

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS  
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN**

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



*Trabajo Fin de Grado*

**SEGUIMIENTO DE ESTACIONES  
DEPURADORAS DE AGUAS RESIDUALES  
URBANAS EN CANTABRIA  
(Monitoring of urban wastewater treatment  
plants in Cantabria)**

Para acceder al Título de

*Graduado en Ingeniería Química*

**Autor: Fernando Fernández Rivas**

<b>TÍTULO</b>	SEGUIMIENTO DE ESTACIONES DEPURADORAS DE AGUAS RESIDUALES URBANAS EN CANTABRIA		
<b>AUTOR</b>	FERNANDO FERNÁNDEZ RIVAS		
<b>DIRECTOR/CODIRECTOR</b>	JOSEFA FERNÁNDEZ FERRERAS / CARLOS RICO DE LA HERA		
<b>TITULACIÓN</b>	GRADO INGENIERÍA QUÍMICA	<b>FECHA</b>	16/JULIO/2018

### PALABRAS CLAVE

Aguas Residuales Urbanas (A.R.U.). Estación Depuradora de Aguas Residuales (E.D.A.R.). pH. Conductividad. Sólidos Suspendidos Totales (S.S.T.) Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O.). Demanda Biológica de Oxígeno (D.B.O.<sub>5</sub>). Nitrógeno Amoniacal. Nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Fosfatos (P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>). Cloruros.

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Este proyecto se basa en los parámetros recogidos durante los cuatro primeros meses, de los seis en que llevé a cabo prácticas en el área de Análisis Físico Químico de la empresa Oxital.

El objetivo es llevar a cabo un seguimiento analítico de las entradas y salidas de cinco E.D.A.R. de Cantabria, con unos habitantes equivalentes en torno a 2000 o menores, en las que se ha llevado a cabo un control de datos a través de la variación de diferentes parámetros: pH, conductividad, S.S.T., D.Q.O., D.B.O.<sub>5</sub>, nitrógeno amoniacal, nitratos, fosfatos y cloruros. Se determinarán los valores medios habituales de cada parámetro y su margen de variación en cada E.D.A.R., se realizará una comparación de estos valores entre las distintas E.D.A.R. objeto de seguimiento y se recogerá la legislación de vertidos que deben cumplir.

### RESULTADOS

Se ha realizado el análisis de todos los parámetros indicados, graficándose para ellos todos los valores de entrada comparados con los de salida. Se calcula en cada municipio el valor promedio a la entrada y a la salida, la desviación estándar de los datos en cada caso y el porcentaje de variación que se ha producido. Además se grafican y comparan los valores de cada parámetro a la entrada para todas las E.D.A.R. estudiadas y los mismos a la salida.

La siguiente tabla muestra la comparativa de los valores de los parámetros más significativos a la entrada y a la salida de las diferentes E.D.A.R. estudiadas. Así mismo se han comparado los valores de cada porcentaje a la entrada con los valores de vertido legislados, considerando que las depuradoras de los Municipios 1 y 2 monitoreadas vierten al dominio marítimo cuya competencia es autonómica (Decreto 47/2009, 4 de Junio) , mientras las depuradoras de los Municipios 3, 4 y 5 vierten al Dominio Público Hidráulico (vertidos en la categoría de río o en la categoría de otros, pozo séptico o sima natural), con normativa estatal (Real Decreto 1/2001, 20 de Julio y Reglamento 638/2006, 9 de Diciembre).

E.D.A.R.MUNICIPIO	VALOR PROMEDIO A LA ENTRADA	VALOR PROMEDIO A LA SALIDA	VARIACIÓN
<b>D.Q.O.</b>			
1	231	28,3	- 87,7 %
2	701,2	116,2	- 83,4 %
3	268,7	63,5	- 76,3 %
4	348,7	130,1	-62,6 %
5	169,3	29,2	- 82,7 %
<b>D.B.O.<sub>5</sub></b>			
1	109,9	1,7	- 98,3
2	194,2	20,4	- 89,4
3	55,8	6,6	- 88
4	135,6	34,1	- 74,8
5	75	2,5	- 96,6
<b>NITRATOS</b>			
1	2,1	22,7	+ 939,4
2	1,7	21,3	+ 1134,7
3	1,7	12,4	+ 626,2
4	1,8	21	+ 1032,2
5	2,8	13,9	+ 396,8

## CONCLUSIONES

1. A pesar de la gran variabilidad de datos, el funcionamiento de las E.D.A.R. analizadas es correcto en cuanto a eliminación de materia orgánica, con una reducción importante de estos parámetros (D.Q.O. y D.B.O.<sub>5</sub>) a la salida que oscila entre el 62,6 % y el 98,3 % como promedio.
2. Los valores de los fosfatos y cloruros oscilan aleatoriamente entre la entrada y la salida (no hay reducción), ya que no presentan ningún tratamiento específico en estas E.D.A.R.
3. Los nitratos presentan un aumento en la salida respecto a la entrada en todas las E.D.A.R., debido a que tanto el Nitrógeno amoniacal como el orgánico si hubiera, se oxidan a nitratos después de un tratamiento biológico aerobio (proceso de nitrificación) y se quedan en esta forma al no producirse un tratamiento anóxico de desnitrificación en estas E.D.A.R.
4. No se detecta ninguna anomalía en el funcionamiento de las E.D.A.R. durante este periodo de tiempo.
5. El agua de entrada del Municipio 2 presenta los valores medios más altos de prácticamente todos los parámetros analizados.
6. Todos los valores de vertido a aguas de mar (Municipios 1 y 2) cumplen con la autorización de vertido pertinente acordada con la Consejería de Medio Ambiente.
7. Las E.D.A.R. de los Municipios 3, 4 y 5, con vertido al Dominio Público Hidrográfico, tienen un acuerdo en los límites de vertido con la autoridad correspondiente (Conferencia Hidrográfica del Cantábrico).

## BIBLIOGRAFÍA

- METCALF-EDDY; FRANKLYN BURTON; H. DAVID STENSEL; GEORGE TCHOBANOGLOUS; RYUJIRU TSUCHIHASHI; (2013); “Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery”; McGraw-Hill; 2048 págs; ISBN-10: 0073401188; ISBN-13: 978-0073401188.
- DOCUMENTACIÓN PROPIA DE LA EMPRESA OXITAL (2016)
- DIRECTIVA EUROPEA DEL 21 DE MAYO DE 1991. 2018. *SOBRE EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS (91/271/CEE)*. [Consulta: Junio de 2018].

Disponible en:  
[http://www.mapama.gob.es/es/agua/publicaciones/03\\_Manual\\_Directiva\\_91\\_271\\_CEE\\_tcm30-214069.pdf](http://www.mapama.gob.es/es/agua/publicaciones/03_Manual_Directiva_91_271_CEE_tcm30-214069.pdf)

<b>TÍTULO</b>	MONITORING OF URBAN WASTEWATER TREATMENT PLANTS IN CANTABRIA		
<b>AUTOR</b>	FERNANDO FERNÁNDEZ RIVAS		
<b>DIRECTOR/CODIRECTOR</b>	JOSEFA FERNÁNDEZ FERRERAS / CARLOS RICO DE LA HERA		
<b>TITULACIÓN</b>	GRADO INGENIERÍA QUÍMICA	<b>FECHA</b>	16/JULIO/2018

## KEYWORDS

Urban Wastewater (U.W.W.). Wastewater Treatment Plant (W.W.T.P.). pH. Conductivity. Total Suspended Solids (T.S.S.) Chemical Oxygen Demand (C.O.D.). Biological Oxygen Demand (B.O.D.<sub>5</sub>). Ammonia Nitrogen. Nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Phosphates (P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>). Chlorides.

## SCOPE

This project is based on the parameters collected during the first four months, of the six in which practices were carried in out the area of Chemical-Physical Analysis of the Oxital company.

The objective is to carry out an analytical monitoring of the entries and exits of five W.W.T.P. of Cantabria, with equivalent inhabitants around 2000 or less, in which a data control has been carried out through the variation of different parameters: pH, conductivity, T.S.S., C.O.D. , B.O.D.<sub>5</sub>, ammonia nitrogen, nitrates , phosphates and chlorides. The usual mean values of each parameter and its margin of variation in each W.W.T.P. will be determined, a comparison of these values will be made between the different W.W.T.P. object of monitoring and the legislation of discharges that must be complied with will be collected.

## RESULTS

The analysis of all the indicated parameters has been carried out, with all the input values compared to the output values being plotted for them. The average value at the entrance and at the exit is calculated in each municipality, the standard deviation of the data in each case and the percentage of variation that has occurred. In addition, the values of each parameter are plotted and compared to the input for all W.W.T.P. studied and the same at the exit.

The following table shows the comparison of the values of the most significant parameters at the entrance and exit of the different W.W.T.P. studied. Likewise, the values of each percentage at the entrance have been compared with the legislated discharge values, considering that the sewage treatment plants of Municipalities 1 and 2 monitored discharge to the maritime domain whose competence is autonomous (Decree 47/2009, June 4), while the treatment plants of Municipalities 3, 4 and 5 discharge to the Public Hydraulic Domain (discharges in the category of river or in the category of others, septic tank or natural gap), with state regulations (Royal Decree 1/2001, July 20 and Regulation 638/2006, December 9).

WW.T.P. MUNICIPALITY	AVERAGE VALUE AT ENTRY	AVERAGE VALUE AT DEPARTURE	VARIATION (%)
<b>C.O.D.</b>			
1	231	28,3	- 87,7 %
2	701,2	116,2	- 83,4 %
3	268,7	63,5	- 76,3 %
4	348,7	130,1	-62,6 %
5	169,3	29,2	- 82,7 %
<b>B.O.D.<sub>5</sub></b>			
1	109,9	1,7	- 98,3
2	194,2	20,4	- 89,4
3	55,8	6,6	- 88
4	135,6	34,1	- 74,8
5	75	2,5	- 96,6
<b>NITRATES</b>			
1	2,1	22,7	+ 939,4
2	1,7	21,3	+ 1134,7
3	1,7	12,4	+ 626,2
4	1,8	21	+ 1032,2
5	2,8	13,9	+ 396,8

## CONCLUSIONS

1. The operation of the W.W.T.P. The results of this study are based on the results of the analysis, but it is correct in terms of elimination of organic matter with a significant reduction of these parameters (C.O.D. and B.O.D.<sub>5</sub>) at the output that ranges between 62.6% and 98.3% on average.
2. The values of the phosphates and chlorides oscillate randomly between the entrance and the exit (there is no reduction), since they do not present any specific treatment in these W.W.T.P.
3. Nitrates have an increase in the output compared to the input in all W.W.T.P., because both the ammonia nitrogen and organic if any, are oxidized to nitrates after an aerobic biological treatment (nitrification process) and remain in this way, since there is no denitrification anoxide treatment in these W.W.T.P.
4. No anomaly is detected in the operation of the W.W.T.P. during this period of time.
5. The entrance water of Municipality 2 presents the highest average values of practically all the parameters analyzed.
6. All values of discharge to sea water (Municipalities 1 and 2) comply with the relevant discharge authorization agreed with the Ministry of Environment.
7. The E.D.A.R. of Municipalities 3, 4 and 5, with discharge to the Hydrographic Public Domain, have an agreement in the discharge limits with the corresponding authority (Cantabria Hydrographic Conference).

## REFERENCES

- METCALF-EDDY; FRANKLYN BURTON; H. DAVID STENSEL; GEORGE TCHOBANOGLIOUS; RYUJIRU TSUCHIHASHI; (2013); “Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery”; McGraw-Hill; 2048 págs; ISBN-10: 0073401188; ISBN-13: 978-0073401188.
- DOCUMENTATION OWNED BY THE COMPANY OXITAL (2016)
- EUROPEAN DIRECTIVE OF MAY 21, 1991. 2018. ON THE TREATMENT OF URBAN WASTEWATER (91/271/CEE). [Query: June of 2018].

Available in:  
[http://www.mapama.gob.es/es/agua/publicaciones/03 Manual Directiva 91  
271 CEE tcm30-214069.pdf](http://www.mapama.gob.es/es/agua/publicaciones/03_Manual_Directiva_91_271_CEE_tcm30-214069.pdf)

## ÍNDICE GENERAL:

Índice de Tablas .....	III
Índice de Figuras .....	IV
Nomenclatura .....	VI
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 CONTROL DE LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS (A.R.U.) .....	1
1.2 AGUAS RESIDUALES URBANAS .....	2
1.2.1 PROCEDENCIA Y CONTAMINANTES .....	3
1.2.2 CALIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS .....	4
1.2.3 PARÁMETROS EMPLEADOS PARA CARACTERIZAR LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS .....	5
1.3 ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES URBANAS .....	7
1.4 LEGISLACIÓN .....	12
1.4.1. NORMATIVA EUROPEA .....	12
1.4.2. NORMATIVA ESTATAL .....	13
1.4.3. NORMATIVA AUTONÓMICA .....	14
<b>2. ANTECEDENTES Y OBJETIVO .....</b>	<b>16</b>
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>17</b>
3.1 DESCRIPCIÓN DE LAS E.D.A.R. OBJETO DE ESTUDIO .....	17
3.2 TOMA DE MUESTRAS .....	19
3.3 TÉCNICAS ANALÍTICAS .....	20
3.3.1 pH .....	20
3.3.2 CONDUCTIVIDAD .....	21
3.3.3 SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES .....	21
3.3.4 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (D.Q.O.) .....	22
3.3.5 DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO (D.B.O. <sub>5</sub> ) .....	23
3.3.6 NITRÓGENO AMONIACAL (N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) .....	23

3.3.7 NITRATOS (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) .....	24
3.3.8 FOSFATOS (P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ) .....	25
3.3.9 CLORUROS (Cl <sup>-</sup> ) .....	26
<b>4. RESULTADOS</b> .....	<b>27</b>
4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	27
4.1.1 pH .....	27
4.1.2 CONDUCTIVIDAD .....	29
4.1.3 SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES .....	31
4.1.4 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (D.Q.O.) .....	34
4.1.5 DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO (D.B.O. <sub>5</sub> ) .....	36
4.1.6 NITRÓGENO AMONICAL (N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) .....	38
4.1.7 NITRATOS (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) .....	40
4.1.8 FOSFATOS (P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ) .....	43
4.1.9 CLORUROS (Cl <sup>-</sup> ) .....	45
<b>5. CONCLUSIONES</b> .....	<b>48</b>
<b>6. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>50</b>
<b>7. ANEXO I. TABLAS DE VALORES DE LOS PARÁMETROS A LA ENTRADA Y A LA SALIDA DE CADA E.D.A.R.</b> .....	<b>51</b>
<b>8. ANEXO II. GRÁFICAS ENTRADA - SALIDA DE CADA PARÁMETRO EN CADA E.D.A.R.</b> .....	<b>63</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Valores típicos de los principales contaminantes de las aguas residuales .....	6
<b>Tabla 2.</b> Valores promedios pH entrada y salida, Desviaciones Estándar y Variación (%) de la salida respecto entrada en las diferentes E.D.A.R .....	28
<b>Tabla 3.</b> Valores promedios Conductividad entrada y salida, Desviaciones Estándar y Variación (%) de la salida respecto entrada en las diferentes E.D.A.R .....	30
<b>Tabla 4.</b> Valores promedios S.S.T. entrada y salida, Desviaciones Estándar y Variación (%) de la salida respecto entrada en las diferentes E.D.A.R .....	32
<b>Tabla 5.</b> Valores promedios D.Q.O entrada y salida, Desviaciones Estándar y Variación (%) de la salida respecto entrada en las diferentes E.D.A.R .....	35
<b>Tabla 6.</b> Valores promedios D.B.O. <sub>5</sub> entrada y salida, Desviaciones Estándar y Variación (%) de la salida respecto entrada en las diferentes E.D.A.R .....	37
<b>Tabla 7.</b> Valores promedios Nitrógeno Amoniacal entrada y salida, Desviaciones Estándar y Variación (%) de la salida respecto entrada en las diferentes E.D.A.R .....	39
<b>Tabla 8.</b> Valores promedios Nitratos entrada y salida, Desviaciones Estándar y Variación (%) de la salida respecto entrada en las diferentes E.D.A.R .....	41
<b>Tabla 9.</b> Valores promedios Fosfatos entrada y salida, Desviaciones Estándar y Variación (%) de la salida respecto entrada en las diferentes E.D.A.R .....	44
<b>Tabla 10.</b> Valores promedios Cloruros entrada y salida, Desviaciones Estándar y Variación (%) de la salida respecto entrada en las diferentes E.D.A.R .....	46
<b>Tabla 11.</b> Valores de los parámetros a la entrada de la E.D.A.R. del Municipio 1 .....	53
<b>Tabla 12.</b> Valores de los parámetros a la salida de la E.D.A.R. del Municipio 1 .....	54
<b>Tabla 13.</b> Valores de los parámetros a la entrada de la E.D.A.R. del Municipio 2 .....	55
<b>Tabla 14.</b> Valores de los parámetros a la salida de la E.D.A.R. del Municipio 2 .....	56
<b>Tabla 15.</b> Valores de los parámetros a la entrada de la E.D.A.R. del Municipio 3 .....	57
<b>Tabla 16.</b> Valores de los parámetros a la salida de la E.D.A.R. del Municipio 3 .....	58
<b>Tabla 17.</b> Valores de los parámetros a la entrada de la E.D.A.R. del Municipio 4 .....	59
<b>Tabla 18.</b> Valores de los parámetros a la salida de la E.D.A.R. del Municipio 4 .....	60
<b>Tabla 19.</b> Valores de los parámetros a la entrada de la E.D.A.R. del Municipio 5 .....	61
<b>Tabla 20.</b> Valores de los parámetros a la salida de la E.D.A.R. del Municipio 5 .....	62

