,5	0,0583	1,2244	25,7121
24	2653	1	426	409,5	409,5	0,0651	1,5635	37,5234
27	2720	1	493	459,5	459,5	0,0731	1,9737	53,2891
30	2667	1	440	466,5	466,5	0,0742	2,2264	66,7913
33	2667	1	440	440	440	0,0700	2,3099	76,2265
36	2647	1	420	430	430	0,0684	2,4626	88,6542
39	2633	1	406	413	413	0,0657	2,5624	99,9321
42	2613	1	386	396	396	0,0630	2,6459	111,1269
45	2587	1	360	373	373	0,0593	2,6702	120,1599
48	2547	1	320	340	340	0,0541	2,5962	124,6198
51	2480	1	253	286,5	286,5	0,0456	2,3245	118,5470
54	2440	1	213	233	233	0,0371	2,0016	108,0859
57	2440	1	213	213	213	0,0339	1,9314	110,0918
60	2413	1	186	199,5	199,5	0,0317	1,9042	114,2539
63	2373	1	146	166	166	0,0264	1,6637	104,8129
66	2340	1	113	129,5	129,5	0,0206	1,3597	89,7394
69	2313	1	86	99,5	99,5	0,0158	1,0922	75,3610
72	2300	1	73	79,5	79,5	0,0126	0,9106	65,5628
75	2287	1	60	66,5	66,5	0,0106	0,7934	59,5072
78	2267	1	40	50	50	0,0080	0,6204	48,3933
81	2267	1	40	40	40	0,0064	0,5154	41,7499
84	2227	1	0	20	20	0,0032	0,2673	22,4499
87	2227	1	0	0	0	0,0000	0,0000	0,0000
sumas					6286		39,08	1785,72

t = 0 : inicio de la aplicación del trazador

CE salida : conductividad eléctrica a la salida de la columna

dt : intervalo de tiempo entre dos medidas consecutivas

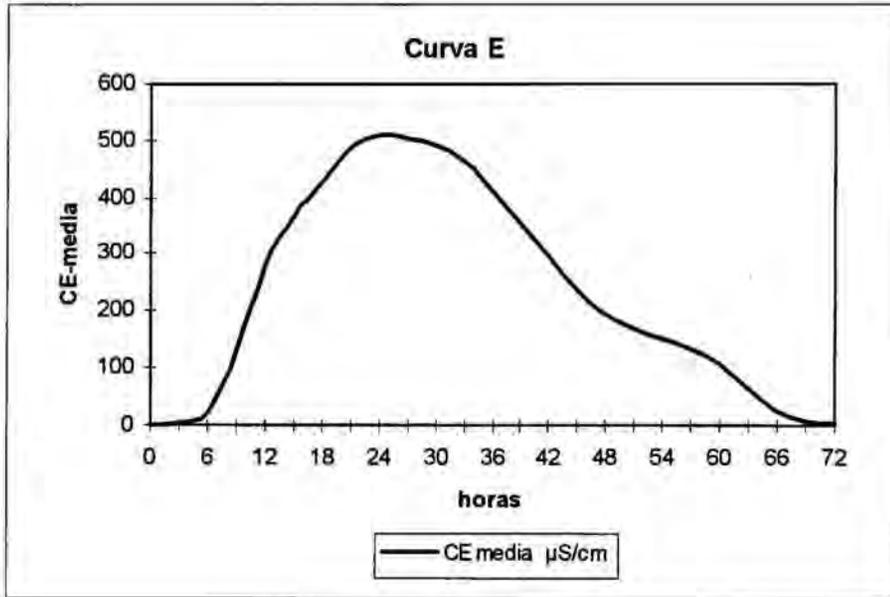
CE real = CE salida - CE residual

CE media = $(\text{CE real}_{i-1} + \text{CE real}_i) / 2$

E curva : calculada según la ecuación 1 del apartado (1.3.2.)

t.E.dt : según la ecuación 7 apartado (1.3.2.) a partir de la suma total se obtiene el tiempo medio de residencia

t².E.dt : es el primer término de la ecuación 11 apartado (1.3.2.). A partir de esta ecuación obtenemos la varianza.



Mediante la curva E obtenemos los siguientes resultados:

$$T_{\text{medio}} = 39 \text{ horas } 05 \text{ minutos}$$

$$\sigma^2 = 257,47$$

$$d = 0,067$$

Filtro Sant Lluís (Menorca)
Carga hidráulica : 0,427 m.día⁻¹
dividida en 12 aplicaciones
CE residual = 2260 μScm^{-1}

TIEMPO horas	CE salida μScm^{-1}	dt horas	CE real μScm^{-1}	CE media μScm^{-1}	CE .dt	E curva	t.E .dt	t ² .E .dt
0	2260	1	0	0	0	0,0000	0,0000	0,0000
3	2260	1	0	0	0	0,0000	0,0000	0,0000
6	2300	1	40	20	20	0,0034	0,0206	0,1235
9	2480	1	220	130	130	0,0223	0,2007	1,8065
12	2600	1	340	280	280	0,0480	0,5764	6,9171
15	2650	1	390	365	365	0,0626	0,9393	14,0890
18	2727	1	467	428,5	428,5	0,0735	1,3232	23,8178
21	2767	1	507	487	487	0,0835	1,7545	36,8446
24	2773	1	513	510	510	0,0875	2,0998	50,3963
27	2753	1	493	503	503	0,0863	2,3299	62,9074
30	2753	1	493	493	493	0,0846	2,5373	76,1194
33	2693	1	433	463	463	0,0794	2,6212	86,4997
36	2647	1	387	410	410	0,0703	2,5322	91,1580
39	2587	1	327	357	357	0,0612	2,3886	93,1544
42	2527	1	267	297	297	0,0510	2,1400	89,8796
45	2467	1	207	237	237	0,0407	1,8296	82,3340
48	2440	1	180	193,5	193,5	0,0332	1,5934	76,4838
51	2420	1	160	170	170	0,0292	1,4874	75,8569
54	2400	1	140	150	150	0,0257	1,3896	75,0386
57	2387	1	127	133,5	133,5	0,0229	1,3055	74,4110
60	2347	1	87	107	107	0,0184	1,1014	66,0834
63	2300	1	40	63,5	63,5	0,0109	0,6863	43,2375
66	2267	1	7	23,5	23,5	0,0040	0,2661	17,5615
69	2264	1	4	5,5	5,5	0,0009	0,0651	4,4923
72	2260	1	0	2	2	0,0003	0,0247	1,7787
sumas					5829		31,21	1150,99

t = 0 : inicio de la aplicación del trazador

CE salida : conductividad eléctrica a la salida de la columna

dt : intervalo de tiempo entre dos medidas consecutivas

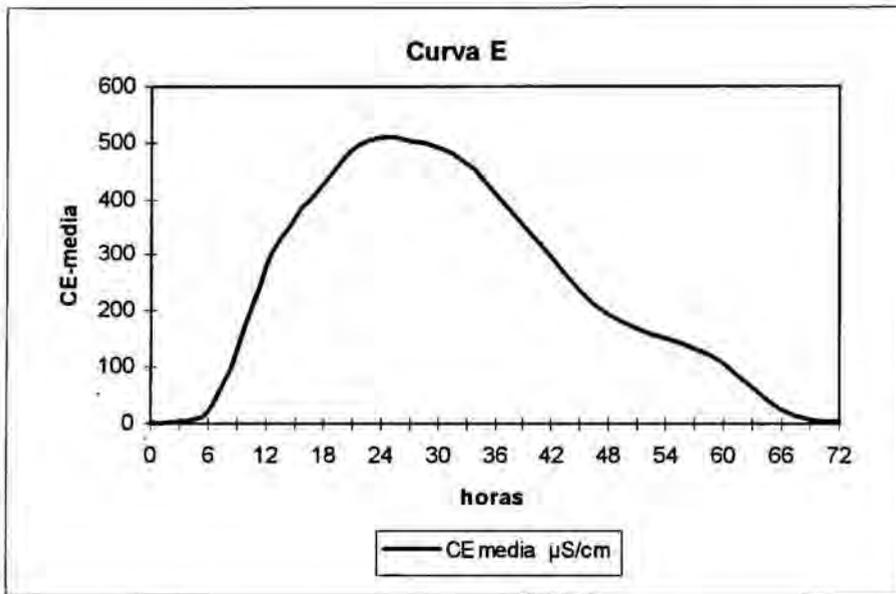
CE real = CE salida - CE residual

CE media = $(\text{CE real}_{i-1} + \text{CE real}_i) / 2$

E curva : calculada según la ecuación 1 del apartado (1.3.2.)

t.E.dt : según la ecuación 7 apartado (1.3.2.) a partir de la suma total se obtiene el tiempo medio de residencia

t².E.dt : es el primer término de la ecuación 11 apartado (1.3.2.). A partir de esta ecuación obtenemos la varianza.



A partir de la curva E podemos obtener:

$$T_{\text{media}} = 31 \text{ horas } 13 \text{ minutos}$$

$$\sigma^2 = 176,93$$

$$d = 0,071$$

Filtro Piera (Barcelona)

Filtro Piera
Carga hidráulica : 0,524
dividida en 16 aplicaciones
CE residua = 569 μScm^{-1}

TIEMPO horas	CE salida μScm^{-1}	dt horas	CE real μScm^{-1}	CE media μScm^{-1}	CE .dt	E curva	t .E .dt	t ² .E .dt
0	569	1	0	0	0	0,0000	0,0000	0,0000
1	570	1	1	0,5	0,5	0,0001	0,0001	0,0001
2	578	1	9	5	5	0,0009	0,0018	0,0036
3	675	1	106	57,5	57,5	0,0103	0,0310	0,0931
4	674	1	105	105,5	105,5	0,0190	0,0759	0,3036
5	721	1	152	128,5	128,5	0,0231	0,1156	0,5778
6	712	1	143	147,5	147,5	0,0265	0,1592	0,9550
7	724	1	155	149	149	0,0268	0,1876	1,3131
8	724	1	155	155	155	0,0279	0,2230	1,7842
9	733	1	164	159,5	159,5	0,0287	0,2582	2,3237
10	768	1	199	181,5	181,5	0,0326	0,3264	3,2644
11	821	1	252	225,5	225,5	0,0406	0,4461	4,9075
12	846	1	277	264,5	264,5	0,0476	0,5709	6,8504
13	807	1	238	257,5	257,5	0,0463	0,6021	7,8269
14	825	1	256	247	247	0,0444	0,6219	8,7072
15	823	1	254	255	255	0,0459	0,6879	10,3192
16	807	1	238	246	246	0,0442	0,7079	11,3266
17	798	1	229	233,5	233,5	0,0420	0,7139	12,1370
18	808	1	239	234	234	0,0421	0,7576	13,6360
19	783	1	214	226,5	226,5	0,0407	0,7740	14,7062
20	778	1	209	211,5	211,5	0,0380	0,7608	15,2158
21	767	1	198	203,5	203,5	0,0366	0,7686	16,1409
22	768	1	199	198,5	198,5	0,0357	0,7854	17,2795
23	765	1	196	197,5	197,5	0,0355	0,8170	18,7909
24	732	1	163	179,5	179,5	0,0323	0,7748	18,5957
25	658	1	89	126	126	0,0227	0,5665	14,1637
26	704	1	135	112	112	0,0201	0,5237	13,6173
27	668	1	99	117	117	0,0210	0,5682	15,3405
28	758	1	189	144	144	0,0259	0,7252	20,3050
29	739	1	170	179,5	179,5	0,0323	0,9362	27,1510
30	724	1	155	162,5	162,5	0,0292	0,8768	26,3040
31	749	1	180	167,5	167,5	0,0301	0,9339	28,9510
32	651	1	82	131	131	0,0236	0,7540	24,1266
33	789	1	220	151	151	0,0272	0,8962	29,5754
sumas					5560		17,95	386,59

t = 0 : inicio de la aplicación del trazador

CE salida : conductividad eléctrica a la salida de la columna

dt : intervalo de tiempo entre dos medidas consecutivas

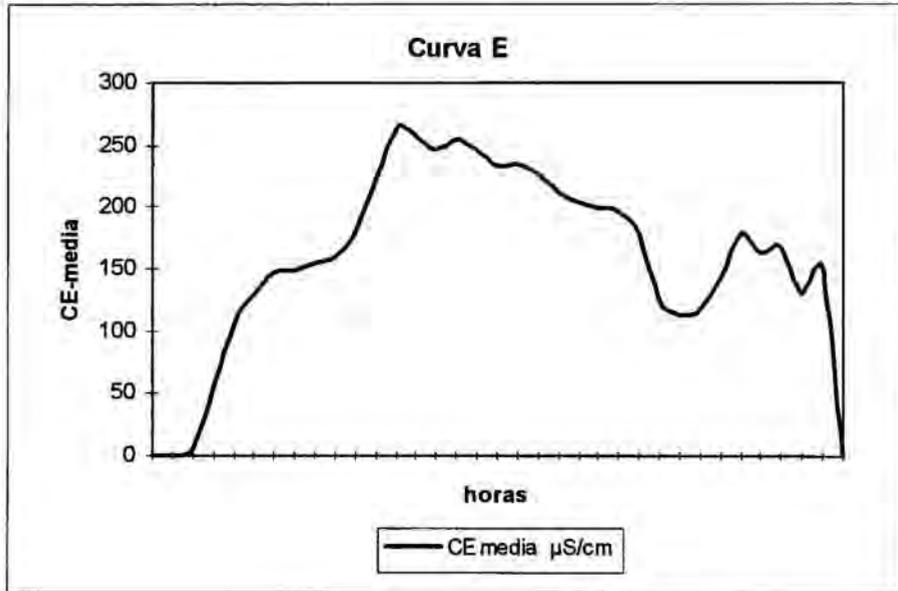
CE real = CE salida - CE residual

$$CE \text{ media} = (CE \text{ real}_{i-1} + CE \text{ real}_i) / 2$$

E curva : calculada según la ecuación 1 del apartado (1.3.2.)

t.E.dt : según la ecuación 7 apartado (1.3.2.) a partir de la suma total se obtiene el tiempo medio de residencia

t².E.dt : es el primer término de la ecuación 11 apartado (1.3.2.). A partir de esta ecuación obtenemos la varianza.