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Esquema de Estación Depuradora de Aguas Residuales .....	7
<b>Figura 2.</b> Gráfico comparativo pH entradas en las diferentes E.D.A.R. ....	27
<b>Figura 3.</b> Gráfico comparativo pH salidas en las diferentes E.D.A.R. ....	28
<b>Figura 4.</b> Gráfico comparativo conductividad entradas en las diferentes E.D.A.R. ....	29
<b>Figura 5.</b> Gráfico comparativo conductividad salidas en las diferentes E.D.A.R. ....	30
<b>Figura 6.</b> Gráfico comparativo S.S.T. entradas en las diferentes E.D.A.R. ....	31
<b>Figura 7.</b> Gráfico comparativo S.S.T. salidas en las diferentes E.D.A.R. ....	32
<b>Figura 8.</b> Gráfico comparativo D.Q.O. entradas en las diferentes E.D.A.R. ....	34
<b>Figura 9.</b> Gráfico comparativo D.Q.O. salidas en las diferentes E.D.A.R. ....	34
<b>Figura 10.</b> Gráfico comparativo D.B.O <sub>5</sub> entradas en las diferentes E.D.A.R. ....	36
<b>Figura 11.</b> Gráfico comparativo D.B.O <sub>5</sub> salidas en las diferentes E.D.A.R. ....	36
<b>Figura 12.</b> Gráfico comparativo N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> entradas en las diferentes E.D.A.R. ....	38
<b>Figura 13.</b> Gráfico comparativo N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> salidas en las diferentes E.D.A.R. ....	38
<b>Figura 14.</b> Gráfico comparativo N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> entradas en las diferentes E.D.A.R. ....	40
<b>Figura 15.</b> Gráfico comparativo N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> salidas en las diferentes E.D.A.R. ....	41
<b>Figura 16.</b> Gráfico comparativo P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> entradas en las diferentes E.D.A.R. ....	43
<b>Figura 17.</b> Gráfico comparativo P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> salidas en las diferentes E.D.A.R. ....	43
<b>Figura 18.</b> Gráfico comparativo Cl <sup>-</sup> entradas en las diferentes E.D.A.R. ....	45
<b>Figura 19.</b> Gráfico comparativo Cl <sup>-</sup> salidas en las diferentes E.D.A.R. ....	45
<b>Figura 20.</b> Gráfico pH entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 1 .....	63
<b>Figura 21.</b> Gráfico pH entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 2 .....	63
<b>Figura 22.</b> Gráfico pH entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 3 .....	64
<b>Figura 23.</b> Gráfico pH entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 4 .....	64
<b>Figura 24.</b> Gráfico pH entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 5 .....	64
<b>Figura 25.</b> Gráfico conductividad entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 1 .....	65
<b>Figura 26.</b> Gráfico conductividad entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 2 .....	65
<b>Figura 27.</b> Gráfico conductividad entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 3 .....	65
<b>Figura 28.</b> Gráfico conductividad entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 4 .....	66
<b>Figura 29.</b> Gráfico conductividad entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 5 .....	66
<b>Figura 30.</b> Gráfico S.S.T. entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 1 .....	66
<b>Figura 31.</b> Gráfico S.S.T. entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 2 .....	67
<b>Figura 32.</b> Gráfico S.S.T. entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 3 .....	67
<b>Figura 33.</b> Gráfico S.S.T. entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 4 .....	67

<b>Figura 34.</b> Gráfico S.S.T. entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 5 .....	68
<b>Figura 35.</b> Gráfico D.Q.O. entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 1 .....	68
<b>Figura 36.</b> Gráfico D.Q.O. entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 2 .....	68
<b>Figura 37.</b> Gráfico D.Q.O. entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 3 .....	69
<b>Figura 38.</b> Gráfico D.Q.O. entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 4 .....	69
<b>Figura 39.</b> Gráfico D.Q.O. entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 5 .....	69
<b>Figura 40.</b> Gráfico D.B.O. <sub>5</sub> entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 1 .....	70
<b>Figura 41.</b> Gráfico D.B.O. <sub>5</sub> entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 2 .....	70
<b>Figura 42.</b> Gráfico D.B.O. <sub>5</sub> entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 3 .....	70
<b>Figura 43.</b> Gráfico D.B.O. <sub>5</sub> entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 4 .....	71
<b>Figura 44.</b> Gráfico D.B.O. <sub>5</sub> entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 5 .....	71
<b>Figura 45.</b> Gráfico N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 1 .....	71
<b>Figura 46.</b> Gráfico N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 2 .....	72
<b>Figura 47.</b> Gráfico N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 3 .....	72
<b>Figura 48.</b> Gráfico N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 4 .....	72
<b>Figura 49.</b> Gráfico N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 5 .....	73
<b>Figura 50.</b> Gráfico N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 1 .....	73
<b>Figura 51.</b> Gráfico N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 2 .....	73
<b>Figura 52.</b> Gráfico N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 3 .....	74
<b>Figura 53.</b> Gráfico N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 4 .....	74
<b>Figura 54.</b> Gráfico N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 5 .....	74
<b>Figura 55.</b> Gráfico P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 1 .....	75
<b>Figura 56.</b> Gráfico P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 2 .....	75
<b>Figura 57.</b> Gráfico P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 3 .....	75
<b>Figura 58.</b> Gráfico P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 4 .....	76
<b>Figura 59.</b> Gráfico P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 5 .....	76
<b>Figura 60.</b> Gráfico Cl <sup>-</sup> entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 1 .....	76
<b>Figura 61.</b> Gráfico Cl <sup>-</sup> entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 2 .....	77
<b>Figura 62.</b> Gráfico Cl <sup>-</sup> entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 3 .....	77
<b>Figura 63.</b> Gráfico Cl <sup>-</sup> entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 4 .....	77
<b>Figura 64.</b> Gráfico Cl <sup>-</sup> entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 5 .....	78

## **NOMENCLATURA**

- [A.R.U.]** Aguas Residuales Urbanas
- [E.D.A.R]** Estación Depuradora de Aguas Residuales
- [E.T.A.P.]** Estación de Tratamiento de Aguas Potables
- [S.S.T.]** Sólidos Suspendidos Totales
- [S.S.V.]** Sólidos Suspendidos Volátiles
- [D.Q.O.]** Demanda Química de Oxígeno
- [D.B.O.<sub>5</sub>]** Demanda Biológica de Oxígeno transcurridos 5 días de reacción
- [D.B.O.]** Demanda Biológica de Oxígeno
- [NH<sub>4</sub><sup>+</sup>]** Cation Amonio
- [NO<sub>3</sub><sup>-</sup>]** Ion Nitrato
- [PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>]** Ion Fosfato
- [Cl<sup>-</sup>]** Ion Cloruro
- [Cl]** Cloro
- [N]** Nitrógeno
- [P]** Fósforo
- [O<sub>2</sub>]** Oxígeno
- [HCl]** Ácido Clorhídrico
- [UFC]** Unidades Formadoras de Colonias
- [m]** Metro
- [cm]** Centímetro
- [μm]** Micrómetro
- [nm]** Nanómetro
- [mg]** Miligramo
- [l]** Litro
- [ml]** Mililitro
- [μS]** Microsiemens
- [A.O.B]** Bacterias amonio-oxidantes
- [N.O.B]** Bacterias nitrito-oxidantes

## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 CONTROL DE LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS (A.R.U.)**

La generación de aguas residuales es una consecuencia inevitable de las actividades humanas. Estas actividades modifican las características de las aguas de partida, contaminándolas e invalidando su posterior aplicación para otros usos. Así, por ejemplo, se define la contaminación del agua como «la acción y el efecto de introducir materias o formas de energía, o introducir condiciones en el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación con los usos posteriores o con su función ecológica».

Es un hecho que el vertido de aguas residuales sin depurar ocasiona daños, en ocasiones irreversibles, al medio ambiente, afectando tanto a ecosistemas acuáticos como riparios. Por otro lado, el vertido de aguas residuales no tratadas supone riesgos para la salud pública. Es por esto por lo que es preciso el tratamiento de estas aguas antes de su vertido.

En el tratamiento de las aguas residuales, éstas se someten a una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen por objeto reducir la concentración de los contaminantes y permitir el vertido de los efluentes depurados, minimizando los riesgos tanto para el medio ambiente, como para las poblaciones.

Por lo general, en las pequeñas aglomeraciones urbanas (zonas rurales, aisladas, desfavorecidas económicamente, etc.), la escasez de recursos técnicos y económicos hace necesario abordar la depuración de las aguas residuales con premisas diferentes a las que se adoptan en las grandes urbes, buscando soluciones de depuración que presenten el mínimo coste energético, un mantenimiento simple y una gran robustez de funcionamiento. A este tipo de tecnologías se las conoce como tecnologías no convencionales.

Las tecnologías no convencionales son una alternativa viable para el tratamiento de aguas residuales en pequeñas entidades de población. Su versatilidad y adaptabilidad, su integración en el entorno y su menor coste de implantación y explotación las hacen

especialmente indicadas para la depuración de los vertidos de aguas residuales en el medio rural, en el que las limitaciones técnicas y económicas pueden comprometer seriamente la eficacia del tratamiento de las aguas residuales.

No obstante, en muchas ocasiones se ha confundido simplicidad de mantenimiento y explotación con simplicidad de diseño y de construcción, por lo que no se ha prestado la suficiente atención al proceso de dimensionamiento de los sistemas de tratamiento no convencionales, ni a la posterior etapa constructiva. Este error conceptual ha tenido su reflejo en instalaciones en las que no se alcanzan los resultados esperados como consecuencia de diseños y/o construcciones inapropiadas, lo que, desafortunadamente, ha provocado que en muchas ocasiones se culpase del mal funcionamiento a las propias tecnologías no convencionales, sin llegar a realizar un análisis detallado de las causas de este deficiente comportamiento.

A menos que sean correctamente planificados, ubicados, diseñados, construidos, operados y mantenidos, es probable que los proyectos de aguas servidas tengan un impacto total negativo y no produzcan todos los beneficios para los cuales se hizo la inversión, afectando además en forma negativa a otros aspectos del medio ambiente.

## **1.2 AGUAS RESIDUALES URBANAS**

El Real Decreto-Ley 11/95 del 28 de Diciembre, que transpone la Directiva 91/271/CEE, relativa al tratamiento de las aguas residuales urbanas (A.R.U.), establece las siguientes definiciones:

- **Aguas residuales urbanas:** las aguas residuales domésticas, o la mezcla de éstas con aguas residuales industriales o con aguas de escorrentía pluvial.
- **Aguas residuales domésticas:** las aguas residuales procedentes de zonas de vivienda y de servicios, generadas principalmente por el metabolismo humano y las actividades domésticas.
- **Aguas residuales industriales:** todas las aguas residuales vertidas desde locales utilizados para cualquier actividad comercial o industrial, que no sean aguas residuales domésticas ni aguas de escorrentía pluvial.

De los tres posibles componentes de las aguas residuales urbanas:

- Las aguas residuales domésticas siempre estarán presentes.
- La incidencia de las aguas residuales industriales dependerá del grado de industrialización de la aglomeración urbana y de la cantidad y características de los vertidos que las industrias realicen a la red de colectores municipales.
- Las aguas de escorrentía pluvial tendrán su influencia en las aglomeraciones con redes de saneamiento unitarias (lo más frecuente) y en los momentos en que se registren lluvias.

### **1.2.1 PROCEDENCIA Y CONTAMINANTES**

La procedencia de los tres posibles componentes de las aguas residuales urbanas y los principales contaminantes que éstas que aportan, son los siguientes:

- Aguas residuales domésticas, que están constituidas a su vez por:
  - Aguas de cocina: sólidos, materia orgánica, grasas, sales.
  - Aguas de lavadoras: detergentes, nutrientes.
  - Aguas de baño: jabones, geles, champús.
  - Aguas negras, procedentes del metabolismo humano: sólidos, materia orgánica, nutrientes, sales, organismos patógenos.
- Aguas residuales industriales: resultantes de actividades industriales que descargan sus vertidos a la red de alcantarillado municipal. Estas aguas presentan una composición muy variable dependiendo de cada tipo de industria.
- Aguas de escorrentía pluvial: en la mayoría de las ocasiones (sistemas de alcantarillados unitarios), las aguas de lluvia son recogidas por el mismo sistema de alcantarillado que se emplea para la recogida y conducción de las aguas residuales domésticas e industriales.

Las aguas de lluvia no son puras, dado que se ven afectadas por la contaminación atmosférica y por los arrastres de la suciedad depositada en viales, tejados, etc. Se

caracterizan por grandes aportaciones intermitentes de caudal y por una importante contaminación en los primeros 15-30 minutos del inicio de las lluvias.

### **1.2.2 CALIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS**

Los principales contaminantes que aparecen en las aguas residuales urbanas son:

- **Objetos gruesos:** trozos de madera, trapos, plásticos, etc., que son arrojados a la red de alcantarillado.
- **Arenas:** bajo esta denominación se engloban las arenas propiamente dichas, gravas y partículas más o menos grandes de origen mineral u orgánico.
- **Grasas y aceites:** sustancias que al no mezclarse con el agua permanecen en su superficie dando lugar a natas. Su procedencia puede ser tanto doméstica como industrial.
- **Sólidos en suspensión:** partículas de pequeño tamaño y de naturaleza y procedencia muy variadas. Aproximadamente el 60% de los sólidos en suspensión son sedimentables y un 75% son de naturaleza orgánica.
- **Sustancias con requerimientos de oxígeno:** compuestos orgánicos e inorgánicos que se oxidan fácilmente, lo que provoca un consumo del oxígeno presente en el medio al que se vierten.
- **Nutrientes (nitrógeno y fósforo):** su presencia en las aguas es debida principalmente a detergentes y fertilizantes. Igualmente, las excretas humanas aportan nitrógeno orgánico.
- **Agentes patógenos:** organismos (bacterias, protozoos, helmintos y virus), presentes en mayor o menor cantidad en las aguas residuales y que pueden producir o transmitir enfermedades.
- **Contaminantes emergentes o prioritarios:** los hábitos de consumo de la sociedad actual generan una serie de contaminantes que no existían anteriormente. Estas sustancias aparecen principalmente añadidas a productos de cuidado personal, productos de limpieza doméstica, productos farmacéuticos, etc. A esta serie de compuestos se les conoce bajo la denominación genérica de contaminantes emergentes o prioritarios, no

eliminándose la mayoría de ellos en las plantas de tratamiento de aguas residuales urbanas.

En el tratamiento convencional de las aguas residuales urbanas, la reducción del contenido en los contaminantes descritos suele hacerse de forma secuencial y en el orden en que estos contaminantes se han enumerado anteriormente.

### 1.2.3 PARÁMETROS EMPLEADOS PARA CARACTERIZAR LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS

Para caracterizar las aguas residuales se emplea un conjunto de parámetros que sirven para cuantificar los contaminantes definidos en el apartado anterior. Los parámetros de uso más habitual son los siguientes:

- **Aceites y grasas:** el contenido en aceites y grasas presentes en un agua residual se determina mediante su extracción previa, con un disolvente apropiado y la posterior evaporación del disolvente.
- **Sólidos en suspensión:** se denomina de este modo a la fracción de los sólidos totales que quedan retenidos por una membrana filtrante de un tamaño determinado (0,45  $\mu\text{m}$ ). Dentro de los sólidos en suspensión se encuentran los sólidos sedimentables y los no sedimentables.
- **Sustancias con requerimiento de oxígeno:** para la cuantificación de estas sustancias los dos parámetros más utilizados son:
  - **Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días (DBO<sub>5</sub>):** es la cantidad equivalente de oxígeno (mg/l) necesaria para oxidar biológicamente los componentes de las aguas residuales. En el transcurso de los cinco días de duración del ensayo se consume aproximadamente el 70% de las sustancias biodegradables.
  - **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** es la cantidad equivalente de oxígeno (mg/l) necesaria para oxidar los componentes orgánicos del agua utilizando agentes químicos oxidantes.

La relación D.B.O.<sub>5</sub> / D.Q.O. indica la biodegradabilidad de las aguas residuales urbanas:

≥ 0,4 Aguas muy biodegradables

0,2 – 0,4 Aguas biodegradables

≤ 0,2 Aguas poco biodegradables

- **Nitrógeno:** se presenta en las aguas residuales en forma de nitrógeno orgánico, amoníaco y, en menor cantidad, de nitratos y nitritos. Para su cuantificación se recurre generalmente a métodos espectrofotométricos.
- **Fósforo:** en las aguas residuales aparece principalmente como fosfatos orgánicos y polifosfatos. Al igual que las distintas formas nitrogenadas, su determinación se realiza mediante métodos espectrofotométricos.
- **Organismos patógenos:** los organismos patógenos se encuentran en las aguas residuales en muy pequeñas cantidades siendo muy difícil su aislamiento, por ello, se emplean habitualmente los coliformes como organismo indicador.

Los rangos habituales de estos parámetros en las aguas residuales urbanas procedentes de grandes y medianas aglomeraciones urbanas se recogen en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Valores típicos de los principales contaminantes de las aguas residuales (METCALF-EDDY).

PARÁMETRO	RANGO HABITUAL
Sólidos en suspensión (mg/l)	150 - 300
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	200 - 300
DQO (mg/l)	300 - 600
Nitrógeno (mg N/l)	50 - 75
Fósforo (mg P/l)	10 - 20
Grasas (mg/l)	50 - 100
Coliformes Totales (UFC/100ml)	10 <sup>6</sup> - 10 <sup>7</sup>

### 1.3 ESTACIONES DEPURADORAS DE AGUAS RESIDUALES URBANAS (E.D.A.R.)

El objetivo de la depuración de aguas residuales es reducir la contaminación de las mismas para hacer admisible bien su vertido al medio acuático natural - a ríos, mar, lagos, embalses, o al terreno - bien su reutilización para la agricultura, industria u otros fines. Cuando el destino es la reutilización se suele hablar de regeneración de aguas residuales.

Mediante modelos de capacidad de autodepuración del medio receptor y la revisión de las normas de calidad a cumplir o los objetivos a alcanzar se establece el grado de depuración necesario para cada tipo de contaminante. Este grado de depuración será el necesario para conseguir un nivel límite para cada tipo de contaminante.

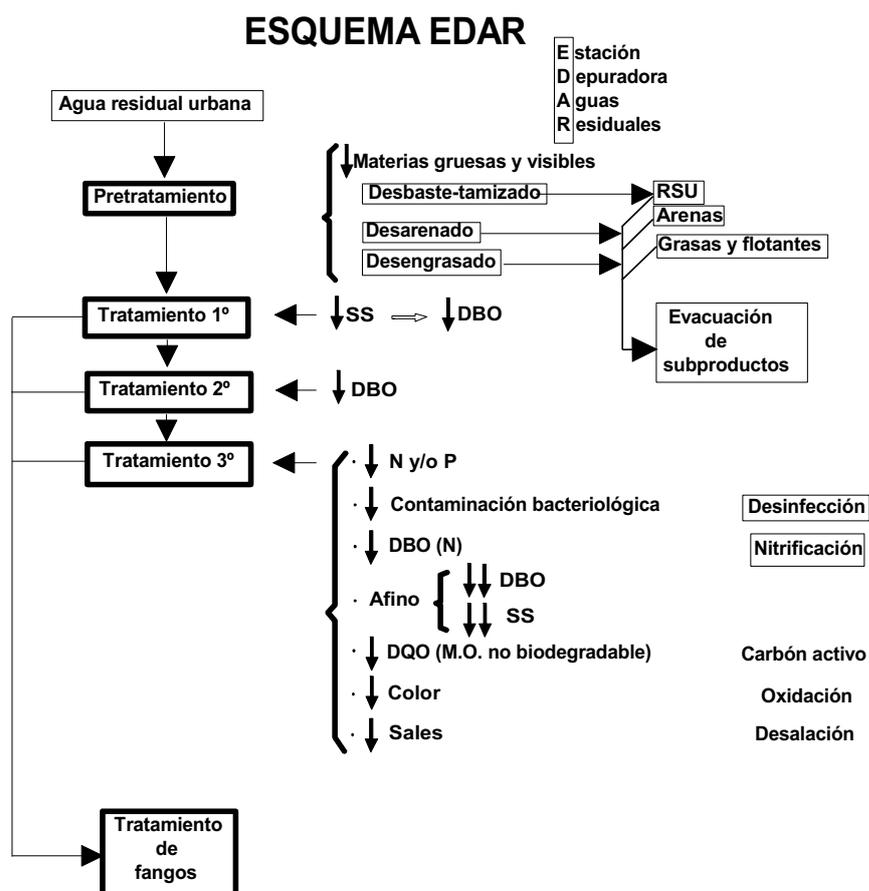


Figura 1. Esquema de Estación Depuradora de Aguas Residuales

En una EDAR se diferencian dos líneas de tratamiento: la línea de agua y la línea de fangos. La línea de agua se suele compartimentar en etapas de tratamiento en los que los objetivos son claramente diferentes. El buen o mal funcionamiento de cada etapa influye de forma determinante en el rendimiento de las siguientes. En una línea de agua convencional de tratamiento de ARU aparecen las siguientes etapas:

- a) Pretratamientos.
- b) Tratamiento primario.
- c) Tratamiento secundario.
- d) Tratamiento terciario.

- **PRETRATAMIENTO:** Su objetivo básico es eliminar todas las materias gruesas y/o visibles que lleva el agua residual. El vertido de estas materias al medio receptor produce un impacto fundamentalmente estético. Si pasan a etapas posteriores de la línea de depuración se generan problemas y un deficiente funcionamiento de los procesos.

Se trata de eliminar:

- a) Residuos sólidos o basura que nos podemos encontrar en un colector. Se evitan problemas que este material grueso podría provocar en otros tratamientos posteriores (atascamientos fundamentalmente).
- b) Partículas discretas sedimentables o arenas, perjudiciales para los posteriores procesos de eliminación de contaminación. Las arenas producen abrasión sobre los mecanismos. Sedimentarán en los canales u otros lugares perjudicando el flujo.
- c) Grasas, flotantes y espumas, que pueden en un momento dado acceder a la superficie y adherirse a los objetos. Dificultan la reaeración de la masa de agua, fundamental en los procesos biológicos aerobios.

Las operaciones que comprende generalmente son: desbaste, desarenado y desengrasado, aunque en algunos casos también se pueden incluir preaireación, tamizado, predecantación, etc.

- **TRATAMIENTO PRIMARIO:** Persigue la reducción de sólidos suspendidos. Se reducirá la turbidez y D.B.O.<sub>5</sub> debido a que parte de los sólidos suspendidos son materia orgánica. Se eliminará también algo de contaminación bacteriológica. De los sólidos suspendidos se tratarán de eliminar específicamente los sedimentables.

Dentro de este proceso unitario se puede incluir la decantación primaria, flotación y los procesos físico-químicos, permitiendo éstos últimos un incremento en la reducción de los sólidos suspendidos y la D.B.O.<sub>5</sub>.

- **TRATAMIENTO SECUNDARIO:** Su objetivo básico consiste en reducir la materia orgánica disuelta. El tratamiento básico es biológico. Se trata de eliminar tanto la materia orgánica coloidal como la que está en forma disuelta. Se consigue una coagulación y floculación de la materia coloidal orgánica por medio de biomasa. El proceso se va a basar en el consumo de la materia orgánica por organismos adecuados. En esta etapa se van a conseguir importantes rendimientos en eliminación de D.B.O.

Entre los procesos de tipo biológico cabe distinguir:

- Fangos activos.
- Lechos bacterianos / filtros biológicos sumergidos.
- Biodiscos.
- Estanques de estabilización.
- Lagunas aireadas.
- Etc.

Después de esta operación, el efluente pasará por una etapa de clarificación para eliminar los flóculos biológicos que se ha producido (fangos en exceso).

Hasta aquí llega el tratamiento convencional tradicional, aunque también abarca parte de la siguiente etapa.

- TRATAMIENTO Terciario: Los objetivos pueden ser múltiples en esta etapa, con un proceso específico para cada uno.

Se pueden buscar los siguientes fines:

a) Reducción de contaminación bacteriológica (microorganismos fecales y gérmenes patógenos) para lo cual se procede a la desinfección del efluente. Hasta hoy en día la técnica habitual es la adición de cloro ( $\text{Cl}_2$ ). Este proceso culmina el tratamiento convencional.

b) Reducir la demanda de oxígeno al nitrificar el nitrógeno amoniacal en el medio receptor. La D.B.O. carbonosa disuelta ya ha quedado eliminada en el proceso biológico convencional. La eliminación de la materia orgánica nitrogenada se realiza mediante la nitrificación. Se producirán nitratos. Los nitratos que se consiguen hay que pasarlos a N gaseoso para extraerlo en esta forma del seno del agua.

c) Insolubilizar el fósforo para que precipite.

Si queremos reducir aún más parámetros básicos de contaminación, como la DBO o los SS, con lo que ya casi conseguiríamos agua reutilizable, debemos acudir a procesos de afino, Coagulación-Floculación-Decantación (C-F-D) y Filtración, típicos de una estación de tratamiento de aguas potables (E.T.A.P.).

Cierta materia orgánica refractaria y disuelta se consigue eliminar mediante procesos de adsorción (carbón activo), el color se puede eliminar mediante oxidación y las sales se pueden reducir con procesos de desalación (intercambio iónico, ósmosis inversa).

Se emplea, por tanto, cuando se han definido objetivos en los cauces receptores que exigen una excelente calidad del agua, para evitar problemas de eutrofización o simplemente hacer frente a cargas

excepcionales tanto en lo que se refiere a su cantidad (vertidos estacionales) como a su tipología (vertidos industriales). Actualmente es habitual realizar tratamientos terciarios con el objetivo final de reutilizar el agua.

Conviene advertir, por tanto, que, aunque se sigue utilizando el concepto de tratamiento terciario ya que se concebía como una etapa posterior al secundario, actualmente no tiene sentido ya que a veces se trata de procesos previos al secundario y otras son simplemente modificaciones del propio proceso biológico, por lo que quizá tendría más sentido hablar de tratamientos complementarios o avanzados.

Con estos procesos se consiguen obtener calidades que pueden permitir el uso del agua para consumo humano.

En todos los procesos se están produciendo residuos y fangos (primarios, secundarios, etc.). A diferencia de los procesos de tratamiento de potables, los fangos de una E.D.A.R. tienen una alta componente orgánica. Si no se tratan de forma adecuada pueden provocar olores y putrefacción. También pueden generar problemas sanitarios por las cargas de microorganismos que poseen. Es necesario someterlos a un tratamiento adecuado antes de su disposición final.

Tras los procesos de la línea de agua anterior conseguimos un subproducto a evacuar, el fango. El fango es agua con una contaminación en sólidos suspendidos muy elevada. Los problemas fundamentales que originan atendiendo a su disposición final, son numerosos, destacándose:

- Necesidad de una cierta extensión de terreno, a veces inexistente.
- Transporte de grandes cantidades de materias a zonas a veces alejadas.
- Impacto ambiental negativo (olores, insectos, lixiviados contaminantes, contaminación atmosférica, ...).

En una instalación de tratamiento de aguas residuales urbanas se pueden distinguir dos tipos de fangos, los llamados primarios, que son los sólidos sedimentados y evacuados en la decantación primaria y los fangos en exceso o biológicos, que son los producidos en el propio proceso biológico de tratamiento y que son evacuados del sistema en el decantador secundario.

## **1.4 LEGISLACIÓN**

### **1.4.1. NORMATIVA EUROPEA**

Encargada de la regulación del Tratamiento de Aguas Residuales Urbanas en la Unión Europea:

- Directiva 21 Mayo, 91/271/CEE

La Directiva Europea del 21 de Mayo de 1991 sobre el Tratamiento de Aguas Residuales Urbanas 91/271/CEE, modificada por la Directiva 98/15/CE, define los Sistemas de Recogida, Tratamiento y Vertido de las Aguas Residuales Urbanas y establece las medidas necesarias que los Estados miembros han de adoptar para garantizar que las aguas residuales urbanas reciben un tratamiento adecuado antes de su vertido. Esta Directiva ha sido transpuesta a la Normativa Española por el R.D. Ley 11/1995, el R.D. 509/1996, que lo desarrolla, y el R.D. 2116/1998 que modifica el anterior.

De forma resumida, la Directiva establece dos obligaciones claramente diferenciadas, en primer lugar las aglomeraciones urbanas deberán disponer, según los casos, de sistemas de colectores para la recogida y conducción de las aguas residuales y, en segundo lugar, se prevén distintos tratamientos a los que deberán someterse dichas aguas antes de su vertido a las aguas continentales o marinas. En la determinación de los tratamientos a que deberán someterse las aguas residuales antes de su vertido, se tiene en cuenta las características del emplazamiento donde se producen. De acuerdo con esto, los tratamientos serán más o menos rigurosos según se efectúen en zonas calificadas como sensibles, menos sensibles o normales.

#### **1.4.2. NORMATIVA ESTATAL**

Encargada de regular los vertidos a aguas del dominio público hidráulico:

- REAL DECRETO LEGISLATIVO 1/2001, 20 de Julio

El Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas que tiene como objetivo:

- La regulación del Dominio Público Hidráulico, del uso del agua y del ejercicio de las competencias atribuidas al Estado en las materias relacionadas con dicho dominio.
- La planificación hidrológica a la que deberá someterse toda actuación sobre el dominio público hidráulico.

Las aguas continentales superficiales, así como las subterráneas renovables, integradas todas ellas en el ciclo hidrológico, constituyen un recurso unitario, que forma parte del dominio público estatal como dominio público hidráulico. Las aguas minerales y termales se regularán por su legislación específica.

- REGLAMENTO 638/2006, 9 de Diciembre

Real Decreto 638/2016, de 9 de diciembre, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, el Reglamento de Planificación Hidrológica, aprobado por el Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, y otros reglamentos en materia de gestión de riesgos de inundación, caudales ecológicos, reservas hidrológicas y vertidos de aguas residuales.

En cuanto al tema de vertidos en la categoría de Río o en la categoría de Otros (Pozo Séptico o Sima Natural), no encontramos valores límites para cada parámetro estudiado en este Trabajo Fin de Grado, ya que dependen de muchos factores (fauna de la zona de vertido, distancia que lo separa del espacio marítimo, calidad ecológica de la misma, etc.); y son las propias empresas las que dan los detalles de su propio vertido y llegan a un acuerdo en los límites de los mismos con la autoridad competente.

### 1.4.3. NORMATIVA AUTONÓMICA

Encargada de regular los vertidos a aguas pertenecientes al dominio marítimo:

- DECRETO 47/2009, 4 de Junio

El Decreto 47/2009, de 4 de junio, aprueba el Reglamento de Vertidos desde Tierra al Litoral de la Comunidad Autónoma de Cantabria.

El presente Reglamento tiene por objeto el establecimiento del procedimiento para la solicitud, tramitación, otorgamiento, revisión, revocación y extinción de autorizaciones de vertido desde tierra al mar; en conformidad con lo dispuesto en la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas.

Todo vertido a las aguas litorales, y en general al dominio público marítimo-terrestre, requiere autorización administrativa, que ha de ser emitida por la Dirección General de Obras Hidráulicas y Ciclo Integral del Agua de la Consejería de Medio Ambiente bajo las condiciones que se establecen en el presente Reglamento. Dichas condiciones en cuanto a la limitación de vertido para los parámetros utilizados en este Trabajo Fin de Grado son:

- El pH debe estar comprendido entre valores de 6 y 9 unidades de pH.
- La Conductividad y los Cloruros no tiene ninguna limitación a la hora de vertido a mar.
- Los S.S.T. deben presentarse con un valor menor a 80 mg/l.
- La D.Q.O. ha de ser inferior a 200 mg/l de O<sub>2</sub>.
- La D.B.O.<sub>5</sub> ha de encontrarse inferior a 45 mg/l de O<sub>2</sub>.
- El Nitrógeno Amoniacal debe presentarse con valores inferiores a 20 mg/l.
- En cuanto a Nitratos no existe ninguna limitación, pero su valor siempre debe ser menor a 65 mg/l (valor correspondiente a la limitación de vertido de Nitrógeno Total).
- Lo mismo nos pasa con los Fosfatos. Su valor siempre ha de ser menor a 30 mg/l (valor correspondiente a la limitación de vertido de Fósforo Total).

- DECRETO 18/2009, 12 de Marzo

El Decreto 18/2009, de 12 de Marzo aprueba el Reglamento del Servicio Público de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuales de Cantabria.

Dicho Reglamento tiene por objetivo regular el Servicio Público de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuales de Cantabria, en desarrollo de las competencias atribuidas por la Ley de Cantabria 2/2002, de 29 de abril de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuales de la Comunidad Autónoma de Cantabria. Asimismo, es objeto del presente el establecimiento de las normas para la prestación del servicio de alcantarillado público que realizan las entidades locales de Cantabria.

Las finalidades para las que se ha redactado este documento son las siguientes:

- Garantizar mediante los tratamientos previos adecuados que las aguas residuales, industriales o de otra procedencia, que se vierten a los sistemas de saneamiento cumplan los límites establecidos en este Reglamento y en las autorizaciones o permisos preceptivos.

- Garantizar que los vertidos de las plantas de tratamiento cumplen las exigencias establecidas en la normativa vigente, de manera que no comporten efectos nocivos sobre el medio receptor y la salud de las personas.

- Garantizar el tratamiento adecuado de los residuos sólidos o semisólidos y las emisiones procedentes de los sistemas públicos de saneamiento para evitar efectos nocivos en el medio y en la salud de las personas, y para asegurar el cumplimiento de la normativa aplicable.

## **2. ANTECEDENTES Y OBJETIVO**

Oxital es una empresa pionera en Cantabria en el desarrollo de soluciones innovadoras en depuración y mantenimiento de aguas que se fundó hace 26 años.

El departamento de Análisis Físico-Químico realiza las analíticas de las aguas, tanto de consumo humano como residuales, las cuales previamente han sido recogidas y correctamente etiquetadas por los operarios, en los diferentes restaurantes, piscinas, depósitos, sistemas de refrigeración y redes de abastecimiento de agua de ayuntamientos con las que tiene contratado sus servicios la empresa.

Este proyecto está basado en los parámetros recogidos durante los 6 meses de realización de prácticas en el área de Análisis Físico-Químico del laboratorio de dicha empresa correspondientes a cinco E.D.A.R de Cantabria. Para el análisis de los diferentes parámetros en cada municipio se utilizan datos de los 4 primeros meses de prácticas, ya que, son los facilitados por la empresa tras haberlos introducido en su base de datos.

El objetivo de este proyecto es analizar el funcionamiento de las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales en las cuáles se ha llevado un control de datos a través de la variación de los diferentes parámetros analizados (pH, conductividad, S.S.T., D.Q.O., D.B.O.<sub>5</sub>, nitrógeno amoniacal, nitratos, fosfatos y cloruros). Se determinarán los valores medios habituales de cada parámetro y su margen de variación, así como una comparación de estos valores entre las distintas E.D.A.R.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 DESCRIPCIÓN DE LAS E.D.A.R. OBJETO DE ESTUDIO**

Las E.D.A.R. que han sido objeto de seguimiento en este T.F.G. corresponden a cinco municipios de Cantabria, los cuales, por política de la empresa Oxital no podemos nombrar, pero que definimos a continuación:

##### **- MUNICIPIO 1**

EDAR situada a 46 m. sobre el nivel del mar y que abastece a una población de más de 2000 habitantes equivalentes. En los meses de verano dicha EDAR resulta insuficiente debido al gran aumento de población y de caudales a la cual presta su servicio. Su punto de vertido es el mar (efluente a aguas costeras con calidad ecológica buena). El tratamiento que lleva a cabo la EDAR es el siguiente:

- PRE-TRATAMIENTO: Desbaste, Desarenado, Desengrasado.
- TRATAMIENTO SECUNDARIO: Tratamiento Biológico (Fangos Activos (baja carga)), Decantación Secundaria.
- DESINFECCIÓN: Cloración (para poder verter a línea de costa mediante canalización abierta).
- LÍNEA DE FANGOS: Espesamiento (extracción camión-cuba cada más o menos 15 días), Tratamiento por Gestor Autorizado.

##### **- MUNICIPIO 2**

EDAR situada a 70 m. sobre el nivel del mar y que abastece a una población de entre 250 y 2000 habitantes equivalentes. Su punto de vertido es el mar (efluente a aguas costeras con calidad ecológica buena). El tratamiento que lleva a cabo la EDAR es el siguiente:

- PRE-TRATAMIENTO: Desbaste (grueso y fino).
- TRATAMIENTO SECUNDARIO: Tratamiento Biológico (balsa de aireación que reduce la DBO mediante el oxígeno del aire a través de aireadores

sumergidos), Decantación Secundaria (mediante sedimentación separa los fangos en suspensión).

- RECIRCULACIÓN a la balsa de aireación de los fangos en exceso del decantador convirtiéndolos en fangos inertes.
- DESINFECCIÓN: Cloración.
- LÍNEA DE FANGOS: Espesamiento (extracción camión-cuba cada más o menos 15 días), Tratamiento por Gestor Autorizado.