Mediante la curva E obtenemos:

$$T_{\text{medio}} = 17 \text{ horas } 57 \text{ minutos}$$

$$\sigma^2 = 64,39$$

$$d = 0,077$$

Filtro Piera
Carga hidráulica : 0,678
dividida en 20 aplicaciones
CE residua = 780 μScm^{-1}

TIEMPO horas	CE salida μScm^{-1}	dt horas	CE real μScm^{-1}	CE media μScm^{-1}	CE .dt	E curva	t .E .dt	t ² .E .dt
0,00	780	1,00	0	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,50	780	0,50	0	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1,92	760	1,42	-20	-10	-14,1667	-0,0048	-0,0129	-0,0247
2,08	760	0,17	-20	-20	-3,3333	-0,0095	-0,0033	-0,0069
2,25	760	0,17	-20	-20	-3,3333	-0,0095	-0,0036	-0,0080
2,42	760	0,17	-20	-20	-3,3333	-0,0095	-0,0038	-0,0093
2,58	620	0,17	-160	-90	-15,0000	-0,0428	-0,0184	-0,0476
2,75	600	0,17	-180	-170	-28,3333	-0,0808	-0,0370	-0,1019
2,92	630	0,17	-150	-165	-27,5000	-0,0784	-0,0381	-0,1112
3,08	720	0,17	-60	-105	-17,5000	-0,0499	-0,0257	-0,0791
3,25	680	0,17	-100	-80	-13,3333	-0,0380	-0,0206	-0,0670
3,42	660	0,17	-120	-110	-18,3333	-0,0523	-0,0298	-0,1018
3,58	700	0,17	-80	-100	-16,6667	-0,0475	-0,0284	-0,1017
3,75	710	0,17	-70	-75	-12,5000	-0,0357	-0,0223	-0,0836
3,92	710	0,17	-70	-70	-11,6667	-0,0333	-0,0217	-0,0851
4,08	710	0,17	-70	-70	-11,6667	-0,0333	-0,0226	-0,0925
4,25	710	0,17	-70	-70	-11,6667	-0,0333	-0,0236	-0,1002
4,42	700	0,17	-80	-75	-12,5000	-0,0357	-0,0262	-0,1159
4,58	710	0,17	-70	-75	-12,5000	-0,0357	-0,0272	-0,1248
4,75	700	0,17	-80	-75	-12,5000	-0,0357	-0,0282	-0,1341
5,00	810	0,25	30	-25	-6,2500	-0,0119	-0,0149	-0,0743
5,25	780	0,25	0	15	3,7500	0,0071	0,0094	0,0491
5,50	780	0,25	0	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6,17	790	0,67	10	5	3,3333	0,0024	0,0098	0,0603
6,83	800	0,67	20	15	10,0000	0,0071	0,0325	0,2220
7,50	820	0,67	40	30	20,0000	0,0143	0,0713	0,5349
8,17	840	0,67	60	50	33,3333	0,0238	0,1294	1,0570
8,83	860	0,67	80	70	46,6667	0,0333	0,1960	1,7312
9,50	910	0,67	130	105	70,0000	0,0499	0,3162	3,0036
10,17	980	0,67	200	165	110,0000	0,0784	0,5317	5,4056
10,83	1030	0,67	250	225	150,0000	0,1070	0,7726	8,3697
11,50	1050	0,67	270	260	173,3333	0,1236	0,9477	10,8986
12,17	1060	0,67	280	275	183,3333	0,1307	1,0605	12,9026
12,83	1050	0,67	270	275	183,3333	0,1307	1,1186	14,3553
13,50	1030	0,67	250	260	173,3333	0,1236	1,1125	15,0190
14,17	1000	0,67	220	235	156,6667	0,1117	1,0552	14,9487
14,83	960	0,67	180	200	133,3333	0,0951	0,9403	13,9479
15,50	920	0,67	140	160	106,6667	0,0761	0,7861	12,1838
16,17	880	0,67	100	120	80,0000	0,0571	0,6149	9,9408
16,83	850	0,67	70	85	56,6667	0,0404	0,4535	7,6341
17,50	830	0,67	50	60	40,0000	0,0285	0,3328	5,8241
18,17	820	0,67	40	45	30,0000	0,0214	0,2591	4,7072

18,83	800	0,67	20	30	20,0000	0,0143	0,1791	3,3727
19,50	800	0,67	20	20	13,3333	0,0095	0,1236	2,4105
20,17	790	0,67	10	15	10,0000	0,0071	0,0959	1,9336
20,83	780	0,67	0	5	3,3333	0,0024	0,0330	0,6878
21,50	780	0,67	0	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
22,17	810	0,67	30	15	10,0000	0,0071	0,1054	2,3361
22,83	810	0,67	30	30	20,0000	0,0143	0,2171	4,9575
23,50	810	0,67	30	30	20,0000	0,0143	0,2235	5,2512
24,17	800	0,67	20	25	16,6667	0,0119	0,1915	4,6278
24,83	710	0,67	-70	-25	-16,6667	-0,0119	-0,1968	-4,8866
25,50	630	0,67	-150	-110	-73,3333	-0,0523	-0,8891	-22,6712
26,17	810	0,67	30	-60	-40,0000	-0,0285	-0,4976	-13,0211
26,83	820	0,67	40	35	23,3333	0,0166	0,2977	7,9876
27,50	820	0,67	40	40	26,6667	0,0190	0,3487	9,5880
28,17	820	0,67	40	40	26,6667	0,0190	0,3571	10,0585
28,83	820	0,67	40	40	26,6667	0,0190	0,3656	10,5402
29,50	820	0,67	40	40	26,6667	0,0190	0,3740	11,0333
30,17	830	0,67	50	45	30,0000	0,0214	0,4303	12,9798
30,83	810	0,67	30	40	26,6667	0,0190	0,3909	12,0532
31,50	810	0,67	30	30	20,0000	0,0143	0,2995	9,4350
32,17	810	0,67	30	30	20,0000	0,0143	0,3059	9,8386
32,83	810	0,67	30	30	20,0000	0,0143	0,3122	10,2507
33,50	810	0,67	30	30	20,0000	0,0143	0,3185	10,6712
34,17	810	0,67	30	30	20,0000	0,0143	0,3249	11,1001
34,83	810	0,67	30	30	20,0000	0,0143	0,3312	11,5375
35,50	810	0,67	30	30	20,0000	0,0143	0,3376	11,9834
36,17	820	0,67	40	35	23,3333	0,0166	0,4012	14,5106
36,83	810	0,67	30	35	23,3333	0,0166	0,4086	15,0505
sumas					2103,33		15,89	306,08

$t = 0$: inicio de la aplicación del trazador

CE salida : conductividad eléctrica a la salida de la columna

dt : intervalo de tiempo entre dos medidas consecutivas

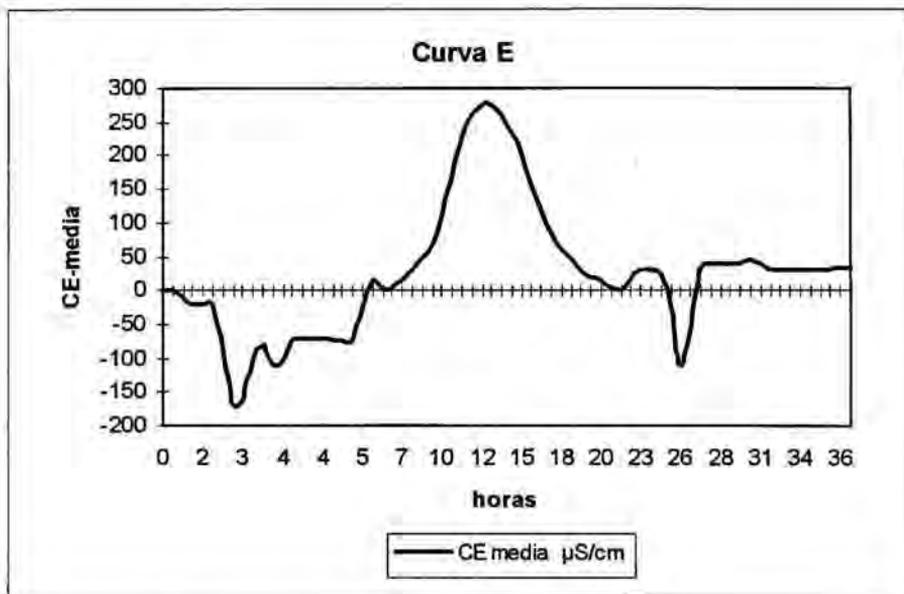
CE real = CE salida - CE residual

CE media = $(\text{CE real}_{i-1} + \text{CE real}_i) / 2$

E curva : calculada según la ecuación 1 del apartado (1.3.2.)

t.E.dt : según la ecuación 7 apartado (1.3.2.) a partir de la suma total se obtiene el tiempo medio de residencia

t^2 .E.dt : es el primer término de la ecuación 11 apartado (1.3.2.). A partir de esta ecuación obtenemos la varianza.



A partir de la curva E obtenemos los siguientes resultados:

$$T_{\text{medio}} = 15 \text{ horas } 53 \text{ minutos}$$

$$\sigma^2 = 53,59$$

$$d = 0,080$$

Los valores negativos en ordenadas pueden ser debidos a la lluvia intermitente que tuvo lugar el día de la aplicación del trazador. Esto causó que el agua dentro del filtro se diluyera haciendo disminuir la conductividad.

INTERPRETACION DEL TRAZADO EN FILTROS

A partir de los ensayos realizados con los trazadores en los tres filtros obtenemos las tablas siguientes :

Filtro Vall-Llobrega (Palamós)

Carga hidráulica	T_{medio}	σ^2	d
0,550 m.día ⁻¹ n=13	15,10	24,61	0,046

n= número de aplicaciones de $42,30 \cdot 10^{-2}$ m

Filtro Sant Lluís (Menorca)

Carga hidráulica	T_{medio}	σ^2	d
0,219 m.día ⁻¹ n=7	47,30	400,71	0,070
0,365 m.día ⁻¹ n=10	39,08	257,47	0,067
0,427 m.día ⁻¹ n=12	31,21	176,93	0,071

n= número de aplicaciones de $35,28 \cdot 10^{-2}$ m

Filtro Piera (Barcelona)

Carga hidráulica	T_{medio}	σ^2	d
0,524 m.día ⁻¹ n=16	17,95	64,39	0,077
0,678 m.día ⁻¹ n=20	15,89	53,59	0,080

n= número de aplicaciones de $35,28 \cdot 10^{-2}$ m

Con los resultados obtenidos podemos interpretar que:

- En los tres filtros al aumentar la carga hidráulica disminuye el tiempo medio de residencia. Este resultado coincide con el obtenido en el laboratorio para las tres columnas.
- Por otra parte, en el filtro de Sant Lluís los tiempos medios de residencia son muy altos, y puede ser debido a deficiencias en las determinaciones.
- Tanto en filtros como en columnas, siguiendo el modelo de dispersión (ver apartado 1.3.2), el número de dispersión axial es pequeño, oscila entre 0.033 y 0.080.

4. DISCUSSION GENERAL

4. DISCUSION GENERAL

Creemos necesario desarrollar la discusión de los resultados que hemos obtenido de forma más global, antes de llegar a las conclusiones del trabajo. Esto nos permite concretar más fácilmente algunos detalles, y proceder al mismo tiempo a comparar los resultados obtenidos con los objetivos que nos habíamos propuesto al iniciar el trabajo.

- Uno de los objetivos de este trabajo era establecer si las columnas podían ser utilizadas como modelo a escala reducida de los filtros a escala real, lo que suele conocerse como transposición de escala.

A este respecto, hemos podido dilucidar que la posibilidad de este cambio de escala es relativamente limitada, ya que ambos dispositivos solo son comparables con cargas inferiores a los $0,400 \text{ m.día}^{-1}$.

Las condiciones de trabajo que nos permiten efectuar estas afirmaciones han sido :

- En las columnas de laboratorio se ha podido llegar a aplicar hasta la carga hidráulica de $0,495 \text{ m.día}^{-1}$
- En filtros a escala real, la carga más alta ensayada hasta el momento de finalizar la parte experimental de este trabajo que nos ocupa fue de $0,678 \text{ m.día}^{-1}$

Hemos podido comprobar también que una de las principales limitaciones a la hora de trabajar con columnas de laboratorio es el gran volumen de agua a aplicar en relación con la superficie total de la columna ; a medida que aumenta la carga hidráulica el funcionamiento del sistema se hace más complicado, y requiere la manipulación de grandes volúmenes de efluente, con las dificultades añadidas de su transporte y conservación.

En este sentido, en las columnas de laboratorio se ha constatado un claro “efecto pared” debido a sus limitadas dimensiones (como hemos dicho, relación superficie / volumen),

por lo que el agua fluirá a través de ellas de forma vertical con una mínima dispersión lateral. Se observa un claro efecto pistón en el fraccionamiento para una misma carga hidráulica, y en el aumento de aplicaciones para poder llevar a cabo el aumento de la carga hidráulica ; este efecto se pone de manifiesto a la hora de realizar los ensayos de trazado de las columnas para las distintas cargas hidráulicas comprobadas.

En cambio, en los filtros a escala real, podemos definir que el pistón se desplaza en una superficie mucho más grande, minimizándose el efecto pared, debido a la relación superficie/volumen muchísimo más grande. Cuanto mayor es el filtro menos se apreciará este efecto, aunque podríamos mencionar que a partir de unos 4-5 m de diámetro este efecto se convierte en despreciable.

- Otro de los objetivos propuestos era establecer el rango de funcionamiento de los dos dispositivos ; aunque en el punto anterior hemos comenzado a definir este rango, se puede complementar en cierto modo lo que hemos indicado.

Las columnas de laboratorio tienen un buen rendimiento para cargas hidráulicas bajas, obteniéndose muy buenos resultados hasta $0,330 \text{ m.día}^{-1}$, mientras que para los filtros no se ha podido, con las cargas hidráulicas aplicadas hasta el momento, encontrar el punto de inflexión a partir del cual los filtros dejan de ser efectivos.

En estos últimos, el rendimiento teórico o de diseño era de $0,650 \text{ m.día}^{-1}$. Las pruebas efectuadas con esta carga, o ligeramente superior, han demostrado que el sistema funciona con una gran eficiencia, con independencia de las condiciones del sistema o las ambientales ; incluso con efluentes primarios. Esto nos indica que no se ha alcanzado en ningún momento el límite real de funcionamiento, aún teniendo en cuenta que los sistemas se diseñaron para $0,650 \text{ m.día}^{-1}$.

Los resultados de algunas pruebas efectuadas posteriormente, después de acabar los trabajos prácticos de esta tesis, han permitido constatar que el sistema sigue funcionando correctamente con $0,840 \text{ m.día}^{-1}$. Una primera interpretación de estos datos sería que el sistema sigue desarrollando biopelícula con estas cargas, y que ésta (la biopelícula)

alcanza mayores profundidades en el filtro. De todas formas, esto es únicamente una hipótesis, por el momento.

En consecuencia, podemos indicar que este objetivo no ha podido ser desarrollado totalmente, y que se requieren trabajos posteriores en este sentido. De todas formas, en los sistemas a escala real existentes se ha alcanzado la carga máxima administrable con los dispositivos actuales de bombeo, con lo que si se desean realizar estos experimentos con cargas superiores deberán modificarse los sistemas de alimentación.

De todas formas, con las cargas definidas para los filtros a escala real se puede garantizar un funcionamiento correcto del sistema.

La localización física de los sistemas - zonas con comparativamente escasas variaciones anuales de temperatura - no nos ha permitido trabajar con limitaciones de temperatura de agua, que deberían tenerse en cuenta en localizaciones distintas, con mayores oscilaciones térmicas.

- Por lo que respecta al trabajo en columnas referente a los diferentes tiempos de reparto del agua, podemos indicar que, de acuerdo con lo establecido en trabajos anteriores, el aumento de los tiempos de reparto del agua aplicada mejora en general el rendimiento del tratamiento del agua residual aplicada.

Recordemos que, en uno de los protocolos de trabajo, aplicamos la misma cantidad de efluente en 3 ó en 15 minutos. El rendimiento es mejor en este último caso. Podemos deducir que la aportación en un tiempo más largo hace que la porosidad del medio filtrante pueda absorber el agua aplicada de forma más adecuada, ya que en cierta forma disminuye la resistencia al desplazamiento de la fase gaseosa, o ésta puede atravesar más fácilmente la lámina de agua.

Si el mismo volumen se aplica en períodos más cortos, la lámina de agua tiene un espesor mayor. En este momento entran en funcionamiento de forma más “concentrada” los fenómenos de filtración, con lo que teórica y prácticamente disminuye la capacidad de

filtración del macizo, haciéndose comparativamente más lenta la percolación. El hecho de aplicar el agua más lentamente permite que el sistema filtre de forma más eficiente.

Existe una explicación para este fenómeno cuando consideramos la eficiencia de acuerdo con la teoría que define el sistema ; y es que mejora la aportación de oxígeno por difusión, con lo que los mecanismos de transformación de la materia orgánica y de oxidación del nitrógeno son más efectivos.

Recordemos que la altura de la lámina de agua que aplicamos es menor para la misma superficie, disminuyendo el tiempo de presencia de la lámina de agua en superficie, lo que teóricamente impide la renovación de la fase gaseosa a través de la superficie de infiltración. Es decir, se mejora una de las formas de aporte de oxígeno al sistema, la difusión.