### - MUNICIPIO 3

EDAR situada a 140 m. sobre el nivel del mar y que abastece a una población de entre 25 y 100 habitantes equivalentes. Su punto de vertido se corresponde a un pozo séptico. El tratamiento que lleva a cabo la EDAR es el siguiente:

- TRATAMIENTO SECUNDARIO: Aireación prolongada de arranque y parada automática en función del oxígeno disuelto, Decantación con Recirculación de Fangos y Espesador.

### - MUNICIPIO 4

EDAR situada a 115 m. sobre el nivel del mar y que abastece a una población de entre 100 y 250 habitantes equivalentes. Su punto de vertido se corresponde a una sima natural (procedimiento no muy ortodoxo desde el punto de vista ecológico, puesto que no permite el seguimiento del efluente, ni de la capacidad de amortiguación del medio, ni de la repercusión de los ecosistemas con los que interactúa). El tratamiento que lleva a cabo la EDAR es el siguiente:

- PRE-TRATAMIENTO: Desbaste.
- TRATAMIENTO SECUNDARIO: Tratamiento Biológico (Fangos Activos (baja carga)), Decantación Secundaria (en estático).
- LÍNEA DE FANGOS: Espesamiento (extracción camión-cuba cada más o menos 15 días), Tratamiento por Gestor Autorizado.

## - MUNICIPIO 5

EDAR situada a 87 m. sobre el nivel del mar y que abastece a una población de entre 250 y 2000 habitantes equivalentes. Su punto de vertido es el río (calidad ecológica buena) excepto en algunas ocasiones, en la que la totalidad del efluente es recirculado para mantener en óptimas condiciones el filtro percolador, por lo que no se realiza vertido. El tratamiento que lleva a cabo la EDAR es el siguiente:

- PRE-TRATAMIENTO: Desbaste, Tamizado.

TRATAMIENTO SECUNDARIO: Lecho de Turbas, Tratamiento Biológico (Biofiltro Percolador (sustrato grava)).

### 3.2 TOMA DE MUESTRAS

Dada la variación a lo largo del día de las características de las aguas residuales urbanas, para su correcta caracterización se precisa que la toma de muestras sea representativa. Por ello, lo correcto en una campaña de muestreo es proceder a la toma de muestras a intervalos regulares de tiempo a lo largo de todo un día, procediendo a determinar los caudales en el momento de la toma de muestras individuales. En el caso de la empresa Oxital, las muestras son tomadas por sus operarios a primera hora de la mañana y en intervalos de 15 días, para llevar a cabo un seguimiento y control de los diferentes parámetros en las diferentes depuradoras que controla. Dicha muestra se remite, convenientemente conservada y lo más rápido posible, a laboratorio, para la realización de las pertinentes determinaciones físico-químicas y microbiológicas.

En estas muestras individuales también se determinaran los parámetros que deben medirse in situ: pH, conductividad, oxígeno disuelto y temperatura.

Se dispone de datos de cada parámetro a la entrada y a la salida de cada E.D.A.R. Puesto que el operario tomaba dichas muestras a la vez, no se tiene en cuenta el tiempo de residencia de las aguas en la E.D.A.R., lo que provoca que no estemos analizando el mismo agua en ambas situaciones.

### 3.3 TÉCNICAS ANALÍTICAS

#### 3.3.1 pH

El pH es una medida del grado de acidez o alcalinidad de una disolución que nos indica la concentración de iones hidronio  $[H_3O]^+$  presentes en determinadas disoluciones. La temperatura afecta al pH, por lo que las medidas se realizan in situ por los operarios. Valores de pH por debajo de 7 (Ácidos) favorecen corrosiones en la red de distribución, y en cambio, valores de pH por encima de 7 (Alcalinos) pueden ser asociados a la presencia de aguas coloreadas. Para llevar a cabo esta determinación utilizamos el pHmetro, el cual nos indica la diferencia de potencial entre dos electrodos (el de referencia y el de vidrio (sensible al ion hidrógeno)) que son los que introducimos en la muestra a analizar.

Todas las mañanas, una de las tareas principales es la de calibrar y verificar el pHmetro, para luego poder realizar las medidas oportunas a las muestras de agua a analizar. Para ello se dispone de diferentes patrones, tanto de calibración como de verificación (pH 7 y pH 4), los cuales son renovados diariamente. En primer lugar, se calibra el equipo indicándole el patrón de pH 7 y a continuación el patrón de pH 4. Posteriormente se lleva a cabo una comprobación de haber realizado la calibración correctamente anotando los datos de la pendiente, sensibilidad y asimetría correspondientes a la misma, y comprobando que estaban dentro del rango permitido. Para finalizar con este equipo se llevaba a cabo la verificación del mismo usando para ello los patrones de verificación también de pH 7 y de pH 4. Todos los valores se anotan en los formularios correspondientes y se comprueba que están dentro de los rangos permitidos para poder llevar a cabo correctamente las mediciones de pH de las muestras necesarias durante el día.

### **3.3.2 CONDUCTIVIDAD**

La conductividad es la capacidad de una solución para transportar la corriente eléctrica. Puede estar afectada por el medio que atraviesa el agua a medir (posibilidad de disolución con rocas y demás materiales), el tipo de sales presentes, el tiempo de disolución, la temperatura, los gases disueltos, el pH y todo tipo de factores que puedan afectar a la solubilidad de soluto en el agua. El agua residual presenta una mayor conductividad que el agua de consumo humana. Para su medida se utiliza el conductivímetro, el cual al introducirlo en la muestra a analizar nos ofrece el resultado, generalmente en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Al igual que con el pHmetro, también se lleva a cabo la calibración o verificación del conductivímetro. Para ello se disponen de tres patrones de calibración y verificación: patrón de calibración y verificación de  $1482 \mu\text{S}/\text{cm}$ , patrón de calibración de conductividad muy baja y patrón de calibración de conductividad muy alta. Cada lunes se calibra el equipo con estos patrones, sin embargo, el resto de la semana tan sólo se verifica que el equipo sigue trabajando correctamente. Para ello se mide el valor de la conductividad del patrón de verificación de  $1482 \mu\text{S}/\text{cm}$ , y en caso de ser necesario, se ajusta la constante de célula de medida del equipo. Los valores eran anotados y se comprobaba que estuvieran dentro de un rango de valores permitidos para luego poder realizar las mediciones oportunas a las muestras a analizar.

### **3.3.3 SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES**

Los Sólidos Suspendidos Totales (S.S.T.), al igual que los Sólidos Suspendidos Volátiles (S.S.V.), son parámetros que indican la cantidad de sólidos en suspensión presentes en una disolución.

Para su cálculo en el laboratorio se realizan diferentes pasos:

- Lo primero es realizar un patrón de verificación de unos determinados ppm (partes por millón) de celulosa, para que al finalizar todo el procedimiento se vea que ha sido llevado a cabo de manera satisfactoria, comprobando que el resultado obtenido está dentro de los márgenes de error permitidos por el

patrón.

- Se pesan todos los filtros limpios individualmente en una balanza de gran precisión (se tienen en cuenta cuatro cifras decimales).
- Se enumeran cada uno de esos filtros para que posteriormente no se descloquen (cada uno de ellos va a corresponder a una muestra).
- A continuación, se lleva a cabo el filtrado de cada muestra a analizar sobre el filtro correspondiente (a veces es necesario guardar ese filtrado para realizar posteriores analíticas).
- Se introducen todos esos filtros, con los sólidos obtenidos en cada filtrado, en una estufa durante dos horas para proceder a su secado.
- Se pesan todos los filtros en la misma balanza que anteriormente. Con la diferencia de peso y teniendo en cuenta el volumen inicial de agua en la muestra, se obtienen los resultados de los S.S.T. en mg/l.
- Para el cálculo de los S.S.V., tras la pesada en la balanza de los filtros, se introducen en la mufla (550 °C) durante dos horas.
- Una vez transcurridas esas dos horas, volvemos a pesar dichos filtros en la misma balanza. Con las diferencias de pesos obtenidas en la estufa y tras la mufla; y considerando el volumen de agua inicial de la muestra se obtienen resultados de los S.S.V. en mg/l.

### **3.3.4 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (D.Q.O.)**

La Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O.) es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación de una muestra.

Para su cálculo en el laboratorio se llevan a cabo los siguientes pasos:

- En un tubo de ensayo se añaden un volumen preciso de muestra a analizar, junto con un volumen determinado de dicromato potásico y un volumen determinado de sulfuro de plata (contiene gran cantidad de ácido sulfúrico).

- Previamente se mide tanto la conductividad como los cloruros de dicha muestra para que no intervengan de manera negativa en los resultados de la analítica. En caso de superar los límites permitidos se realizan diferentes cálculos y se aplican diluciones a la muestra hasta estar dentro del rango permitido.
- Dicho tubo de ensayo se mete en un digestor a 120 °C, en el que permanece durante dos horas desde que alcanza dicha temperatura.
- Una vez en frío se valora con una disolución de FAS (sulfato ferroso de amonio). Previamente se constata que la concentración del FAS está dentro del rango permitido. Se utiliza como indicador la ferroína ( $C_{36}H_{24}FeN_6^{2+}$ ).
- En función del volumen en ml. de FAS consumido, y a través de una serie de cálculos, se obtiene el resultado en mg O<sub>2</sub>/l.

Para cada tanda de este ensayo se utiliza un patrón de diferentes ppm y una muestra en blanco (agua destilada) para comprobar que los resultados obtenidos son correctos comparándolos con los límites de error permitidos tanto como por el patrón como por el blanco.

### **3.3.5 DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO (D.B.O.<sub>5</sub>)**

La Demanda Biológica de Oxígeno transcurridos cinco días de reacción (D.B.O.<sub>5</sub>) es un parámetro que mide la cantidad de oxígeno consumido al degradar la materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos que contiene una muestra. Se utiliza para medir el grado de contaminación y el resultado se expresa en mg O<sub>2</sub>/l.

### **3.3.6 NITRÓGENO AMONICAL (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)**

El catión Amonio es un posible indicador de contaminación del agua. Su presencia en agua de consumo humano no tiene repercusiones inmediatas sobre la salud, no obstante, el amoniaco puede reducir la eficiencia de la desinfección, ocasionar la formación de nitrito en sistemas de distribución, obstaculizar la eliminación de manganeso mediante filtración y producir problemas organolépticos. Para su

determinación se utiliza un kit específico de amonio (Marca → Nanocolor ®) que lleva a cabo un método regido por la normativa DIN (a pH aproximado de 12,6 el amonio en presencia de sodio nitroprusiato como catalizador, reacciona con hipoclorito y salicilato para formar un indofenol azul).

La disolución obtenida en el kit se vierte en una cubeta, se introduce en el espectrofotómetro, se selecciona la medida a realizar ( $\text{N-NH}_4^+$ ) y el equipo. devuelve el resultado en mg/l.

### 3.3.7 NITRATOS ( $\text{N-NO}_3^-$ )

El nitrógeno del nitrato es la forma más altamente oxidada del nitrógeno que se encuentra en las aguas residuales. Las concentraciones de nitrato en una muestra de agua son muy importantes, ya que, las normas de agua potable las limitan debido a sus graves efectos sobre la salud.

La técnica de espectrofotometría ultravioleta mide la absorbancia del nitrato a 220 nm, y es adecuada para la determinación del ion nitrato. Debido a que la materia orgánica disuelta también puede absorber a 220 nm, y a que el  $\text{NO}_3^-$  no absorbe a 275 nm, se usa una segunda medición a 275 nm para corregir el valor de  $\text{NO}_3^-$ .

Para su cálculo en el laboratorio se llevan a cabo los siguientes pasos:

- El método espectrofotométrico requiere una muestra ópticamente limpia, por lo cual las muestras turbias se deben filtrar a través de un filtro de membrana de 0,45  $\mu\text{m}$  de diámetro de poro.
- A partir de la solución patrón de nitratos de 100 mg  $\text{N-NO}_3^-/\text{L}$ , preparar las soluciones de trabajo de 0,03 – 0,10 – 2 y 5 mg  $\text{N-NO}_3^-/\text{L}$  y elaborar la recta de calibración.
- En erlenmeyer de 125 ml, verter 25 ml de las soluciones de trabajo y añadir 0,5 ml de solución HCl 1 N.
- En otros Erlenmeyer realizar la misma operación, pero con los 25 ml de la muestra a analizar ya filtrada y 0,5 ml de solución HCl 1 N.
- Encender el espectrofotómetro UV-VIS y cargar la última recta de calibración.

- Verificar que la celda de vidrio está perfectamente limpia y proceder a realizar las medidas fotométricas. Es necesario utilizar un blanco de 220 nm y 275 nm como se ha indicado.
- El espectrofotómetro arroja los resultados en mg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/L de acuerdo al factor de dilución introducido en el momento de la lectura, aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{mg N-NO}_3^-/\text{l} = m \times (\text{absorbancia}_{220\text{nm}} - (2 \times \text{absorbancia}_{275\text{nm}}))$$

“m” es la inversa de la pendiente de la curva de calibración, la cual, deberá estar dentro de unos márgenes de error permitidos.

### 3.3.8 FOSFATOS (P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>)

El fósforo también es esencial para el crecimiento de algas y otros organismos biológicos. Debido a que en aguas superficiales tienen lugar nocivas proliferaciones incontroladas de algas, actualmente existe mucho interés en limitar la cantidad de compuestos de fósforo que alcanzan las aguas superficiales por medio de vertidos de aguas residuales domésticas, industriales, y a través de las escorrentías naturales.

Las formas más frecuentes en las que se presenta el fósforo en soluciones acuosas incluyen el ortofosfato, el polifosfato y los fosfatos orgánicos. Los ortofosfatos (incluyen las moléculas con dos o más átomos de fósforo, átomos de oxígeno y, en determinados casos, átomos de hidrógeno combinados en moléculas complejas), como el PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> por ejemplo, se hallan disponibles para el metabolismo biológico sin que sea precisa una ruptura posterior.

La determinación del ortofosfato puede llevarse a cabo añadiendo directamente alguna sustancia que origine un complejo coloreado con el fosfato, como pueda ser el caso del molibdato amónico. En cambio, los polifosfatos y fosfatos orgánicos deben convertirse en ortofosfatos antes de poder ser determinados de forma semejante.

Para su determinación en el laboratorio se utiliza un kit específico. Siguiendo los pasos indicados y con diferentes reactivos, se obtiene una disolución, que se vierte en una cubeta, se introduce en el espectrofotómetro (que contiene una recta de calibrado

realizada previamente) y se selecciona la medida a realizar ( $P- PO_4^{3-}$ ). El resultado se indica en mg/l.

### **3.3.9 CLORUROS ( $Cl^-$ )**

Su presencia se atribuye a la disolución de depósitos minerales de sal gema. A veces, un aumento esporádico del contenido de cloruros viene provocado por la descarga de aguas residuales domésticas, agrícolas e industriales a aguas superficiales. En lugares donde la dureza del agua sea elevada, los compuestos que reducen la dureza del agua también son una importante fuente de aportación de cloruros. Puesto que los métodos convencionales de tratamiento de las aguas no contemplan la eliminación de cloruros en cantidades significativas, concentraciones de cloruros superiores a las normales pueden constituir indicadores de que la masa de agua receptora está siendo utilizada para el vertido de aguas residuales.

Para su determinación se utiliza un kit específico de cloruros. Siguiendo los pasos indicados y con diferentes reactivos, se obtiene una disolución, que se vierte a una cubeta, se introduce al espectrofotómetro (que contiene una recta de calibrado realizada previamente) y se selecciona la medida a realizar ( $Cl^-$ ). El resultado se indica en mg/l.

## 4. RESULTADOS

En el Anexo I se recogen las tablas con los resultados obtenidos en los 5 Municipios estudiados. Con estos valores se han elaborado gráficas comparativas de cada parámetro con los valores de entrada y salida en cada Municipio, las cuales las encontramos en el Anexo II.

También se ha realizado una comparativa de todos los valores de entrada y todos los valores de salida de cada uno de los Municipios para cada parámetro.

### 4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 4.1.1. pH

La Figura 2 muestra la comparativa de los valores del pH a la entrada en los diferentes municipios:

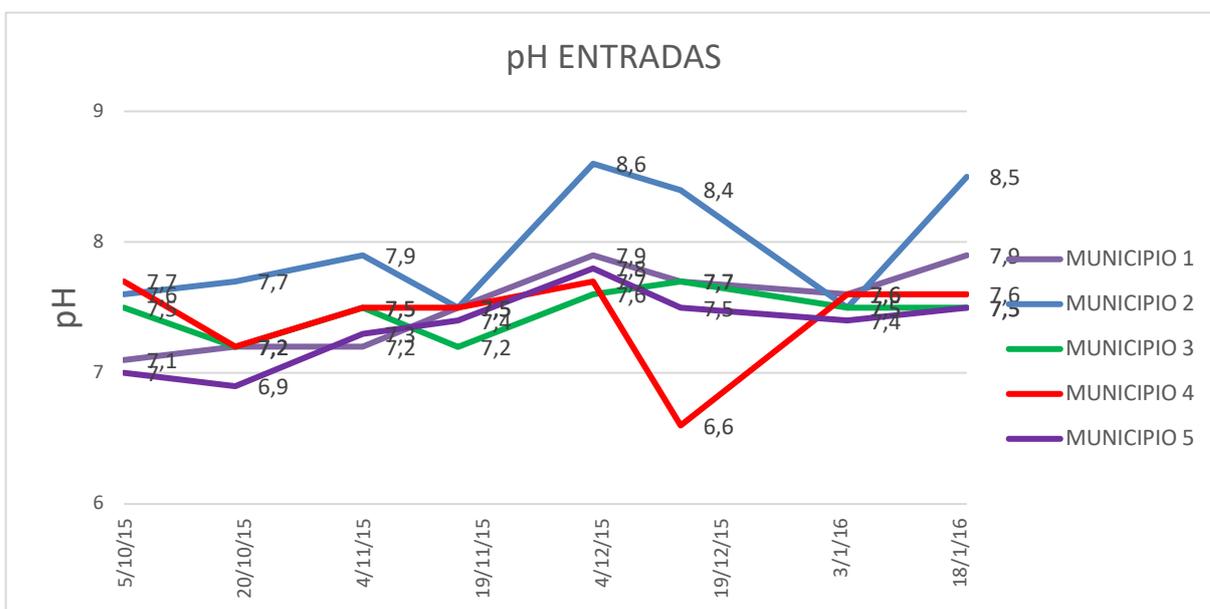
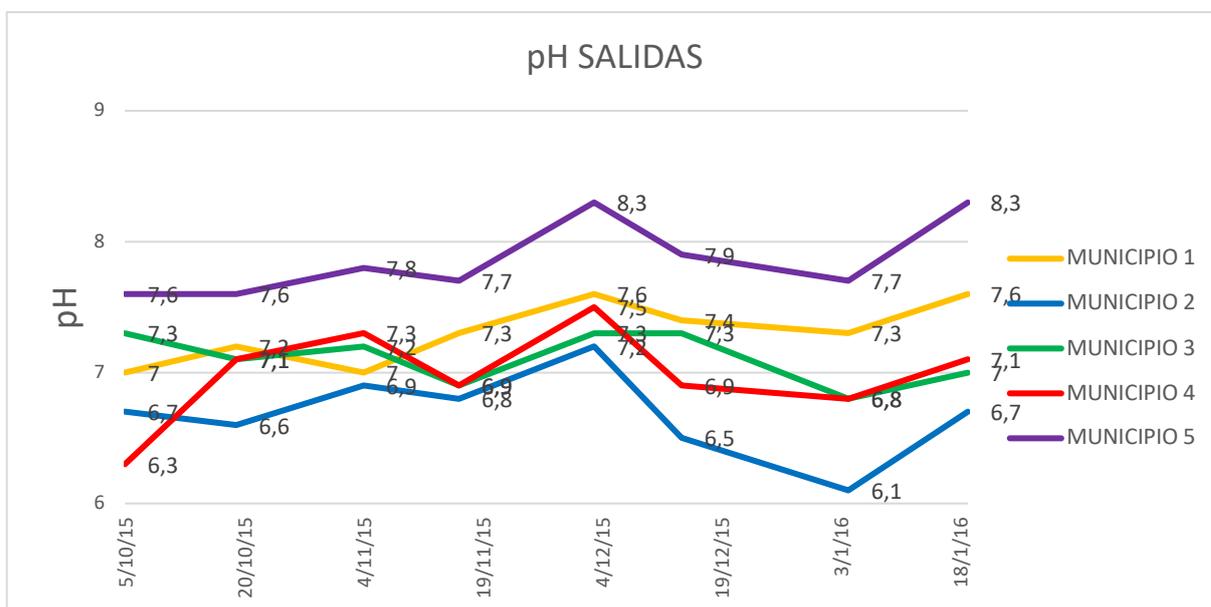


Figura 2. Gráfico comparativo pH entradas en las diferentes E.D.A.R.

La Figura 3 muestra la comparativa de los valores del pH a la salida en los diferentes municipios:



**Figura 3.** Gráfico comparativo pH salidas en las diferentes E.D.A.R.

Con estas dos figuras pueden visualizarse los márgenes de variación de pH entre todas las entradas y todas las salidas en todas las depuradoras. El análisis de los datos del Anexo I y las figuras del Anexo II permite elaborar la siguiente tabla que nos muestra el valor medio del pH a la entrada y a la salida en cada municipio, así como la desviación estándar de los valores, y la variación (incremento o disminución expresado en %) de la salida respecto a la entrada:

**Tabla 2.** Valores promedios pH entrada y salida, Desviaciones Estándar y Variación (%) de la salida respecto entrada en las diferentes E.D.A.R

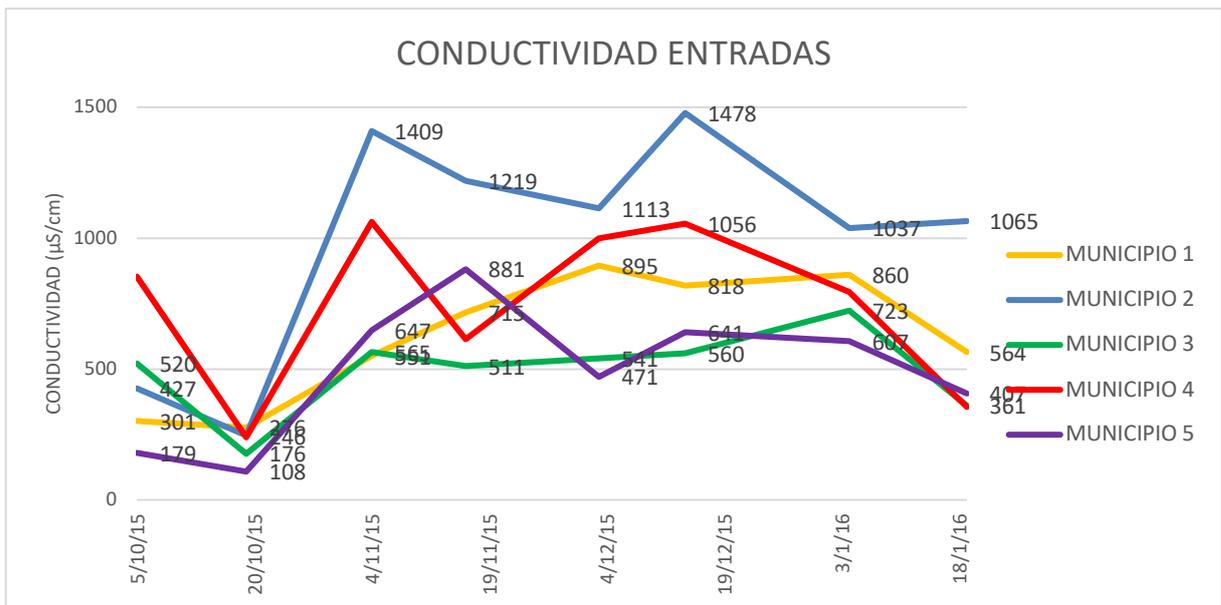
MUNICIPIO	VALOR PROMEDIO A LA ENTRADA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	VALOR PROMEDIO A LA SALIDA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	VARIACIÓN
1	7,5	0,3	7,3	0,2	- 2,8 %
2	7,9	0,4	6,6	0,3	- 16 %
3	7,4	0,1	7,1	0,1	- 4,6 %
4	7,4	0,3	6,9	0,3	- 5,8 %
5	7,3	0,2	7,8	0,2	+ 6,9 %

La legislación limita el vertido entre 6 y 9 unidades de pH, por lo que se cumplen todos los valores a la salida de las E.D.A.R que vierten a aguas de dominio marítimo (Municipios 1 y 2). En cuanto a las E.D.A.R. del resto de Municipios estudiados, como se ha comentado en el apartado de legislación, no tenemos valores límite de vertido. Se produce una disminución media de la salida respecto a la entrada en las E.D.A.R. de 4 de los municipios: E.D.A.R. Municipio 1 (2,8 %), E.D.A.R. Municipio 2 (16 %), E.D.A.R. Municipio 3 (4,6 %) y E.D.A.R. Municipio 4 (5,8 %). Hay un aumento medio de la salida respecto a la entrada en la E.D.A.R. Municipio 5 (6,9 %).

Dichas variaciones no son significativas, por lo que nos fijamos en los valores medios de las mediciones en las entradas (varían entre 7,3 - 7,9) y en las salidas (varían entre 6,6 – 7,8). Estos valores corresponden a pH prácticamente neutros, por lo que no se puede decir nada reseñable, el funcionamiento de la depuradora es adecuado.

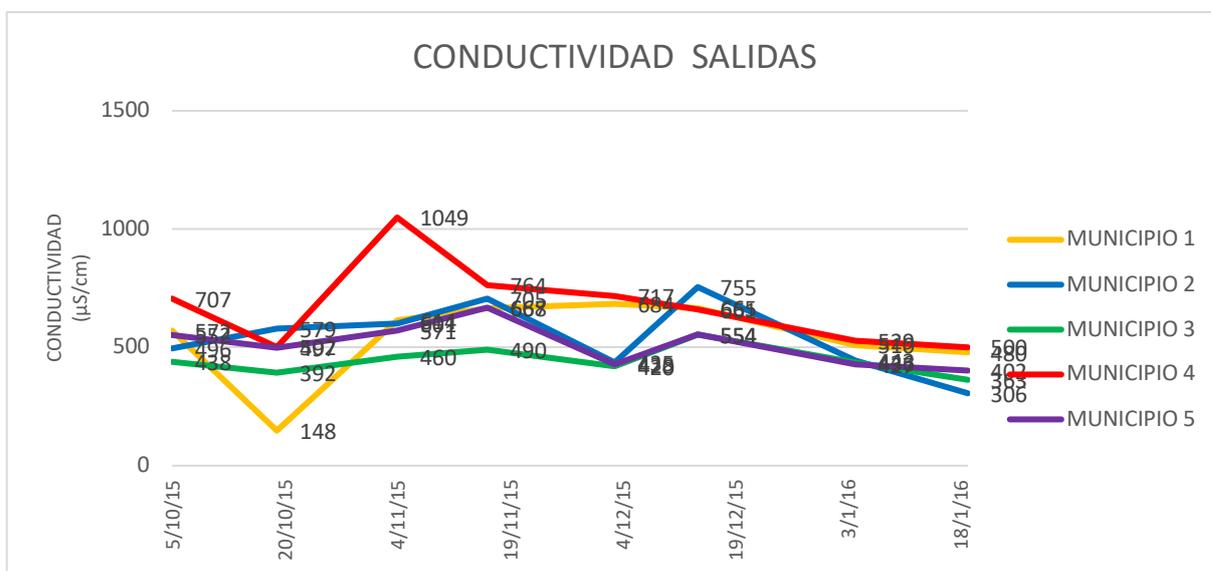
#### 4.1.2. CONDUCTIVIDAD

La Figura 4 la comparativa de los valores de la conductividad a la entrada en los diferentes municipios:



**Figura 4.** Gráfico comparativo conductividad entradas en las diferentes E.D.A.R.

La Figura 5 muestra la comparativa de los valores de la conductividad a la salida en los diferentes municipios:



**Figura 5.** Gráfico comparativo conductividad salidas en las diferentes E.D.A.R.

El análisis de las figuras del Anexo II permite elaborar la siguiente tabla que nos muestra el valor medio de la conductividad la entrada y a la salida en cada municipio, así como la desviación estándar de los valores, y la variación (incremento o disminución expresado en %) de la salida respecto a la entrada:

**Tabla 3.** Valores promedios Conductividad entrada y salida, Desviaciones Estándar y Variación (%) de la salida respecto entrada en las diferentes E.D.A.R

MUNICIPIO	VALOR PROMEDIO A LA ENTRADA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	VALOR PROMEDIO A LA SALIDA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	VARIACIÓN
1	622,5	241,8	542,5	176,1	- 12,8 %
2	999,2	440,6	540	149,1	- 43,1 %
3	494,6	162	444,1	59	- 10,2 %
4	746,6	316	678,6	182,2	- 9,1 %
5	492,6	257,4	512,3	90,8	+ 4 %

La legislación no limita el vertido del parámetro de Conductividad en las E.D.A.R. que vierten a aguas de dominio marítimo (Municipio 1 y 2), ya que no afectarían en nada a dichas aguas. En cuanto a las E.D.A.R. del resto de Municipios estudiados no tenemos valores límite de vertido.

De nuevo se produce una disminución media de la salida respecto a la entrada en las E.D.A.R. de: Municipio 1 (12,8 %), Municipio 2 (43,1 %), Municipio 3 (10,2 %) y Municipio 4 (9,1 %); y un aumento medio de la salida respecto a la entrada en la E.D.A.R. Municipio 5 (4,0 %). Al igual que con el pH, los aumentos y las disminuciones de las salidas con respecto a las entradas son poco significativos y parecen aleatorios. Los valores medios de la salida oscilan entre 444,1 y 678,6, por lo que la variación más importante la encontramos en la E.D.A.R. del Municipio 2, debido a una entrada con valores más altos que en el resto (valor medio de entrada 999,25  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Posiblemente sea ocasionado por la recirculación de fangos a la balsa de aireación. También puede producirse por la influencia de algún vertido industrial mayoritario respecto al vertido doméstico o por alguna pequeña filtración de agua salina en el sistema de alcantarillado antes de llegar a la depuradora.

#### 4.1.3. SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES

La Figura 6 muestra la comparativa de los valores de los sólidos suspendidos totales a la entrada en los diferentes municipios:

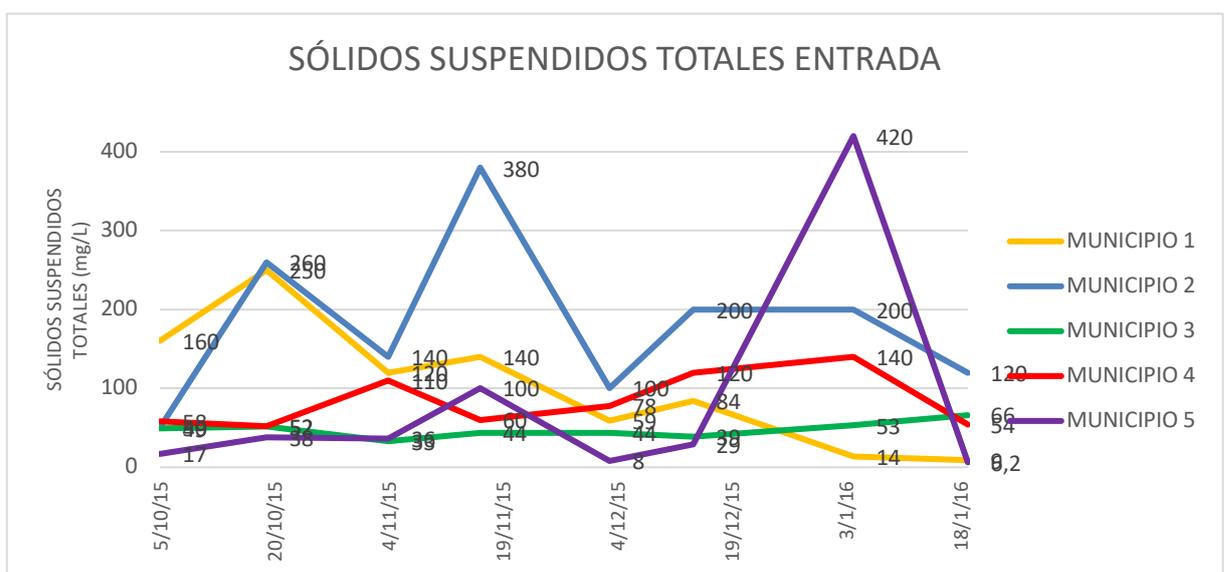
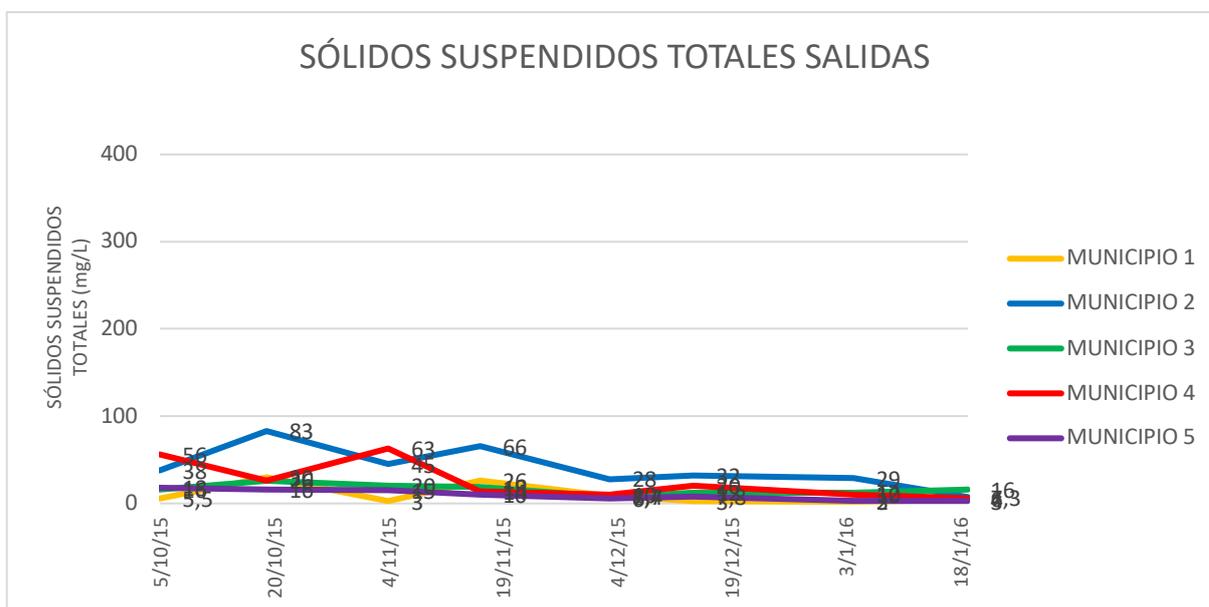


Figura 6. Gráfico comparativo S.S.T. entradas en las diferentes E.D.A.R.

La Figura 7 muestra la comparativa de los valores de los sólidos suspendidos totales a la salida en los diferentes municipios:



**Figura 7.** Gráfico comparativo S.S.T. salidas en las diferentes E.D.A.R.

Como en los casos anteriores, el análisis de las figuras del Anexo II permite elaborar la siguiente tabla que nos muestra el valor medio de los S.S.T. a la entrada y a la salida en cada municipio, así como la desviación estándar de los valores, y la variación (incremento o disminución expresado en %) de la salida respecto a la entrada:

**Tabla 4.** Valores promedios S.S.T. entrada y salida, Desviaciones Estándar y Variación (%) de la salida respecto entrada en las diferentes E.D.A.R

MUNICIPIO	VALOR PROMEDIO A LA ENTRADA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	VALOR PROMEDIO A LA SALIDA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	VARIACIÓN
1	104,5	80,6	10,2	11,8	- 90,2 %
2	181,2	103,9	41	23,7	- 77,3 %
3	47,5	10	16	5,6	- 66,1 %
4	84	34,4	25,6	21,9	- 73 %
5	81,7	139,8	9,8	5,8	- 89,9 %

La legislación limita el vertido a valores por debajo de 80mg/l, por lo que se cumplen todos los valores a las salidas de las E.D.A.R que vierten a aguas de dominio marítimo (Municipio 1 y 2), excepto en un caso del Municipio 2 en el que se registra un valor de 83 mg/l. Decir que a pesar de existir una tabla de vertido con valores límite de cada parámetro, cada E.D.A.R. posee su autorización de vertido tras llegar a un acuerdo con la Consejería de Medio Ambiente, por lo que es posible que este valor se encuentre dentro del rango permitido en dicha autorización. En cuanto a las E.D.A.R. del resto de Municipios estudiados no tenemos valores límite de vertido.