Por otra parte, si hemos considerado que una de las características principales del sistema es el flujo del agua en forma de pistón, al aumentar el número de aplicaciones se incrementa también este tipo de flujo, consiguiendo que haya más “dosis” teóricas de oxígeno en el mismo tiempo. Esto permite también que mejore el aporte de oxígeno al sistema, con el consiguiente incremento de rendimiento. Es obvio que hay un límite al fraccionamiento, por encima del cual esta evidencia deja de ser cierta. De todas formas, la limitación establecida por el volumen de efluente, en nuestro caso, hace que en columnas no se llegue a alcanzar este límite, tal como han establecido otros autores.

Nuestras condiciones de trabajo, en las cargas inferiores a $0,400 \text{ m.dia}^{-1}$, garantizan condiciones adecuadas para que el tratamiento terciario pueda considerarse adecuado y los resultados, incluso los de desinfección, son los esperados.

- Otro de nuestros objetivos era la definición de los parámetros de control del sistema. Mediante las determinaciones que hemos llevado a cabo, hemos podido constatar que las determinaciones de la DQO, N-NTK, N-NH₄⁺, N-NO₃⁻, sólidos en suspensión, coliformes fecales y colifagos F⁺ y CN13, tanto del agua de entrada como de salida de columnas y de filtros han permitido cuantificar la eficacia del sistema IPm, poniendo

de manifiesto adicionalmente la influencia del carácter aerobio de la depuración, uno de los condicionantes o características definitorias de la tecnología descrita.

Los restantes parámetros de control pueden distribuirse de dos formas :

- los parámetros que facilitan una información inicial sobre el funcionamiento del sistema : pH y C.E. ; que podemos considerar imprescindibles.
- los parámetros que permanecen inalterados a lo largo del tratamiento, como son Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ y Na^+ , que en todo caso pueden emplearse en el caso de que se quiera reutilizar el agua residual en agricultura. Estos parámetros son prescindibles.

Al funcionar el sistema mediante ciclos, se ha podido comprobar que a lo largo de un único ciclo de funcionamiento (5 días) no hay una constancia clara de que la calidad del agua tratada se mantenga. En realidad, nuestro trabajo se ha basado en la analítica de muestras supuestamente medias, o, mejor dicho, representativas de los momentos en que el sistema actúa con un máximo de rendimiento. No podemos, por tanto, definir si a lo largo de todo el ciclo los parámetros son básicamente constantes, ya que el protocolo de muestreo no fue diseñado para ello.

No creemos que esto sea en demérito de nuestro trabajo, ya que la cantidad de muestras necesarias para explicar si las variaciones a lo largo del ciclo eran o no importantes hubiera limitado las posibilidades de conocer el funcionamiento global del sistema. Creemos no obstante, que la constatación del hecho de que hay variaciones a lo largo de los ciclos de funcionamiento es también importante ; y, desde luego, merece trabajos sucesivos que aquí no se han podido abordar.

En este sentido, parece claro que la analítica nos define una calidad del agua algo más deficiente en las muestras tomadas después de un periodo de descanso. Esto no tiene que ser cierto para todos los parámetros, y de hecho, no podemos definir una tendencia clara en los datos que hemos obtenido.

- Lo que acabamos de indicar en el punto anterior, nos hace reflexionar sobre el hecho de que el destino de las aguas regeneradas mediante la IPm definirá, de forma concreta, cualquier protocolo de muestreo.

Las reutilizaciones o vertidos a sistemas problemáticos, como los riegos de productos de consumo en crudo o los vertidos a zonas de baño o zonas sensibles, requerirán protocolos de muestreo que permitan caracterizaciones del agua mucho más detalladas. Esto nos lleva incluso a pensar que las necesidades de agua regenerada oscilarán a lo largo del año, por lo que los protocolos de muestreo deberán variar de acuerdo con las necesidades de reutilización.

En este trabajo hemos desarrollado unos protocolos para caracterizar el sistema y su funcionamiento, por lo que el número de muestras ha sido muy elevado. Cuando los sistemas entran en funcionamiento industrial es imposible mantener estos criterios de muestreo, especialmente por lo que respecta a los costes. Esta problemática se ha manifestado en los filtros más alejados de nuestro laboratorio, especialmente en el de Sant Lluís, en el que la dificultad de desplazamiento y/o de transporte de muestras ha limitado el número de análisis efectuado.

En este aspecto queremos hacer referencia a los protocolos de muestreo establecidos por Pascual et al. (1994), en los que se definen las periodicidades de muestreo en función del método de tratamiento e incluso del tiempo de detención en los sistemas de tratamiento.

A este respecto, parece imprescindible tener en cuenta que, según la carga hidráulica del sistema, variarán los tiempos de retención. De todas formas, estamos trabajando con un sistema en el que se puede definir que un máximo del caudal aportado tiene un tiempo de estancia del orden de 12 ± 4 horas. Dadas las características del sistema, a la que este entra en funcionamiento "normal", después de 12 horas de la primera aplicación, se puede definir, casi con toda certeza, un funcionamiento en continuo. El problema radica en el tiempo que transcurre desde esta primera aplicación hasta las 12 horas.

El funcionamiento del filtro de Piera, adaptado a las necesidades de los agricultores, nos ha permitido constatar que un cambio del modelo de funcionamiento basado en el

suministro casi constante de agua permite una cierta homogeneización de los caudales. En consecuencia, si se pudiese trabajar con modelos de funcionamiento constante a lo largo de la semana, jugando con la sectorización del filtro, se podría homogeneizar mejor el agua de salida del sistema.

- Volviendo al tema del funcionamiento “industrial” del sistema de IPm, y si solo es necesario definir la calidad del efluente, por ejemplo para vertidos, y se conoce suficientemente el afluente - el vertido de la depuradora clásica - es posible prescindir de muchas de las determinaciones de entrada y, actualmente, de los colifagos en la salida.

De hecho, podemos garantizar que si el sistema funciona adecuadamente, la DQO de salida y los sólidos en suspensión bastarían para definir que el filtro ha funcionado correctamente para una determinación casi inmediata (3-4 horas), mientras que para garantizar la desinfección, con contenidos de coliformes fecales inferiores a 3 log se puede indicar que el filtro también funciona perfectamente en este sentido.

- Ya hemos indicado que los tres filtros existentes están divididos en sectores, de forma que cada sector pueda funcionar independientemente de los otros. Puesto que los sistemas de IPm con los que hemos trabajado se han desarrollado inicialmente como instalaciones de demostración, la programación de la depuración se efectuó de modo que el descanso de filtro, para entrar en la fase de respiración endógena, coincidiera para todos los sectores con el fin de semana. Esto nos ha permitido un mejor control de los sistemas.

En el momento en que se plantea el uso de los filtros para suministrar agua de riego a varios usuarios, puede suceder que la demanda de agua se extienda a los fines de semana, y que preferiblemente se suministre agua durante las horas diurnas. Para cumplir estas demandas, es preciso alterar la programación de riego, de forma que se concentren las aplicaciones de agua para generar caudales durante las horas de luz, y al mismo tiempo

conseguir que haya un flujo continuado durante la semana. Podríamos expresarlo diciendo que hay que alterar el ritmo circadiano y el semanal del filtro.

Después de los ensayos necesarios se procedió a cambiar la programación del filtro de Piera en este sentido, consiguiéndose un máximo de caudal en horas de riego habitual (de 09.00 a 20.00) y con caudal de lunes a sábado. Esto implicó que el “descanso” del filtro no se realizaba con el sistema completo, sino por sectores y por lo que respecta a la programación diaria se concentraron al máximo las aplicaciones de agua residual entre 07.00 y 16.00 h.

Este tipo de funcionamiento requiere una cierta capacidad de almacenaje del sistema, Si el almacenaje no puede llevarse a cabo externamente, se puede recurrir a la capacidad de almacenaje del propio sistema. Esto es posible realizarlo únicamente en el filtro de Piera, dada su construcción. En efecto, el agua con tratamiento terciario se vierte a un pozo donde se encuentran instaladas las bombas de impulsión a la acequia de riego, que normalmente funcionan con un sistema de boya. Si se cambia la programación se puede conseguir que el pozo de bombeo se inunde totalmente y que el nivel de agua llegue al sistema de drenaje, sin alcanzar la arena. Esta capacidad de almacenaje es suficiente para concentrar la eliminación de agua del sistema en las horas de riego.

Esta capacidad no existe en los otros dos sistemas, en que el flujo de salida es gravitacional. En Vall-Llobrega existe un pequeño pozo de almacenaje, de 12 m³, que puede emplearse con este fin, mientras que en Sant Lluís el flujo es completamente libre.

- Los trabajos anteriores realizados por el equipo de la Universidad de Montpellier II, nos indican que la eficiencia de la IPm depende en gran manera del tiempo de detención del agua en el sistema. Este parámetro de control es variable para cada instalación en función de la arena de relleno empleada, de la etapa de funcionamiento del filtro y de la carga hidráulica aplicada, además de la carga de materia orgánica y de sólidos en suspensión.

Como hemos indicado, se ha procedido a evaluar el tiempo de detención mediante el empleo de un trazador, en este caso cloruro sódico, y de la determinación de la

conductividad. Inicialmente se trabajó con muestreos en tiempos determinados, pero la necesidad de definir curvas de tiempo de detención y de poder calcular el volumen de trazador eliminado del sistema en función del tiempo nos hizo recurrir a un sistema de medida en continuo de la conductividad.

Hemos tomado como más representativos los ensayos llevados a cabo en la depuradora de Vall-Llobrega. Las determinaciones llevadas a cabo en esta depuradora nos han permitido constatar que, a pesar de que el flujo en el sistema sea mayoritariamente de pistón, o equiparable, una parte del agua permanece en el interior del filtro durante un tiempo mayor. El inicio del flujo del trazador puede fijarse aproximadamente en 12 horas ; la mayor parte del trazador sale del filtro en un periodo de 4-8 horas posterior, y queda una cola de trazador que es liberado al medio en un periodo considerablemente más largo.

La interpretación lógica de esta conducta puede consistir en asimilar el paso del agua por el filtro al paso del agua por un suelo. En la práctica, la arena constituiría la matriz mineral del suelo, y la biopelícula la fracción orgánica del mismo.

Como es sabido, la materia orgánica del suelo actúa reteniendo agua ; haciendo que el flujo de esta a través del medio sea más lento. El funcionamiento del sistema IPm puede ser comparable, con algunas diferencias ya comentadas. De hecho, la biopelícula incorpora una cierta cantidad de agua, que libera progresivamente con el tiempo y las fases de respiración endógena. Al tratarse de un sistema con alimentación secuencial, podemos afirmar que hay un cierto volumen de agua que pasa por el filtro con una cierta rapidez, arrastrando consigo una parte del agua que había sido incorporada al sistema en periodos anteriores de aplicación.

A partir de aquí puede indicarse que la restitución total del indicador se lleva a cabo mediante dos sistemas distintos :

- por una parte, una cantidad importante de trazador pasa por el sistema con el agua gravitacional de flujo rápido

- por otra, queda en el sistema una cantidad de trazador que se incorporará a aguas gravitacionales de aportes posteriores

Todo este comportamiento es bastante complejo y para establecerlo completamente es preciso trabajar en la hidráulica del sistema de forma mucho más detallada. Este volumen de trabajo se escapaba de nuestras posibilidades, pero lo que si hemos podido llevar a cabo es una determinación de la metodología inicial.

Por otra parte, los resultados obtenidos en los sistemas restantes deben interpretarse como ensayos iniciales de un método de detección. Para evaluarlos se deben obtener más datos en circunstancias variables. Reseñemos que en las columnas estamos obteniendo tiempos de detención mucho más cortos debido a que se trabaja con flujos pistón casi ideales.

- Uno de los puntos importantes desde el punto de vista tecnológico es la aplicación de agua a la superficie filtrante.

En las columnas se resolvió con un artilugio “casero” que garantizaba un buen reparto en superficie y la temporización adecuada. En cambio, a escala real, la solución de la aplicación es más complicada.

Los primeros sistemas empleaban la aplicación en un punto, con los desajustes y diferencias de carga consiguientes entre diferentes puntos del filtro. El sistema de aplicación de agua a los filtros mediante un pivote de riego, con aspersores que no formen aerosoles ha supuesto una mejora tecnológica importante del sistema, ya que permite una distribución superficial casi homogénea del agua. La combinación pivote/aspersores con la superficie cubierta por césped se ha revelado como la más idónea hasta el momento. En las últimas instalaciones francesas, y especialmente cuando se trabaja con efluente primario, se han sustituido los aspersores por boquillas abiertas, en forma de triángulo, que eliminan toda posibilidad de obturación.

Recordemos que se ha detectado que en algunos casos los aspersores son demasiado susceptibles ante las algas formadas en los decantadores y ante algunos materiales (papel de celofana, bastoncillos, ...) capaces de superar el tratamiento convencional.

Hay que señalar también, que la ausencia de aerosoles representa también un avance sanitario importante, al limitar enormemente los riesgos inherentes a la técnica.

- El uso de césped, tal como acabamos de indicar, mejora la distribución del agua en superficie y al mismo tiempo impide las pérdidas de arena a causa del viento. También limita la colonización de la superficie del filtro por plantas oportunistas, de erradicación forzosamente manual.

No obstante, tiene también inconvenientes, entre los que destaca la necesidad de mantenimiento. En verano hay que segar el césped prácticamente dos veces por semana, mientras que en invierno se puede hacer cada quince días.

Adicionalmente, hay que proceder a las labores de mantenimiento típicas del césped, en especial la aireación de la zona de las raíces para evitar la formación de fieltro, que haría disminuir la velocidad de penetración del agua en el sistema.

Este aumento del tiempo de penetración puede contemplarse desde dos puntos de vista. Por una parte, favorece la acción de la radiación UV del sol, lo que contribuye a la desinfección ; por otra se pueden crear encharcamientos que pueden atraer determinados insectos. Por el momento, esta última posibilidad no se ha detectado.

Lo único que se ha podido comprobar hasta el momento, es que sería conveniente sustituir el césped cada 2-3 años, para conseguir una eliminación total de malas hierbas, que dificultan el mantenimiento. Se recomienda el uso de especies de césped resistentes a los riegos continuados y no es preciso que se trate de especies finas. Se han conseguido buenos resultados con diferentes especies, pero *Lolium perenne* ha funcionado perfectamente.

- Por lo que respecta al material filtrante, la arena, hemos podido comprobar que las tres arenas empleadas cumplen los requisitos establecidos por los investigadores anteriores de la técnica. Se ha comprobado que su composición no influye en sus características filtrantes, por lo menos hasta este momento.

Recordemos que es imprescindible que la arena tenga una granulometría determinada que permita la retención y que al mismo tiempo asegure los intercambios de oxígeno con la atmósfera.

En principio la distinta composición mineralógica de las tres arenas empleadas no ha sido significativa en cuanto a la depuración del agua tratada, pero si se ha podido observar una diferencia de comportamiento entre las columnas C1 y C2 por una parte, y la columna C3 por otra. Esta última está rellena de una arena con una granulometría de tamaño predominante entre 0,5 y 2 mm. En la columna C3 se han obtenido los mejores resultados en cuanto a la oxidación de la materia orgánica y a las transformaciones del nitrógeno.

Recordemos que el coeficiente de difusión aumenta con la granulometría, por lo que en esta columna aumentará el suministro de oxígeno por difusión. En principio, deberíamos considerar que esto será así a pequeña escala, y que la diferencia, al no ser considerable, no es suficiente para hacer que haya diferencias significativas a escala de funcionamiento de filtro. De nuevo, nos encontramos con dificultades para las transposiciones de escala entre columnas y filtros.

Algunas pruebas que se han realizado durante este tiempo, que no se han reflejado en este trabajo, y las referencias bibliográficas, nos indican que el material filtrante debe tener una cierta rugosidad para que la biopelícula pueda adherirse fácilmente al sustrato.

Recordemos que el sustrato, la arena, empleado tiene una influencia considerable no solo en el funcionamiento correcto del sistema, sino que también marca el precio del filtro. Aparte del volumen de arena considerable necesario, también influye el precio del transporte y, ocasionalmente, el del lavado si la arena original contiene una proporción demasiado elevada de finos.

- Todos los ensayos efectuados nos demuestran que hay una eliminación excelente de los sólidos en suspensión en los filtros a escala real. En las columnas también se consigue una buena eliminación, pero no tan perfecta. Debemos destacar, por lo que respecta a los filtros, que los resultados se han dado en todos los casos y circunstancias posibles, incluso cuando el efluente secundario era de muy mala calidad, con gran cantidad de fango, y no se detuvo a tiempo el aporte a la IPM. Este caso se dio en Sant Lluís, y no se observó un empeoramiento del contenido en SS.

Recordemos que los sólidos en suspensión son retenidos en gran parte en la superficie del macizo filtrante. Una vez retenidos, la acción de la luz solar y una mejor aireación superficial - por el contacto más abierto con la atmósfera - hacen que la eficiencia de los filtros sea mayor.

Estos resultados nos permiten afirmar que la IPM puede constituir un pretratamiento adecuado si posteriormente se quiere someter el efluente a procesos de desinfección, por ejemplo con radiación UV.

Esta característica permite que la IPM se pueda comparar con otros sistemas de filtración, con la ventaja de que no requiere adición de reactivos ni procesos de lavado.

Por lo que respecta a las columnas, debemos referirnos de nuevo a la posibilidad de que el sistema sea comparativamente poco homogéneo. Por una parte pueden existir efectos pared, caminos preferenciales y flujos pistón ideal, y por la otra no existen efectos de dilución tal como puede ocurrir en los filtros a escala real.

- Los resultados de DQO obtenidos nos permiten efectuar diversas observaciones :
 - por una parte, se puede definir con certeza que hay una buena eliminación de la materia orgánica aplicada al filtro
 - por otra, se puede afirmar que una parte de la materia orgánica no se depura mediante este sistema.

La interpretación puede ser que en todo afluente aplicado hay una cierta proporción de materia orgánica muy difícilmente degradable y que resiste a la oxidación. En cierto modo, y con una posible dependencia de cada estación depuradora, esta materia orgánica no degradable presenta una concentración final independiente de la carga inicial. Es decir, hay una cantidad fija de materia orgánica disuelta que no se degrada ni en el sistema secundario de depuración ni en el terciario. La proporción de efluente no degradable se puede fijar entre 15 y 50 mgL⁻¹, según los datos que hemos obtenido y dependiendo básicamente del agua residual aportada al sistema.

Aparte de este nivel de base de materia orgánica, podemos hablar de la eficiencia global del sistema. En este sentido, se puede afirmar que

a) en las columnas se observa una clara tendencia a obtener peores resultados en cuanto a la calidad del agua, a medida que se aumenta la carga hidráulica, dando resultados cada vez más mediocres en cuanto a la oxidación de la materia orgánica. Recordemos que el límite de carga en las columnas es relativamente bajo en comparación con los filtros, y que los tiempos de detención difieren en gran manera entre filtros y columnas.

b) en los filtros no se ha observado una relación tan evidente, en cuanto a la carga hidráulica y los procesos de oxidación, pero sí se ha podido poner en evidencia que una parte de la materia orgánica aplicada es resistente a la degradación.

En este sentido, creemos que se deben llevar a cabo estudios de la composición de la materia orgánica no degradable por el sistema de IPm. Esto requiere también un volumen de trabajo que no era asumible en esta tesis. Es especialmente importante este estudio si se quiere profundizar más en la composición del efluente de IPm y se pretenden realizar tratamientos posteriores de desinfección.

Recordemos que la determinación de la DBO₅ para el control de la depuración por IPm no es adecuada, ya que los valores obtenidos no entran dentro de los límites de detección del método.

Por último, es importante conocer la naturaleza de la materia orgánica no degradada si se pretende proceder a desinfecciones posteriores del efluente ; especialmente por lo que respecta a la formación de subproductos.

- En cuanto a las modificaciones del nitrógeno en el sistema, se ha observado en general una transformación clara del N-NTK a $N-NO_3^-$, tanto en columnas como en filtros a escala real, quizá con la excepción de Piera. Recordemos que esta estación está muy sobredimensionada y que los tiempos de detención del agua en ella permiten una nitrificación importante. Por ello, al contrario de lo que sucede en los otros filtros y columnas, no se puede transformar el nitrógeno amoniacal a nitratos puesto que esta transformación ya se ha llevado a cabo en la depuradora convencional.

En la mayor parte de casos, la nitrificación casi total es una constante y las concentraciones residuales de nitrógeno amoniacal son mínimas.

Se puede afirmar que en los muestreos realizados después de un periodo de descanso, se han obtenido valores que en algún caso llegan a ser de más del 100 % en cuanto al porcentaje de nitrificación. Esto puede deberse a un acúmulo de formas de nitrógeno en el interior del filtro, que son arrastradas en las primeras horas de riego después de un descanso. Asimismo hemos podido constatar que algunas fuentes de agua con contenidos bajos en nitrógeno condicionan la formación de un biofilm biológicamente poco activo ; estos resultados coinciden con los trabajos de Spencer y Collins, (1991), aunque esta afirmación necesita ser comprobada con más detalle.

Los trabajos anteriores consultados, nos indican que la nitrificación, o la presencia de nitrógeno amoniacal si se prefiere, puede ser un parámetro básico de control de que el filtro funciona correctamente. En el momento en que no se produzca una nitrificación casi total se puede afirmar prácticamente con toda seguridad que el aporte de oxígeno al sistema no es suficiente y que se ha alcanzado el límite del tratamiento.

- La eficiencia “desinfectante” de los sistemas de IPm es quizá la característica más importante por lo que respecta a los resultados de la técnica.

Esta capacidad de desinfección ha sido estudiada desde los primeros ensayos efectuados con el método de depuración. Siempre que el sistema trabaja en buenas condiciones, la desinfección es realmente buena por lo que respecta al contenido en coliformes fecales. No se puede afirmar lo mismo en cuanto al contenido en bacteriófagos, tal como se señala en otro punto de esta discusión, no porque la desinfección sea deficiente, sino porque no existen aún términos de referencia.

El proceso en columnas y en filtros ha sido excelente en cuanto a la reducción de la cantidad de coliformes fecales, que ha sido de por lo menos de 3 unidades logarítmicas para todas las cargas experimentadas. En algún caso se han conseguido reducciones de 5 unidades logarítmicas respecto al agua de entrada.

En columnas los mejores resultados de reducción de coliformes se obtuvieron para las columnas C2 y C3 de 1,5m de espesor, siendo algo peores para la columna C1 de 1m, por lo que podemos afirmar que en la eliminación de coliformes en columna, la altura del macizo filtrante juega un papel importante.

De acuerdo con los estudios de otros autores, hay que indicar que la filtración es el factor más importante que controla la eliminación de bacterias en el filtro, como posiblemente en muchos suelos. Podríamos explicarlo diciendo que existe una acumulación de efectos :

- a) los sólidos en suspensión se retienen en la superficie del filtro, reduciendo el tamaño de poro, lo que contribuye a la retención directa de microorganismos
- b) parte de los microorganismos están asociados a los sólidos en suspensión, por lo que al retener éstos se retienen también las bacterias
- c) los microorganismos de mayor tamaño se retienen al reducirse el tamaño de poro
- d) la retención en superficie favorece la acción de la radiación UV, al aumentar el tiempo de retención

Como ya indicamos al hablar de la acción del césped, éste aumenta el tiempo de retención del agua en superficie, favoreciendo así, con otro mecanismo, la eliminación. En cierta manera la presencia de césped aumenta la superficie específica mojada.

- Una de las tareas, de este trabajo, que habíamos definido como secundaria, era la utilización de bacteriófagos como indicadores de virus. De todas formas, para los trabajos el equipo ha sido importante la generación de datos en este sentido.

Tal como se ha indicado en el texto, el empleo de estos organismos como indicadores está en un estadio relativamente inicial. Nuestro propósito básico era, dentro de la línea de estudio del equipo, acumular datos para analizarlos con detalle al cabo de un cierto tiempo y en paralelo con las investigaciones al respecto que se están llevando a cabo en otros departamentos de nuestra universidad. Con nuestros resultados no podemos afirmar que sean unos buenos indicadores de virus, ya que no hemos efectuado por el momento análisis comparativos con virus.

Dado el estado de la investigación en este campo, no disponemos de términos de referencia para la evaluación de los resultados, aunque sí podemos indicar que se encuentra una reducción considerable de colifagos F^+ y CN13 en columnas de laboratorio y en filtros a escala real, excepto para aquellos días en que el muestreo coincidió con periodos de lluvia intensa, en los que el número de colifagos a la salida del filtro coincidía con el contenido de éstos en el agua de entrada. La literatura consultada atribuye este hecho a fenómenos de desorción. Creemos que esto debe ser motivo de investigaciones más detalladas.

- El espesor del material filtrante es importante. Al comparar los resultados entre las dos columnas de 1,5 y la de 1 m hemos podido observar que
 - a) el espesor no juega un papel importante por lo que respecta a los parámetros físico-químicos

b) el espesor tiene una cierta influencia por lo que respecta a la capacidad de desinfección

Estos resultados confirman lo que ya se había detectado en los estudios en columna efectuados por el equipo de la Universidad de Montpellier II, en los que se aseguraba que el espesor de 1,5 m era el adecuado para el sistema.

Creemos que debería, en estudios posteriores, estudiarse la relación de la desinfección con la profundidad en la que puede encontrarse biopelícula. También es posible que el desarrollo de la biopelícula en profundidad dependa de la cantidad de materia orgánica aportada por el efluente.

Una de las formas posibles de estudiar estas relaciones sería trabajar con efluentes con mayor carga orgánica, aunque en columnas esto puede presentar ciertas dificultades. Podría trabajarse también desarrollando la relación C/N de los efluentes.

- Los estudios que hemos realizado, aunque mucho más importantes en el filtro de Vall-Llobrega a causa del mayor tiempo de ensayos, nos permiten afirmar que la eficacia de tratamiento terciario de aguas residuales es equivalente para los tres filtros y para todos los parámetros. Esto se puede afirmar con independencia de sus características diferenciales :

- a) composición mineralógica de las arenas
- b) composición granulométrica de las arenas
- c) climatología ligeramente distinta
- d) tamaños diferentes
- e) variación de la alimentación
- f) calidad del agua de entrada

- El control del funcionamiento del sistema debería relacionarse con el desarrollo del biofilm. A este respecto se ha trabajado con los modelos que intentan describir sus fases de desarrollo/regresión en función de la alimentación secuencial del sistema.

Hasta el momento, se ha trabajado con una definición de las fases de alimentación/reposo basada en observaciones y analítica. Para futuros desarrollos debe desarrollarse un modelo basado en la mejora del conocimiento de la hidráulica del sistema durante las distintas secuencias de funcionamiento. Creemos que se puede actuar sobre la duración de los periodos de reposo y su separación en el tiempo.

Por otra parte, es absolutamente imprescindible el mantenimiento de las condiciones aerobias del filtro. Hasta este momento no se ha desarrollado completamente el uso de los sistemas adicionales de aireación instalados en los filtros a escala real. Para desarrollar este sistema se puede trabajar con columnas aireadas o potenciando la aireación a escala real, forzando el paso de gases a través de los sistemas instalados en los filtros mediante aireación o depresión de origen mecánico.

Siempre que se consiga mantener el sistema en funcionamiento aerobio se pueden esperar rendimientos apreciables, tanto por lo que respecta a los parámetros fisico-químicos como a los de desinfección.

- Es importante conseguir que los filtros y las columnas no se colmaten. Para ello deben adoptarse varias estrategias :
 - a) Garantizar la ausencia de finos en las arenas utilizadas como substato
 - b) Controlar el aporte de finos con el agua residual. Los sólidos en suspensión del afluente deberían siempre ser biodegradables
 - c) Deben regularse los sistemas de alimentación en función de la colmatación superficial detectada
 - d) Emplear césped. El césped en superficie garantiza un buen reparto del agua y favorece que el filtro no se colmate.
 - e) Garantizar los periodos de reposo a medio y largo plazo, El sistema tiene una cierta capacidad de resistencia a la colmatación, por lo que en periodos cortos puede aceptar cargas superiores a las teóricas.

5. CONCLUSIONES

5. CONCLUSIONES.

Los trabajos realizados en filtros y columnas de Infiltración-Percolación, nos permiten llegar a las conclusiones siguientes :

1- La extrapolación de los resultados de laboratorio a escala real, no siempre ha sido comparable, principalmente debido a los cambios de escala entre columnas de laboratorio y filtros a escala real.

2- Las columnas empleadas son útiles como modelo previo a los filtros sólo para los fenómenos de depuración con cargas hidráulicas bajas; no lo son para cargas hidráulicas altas.

3- Las columnas funcionan bien con cargas hidráulicas hasta $0,400 \text{ m.día}^{-1}$. Los filtros funcionan correctamente, por lo menos hasta $0,650 \text{ m.día}^{-1}$.

4- El aumento de los tiempos de reparto del agua aplicada a las columnas mejora en general el rendimiento de depuración.

5- En columnas, al repartir la dosis diaria en mayor número de aplicaciones mejora el rendimiento de depuración. Esta afirmación tiene un límite, a partir del cual la eficacia disminuye. El fraccionamiento aumenta la posibilidad de renovación convectiva de la fase gaseosa.

6- Puede definirse suficientemente el rendimiento de las columnas y de los filtros mediante las determinaciones en aguas de entrada y salida de :

- DQO
- N-NTK y N-NO₃⁻
- sólidos en suspensión
- coliformes fecales
- colifagos F⁺ y CN13

7- La periodicidad de los controles y el número de parámetros a analizar debe fijarse en función del destino del agua tratada, ya que será distinto según se utilice para la irrigación de actividades lúdicas (campos de golf, parques o jardines...), para el riego de campos de cultivo, para la recarga de acuíferos, ...

8- Es preciso seguir trabajando en el control del sistema a lo largo de un ciclo de funcionamiento (5 días) para comprobar la constancia de la calidad del agua tratada, ya que en algunos casos se han encontrado diferencias en cuanto a la calidad, en análisis realizados después de días de descanso.

9- Es posible cambiar los modelos de funcionamiento de los filtros (riego - reposo) para obtener caudales más regulares, si el agua debe reutilizarse en continuo.

10- Se ha podido mejorar el conocimiento de los tiempos de detención del agua en columnas y filtros; aunque son necesarios más trabajos para acabar de comprobarlos en función de las variaciones de los modelos de aplicación, los caudales aplicados, la arena de relleno empleada, y la etapa de funcionamiento del filtro, además de la carga de materia orgánica y de sólidos en suspensión

11- El sistema de aplicación de agua a los filtros mediante un pivote de riego, con aspersores que no formen aerosoles ha supuesto una mejora tecnológica importante del sistema. No obstante se ha podido detectar que en algunos casos los aspersores son demasiado susceptibles ante las algas formadas en los decantadores y ante algunos materiales (papel de celofana, bastoncillos, ...) capaces de superar el tratamiento convencional. Debería estudiarse el cambio de aspersores por otros sistemas que mejoren aún más la homogeneidad del reparto en superficie; así como la relación de éstos con el césped.

12- El uso de césped para cubrir la superficie de los filtros permite fijar la arena y mejorar la distribución de agua en superficie, aunque encarece el mantenimiento debido a la necesidad de segarla, especialmente en épocas calurosas y con insolación elevada.

13- En los sistemas de IPm es imprescindible utilizar arenas de las características adecuadas. Es posible que puedan emplearse otros substratos, con la condición que la granulometría sea correcta y el substrato de superficie rugosa.

14- La IPm puede, en principio, producir una depuración de alta calidad de los efluentes secundarios de procedencia urbana. Para ello es necesario conocer la influencia de los diferentes parámetros que repercuten en el carácter aerobio de la depuración.