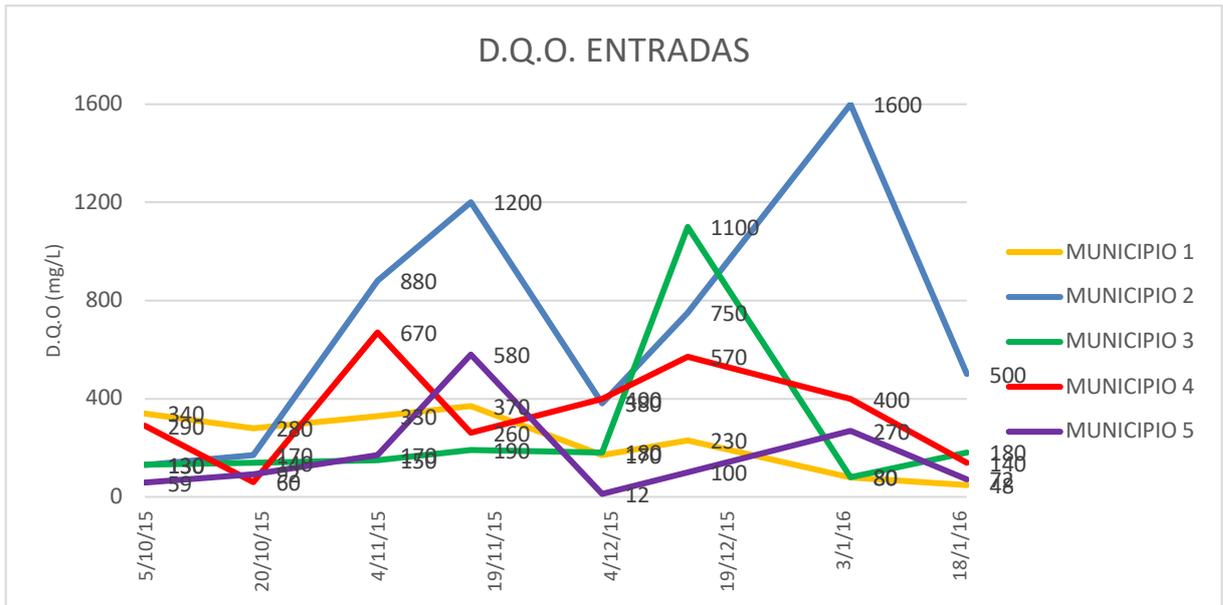
Se produce una disminución media importante de la salida respecto a la entrada en la E.D.A.R. de todos los Municipios: E.D.A.R. Municipio 1 (90,2 %), E.D.A.R. Municipio 2 (77,3 %), E.D.A.R. Municipio 3 (66,1 %), E.D.A.R. Municipio 4 (73 %) y E.D.A.R. Municipio 5 (89,9 %).

El valor más reseñable se encuentra en una entrada del Municipio 5 (420 mg/l), ya que el resto se encuentran todas por debajo de 400 mg/l. Todas se reducen en la salida a valores menores de 100 mg/l.

Todas las E.D.A.R. analizadas resultan eficaces en las etapas de pretratamiento o tratamiento primario en los que se disminuyen los indicadores de este parámetro (desbaste, tamizado, desarenado, desengrasado...) y en la decantación tras el tratamiento secundario.

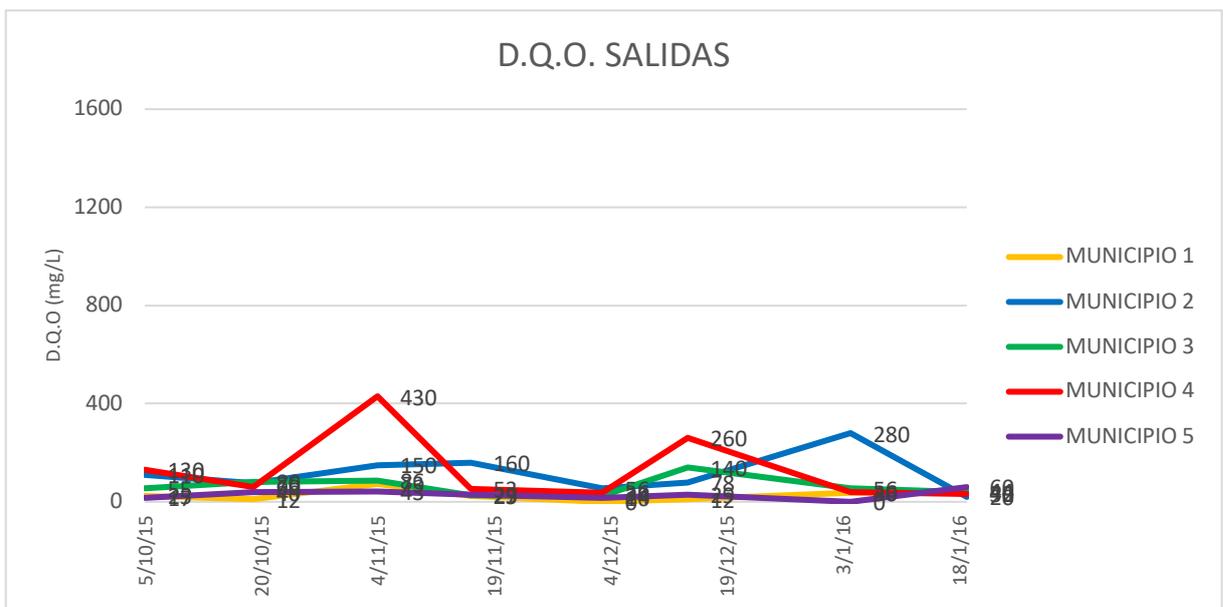
#### 4.1.4. DEMANDA QUÍMICA OXÍGENO

La Figura 8 muestra la comparativa de los valores de la D.Q.O. a la entrada en los diferentes municipios:



**Figura 8.** Gráfico comparativo D.Q.O. entradas en las diferentes E.D.A.R.

La Figura 9 muestra la comparativa de los valores de la D.Q.O. a la salida en los diferentes municipios:



**Figura 9.** Gráfico comparativo D.Q.O. salidas en las diferentes E.D.A.R.

El análisis de las figuras del Anexo II permite elaborar la siguiente tabla que nos muestra el valor medio de la D.Q.O. a la entrada y a la salida en cada municipio, así como la desviación estándar de los valores, y la variación (incremento o disminución expresado en %) de la salida respecto a la entrada:

**Tabla 5.** *Valores promedios D.Q.O entrada y salida, Desviaciones Estándar y Variación (%) de la salida respecto entrada en las diferentes E.D.A.R*

MUNICIPIO	VALOR PROMEDIO A LA ENTRADA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	VALOR PROMEDIO A LA SALIDA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	VARIACIÓN
1	231	121,5	28,3	22,8	- 87,7 %
2	701,2	513,1	116,2	80,9	- 83,4 %
3	268,7	337,7	63,5	38,1	- 76,3 %
4	348,7	205,5	130,1	143,5	-62,6 %
5	169,3	183,6	29,2	18,6	- 82,7 %

La legislación limita el vertido Limitado por debajo de 200 mg/l, por lo que se cumplen todos los valores a las salidas de las E.D.A.R que vierten a aguas de dominio marítimo (Municipio 1 y 2), excepto en un caso del Municipio 2 en el que se registra un valor de 280 mg/l. Decir que a pesar de existir una tabla de vertido con valores límite de cada parámetro, cada E.D.A.R. posee su autorización de vertido tras llegar a un acuerdo con la Consejería de Medio Ambiente, por lo que es posible que este valor se encuentre dentro del rango permitido en dicha autorización. En cuanto a las E.D.A.R. del resto de Municipios estudiados no tenemos valores límite de vertido.

Se produce una disminución media importante de la salida respecto a la entrada en las E.D.A.R. de todos los Municipios: E.D.A.R. Municipio 1 (87,7%), E.D.A.R. Municipio 2 (83,4 %), E.D.A.R. Municipio 3 (76,3 %), E.D.A.R. Municipio 4 (62,6 %) y E.D.A.R. Municipio 5 (82,7 %).

Como valor reseñable a la entrada, encontramos un pico en el Municipio 2 de 1600 mg/l, ya que el resto están todos por debajo de 1200 mg/l.

En la salida nos ocurre lo mismo con un valor más elevado que el resto en el Municipio 2, en el cual se mide un valor de 190 mg/l mientras que el resto están todos por debajo de 50 mg/l.

Todas las E.D.A.R. analizadas resultan eficaces en las etapas de reducción de DQO que se llevará a cabo fundamentalmente en el tratamiento secundario.

#### 4.1.5. DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO

La Figura 10 muestra la comparativa de los valores de la D.B.O.<sub>5</sub> a la entrada en los diferentes municipios:

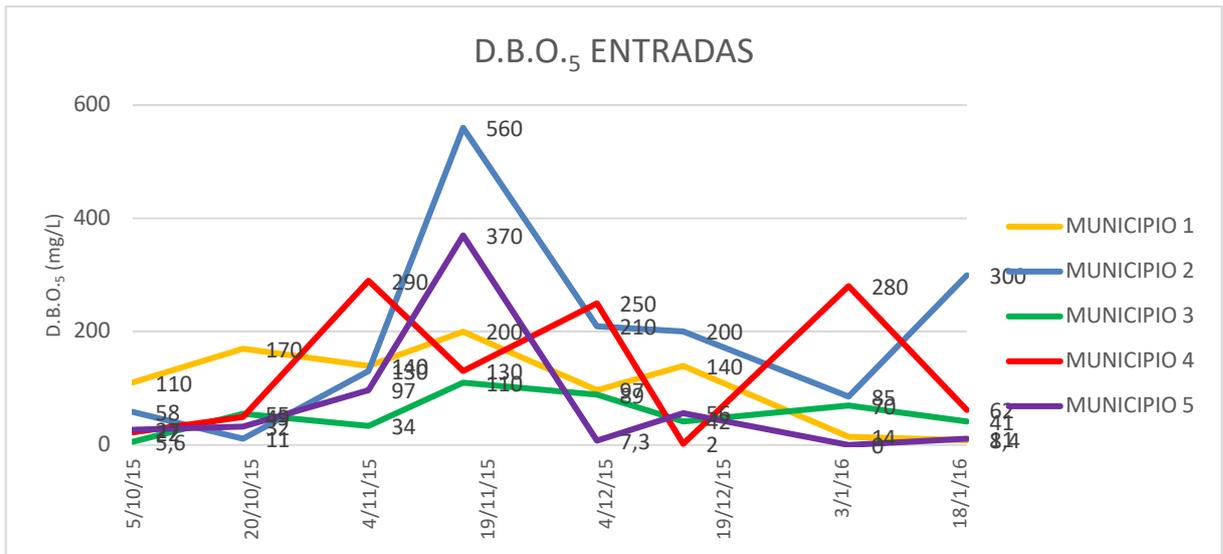


Figura 10. Gráfico comparativo D.B.O.<sub>5</sub> entradas en las diferentes E.D.A.R.

La Figura 11 muestra la comparativa de los valores de la D.B.O.<sub>5</sub> ala salida en los diferentes municipios:

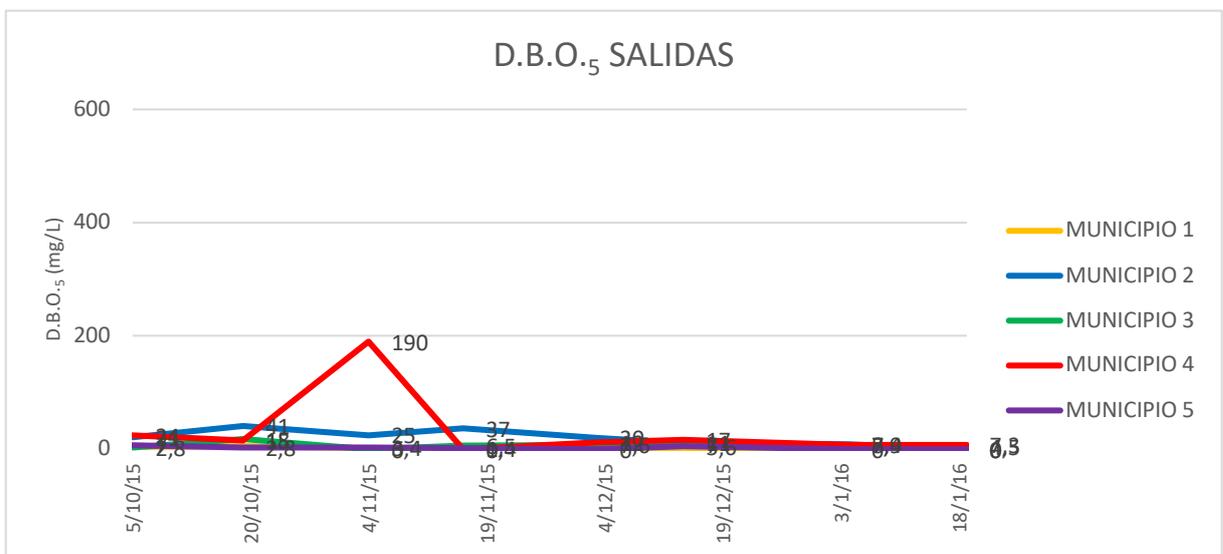


Figura 11. Gráfico comparativo D.B.O.<sub>5</sub> salidas en las diferentes E.D.A.R.

El análisis de las figuras del Anexo II permite elaborar la siguiente tabla que nos muestra el valor medio de la D.B.O.<sub>5</sub> a la entrada y a la salida en cada municipio, así como la desviación estándar de los valores, y la variación (incremento o disminución expresado en %) de la salida respecto a la entrada:

**Tabla 6.** *Valores promedios D.B.O.<sub>5</sub> entrada y salida, Desviaciones Estándar y Variación (%) de la salida respecto entrada en las diferentes E.D.A.R*

MUNICIPIO	VALOR PROMEDIO A LA ENTRADA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	VALOR PROMEDIO A LA SALIDA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	VARIACIÓN
1	109,9	68,8	1,7	2,1	- 98,3 %
2	194,2	174,6	20,4	13,9	- 89,4 %
3	55,8	33	6,6	5,2	- 88 %
4	135,6	120,4	34,1	63,3	- 74,8 %
5	75	123,2	2,5	2,6	- 96,6 %

La legislación limita el vertido por debajo de 45 mg/l, por lo que se cumplen todos los valores a las salidas de las E.D.A.R que vierten a aguas de dominio marítimo (Municipio 1 y 2). En cuanto a las E.D.A.R. del resto de Municipios estudiados no tenemos valores límite de vertido.

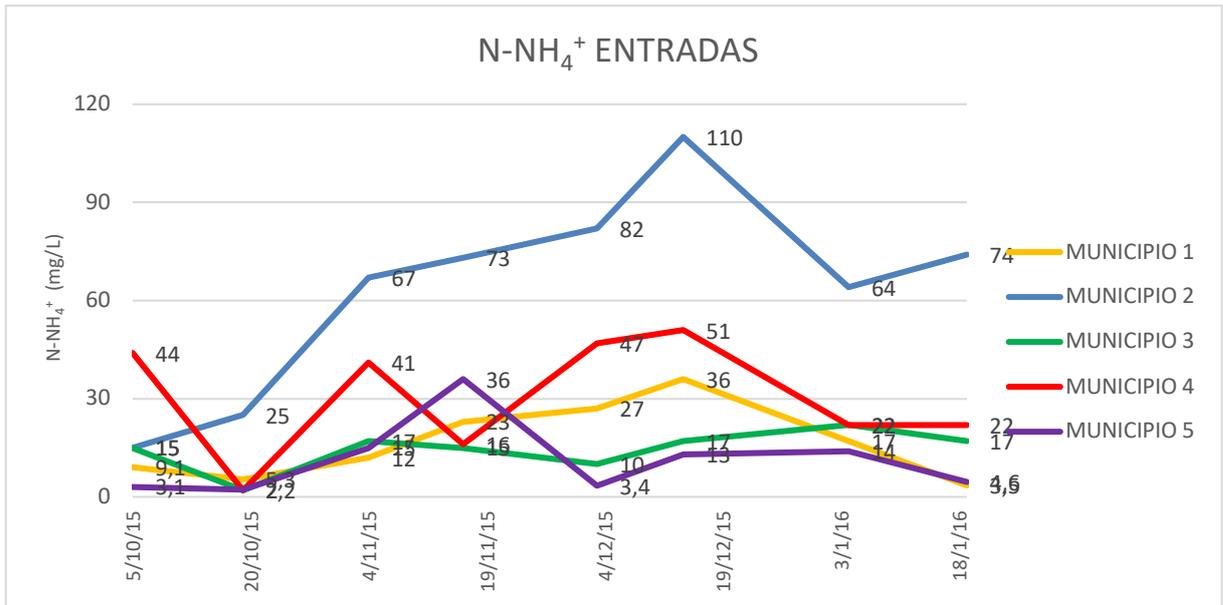
Se produce una disminución media importante de la salida respecto a la entrada en la E.D.A.R. de todos los Municipios: E.D.A.R. Municipio 1 (98,3 %), E.D.A.R. Municipio 2 (89,4 %), E.D.A.R. Municipio 3 (88 %), E.D.A.R. Municipio 4 (74,8 %) y E.D.A.R. Municipio 5 (96,6 %).

Todas las E.D.A.R. analizadas resultan eficaces en las etapas de reducción de DBO<sub>5</sub> por los tratamientos biológicos llevados a cabo en todas ellas.

Los valores de la DQO son siempre mayores que los de la D.B.O.<sub>5</sub>, ya que, el oxidante químico es capaz de reaccionar con sustancias de difícil biodegradación para los microorganismos.