15- Los sólidos en suspensión del agua de entrada al sistema son retenidos en su casi totalidad en la superficie del macizo filtrante.

16- Se ha podido hacer evidente que una parte de la materia orgánica aplicada es resistente a la degradación, con cierta independencia de las cargas aplicadas. Esta materia orgánica no degradable tiene unas concentraciones en el efluente entre 15 y 50 mgL⁻¹.

17- Por lo que respecta a las modificaciones del nitrógeno (nitrificación), es evidente que hay una transformación importante a nitratos; pero todavía deben hacerse estudios más completos de este fenómeno; especialmente por lo que respecta a los cambios a lo largo de un ciclo, a las posibles acumulaciones y a los fenómenos que tienen lugar durante los periodos de descanso.

18- Los filtros de IPm constituyen un sistema excelente de desinfección, ya que reducen la cantidad de coliformes fecales a menos de 3 unidades logarítmicas con todas las cargas experimentadas. No obstante, para poder confirmar que esto sucede igualmente con los virus se requiere un desarrollo más completo del uso de los bacteriófagos como indicadores de virus.

19- En columnas, de acuerdo con los resultados obtenidos, el espesor del macizo filtrante (1,0m ó 1,5m) no juega un papel relevante en cuanto a la depuración de los parámetros físico-químicos; encontrándose diferencias para los parámetros microbiológicos analizados. De todas formas, los mejores resultados se obtuvieron para un espesor de 1,5m.

20- Los bacteriófagos parecen ser un buen indicador de eliminación de virus, aunque actualmente faltan los términos de comparación para establecer de forma inequívoca su bondad como indicador.

21- Con los tres filtros a escala real se han obtenido rendimientos adecuados y comparables, independientemente de sus características diferenciales.

22- Una buena gestión del sistema, debe evitar el proceso de colmatación para asegurar la renovación de la fase gaseosa. El proceso de colmatación, no sólo depende de la carga contaminante diaria del agua aplicada al filtro, ya que las condiciones climáticas juegan un papel muy importante en el control de la colmatación superficial.

6. BIBLIOGRAFIA

6. BIBLIOGRAFIA

Adams, M., (1959). Bacteriophages., New York. Interscience Publisher American Public Health Association (APHA). (1995)

APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th Edition Washington D.C.

Ardakani, M.S., Rehbock, J.T., Mc Laren, A.D., (1973). "Oxydation of Nitrite to Nitrate in a soil Column." *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.*, vol. 37, pp. 53-56.

Ayres, R. , Stott, R., Mara, D.and Lee, D., (1992). "Wastewater reuse in agriculture and the risk of intestinal nematode infection". *Parasitol. Today*, vol. 8, pp. 32-35.

B.O.E. (1990). Ley de aguas. Departamento de programación editorial. Madrid. pp. 179-191.

Bancole, A., (1995). "Influence du mode d'application des eaux usées sur leur décontamination bactérienne en infiltration-percolation". *DEA National d'Hydrologie. Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier.*

Barnes, R.B., et al, (1996). "Wastewater Disinfection Manual of practice" Water Environment Federation. USA.

Bitton, G. and Harvey, R., (1992). "Transport of pathogens through soils and aquifers". *Environmental Microbiology*. 19 th edition. Ralph Mitchell.

Bitton, G., (1975). "Adsorption of viruses onto surfaces in soil and water". *Wat. Res.*, vol. 9, pp. 473-484.

- Bitton, G., Davidson J.M., Farrah, S.R., (1979). "On the value of soil columns for assessing the transport pattern of viruses through soils: a critical outlook". *Wat. Air and Soil Pollut.*, vol. 12, pp. 449-457
- Bitton, G., (1979). "Adsorption of viruses to surfaces: technological and ecological implications". *Adsorption of microorganisms to surfaces*. Bitton, G., Marshall, K. (ed), Wiley, N.Y.
- Black, C.A., Evans, D.D., White, J.L., Ensminger, C.E., Clark, F.E., (1965). *Methods of Soil Analysis. Part I. Amer. Soc. of Agr. Inc. Madison*
- Blumenthal, U., Mara, D., Ayres, R., Cifuentes, E., Peasey, R., Stott, R., Lee, D. and Ruiz-Palacios, G., (1995). "Evaluation of the WHO nematode egg guidelines for restricted and unrestricted irrigation". Paper presented for the second international symposium on wastewater reclamation and reuse, pp. 634-646. Greece.
- Borrego, J., Moriñigo, M., De Vicente, A., Córnaç, R. and Romero, P., (1987). "Coliphages as an indicator of faecal pollution in water. Its relationship with indicator and pathogenic microorganisms". *Wat. Res*, vol. 21, pp. 1473-1480.
- Bouchet, F. et Léger, N., (1987). "La pollution parasitaire d'origine animale: un aspect méconnu de péril fécal en milieu urbain". *Bull. Ass. Anc. Elev. Inst. Past.*, vol. 113, pp. 9-16.
- Bouhoum, K., Habbari, Kh. and Schwartzbrod, J., (1995). "Epidemiological study of helminthic infections in Marrakech wastewater spreading zone". Paper presented for the second international symposium on wastewater reclamation and reuse, pp. 679-685. Greece.
- Bouwer, H. et al., (1974). "High-rate land treatment. II. Water quality and economic aspects of the Flushing Meadows project". *J. Wat. Pollut. Control Fed.*, vol 46, pp. 844-859.

Bouwer, H., (1974). "Renovating municipal wastewater by high-rate infiltration for groundwater recharge". *Jour. Amer. Wat. Works Assoc.*, vol 66, pp. 159,162.

Bouwer, H., (1991) "Ground water recharge with sewage effluent". *Wat. Sci. Tech.*, vol. 23, pp. 2099-2108.

Brich, D.L., (1988). "Quantitative phase analysis using the Rietveld method." *Jour. of App. Cryst.* Vol 21, pp. 86-91.

Brissaud, F. (1993) Epuration des eaux usées urbaines par infiltration percolation: état de l'art et études de cas. Etude inter-agences N° 9. Ministère de l'Environnement. 3-25.

Brissaud, F. and Lesavre, J., (1993). "Infiltration Percolation in France: 10 years experience" *Wat. Sci. Tech.*, vol. 28, pp. 73-81.

Brissaud, F., de Rancourt, P., Bahri, A., Salgot, M., (1995). "La reutilización de las aguas residuales, síntesis y experiencias mediterráneas. Aproximación metodológica y estudio de casos reales." Office International d'eau. Sophia.

Brissaud, F., Joseph, C., Schmitt, A., Lefevre, F., (1991). "L'épuration par infiltration: éléments théoriques et applications". *Société Hydrotechnique de France. XXI^e Journées de l'Hydraulique.* Sophia. 29-31 janvier 1991.

Brissaud, F., Joseph, C., Soulié, M., Restrepo Bardón, M., (1990) " Infiltration-Percolation for reclaiming stabilization pond effluents." *Wat and Wastewaterr'90.* Barcelona.

Brissaud, F., Rodier, C., Lasala, M., and Salgot, M. (1991) "Wastewater reuse: a sanitation and management strategy for the Mediterranean coastal areas." *Toxic. and Envir. Chemistry*, vol. 31, pp. 549-557.

Broussard, J., (1985). "Contribution à l'étude de l'épuration par le sol. Utilisation de matériaux de substitution en assainissement individuel." *Thesis Doctoral*. Faculté des Sciences. Université d'Avignon.

Brouzes, P., (1973). *Précis d'épuration biologique par boues activées*. Paris.

Burge, W.D., Parr, J.F., (1980). "Environmental impact of nonpoint source pollutions." *Ann Arbor Michigan*, M.R. Overcash; J.M. Davidson (eds.), vol 1980, pp. 107-124.

Butler, R.G. et al., "Underground movement of bacterial and chemical pollutants". *JAWWA.*, vol. 46, pp. 97-111.

Cairns, A. et al., (1978). "Effect of irrigation with municipal water or sewage effluent on the biology of soil cores. I. Introduction, Total microbial population and respiratory activity". *Jour. Agr. Res.*, vol 21, pp. 1-9.

Chick, H., (1908). "An Investigation of the Laws of Disinfection" *Jour. Hidr.* Vol. 8.

Collins, M.R., et al., (1992). "Removing natural organic matter by conventional slow sand filtration." *Jour. Amer. Wat. Works Assoc.* vol. 84 n°. 5. pp. 80-86.

Corapcioglu, M.Y., Haridas, A. (1984). "Transport and fate of microorganisms in porous media: a theoretical investigation." *Jour. Hidr.*, vol.72, pp.149-169.

Custodio, E., Llamas, M.R., (1976), *Hidrología subterránea*. Ediciones Omega, S.A. Barcelona.

E.P.A., (1977). "Alternatives for small wastewater treatment systems. 625/4-77-011.

E.P.A., (1977). "Process design manual for land treatment of municipal wastes". *Appendix D: Pathogens*, D1-D29.

Edmonds, R., (1976). "Survival of coliform bacteria in sewage sludge applied to a forest clearcut and potential movement into groundwater". *Appl. Environ. Microbiol.*, vol 32, pp. 537-546.

Ellis, J.R., McCalla, T.M., (1978). "Fate of pathogens in soils receiving animal wastes". *Transactions of the ASAE*, vol. 21, pp. 309-313.

Ellis, J.R., McCalla, T.M., (1978). "Fate of pathogens in soils receiving animal waste- A review". *Amer. Soc. of Agr. Eng. Michigan*, vol. 21, pp. 309-313.

Frankenberger, J.R., (1979). "Bacterial effects on hydraulic conductivity of soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Jour.*, vol. 43, pp. 333-338.

García, M.M., McKay, K.A., (1970) "Pathogenic microorganisms in soil: an old problem in a new perspective". *Can. J. Comp. Med.*, vol 34, pp. 105-110.

Gaspard, P. and Schwartzbrod, J., (1993). "Determination of parasitic contamination of irrigated vegetables". *Wat. Sci. Tech.*, vol. 27, pp. 295-302.

Geldreich, E.E., "Bacterial populations and indicator concepts in feces, sewage, stormwater and solid wastes." Indicator of viruses in water and food (Cap. 4). De. G. Berg. Ann Arbor Science. Michigan 1978.

Gerba, C. and Lance, J., (1978). "Poliovirus removal from primary and secondary sewage effluent by soil filtration". *Appl. Environ. Microbiol.*, vol. 36, pp. 247-251.

Gerba, C.P., (1982). "Disinfection by photodynamic oxidation". *Municipal Wastewater Reuse News*, vol. 63, pp. 7-12.

Gerba, C.P., Wallis, C., Melnick, J.L., (1975). "Fate of wastewater bacteria and viruses in soil". *Jour. of Irrigation and Drainage Division. Proceedings of the ASCE (IR 3)*, pp. 157-174.

Gilbert, R.G. et al., (1976). "Virus and bacteria removal from wastewater by land treatment". *Appl. Environ. Microbiol.*, vol 32, pp. 333-338.

Gnagne, T., (1996). "Épuration par infiltration d'eaux usées a forte charge organique en milieu tropical". *Th. Doc. Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier*.

Goyal, S. and Gerba, C., (1979). "Comparative adsorption of human enterovirus, simian rotavirus and selected bacteriophages to soils". *Appl. Environ. Microbiol.*, vol. 38, pp. 241-247.

Guessab, M., Bize, J., Schwartzbrod, J., (1993) "Wastewater treatment by Infiltration-Percolation on sand results in Ben Sergao, Morocco" *Wat. Sci. Tech.*, vol. 27, pp. 91-95.

Haas, C.N., (1983). "Estimation of risk due to low doses of microorganisms: a comparison of alternative methods." *Amer. Jour. of Epidem.*, vol. 4, pp. 573-582.

Haas, C.N., (1996). "How to average microbial densities to characterize risk". *Wat. Res.*, vol. 30, pp. 1036-1038.

Haas, C.N., et al., (1994). "Development and Validation of Rational Desing. Methods of Disinfection". *Work, Ass and Amer. Waterwater* . Denver, Colorado.

Hamouri, B., Handouf, A., Mekrane, M., Khana, A., Khallayoune, Kh., Touzani, M. and Benchokroun T., (1995). "Wastewater reuse for irrigation in Morocco-effect on the yield, the bacteriological and the parasitological qualities of the crop". Paper presented for the second international symposium on wastewater reclamation and reuse, pp. 725-733. Greece.

Hartman, R.B., Linstedt, K.D., Bennett, F.R., Carlson, R.R., (1980). "Treatment of primary effluent by rapid infiltration." Rapport E.P.A.- 600/2-80-207- p. 104.

- Herzig, J.P., (1970). "Etude de l'écoulement de suspensions à travers les milieux poreux. *Th. Doc.* Université de Nancy.
- Hespanhol, I. and Prost, M., (1993). "WHO guidelines and national standards for reuse and water quality". *Wat. Res.*, vol. 28, pp. 119-124.
- Hespanhol, I., (1990). "Guidelines and integrated measures for public health protection in agricultural reuse systems". *J. Water.SRI-Aqua.*, vol. 31, pp. 237-249.
- Ho, G., Gibbs, A. and Mathew, K., (1991). "Bacteria and virus removal from secondary effluent in sand and red mud columns". *Wat. Sci. Tech.*, vol. 23, pp. 261-270.
- Horan, N.J., (1989) *Biological Wastewater Treatment Systems*. John Wiley and Sons Ltd. Chichester, West Sussex. England.
- IAWPRC. Study group on health related water microbiology, (1991). "Bacteriophages as model viruses in water quality control". *Wat. Res.*, vol. 25, pp. 529-545.
- ICDF, (1995) PCPDWIN for Windows. PDF-2 *Power Diffraction File*. International Centre for Diffraction Data. Pennsylvania.
- Iwai, S. and Kitao, T. (1994) *Wastewater treatment with microbial films*. Technomic Publishing. Pennsylvania, pp. 5-80.
- Keswick, B.H., Gerba, C.P., (1980). "Viruses in groundwater". *Environ. Sci. Tech.*, vol 14, pp. 1290-1297.
- Kinoshita, T., Bales, R., Maguire, K. and Gerba, C., (1993). "Effect of pH on bacteriophage transport through sandy soils". *Jour. Contam. Hydrol.*, vol. 14, pp. 55-70.
- Kott, Y., Roze, N., Sperber, S. and Betzer, N., (1973). "Bacteriophages as viral pollution indicators". *Wat. Res.*, vol. 8, pp. 165-171.

- Kott, Y., Ben-Ari, H. and Vinokur, L., (1978). "Coliphage survival as viral indicator in various wastewater quality effluents". *Wat. Tech.*, vol. 10, pp. 337-346.
- Kristiansen, R., (1981). "Sand-filter trenches for purification of septic tank effluent: III. The microflora". *Jour. Environ. Qual.*, vol. 3, pp. 361-364.
- Lance, J.C. et al., (1976). "Virus movement in soil columns flooded with secondary sewage effluent". *Appl. Environ. Microbiol.*, vol 32, pp. 520-526.
- Lance, J.C. et al., (1978). "Nitrogen and pathogen removal by rapid and slow infiltration systems for land treatment". *Prog. Wat. Tech.*, vol 9.
- Lance, J.C., (1978). "Fate of bacteria and viruses in sewage applied to soil". *Trans. A.S.A.E.*, vol 21, pp. 1114-1118.
- Lance, J.C., Gerba, C.P., (1980) "Poliovirus movement during high rate land filtration of sewage water". *Jour. Environ. Qual.*, vol. 9 , pp. 31-34.
- Lance, J.C., Whisler, F.D., (1972) "Nitrogen balance in soil column intermittently flooded with sewage", *Jour. Environ. Qual.*, vol. 1, p. 180.
- Landry, E.F. et al., (1980). "Poliovirus retention in 75 cm. soil cores after sewage and rainwater application". *Appl. Environ. Microbiol.*, vol. 40, pp. 1032-1038.
- Le Chevalier, M.W., Tronk, T.M., and Burns, M.O., (1990) "Comparison of the zinc sulfate and immunofluorescence techniques for detecting giardia and cryptosporidium." *JAWWA*. vol. 82, n. 9, pp. 75-82
- Lefevre, F., (1988). "Epuración des eaux usées urbaines par infiltration percolation. Etude expérimentale et définition de procédé". *Th. Doc. Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier*.

- Levenspiel, O., (1972). "Chemical reaction Engiennering." John Wiley and Sous pp.50-69 New York.
- Lucena, F., Araujo, R., Jofre, J., (1996). "Usefulness of bacteriophages infecting Bacteroides fragilis as index microorganism of remote faecal pollution. *Wat. Res.*, vol. 30, nº. 11, pp. 2812-2816.
- Makni, H., (1995). "L'oxidation en Infiltration-Percolation". *Th. Doc.* Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier.
- McCoy, E., (1969), "Health problems". *Proc. farm animal wastes and by-products management. Conf. Univ. Wisconsin, nov. 1969*, pp. 22-24.
- Métodos oficiales de análisis. (1994) Edita : Secretaria general técnica. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Moore, B.E. et al., (1981). "Viral transport to groundwater and wastewater land application". *Jour. Wat. Pollut. Cont. Fed.*, vol 53, pp. 1492-1501.
- Nasser, A., Adin, A and Fattal, B., (1993). "Adsorption of poliovirus 1 and F+ bacteriophages onto sand". *Wat. Sci. Tech.*, vol. 27, pp 331-338.
- Noguera, S. Salgot, M. Cardús, J. (1986). "Salinidad en las aguas de abastecimiento y efluentes de depuradora de las aguas residuales en Catalunya". *Tecnología del agua*, vol. 28, pp. 27-42
- Ongerth, J.E., (1990). "Evaluation of treatment for removing giardia cysts." *JAWWA*. Vol. 82, n. 6, pp.85-96.
- Organización Mundial de la Salud, (1979). Virus humanos en el agua, aguas servidas y suelo. Serie de Informes Técnicos .Nº 639., p. 51.

Organización Mundial de la Salud, (1989). "Directrices sanitarias sobre el uso de aguas residuales en agricultura y acuicultura". Serie de informes técnicos N° 778., pp.1-40 O.M.S. Ginebra.

Pascual, A., (1980) "Contribució a l'estudi de la reutilització en sòls d'aigües residuals depurades." *Tesina de Llicenciatura*. Facultat de Farmàcia. Universitat de Barcelona.

Pelczar, M., Reid. R. and Chan. E. (1981) *Microbiología*. 4ª edición, pp. 683-684.

Pell, M. and Nyberg, F., (1989). "Infiltration of wastewater in a newly started pilot sand-filter system: II. Development and distribution of the bacterial populations". *Jour. Environ. Qual.*, vol. 18, pp. 457-462.

Powelson, D., Simpson, J. and Gerba C., (1991). "Effects of organic matter on virus transport in unsaturated flow". *Appl. Environ. Microbiol.*, vol. 57, pp. 2192-2196.

Rice, R.C., (1974). "Soil clogging during infiltration of secondary effluent". *Journal Wat. Pollut. Cont. Fed.*, vol. 46, n° 4, pp. 708-716.

Rietveld, H.H., (1969) "A profile method for nuclear and magnetic structures." *Jour. of App. Cryst.* Vol 21, pp. 65-71.

Robeck, G.G., Clarke, W.A., Dostal, K.A., (1962). "Effectiveness of water treatment processes". *Jour. Amer. Wat. Works Ass.*, vol. 54, pp. 1275-1288.

Rodriguez-Carvajal, J., (1990). "FULLPROF : A program for Rietveld refinement and pattern matching analysis". *Abstracts of the Satellite meeting of Power Diffraction of the IUCr*. Toulouse.

Sabatier, M. (1983). "Prévention de la contamination des eaux souterraines par l'assainissement autonome." *Th de 3ème cycle*. Faculté de Pharmacie de Montpellier.

- Salgot, M., Brissaud, F. and Campos, C., (1996). "Disinfection of secondary effluents by infiltration-percolation." *Wat. Sci. Tech.*, vol. 33, pp. 271-276.
- Salgot, M., Brissaud, F. y Folch, M., (1992). Los métodos de depuración de aguas residuales utilizando el suelo. *Cir. Far.* 315, pp. 175-182.
- Salgot, M., Brissaud, F., Folch, M. y Campos, C., (1995). "Tratamiento terciario avanzado de aguas residuales por infiltración-percolación. Un método de reducción del impacto de los vertidos de aguas residuales". Benicassim Workshop.
- Sattar, S. and Weswood, J., (1976). "Comparison of four eluents in the recovery of indigenous viruses from raw sludge". *Can. Jour. Microbiol.*, vol. 22, pp. 1586-1589.
- Schaub, S. and Sorber, C., (1977). "Virus and bacteria removal from wastewater by rapid infiltration through soil". *Appl. Environ. Microbiol.*, vol. 33, pp. 609-619.
- Schaub, S., Kenyon, K., Bledsoe, B. and Thomas, R., (1980). "Evaluation of the overland runoff mode of land wastewater treatment for virus removal". *Appl. Environ. Microbiol.*, vol. 39, pp. 127-134.
- Schmitt et al, (1991). "Elimination des bactéries par infiltration en milieu poreux non saturé". *Société Hydrotechnique de France. XXI^e Journées de l'Hydraulique.* Sophia. 29-31 janvier 1991, pp. I.2.1-I.2.6.
- Schmitt, A., (1989). "Modelisation de l'épuration par infiltration". *Th. Doc.* Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier.
- Shelef, G., (1991). "The role of wastewater reuse in water resources management in Israel". *Wat. Sci. Tech.*, vol. 23, pp. 2081-2089.

- Shulz, S. and Kroeger, A., (1992). "Soil contamination with *Ascaris lumbricoides* eggs as an indicator of environmental hygiene in urban areas of north-east Brazil". *Jour. Trop. Med. and Hyg.*, vol. 95, pp. 95-103.
- Shuval, H. et al., (1986). "An epidemiological model of the potential health risk associated with various pathogens in wastewater irrigation." *Wat. Sci. Tech.*, vol. 18, pp. 191-198.
- Shuval, H., Yekutieli, P. and Fattal, B., (1984). "Epidemiological evidence for helminth and cholera transmission by vegetables irrigated with wastewater: Jerusalem - a case study". *Wat. Sci. Tech.*, vol. 17, pp. 433-441.
- Soares, I., Belkin, S., and Abeliovich, A., (1989). "Clogging of microbial denitrification sand columns: gas bubbles or biomass accumulation?". *Z. Wasser.* 22, pp. 20-24.
- Sorber, C.A., (1982). "Public health aspects of agricultural reuse applications of wastewater." *Municipal Wastewater Reuse News.*, vol. 5, pp. 4-13.
- Soulides, D. and Allison, F., (1961). "Effect of drying and freezing soils on carbon dioxide production, available mineral nutrients, aggregation, and bacterial population". *Soil Sci.*, vol. 91, pp. 291-298.
- Starr, J.L., Broadbent, F.E., Nielsen, D.R., (1974). "Nitrogen transformations during continuous leaching." *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, vol. 38, pp. 283-289.
- Thomas, R.E., Schwartz, W.A., Bendixen, T.W., (1966). "Soil chemical changes and infiltration rate reduction under sewage spreading". *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, vol. 30, pp. 641-646.
- Thomas, R.E., Schwartz, W.A., Bendixen, T.W., (1968). "Pore gas composition under sewage spreading". *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, vol. 32, pp. 419-423.

Tierney, J., Sullivan, P. and Larkin, E., (1977). "Persistence of poliovirus 1 in soil and on vegetables grown in soil previously flooded with inoculated sewage sludge or effluent". *Appl. Environ. Microbiol.*, vol. 33, pp. 109-113.

U.S. ARMY Corps of Engineers- US Dept. of Agriculture- US Environmental

Vaughn, J.M. et al., (1981). "Virus removal during groundwater recharge: effects of infiltration rate on adsorption of poliovirus to soil". *Appl. Environ. Microbiol.*, vol. 41, pp. 139-147.

Watson, H.E., (1908). "A note the variation of the rate of disinfection with change in the concentration of the disinfectant." *Jour. Hidr.*, vol. 8.

Williams, S., Mortimer, M. and Eccleston, J., (1994). "Bacteriophages in soil". *Encyclopedia of virology. Academic press, Inc.* New York

Wollum II, A.G.; Cassel, D.K., (1978). "Transport of microorganisms in sand columns". *Soil Sci. Soc. Am. Jour.*, vol 42, pp. 72-76.

Yao, K.M., Habibian, M.T., O'Melia, C.R., (1971). "Water and wastewater filtration: concepts and application". *Environ. Sci. and Tech.*, vol. 5, nº.11, pp. 1105-1112.

Yeager, J. and O'Brien T., (1979). "Enterovirus inactivation in soil". *Appl. Environ. Microbiol.*, vol.38, pp. 694-701.

Young, R. and Burbank, N., (1973). "Virus removal in Hawaiian soils". *JAWWA*, vol. 5, pp. 598-604.

7. ANEXO

Filtro Vall-Llobrega

CH: 0,165 m/día (24/07/95) E=entrada E(i)=integrada
S=salida S(i)=salida

Muestras	DQO (mgL ⁻¹)	N-NTK (mgL ⁻¹)	N-NH ₄ ⁺ (mgL ⁻¹)	N-NO ₃ ⁻ (mgL ⁻¹)	N-NO ₂ ⁻ (mgL ⁻¹)	CF(logufc/100ml)	F+(logufp/100ml)	CN13(logufp/100ml)
E1	69	52,00	30	0,50	i.l.d.	4,54	n.d	n.d
E2	70	55,00	30	0,70	i.l.d.	5,72	n.d	n.d
E3	71	54,00	28	0,60	i.l.d.	5,17	n.d	n.d
media	70	53,67	29,33	0,60		5,14		
desv estand	1,00	1,53	1,15	0,10		0,59		

S1	48	0,99	0,86	52,15	i.l.d.	0,00	n.d	n.d
S2	46	0,97	0,85	57,45	i.l.d.	1,62	n.d	n.d
S3	50	0,90	0,88	59,85	i.l.d.	1,85	n.d	n.d
S4	50	1,00	0,87	57,35	i.l.d.	1,63	n.d	n.d
S5	48	1,00	0,86	59,83	i.l.d.	1,74	n.d	n.d
S6	49	1,00	0,87	51,74	i.l.d.	1,70	n.d	n.d
media	49	0,98	0,87	56,40		1,42		
desv estand	1,52	0,04	0,01	3,62		0,70		

	SS(mgL ⁻¹)	Na ⁺ (mgL ⁻¹)	Mg ²⁺ (mgL ⁻¹)	Ca ²⁺ (mgL ⁻¹)	K ⁺ (mgL ⁻¹)	Temperat(°C)	pH	C.E.(µScm ⁻¹)
E(i)	17	238	30	45	29	25	7,90	1520
S(i)	2	270	40	40	27	24	7,30	1230

. no determinado

CH: 0,247 m/día (27/07/95) E=entrada E(i)=integrada
S=salida S(i)=salida

Muestras	DQO(mg ^L ⁻¹)	N-NTK(mg ^L ⁻¹)	N-NH ₄ ⁺ (mg ^L ⁻¹)	N-NO ₃ ⁻ (mg ^L ⁻¹)	N-NO ₂ ⁻ (mg ^L ⁻¹)	CF(logufc/100ml)	F+(logufp/100ml)	CN13(logufp/100ml)
E1	60	44,00	38,00	i.l.d.	i.l.d.	5,07	3,81	4,88
E2	55	46,00	39,25	i.l.d.	i.l.d.	4,50	3,84	4,77
E3	59	47,00	36,50	i.l.d.	i.l.d.	5,86	n.d.	n.d.
media	58	45,67	37,92			5,14	3,83	4,83
desv estand	2,65	1,53	1,38			0,68	0,02	0,08

S1	47	1,85	1,55	32,00	i.l.d.	1,23	1,60	1,47
S2	46	1,87	1,66	32,12	i.l.d.	1,80	1,84	2,25
S3	44	1,86	1,64	34,00	i.l.d.	1,60	1,30	2,00
S4	45	1,87	1,59	29,32	i.l.d.	0,77	1,60	1,30
S5	43	1,85	1,67	28,32	i.l.d.	1,00	1,77	2,04
S6	40	1,87	1,60	29,4	i.l.d.	0,77	n.d	n.d
media	44	1,86	1,62	30,86		1,20	1,35	1,51
desv estand	2,48	0,01	0,05	2,18		0,43	0,21	0,41

	SS(mg ^L ⁻¹)	Na ⁺ (mg ^L ⁻¹)	Mg ²⁺ (mg ^L ⁻¹)	Ca ²⁺ (mg ^L ⁻¹)	K ⁺ (mg ^L ⁻¹)	Temperat(°C)	pH	C.E.(µScm ⁻¹)
E(i)	7	313	44	115	29	26	7,50	1950
S(i)	3	263	38	99	28	25	7,20	1750

CH: 0,330 m/día (31/07/95) E=entrada E(i)=integrada
S=salida S(i)=salida

Muestras	DQO (mgL ⁻¹)	N-NTK (mgL ⁻¹)	N-NH ₄ ⁺ (mgL ⁻¹)	N-NO ₃ ⁻ (mgL ⁻¹)	N-NO ₂ ⁻ (mgL ⁻¹)	CF(logufc/100ml)	F+(logufp/100ml)	CN13(logufp/100ml)
E1	96	52,00	31	i.l.d.	i.l.d.	5,00	3,88	4,63
E2	97	49,00	36	i.l.d.	i.l.d.	3,84	3,66	4,77
E3	96	54,00	35	i.l.d.	i.l.d.	4,00	3,66	4,63
media	96	51,67	34,00			4,28	3,73	4,68
desv estand	0,58	2,52	2,65			0,63	0,13	0,08

S1	58	3,02	1,57	36,28	i.l.d.	0,00	1,00	2,2
S2	56	3,58	1,65	36,98	i.l.d.	0,70	2,65	2,17
S3	57	3,52	1,35	35,49	i.l.d.	0,00	2,30	1,84
S4	48	2,78	1,12	35,4	i.l.d.	0,47	1,77	1,69
S5	50	2,98	1,45	34,95	i.l.d.	0,00	n.d	n.d
S6	52	2,76	1,39	33,56	i.l.d.	0,30	n.d	n.d
media	53,50	3,11	1,42	35,44		0,25	2,57	2,63
desv estand	4,09	0,35	0,19	1,17		0,30	0,72	0,25

	SS(mgL ⁻¹)	Na ⁺ (mgL ⁻¹)	Mg ²⁺ (mgL ⁻¹)	Ca ²⁺ (mgL ⁻¹)	K ⁺ (mgL ⁻¹)	Temperat(°C)	pH	C.E.(µScm ⁻¹)
E(i)	17	298	43	86	31	26	7,80	1370
S(i)	2	250	75	116	25	25	7,12	1315

CH: 0,412 m/día (3/08/95) E=entrada E(i)=integrada
S=salida S(i)=salida

Muestras	DQO (mgL ⁻¹)	N-NTK (mgL ⁻¹)	N-NH ₄ ⁺ (mgL ⁻¹)	N-NO ₃ ⁻ (mgL ⁻¹)	N-NO ₂ ⁻ (mgL ⁻¹)	CF (logufc/100ml)	F+(logufp/100ml)	CN13 (logufp/100ml)
E1	158	49,00	42	i.l.d	i.l.d	5,00	3,79	4,53
E2	190	55,00	39	i.l.d	i.l.d	5,34	3,25	4,46
E3	180	47,00	38	i.l.d	i.l.d	5,00	3,25	4,26
media	176	50,33	39,67			5,11	3,43	4,42
desv estand	16,37	4,16	2,08			0,20	0,31	0,14