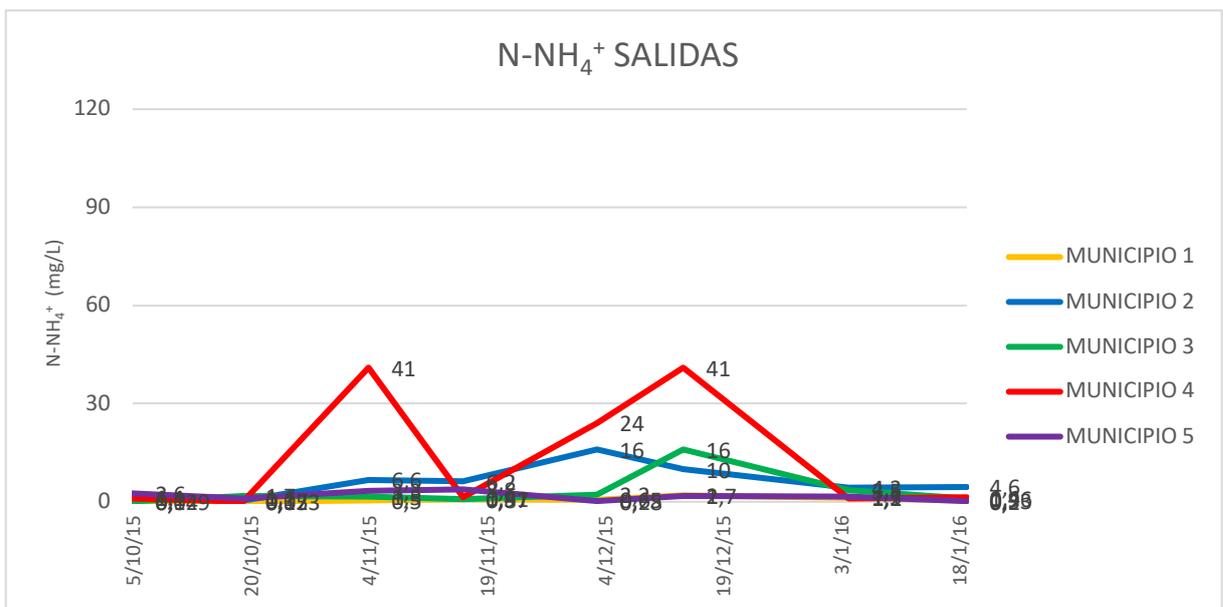
#### 4.1.6. NITRÓGENO AMONICAL

La Figura 12 muestra la comparativa de los valores de Nitrógeno Amoniacal a la entrada en los diferentes municipios:



**Figura 12.** Gráfico comparativo N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> entradas en las diferentes E.D.A.R.

La figura 13 muestra la comparativa de los valores de Nitrógeno Amoniacal a la salida en los diferentes municipios:



**Figura 13.** Gráfico comparativo N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> salidas en las diferentes E.D.A.R.

El análisis de las figuras del Anexo II permite elaborar la siguiente tabla que nos muestra el valor medio de los Amonios a la entrada y a la salida en cada municipio, así como la desviación estándar de los valores, y la variación (incremento o disminución expresado en %) de la salida respecto a la entrada:

**Tabla 7.** *Valores promedios Nitrógeno Amoniacal entrada y salida, Desviaciones Estándar y Variación (%) de la salida respecto entrada en las diferentes E.D.A.R*

MUNICIPIO	VALOR PROMEDIO A LA ENTRADA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	VALOR PROMEDIO A LA SALIDA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	VARIACIÓN
1	16,6	11,3	0,7	0,6	- 95,6 %
2	63,7	20,5	6,1	5	- 90,3 %
3	14,3	5,9	3,3	5,2	- 76,6 %
4	30,6	17,5	13,8	18,5	- 54,6 %
5	11,4	11,2	1,8	1,3	- 84,1 %

La legislación limita su vertido por debajo 20 mg/l  $\text{NH}_4^+$ , por lo que se cumplen todos los valores a las salidas de las E.D.A.R que vierten a aguas de dominio marítimo (Municipio 1 y 2). En cuanto a las E.D.A.R. del resto de Municipios estudiados no tenemos valores límite de vertido.

Se produce una disminución media importante de la salida respecto a la entrada en las E.D.A.R. de todos los Municipios: E.D.A.R. Municipio 1 (95,6 %), E.D.A.R. Municipio 2 (90,3 %), E.D.A.R. Municipio 3 (76,6 %), E.D.A.R. Municipio 4 (54,6 %) y E.D.A.R. Municipio 5 (84,1 %).

En el Municipio 4 la disminución media es menor porque los valores ya son muy bajos a la entrada.

Destaca con mayores valores a la entrada el Municipio 2, pero se consigue la disminución de los mismos con el tratamiento de la E.D.A.R.

Todas las EDAR analizadas resultan eficaces en los procesos de eliminación de Nitrógeno Amoniacal. Las distintas formas de Nitrógeno (orgánico y amoniacal) podrían eliminarse mediante procesos de Nitrificación y Desnitrificación que conllevan una producción de fango, en forma de biomasa, fácilmente separable por decantación.

- **NITRIFICACIÓN:** El nitrógeno reducido se convierte a nitrito, y posteriormente a nitrato, todo en presencia de oxígeno.
- **DESNITRIFICACIÓN:** Mediante una reacción de descomposición anaerobia de la materia orgánica, en la que se toma el oxígeno de los nitratos, se produce nitrógeno gas, el cual es eliminado, y un fango que sedimenta con alta proporción de materia orgánica oxidada.

Como veremos a continuación, con el estudio de los valores del parámetro de Nitratos, en las E.D.A.R. analizadas, podrá verse que no se lleva a cabo el proceso de desnitrificación.

#### 4.1.7. NITRATOS

La Figura 14 muestra la comparativa de los valores de los nitratos a la entrada en los diferentes municipios:

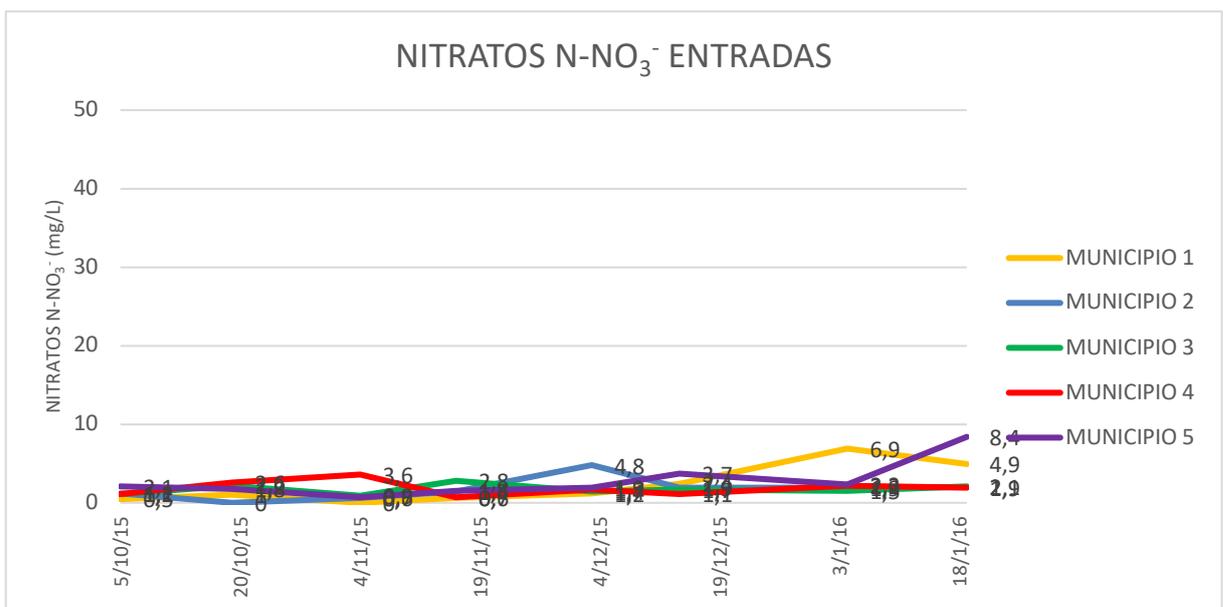


Figura 14. Gráfico comparativo  $N-NO_3^-$  entradas en las diferentes E.D.A.R.

La Figura 15 muestra la comparativa de los valores de los nitratos a la salida en los diferentes municipios:

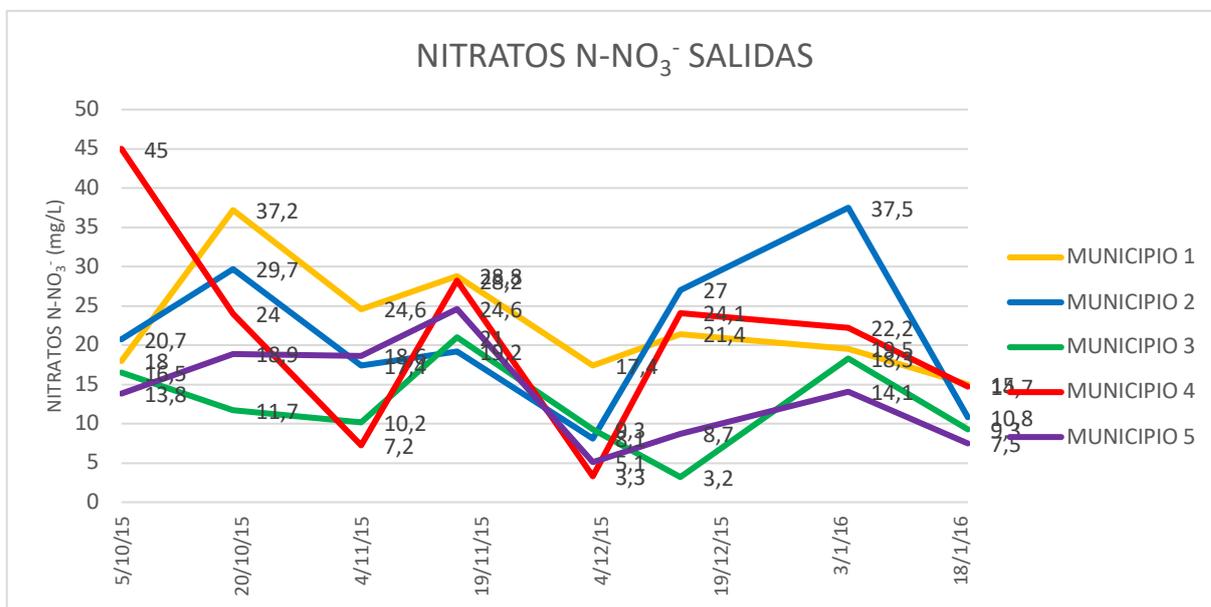


Figura 15. Gráfico comparativo N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> salidas en las diferentes E.D.A.R.

El análisis de las figuras del Anexo II permite elaborar la siguiente tabla que nos muestra el valor medio de los Nitratos a la entrada y a la salida en cada municipio, así como la desviación estándar de los valores, y la variación (incremento o disminución expresado en %) de la salida respecto a la entrada:

Tabla 8. Valores promedios Nitratos entrada y salida, Desviaciones Estándar y Variación (%) de la salida respecto entrada en las diferentes E.D.A.R

MUNICIPIO	VALOR PROMEDIO A LA ENTRADA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	VALOR PROMEDIO A LA SALIDA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	VARIACIÓN
1	2,1	2,4	22,7	7,2	+ 939,4 %
2	1,7	1,4	21,3	9,7	+ 1134,7 %
3	1,7	0,6	12,4	5,7	+ 626,2 %
4	1,8	0,9	21	13	+ 1032,2 %
5	2,8	2,4	13,9	6,6	+ 396,8 %

La legislación no limita el vertido de Nitratos como tal, pero si que sabemos que estos valores tienen que encontrarse por debajo de 65 mg/l, que es el valor límite referido a Nitrógeno total. En nuestro caso, sabiendo que los valores de Nitrógeno Amoniacal cumplen, si los sumamos a los valores que tenemos de Nitratos, seguimos estando por debajo del límite referido a Nitrógeno Total. Por lo que se deduce que los valores de Nitratos estudiados cumplen en las E.D.A.R que vierten a aguas de dominio marítimo (Municipio 1 y 2). En cuanto a las E.D.A.R. del resto de Municipios estudiados no tenemos valores límite de vertido.

En este parámetro, a diferencia de los anteriores, se produce tras el tratamiento un aumento medio muy importante de la salida respecto a la entrada en las E.D.A.R. de todos los Municipios: E.D.A.R. Municipio 1 (932,4 %), E.D.A.R. Municipio 2 (1134,7 %), E.D.A.R. Municipio 3 (626,2 %), E.D.A.R. Municipio 4 (1032,2 %) y E.D.A.R. Municipio 5 (396,8 %).

El nitrógeno orgánico, y sobre todo el amoniacal, se transforma a nitrato a través del proceso de nitrificación (en Cantabria se puede dar incluso de forma natural en el proceso de fangos activos debido a su humedad y temperatura). Todas las E.D.A.R. analizadas no llevan a cabo el proceso de desnitrificación, por eso vemos ese aumento reflejado en las analíticas de este parámetro.

A pesar del aumento que se produce, todas las salidas cumplen la legislación (< 100 mg/l) y los valores de vertido se encuentran por debajo de 46 mg/l.

#### 4.1.8. FOSFATOS

La Figura 16 muestra la comparativa de los valores de los fosfatos a la entrada en los diferentes municipios:

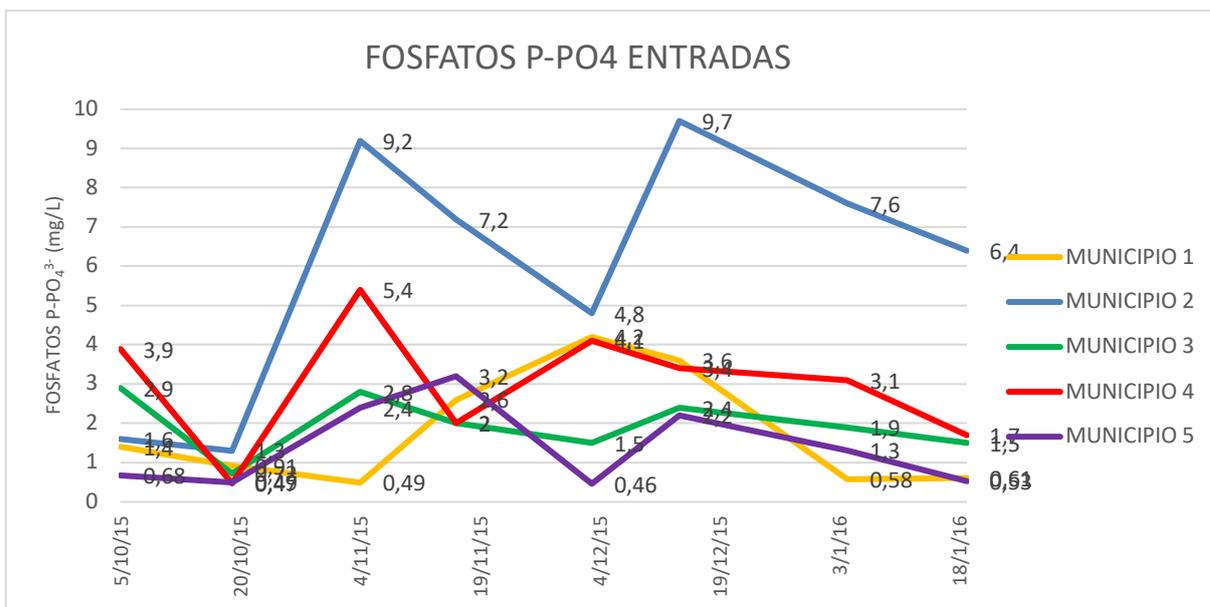


Figura 16. Gráfico comparativo P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> entradas en las diferentes E.D.A.R.

La Figura 17 muestra la comparativa de los valores de los fosfatos a la salida en los diferentes municipios:

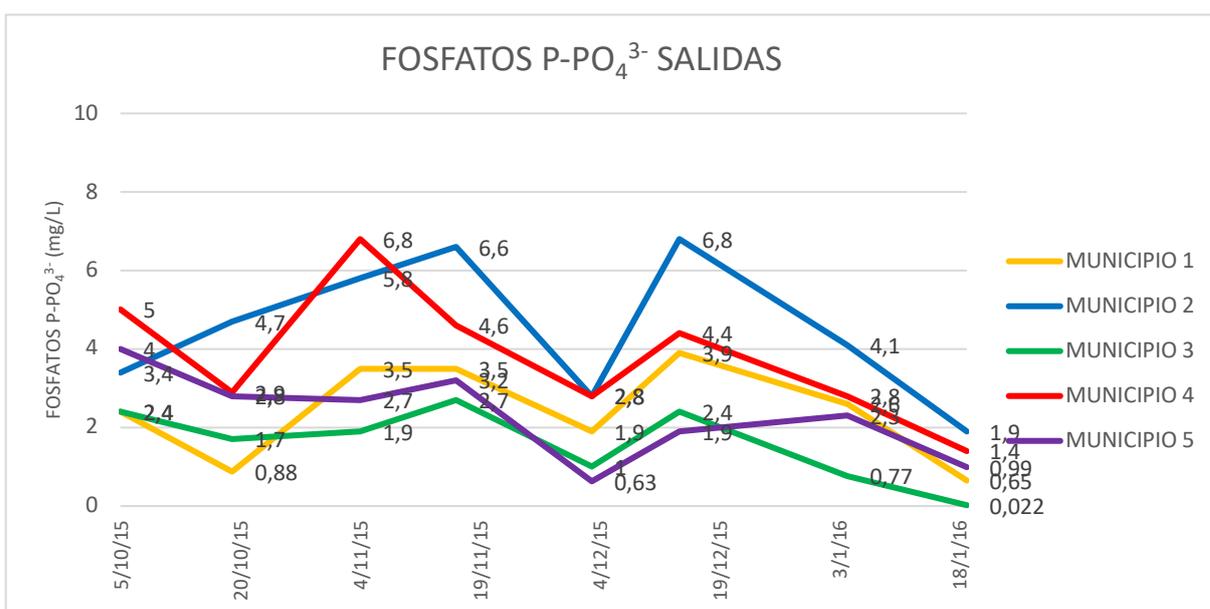


Figura 17. Gráfico comparativo P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> salidas en las diferentes E.D.A.R.