S1	57	6,23	4,70	86,20	i.l.d	0,60	2,00	1,95
S2	59	6,15	4,68	82,30	i.l.d	2,11	1,47	2,3
S3	60	6,38	4,50	84,21	i.l.d	1,20	2,23	2,64
S4	57	5,98	4,44	84,22	i.l.d	0,90	n.d	1,77
S5	58	5,99	4,32	83,58	i.l.d	1,40	n.d	n.d
S6	57	6,05	4,32	83,20	i.l.d	1,15	n.d	n.d
media	58	6,13	4,49	83,95		1,23	1,90	2,17
desv estand	1,26	0,19	0,17	1,31		0,51	0,39	0,39

	SS (mgL ⁻¹)	Na ⁺ (mgL ⁻¹)	Mg ²⁺ (mgL ⁻¹)	Ca ²⁺ (mgL ⁻¹)	K ⁺ (mgL ⁻¹)	Temperat(°C)	pH	C.E.(µScm ⁻¹)
E(i)	7	235	31	103	28	26	7,90	1600
S(i)	2	248	21	121	23	25	7,10	1500

CH: 0,550 m/día (2/05/96)

E=entrada

S=salida

E(i)=integrada

S(i)=salida

Muestras	DQO (mgL ⁻¹)	N-NTK (mgL ⁻¹)	N-NH ₄ ⁺ (mgL ⁻¹)	N-NO ₃ ⁻ (mgL ⁻¹)	N-NO ₂ ⁻ (mgL ⁻¹)	CF (logufc/100ml)	F+ (logufp/100ml)	CN13 (logufp/100ml)
E1	184	20,50	19,20	0,90	i.l.d.	4,80	0	4,7
E2	188	21,23	14,80	0,90	i.l.d.	5,5	1,90	4,5
E3	186	20,19	18,70	0,90	i.l.d.	5,30	1,70	n.d
media	186	20,64	17,57	0,90		5,20	1,20	4,60
desv estand	2,00	0,53	2,41	0,00		0,36	1,04	0,14

S1	44	2,40	1,70	21,80	i.l.d.	1,04	1,00	2,91
S2	45	2,40	1,60	21,98	i.l.d.	1,11	1,50	1,00
S3	52	2,20	1,50	21,22	i.l.d.	2,28	1,00	0,00
S4	39	2,40	1,50	21,95	i.l.d.	2,00	n.d	n.d
S5	50	1,7	1,50	20,99	i.l.d.	1,96	n.d	n.d
S6	40	1,7	1,50	20,99	i.l.d.	1,70	n.d	n.d
media	45	2,13	1,55	21,49		1,68	1,17	1,30
desv estand	5,22	0,36	0,08	0,47		0,51	0,29	1,48

	SS (mgL ⁻¹)	Na ⁺ (mgL ⁻¹)	Mg ²⁺ (mgL ⁻¹)	Ca ²⁺ (mgL ⁻¹)	K ⁺ (mgL ⁻¹)	Temperat(°C)	pH	C.E.(µScm ⁻¹)
E(i)	5	139	42	96	9	17	7,80	1664
S(i)	1	151	39	116	9	17	7,10	1585

Filtro St Lluís

CH: 0,219 m/día (22/01/95) E=entrada E(i)=integrada
S=salida S(i)=integrada

Muestras	DQO (mgL ⁻¹)	N-NTK (mgL ⁻¹)	N-NH ₄ ⁺ (mgL ⁻¹)	N-NO ₃ ⁻ (mgL ⁻¹)	N-NO ₂ ⁻ (mgL ⁻¹)	CF (logufc/100ml)	F+ (logufp/100ml)	CN13 (logufp/100ml)
E1	35	2,01	1,55	38,75	i.l.d.	4,82	3,83	4,82
E2	29	1,89	1,58	39,05	i.l.d.	n.d	n.d	n.d
E3	33	1,99	1,57	40,56	i.l.d.	n.d.	n.d.	n.d.
media	32	1,96	1,57	39,45		4,82	3,83	4,82
desv estand	3,06	0,06	0,02	0,97				

S1	12	1,74	1,32	40,25	i.l.d.	1,22	1,66	1,94
S2	14	1,76	1,29	39,28	i.l.d.	1,26	n.d	n.d
S3	13	1,74	1,30	42,10	i.l.d.	1,28	n.d	n.d
S4	15	1,75	1,36	42,23	i.l.d.	1,30	n.d	n.d
S5	14	1,78	1,35	41,28	i.l.d.	1,15	n.d	n.d
S6	16	1,76	1,40	42,05	i.l.d.	1,30	n.d	n.d
media	13	1,76	1,34	41,20		1,25	1,66	1,94
desv estand	1,41	0,02	0,04	1,20		0,06		

	SS (mgL ⁻¹)	Na ⁺ (mgL ⁻¹)	Mg ²⁺ (mgL ⁻¹)	Ca ²⁺ (mgL ⁻¹)	K ⁺ (mgL ⁻¹)	Temperat(°C)	pH	C.E.(µScm ⁻¹)
E(i)	42	232	n.d	n.d	20	15	n.d	n.d
S(i)	11	235	n.d	n.d	21	14	n.d	n.d

CH=0,365 (8/11/95)

E=entrada

S=salida

E(i)=integrada

S(i)= integrada

Muestras	DQO (mgL ⁻¹)	N-NTK (mgL ⁻¹)	N-NH ₄ ⁺ (mgL ⁻¹)	N-NO ₃ ⁻ (mgL ⁻¹)	N-NO ₂ ⁻ (mgL ⁻¹)	CF (logufc/100ml)	F+ (logufp/100ml)	CN13 (logufp/100ml)
E1	143	3,36	1,96	13,79	i.l.d.	4,95	2,56	3,75
E2	150	1,90	1,51	14,52	i.l.d.	4,81	2,70	3,71
E3	155	2,60	1,09	14,10	i.l.d.	4,79	n.d	n.d
media	149	2,62	1,52	14,14		4,85	2,63	3,73
desv estand	6,03	0,73	0,44	0,37		0,09	0,10	0,03
S1	83	2,36	1,15	14,15	i.l.d.	1,15	1,92	1,52
S2	87	2,63	1,16	14,69	i.l.d.	1,38	1,20	1,52
S3	89	2,10	1,16	15,23	i.l.d.	1,26	n.d	1,52
S4	86	2,67	1,18	15,03	i.l.d.	1,00	n.d	n.d
media	86	2,44	1,16	14,78	0	1,20	1,56	2
desv estand	2,50	0,27	0,01	0,47		0,16	0,51	0,00

	SS (mgL ⁻¹)	Na ⁺ (mgL ⁻¹)	Mg ²⁺ (mgL ⁻¹)	Ca ²⁺ (mgL ⁻¹)	K ⁺ (mgL ⁻¹)	Temperat (°C)	pH	C.E. (µScm ⁻¹)
E(i)	22	179	49	103	26	16	7,78	226
S(i)	0,7	170	56	89	28	15	7,71	212

CH=0,427 (15/11/95)

E=entrada E(i)=integrada
S=salida S(i)= integrada

Muestras	DQO (mgL ⁻¹)	N-NTK (mgL ⁻¹)	N-NH ₄ ⁺ (mgL ⁻¹)	N-NO ₃ ⁻ (mgL ⁻¹)	N-NO ₂ ⁻ (mgL ⁻¹)	CF (logufc/100ml)	F+ (logufp/100ml)	CN13 (logufp/100ml)
E1	66	3,58	0,19	24,11	i.l.d.	6,16	1,90	4,70
E2	71	3,32	0,19	22,9	i.l.d.	4,08	1,78	4,91
E3	74	3,35	0,16	25,01	i.l.d.	4,73		
media	70	3,42	0,18	24,01		4,99	1,84	4,81
desv estand	4,04	0,14	0,02	1,06		1,06	0,08	0,15

S1	35	1,91	0,78	27,80	i.l.d.	2,95	1,30	0,00
S2	38	1,65	0,65	28,45	i.l.d.	2,90	1,60	1,30
media	37	1,78	0,72	28,13		2,93	1,45	0,65
desv estand	2,12	0,18	0,09	0,46		0,04	0,21	0,92

	SS (mgL ⁻¹)	Na ⁺ (mgL ⁻¹)	Mg ²⁺ (mgL ⁻¹)	Ca ²⁺ (mgL ⁻¹)	K ⁺ (mgL ⁻¹)	Temperat (°C)	pH	C.E. (µScm ⁻¹)
E(i)	31	170	47	73	22	15	7,79	204
S(i)	0,6	166	65	65	23	16	7,64	209

Filtro Píera

CH: 0,222 m/día (6/2/96) E=Entrada E(i)=integrada
S=salida

Muestras	DQO (mgL ⁻¹)	N-NTK (mgL ⁻¹)	N-NH ₄ ⁺ (mgL ⁻¹)	N-NO ₃ ⁻ (mgL ⁻¹)	N-NO ₂ ⁻ (mgL ⁻¹)	CF (logufc/100ml)	F+(logufp/100ml)	CN13 (logufp/100ml)
E1	35,9	2,60	2,24	9,74	0,51	2,60	0,86	3,17
E2	47,3	2,50	2,24	10,27	0,62	2,78	1,30	3,19
E3	30,8	2,50	2,29	10,80	0,58	2,33	1,47	3,48
media	38	2,53	2,26	10,27	0,57	2,57	1,21	3,28
desv estand	8,45	0,06	0,03	0,53	0,06	0,23	0,31	0,17

S1	20	1,19	0,98	8,50	0,61	0,00	1,52	1,60
S2	22	1,46	0,72	8,65	0,63	0,00	1,30	1,70
S3	30	1,46	1,04	9,74	0,72	0,00	1,47	1,30
S4	24	1,14	0,83	8,14	0,71	0,00	1,60	1,47
S5	23	1,19	0,73	4,95	0,65	0,00	1,63	1,78
S6	24	1,19	0,93	5,95	0,71	0,00	1,60	1,70
media	24	1,27	0,87	7,66	0,67	0,00	1,52	1,59
desv estand	3,37	0,15	0,13	1,82	0,05	0,00	0,12	0,18

	SS (mgL ⁻¹)	Na ⁺ (mgL ⁻¹)	Mg ²⁺ (mgL ⁻¹)	Ca ²⁺ (mgL ⁻¹)	K ⁺ (mgL ⁻¹)	Temperat (°C)	pH	C.E. (µScm ⁻¹)
E(i)	20	58	47	103	7	15	7,80	569
S(i)	i.l.d	61	40	110	6	12	7,76	564

CH: 0,314 m/día (30/01/96) E=entrada E(i)=integrada
S=salida

Muestras	DQO (mgL ⁻¹)	N-NTK (mgL ⁻¹)	N-NH ₄ ⁺ (mgL ⁻¹)	N-NO ₃ ⁻ (mgL ⁻¹)	N-NO ₂ ⁻ (mgL ⁻¹)	CF (logufc/100ml)	F+ (logufp/100ml)	CN13 (logufp/100ml)
E1	46	2,20	0,89	3,75	0,30	2,84	0,00	1,84
E2	40	1,96	1,34	3,45	0,40	2,95	1,60	3,00
E3	34	2,40	1,40	3,65	0,40	3,00	1,00	3,13
media	40	2,19	1,21	3,62	0,37	2,93	0,87	2,66
desv estand	6,23	0,22	0,28	0,15	0,06	0,08	0,81	0,71

S1	14,3	1,51	0,56	4,51	0,30	0,00	1,90	2,01
S2	14,0	1,65	0,72	4,40	0,40	1,00	1,00	1,78
S3	13,9	1,68	0,84	4,68	0,42	1,41	2,11	1,95
S4	14,0	1,62	1,08	4,62	0,45	0,00	1,36	1,70
S5	13,8	1,35	1,12	4,35	0,40	0,00	1,00	1,70
S6	14,0	1,56	1,34	4,56	0,40	0,78	n.d	n.d
media	14	1,56	0,94	4,52	0,40	0,53	1,47	1,83
desv estand	0,16	0,12	0,29	0,13	0,05	0,62	0,51	0,14

	SS (mgL ⁻¹)	Na ⁺ (mgL ⁻¹)	Mg ²⁺ (mgL ⁻¹)	Ca ²⁺ (mgL ⁻¹)	K ⁺ (mgL ⁻¹)	Temperat (°C)	pH	C.E. (µScm ⁻¹)
E(i)	21	38	45	82	6	12	7,20	417
S(i)	i.l.d.	48	66	85	7	11	7,29	488

CH: 0,547 m/día (13/06/96) E=entrada E(i)=integrada
S=salida

Muestras	DQO(mgL ⁻¹)	N-NTK(mgL ⁻¹)	N-NH ₄ ⁺ (mgL ⁻¹)	N-NO ₃ ⁻ (mgL ⁻¹)	N-NO ₂ ⁻ (mgL ⁻¹)	CF(logufc/100ml)	F+(logufp/100ml)	CN13(logufp/100ml)
E1	86	12,81	11,98	2,61	1,50	5,60	3,50	5,00
E2	89	12,39	11,61	3,17	1,70	5,00	3,20	5,10
E3	86	12,03	12,86	3,29	1,60	5,50	3,70	5,10
media	87	12,41	12,15	3,02	1,60	5,37	3,47	5,07
desv estand	1,73	0,64	0,64	0,36	0,10	0,32	0,25	0,06

S1	59	5,00	4,48	6,03	0,60	2,70	2,00	3,00
S2	58	5,21	4,05	5,56	0,60	2,70	1,60	3,10
S3	57	4,01	3,96	5,81	0,70	2,80	1,80	3,10
S4	58	4,23	3,96	6,80	0,80	2,70	n.d	n.d
S5	60	4,25	3,86	6,88	0,70	2,80	n.d	n.d
S6	56	4,25	2,92	6,89	0,80	2,80	n.d	n.d
media	58	4,49	3,87	6,33	0,70	2,75	1,80	3,07
desv estand	1,41	0,49	0,51	0,60	0,09	0,05	0,20	0,06

	SS(mgL ⁻¹)	Na ⁺ (mgL ⁻¹)	Mg ²⁺ (mgL ⁻¹)	Ca ²⁺ (mgL ⁻¹)	K ⁺ (mgL ⁻¹)	Temperat(°C)	pH	C.E.(µScm ⁻¹)
E(i)	13	64	28	105	10	11	7,35	806
S(i)	i.i.d	60	31	109	10	11	7,15	784

CH: 0,524 m/día (4/06/96) E=entrada E(i)=integrada
S=salida

Muestras	DQO (mgL ⁻¹)	N-NTK (mgL ⁻¹)	N-NH ₄ ⁺ (mgL ⁻¹)	N-NO ₃ ⁻ (mgL ⁻¹)	N-NO ₂ ⁻ (mgL ⁻¹)	CF (logufc/100ml)	F+ (logufp/100ml)	CN13 (logufp/100ml)
E1	52	2,20	2,10	6,70	i.l.d.	3,49	1,00	3,78
E2	59	2,90	2,60	8,60	i.l.d.	4,30	1,00	3,81
E3	40	1,80	1,50	8,70	i.l.d.	4,40	n.d	n.d.
media	50	2,30	2,07	8,00		4,06	1,00	3,80
desv estand	9,61	0,56	0,55	1,13		0,50	0,00	0,02

S1	20,14	1,50	1,40	7,22	i.l.d.	1,00	0,00	0,00
S2	19,18	2,10	1,70	9,05	i.l.d.	1,15	0,00	0,00
S3	17,20	1,78	1,50	9,00	i.l.d.	1,04	0,00	0,00
S4	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
S5	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
S6	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
media	19	1,79	1,53	8,42		1,06	0,00	0,00
desv estand	1,50	0,30	0,15	1,04		0,08	0,00	0,00

	SS (mgL ⁻¹)	Na ⁺ (mgL ⁻¹)	Mg ²⁺ (mgL ⁻¹)	Ca ²⁺ (mgL ⁻¹)	K ⁺ (mgL ⁻¹)	Temperat (°C)	pH	C.E. (µS cm ⁻¹)
E(i)	9	n.d	n.d	n.d	n.d	19	7,30	783
S(i)	i.l.d.	n.d	n.d	n.d	n.d	19	7,50	749

CH: 0,678 m/día (2/10/96) E=entrada E(i)=integrada
S=salida

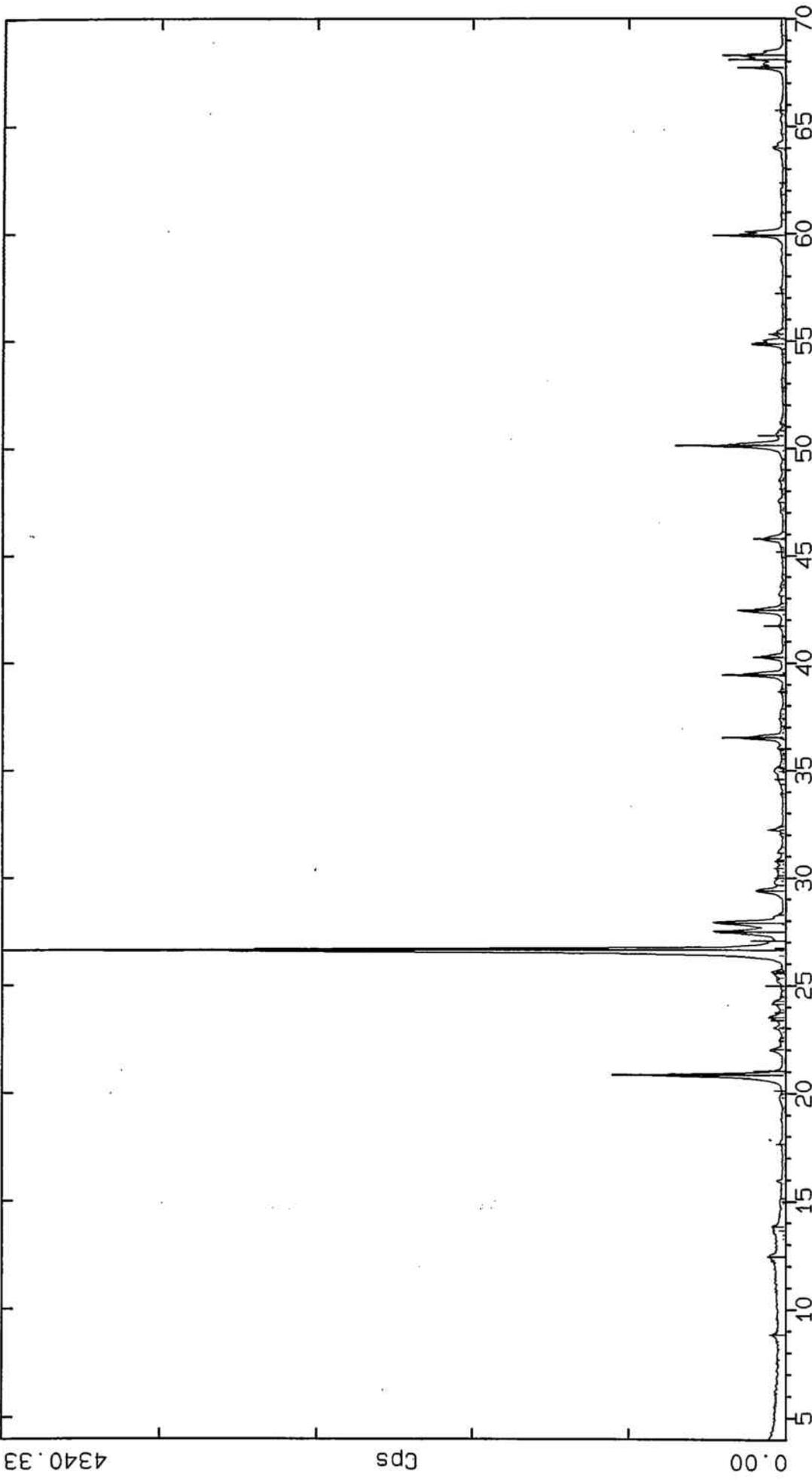
Muestras	DQO (mgL ⁻¹)	N-NTK (mgL ⁻¹)	N-NH ₄ ⁺ (mgL ⁻¹)	N-NO ₃ ⁻ (mgL ⁻¹)	N-NO ₂ ⁻ (mgL ⁻¹)	CF (logufc/100ml)	F+(logufp/100ml)	CN13(logufp/100ml)
E1	69	2,20	2,10	12,06	i.l.d.	4,20	0,00	2,94
E2	83	2,10	2,10	13,43	i.l.d.	4,24	1,60	3,02
E3	69	2,50	2,40	13,63	i.l.d.	4,16	0,00	2,96
media	74	2,27	2,20	13,04		4,20	0,53	2,97
desv estand	8,08	0,21	0,17	0,85		0,04	0,92	0,04

S1	7	1,70	1,81	12,97	i.l.d.	1,55	0,00	0,00
S2	11	2,20	2,11	13,21	i.l.d.	1,46	0,00	1,14
S3	15	2,20	2,05	13,28	i.l.d.	1,30	0,00	0,00
S4	8	2,20	1,93	13,21	i.l.d.	1,30	n.d	n.d
S5	8	2,50	1,75	14,43	i.l.d.	1,69	n.d	n.d
S6	10	2,00	1,90	13,69	i.l.d.	1,69	n.d	n.d
media	10	2,13	1,93	13,47		1,50	0,00	0,38
desv estand	2,93	0,27	0,14	0,53		0,18	0,00	0,66

	SS(mgL ⁻¹)	Na ⁺ (mgL ⁻¹)	Mg ²⁺ (mgL ⁻¹)	Ca ²⁺ (mgL ⁻¹)	K ⁺ (mgL ⁻¹)	Temperat(°C)	pH	C.E.(µScm ⁻¹)
E(i)	1,5	75	31	104	84	19	7,80	879
S(i)	i.l.d	77	25	107	78	19	7,50	841

22-Jul-1997 12:16

2-Theta - Scale



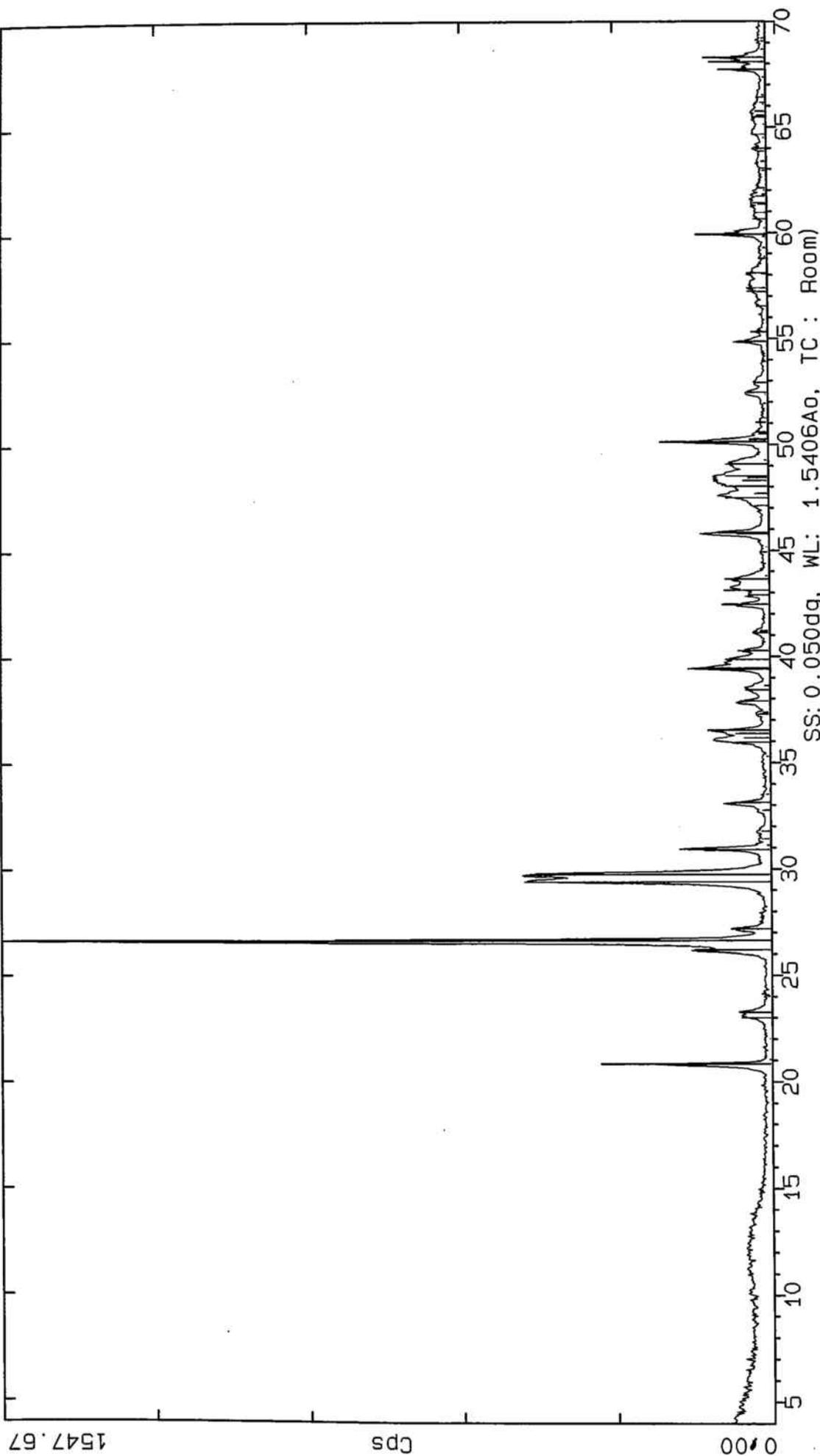
SS: 0.050dg, WL: 1.5406Ao, TC : Room)

- 33-1161 * SiO2 Quartz syn (WL: 1.5406Ao)
- 9-0466 * NaAlSi3O8 Albite ordered (WL: 1.5406Ao)
- 19-0932 I KAlSi3O8 Microcline intermediate (WL: 1.5406Ao)
- 5-0586 * CaCO3 Calcite syn (WL: 1.5406Ao)
- 26-0911 I (K,H3O)Al2Si3AlO10(OH)2 Illite IT M RG (WL: 1.5406Ao)
- 29-1488 Al2Si2O5(OH)4 Kaolinite IT Md RG (WL: 1.5406Ao)

Composición mineralógica. Arena C1.

22-Jul-1997 12:10

2-Theta - Scale



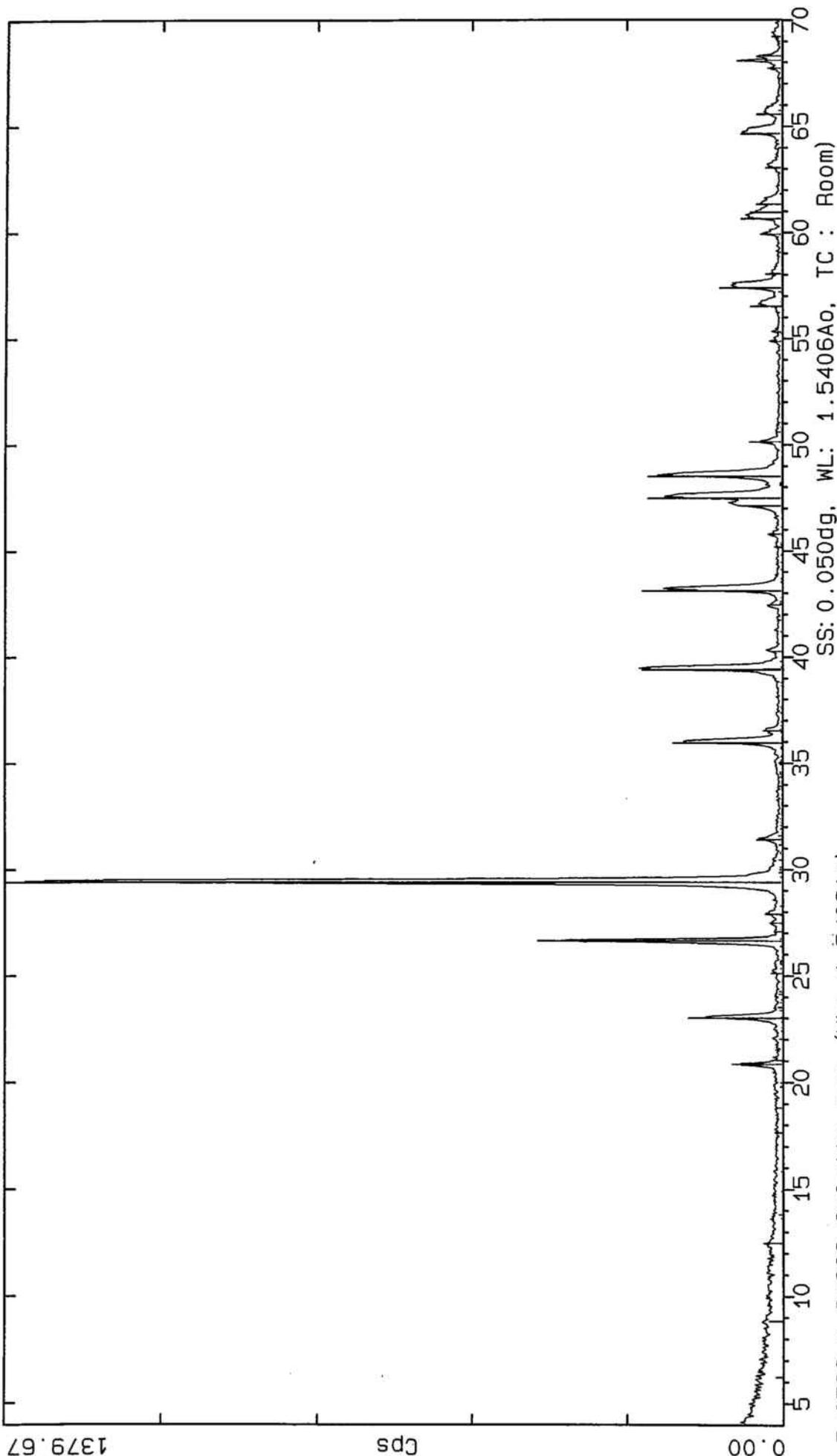
SS: 0.050dg, WL: 1.5406Ao, TC : Room)

- 33-1161 * SiO2 Quartz syn (WL: 1.5406Ao)
- 5-0586 * CaCO3 Calcite syn (WL: 1.5406Ao)
- 5-0586 * CaCO3 Calcite syn (WL: 1.5580Ao)
- 36-0426 * CaMg(CO3)2 Dolomite (WL: 1.5406Ao)
- 5-0453 I CaCO3 Aragonite syn (WL: 1.5406Ao)

Composición mineralógica. Arena C2.

22-Jul-1997 12:10

2-Theta - Scale



5-0586 * CaCO3 Calcite syn (WL: 1.5406Ao)
 33-1161 * SiO2 Quartz syn (WL: 1.5406Ao)
 9-0466 * NaAlSi3O8 Albite ordered (WL: 1.5406Ao)
 19-0932 I KAlSi3O8 Microcline intermediate (WL: 1.5406Ao)
 29-0701 I (Mg, Fe)6(Si, Al)4O10(OH)8 Clinocllore IT M I I b RG ferroan (WL: 1.5406Ao)
 26-0911 I (K, H3O)Al2Si3Al10(OH)2 Illite IT M RG (WL: 1.5406Ao)

SS: 0.050dg, WL: 1.5406Ao, TC: Room)

Composición mineralógica. Arena C3.