El análisis de las figuras del Anexo II permite elaborar la siguiente tabla que nos muestra el valor medio de los Fosfatos a la entrada y a la salida en cada municipio, así como la desviación estándar de los valores, y la variación (incremento o disminución expresado en %) de la salida respecto a la entrada:

**Tabla 9.** *Valores promedios Fosfatos entrada y salida, Desviaciones Estándar y Variación (%) de la salida respecto entrada en las diferentes E.D.A.R*

MUNICIPIO	VALOR PROMEDIO A LA ENTRADA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	VALOR PROMEDIO A LA SALIDA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	VARIACIÓN
1	1,7	1,4	2,4	1,2	+ 34,3 %
2	5,9	3,1	4,5	1,7	-24,4 %
3	1,9	0,7	1,6	0,9	- 17,9 %
4	3	1,5	3,8	1,6	+ 27,5 %
5	1,4	1	2,3	1,1	+ 57,7 %

La legislación no limita el vertido de Fosfatos como tal, pero si que encontramos un valor límite de vertido referido a Fósforo Total (< de 30 mg/l). Como los Fosfatos son el único parámetro que estudiamos con dicho elemento, si nos fijamos en los valores obtenido en las analíticas, podemos decir que estos se encuentran dentro de los valores permitidos en el caso de aguas que vierten al dominio marítimo (Municipio 1 y 2). En cuanto a las E.D.A.R. del resto de Municipios estudiados no tenemos valores límite de vertido.

Se produce una disminución media de la salida respecto a la entrada en las E.D.A.R. de dos de los Municipios: E.D.A.R. Municipio 2 (24,4 %) y E.D.A.R. Municipio 3 (17,9 %). Hay un aumento medio de la salida respecto a la entrada en las E.D.A.R. de los otros tres Municipios: E.D.A.R. Municipio 1 (34,3 %), E.D.A.R. Municipio 4 (27,5 %) y E.D.A.R. Municipio 5 (57,7 %).

Aunque los aumentos o disminuciones parezcan significativos expresados en porcentaje, al fijarse en los valores medios de entrada (varían entre 1,4 – 5,9 mg/l) y los valores medios de salida (varían entre 1,6 – 4,5 mg/l) se observa que son márgenes similares, y que son valores muy bajos y pocos significativos.

Estos valores ponen de manifiesto que las E.D.A.R. estudiadas no poseen proceso de eliminación de nutrientes (P y N).

#### 4.1.9. CLORUROS

La Figura 18 muestra la comparativa de los valores de los cloruros a la entrada en los diferentes municipios:

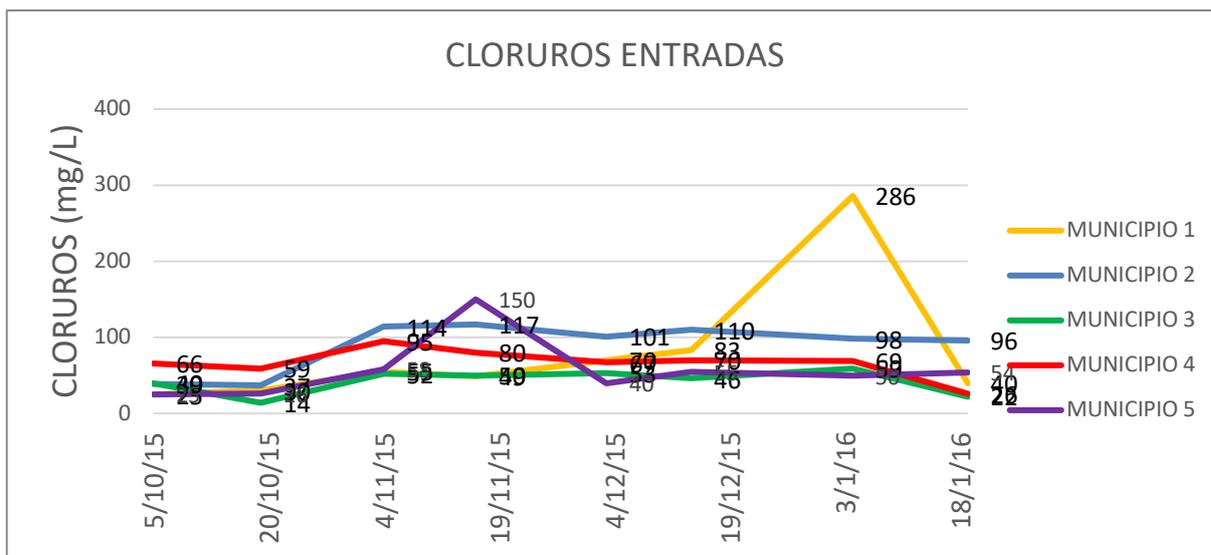


Figura 18. Gráfico comparativo Cl<sup>-</sup> entradas en las diferentes E.D.A.R.

La Figura 19 muestra la comparativa de los valores de los cloruros a la salida en los diferentes municipios:

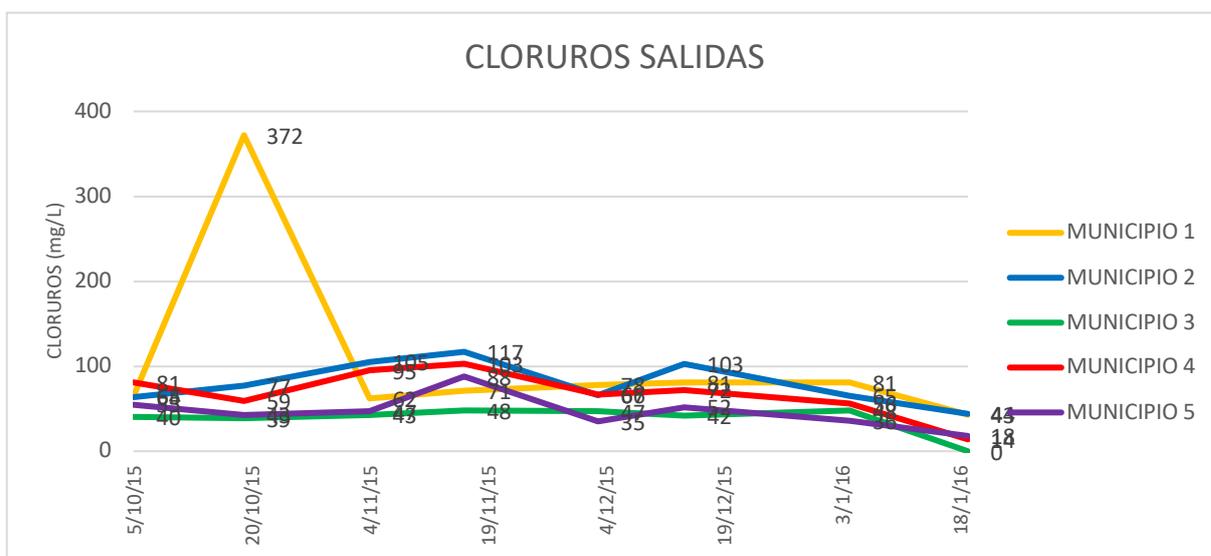


Figura 19. Gráfico comparativo Cl<sup>-</sup> salidas en las diferentes E.D.A.R.

El análisis de las figuras del Anexo II permite elaborar la siguiente tabla que nos muestra el valor medio de los Cloruros a la entrada y a la salida en cada municipio, así como la desviación estándar de los valores, y la variación (incremento o disminución expresado en %) de la salida respecto a la entrada:

**Tabla 10.** *Valores promedios Cloruros entrada y salida, Desviaciones Estándar y Variación (%) de la salida respecto entrada en las diferentes E.D.A.R*

MUNICIPIO	VALOR PROMEDIO A LA ENTRADA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	VALOR PROMEDIO A LA SALIDA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	VARIACIÓN
1	79,7	85,5	106,6	107,9	+ 33,6 %
2	89	32,3	80,1	25,3	- 9,9 %
3	42	15,9	38,8	15,9	- 7,4 %
4	66,5	19,6	66,3	27,4	+ 2,8 %
5	57,2	39,6	46,7	20,3	- 18,3 %

La legislación no limita el vertido del parámetro de Cloruros en las E.D.A.R. que vierten a aguas de dominio marítimo (Municipio 1 y 2), ya que no afectarían en nada a dichas aguas. En cuanto a las E.D.A.R. del resto de Municipios estudiados no tenemos valores límite de vertido.

Se produce una disminución media de la salida respecto a la entrada en las E.D.A.R. de 3 Municipios: E.D.A.R. Municipio 2 (9,9 %), E.D.A.R. Municipio 3 (7,4 %) y E.D.A.R. Municipio 5 (18,3 %). Hay un aumento medio de la salida respecto a la entrada en las E.D.A.R. de 2 Municipios: E.D.A.R. Municipio 1 (33,6 %) y E.D.A.R. Municipio 4 (2,8 %).

El valor más relevante es el correspondiente al Municipio 1 (aumento medio de la salida respecto a la entrada del 33,69 %) y probablemente sea producido por alguna filtración de agua de mar al sistema de alcantarillado.

Salvo por dos picos que se producen en el Municipio 1, uno a la salida (372 mg/l) y otro a la entrada (286 mg/l), todos los demás valores son menores a 150 mg/l y bajos.

Las diferencias a los valores medios encontrados entre la salida y la entrada, parecen aleatorias y son pequeñas. Todo indica a que este parámetro no se modifica significativamente con el tratamiento.

Aunque en las E.D.A.R. de los Municipios 1 y 2 se lleva a cabo en sus tratamientos terciarios el proceso de cloración para su desinfección, las dosis utilizadas en estos procesos son muy pequeñas (entre 5 – 20 mg Cl/l), por lo que la concentración de cloruros apenas aumentará a la salida de las E.D.A.R.

## 5. CONCLUSIONES

En este TFG se recoge y analizan los valores de entrada y salida de los parámetros del agua de las E.D.A.R. de cinco municipios pequeños de Cantabria (aprox. 2000 habitantes equivalentes o menos) correspondientes al seguimiento llevado a cabo durante cuatro meses (de Octubre a Enero). Tras dicho análisis se concluye lo siguiente:

- Todos los valores de vertido a aguas de mar (Municipios 1 y 2) cumplen con la legislación vigente. Existen dos excepciones en el Municipio 2 (un valor correspondiente a S.S.T. y otro a D.Q.O.) en las que se supera dicho límite; pero a pesar de existir una tabla que limita el vertido de cada parámetro, cada E.D.A.R. posee su autorización de vertido tras llegar a un acuerdo con la Consejería de Medio Ambiente, por lo que es posible que este valor se encuentre dentro del rango permitido en dicha autorización.
- No se detecta ninguna anomalía en el funcionamiento de las E.D.A.R. durante este periodo de tiempo.
- El funcionamiento de las E.D.A.R. analizadas es correcto en cuanto a eliminación de materia orgánica, ya que, los datos en la salida son siempre mejorados respecto a los de la entrada, cumpliendo así los objetivos de dichos equipos de reducir la contaminación de las aguas para proceder a su vertido.

Se adjuntan los porcentajes de depuración para corroborarlo:

- S.S.T.:

Se produce una disminución media importante de la salida respecto a la entrada en la E.D.A.R. de todos los Municipios: E.D.A.R. Municipio 1 (90,2 %), E.D.A.R. Municipio 2 (77,3 %), E.D.A.R. Municipio 3 (66,1 %), E.D.A.R. Municipio 4 (73 %) y E.D.A.R. Municipio 5 (89,9 %).

- D.Q.O.:

Se produce una disminución media importante de la salida respecto a la entrada en las E.D.A.R. de todos los Municipios: E.D.A.R. Municipio 1 (87,7%), E.D.A.R. Municipio 2 (83,4 %), E.D.A.R. Municipio 3 (76,3 %), E.D.A.R. Municipio 4 (62,6 %) y E.D.A.R. Municipio 5 (82,7 %).

- D.B.O.<sub>5</sub>:

Se produce una disminución media importante de la salida respecto a la entrada en la E.D.A.R. de todos los Municipios: E.D.A.R. Municipio 1 (98,3 %), E.D.A.R. Municipio 2 (89,4 %), E.D.A.R. Municipio 3 (88 %), E.D.A.R. Municipio 4 (74,8 %) y E.D.A.R. Municipio 5 (96,6 %).
- El agua a la entrada del Municipio 2 presenta los valores medios más altos de todos los parámetros analizados, excepto en el caso de los Nitratos.
- De los resultados de las analíticas de entrada y salida de nutrientes (N y P) se deduce que las plantas de tratamientos no disponen de procesos de eliminación de nutrientes, ya que las concentraciones de salida son similares a las de entrada, algo totalmente normal si dichas E.D.A.R. no han sido diseñadas específicamente para ello.
- La mayoría de los parámetros analizados disminuyen con el tratamiento llevado a cabo, con las siguientes excepciones:
  - El valor del pH y la conductividad en el Municipio 5 (que quizá se deba a la recirculación llevada a cabo en algunas ocasiones del efluente).
  - Los fosfatos y cloruros, que como no se modifican durante el tratamiento, presentan una variación aleatoria y pequeña.
- En las E.D.A.R. de los Municipios 1 y 2 se lleva a cabo en sus tratamientos terciarios el proceso de cloración para su desinfección, las dosis utilizadas en estos procesos son muy pequeñas (entre 5 – 20 mg Cl/l), por lo que la concentración de cloruros apenas aumentará a la salida de las E.D.A.R.
- En el caso del parámetro referido al ion nitrato, ocurre lo contrario a lo comentado respecto al resto de parámetros. Los valores de salida de la E.D.A.R., son claramente superiores a los valores de entrada, ya que, tras el proceso de nitrificación, en el que el amonio se oxida primero a nitrito por la acción de las bacterias amonio-oxidantes y después a nitrato por acción de las bacterias nitrito-oxidantes, no se realiza el proceso de desnitrificación.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- METCALF-EDDY; FRANKLYN BURTON; H. DAVID STENSEL; GEORGE TCHOBANOGLIOUS; RYUJIRU TSUCHIHASHI; (2013); “Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery”; McGraw-Hill; 2048 págs; ISBN-10: 0073401188; ISBN-13: 978-0073401188.
- HERNANDEZ LEHMAN A.; (2015); “MANUAL DE DISEÑO DE ESTACIONES DEPURADORAS DE AGUAS RESIDUALES”; IBERGARCETA PUBLICACIONES S.L.; 396 págs; ISBN-10: 8415452721; ISBN-13: 978-8415452720.
- RAMALHO R.S.; (2014); “Tratamiento de Aguas Residuales”; Editorial Reverté; 705 págs; ISBN 9788429179750 8429179755.
- DOCUMENTACIÓN PROPIA DE LA EMPRESA OXITAL (2016)
  - PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL PARA EL CÁLCULO DEL pH
  - PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL PARA EL CÁLCULO DE LA CONDUCTIVIDAD
  - PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL PARA EL CÁLCULO DE LOS SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES
  - PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL PARA EL CÁLCULO DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO
  - PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL PARA EL CÁLCULO DE LA DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO
  - PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL PARA EL CÁLCULO DEL NITRÓGENO AMONIAICAL
  - PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL PARA EL CÁLCULO DE LOS NITRATOS
  - PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL PARA EL CÁLCULO DEL LOS FOSFATOS
  - PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL PARA EL CÁLCULO DE LOS CLORUROS
- DIRECTIVA EUROPEA DEL 21 DE MAYO DE 1991. 2018. *SOBRE EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS (91/271/CEE)*. [Consulta: Junio de 2018].  
Disponible en:  
[http://www.mapama.gob.es/es/agua/publicaciones/03\\_Manual\\_Directiva\\_91\\_271\\_CEE\\_tcm30-214069.pdf](http://www.mapama.gob.es/es/agua/publicaciones/03_Manual_Directiva_91_271_CEE_tcm30-214069.pdf)

- BOLETÍN OFICIAL DE CANTABRIA - Número 57. 2009. DECRETO 18/2009. *Reglamento Del Servicio Público De Saneamiento Y Depuración De Aguas Residuales De Cantabria.* Cantabria: CONSEJO DE GOBIERNO.
- BOLETÍN OFICIAL DE CANTABRIA – Número 119. 2009. DECRETO 47/2009, 4 DE JUNIO. Reglamento de Vertidos desde la Tierra al Litoral de la Comunidad Autónoma de Cantabria. Cantabria: CONSEJO DE GOBIERNO.
- PARLAMENTO DE CANTABRIA. 2014. *Ley de Cantabria 2/2014, de 26 de noviembre, de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de la Comunidad Autónoma de Cantabria.* Disponible en: [http://noticias.juridicas.com/base\\_datos/CCAA/540638-l-2-2014-de-26-nov-ca-cantabria-de-abastecimiento-y-saneamiento-de-aguas.html](http://noticias.juridicas.com/base_datos/CCAA/540638-l-2-2014-de-26-nov-ca-cantabria-de-abastecimiento-y-saneamiento-de-aguas.html)
- PARLAMENTO DE CANTABRIA. 2002. *Ley de Cantabria 2/2002, de 29 de abril, de Saneamiento y Depuración de las Aguas Residuales de la Comunidad Autónoma de Cantabria.* Disponible en: [http://noticias.juridicas.com/base\\_datos/CCAA/ct-l2-2002.html](http://noticias.juridicas.com/base_datos/CCAA/ct-l2-2002.html)
- BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO – Número 176. 2001. REAL DECRETO 1/2001, 20 DE JULIO. *Texto Refundido de la Ley de Aguas.* Madrid: MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE.
- BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO – Número 314. REAL DECRETO 638/2006, 9 DE DICIEMBRE. *Reglamento del Dominio Público Hidráulico.* Madrid. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE.
- CONSEJERÍA DE UNIVERSIDADES E INVESTIGACIÓN, MEDIO AMBIENTE Y POLÍTICA SOCIAL. 2018. Orden UMA/5/2018, de 12 de Febrero. *Programa de inspección ambiental de Cantabria para el año 2018.*  
Disponible en: <https://boc.cantabria.es/boces/verAnuncioAction.do?idAnuBlob=322854>

- COMISIONES OBRERAS DE CANTABRIA. 2007. *Estudio del saneamiento en Cantabria*. J. M. Puente (Dir.). Estudio, Secretaría de Salud Laboral y Medio Ambiente de CCOO de Cantabria. Disponible en:  
[http://www.cantabria.ccoo.es/comunes/recursos/5/423272-Estudio\\_Saneamiento\\_en\\_Cantabria\\_y\\_1.pdf](http://www.cantabria.ccoo.es/comunes/recursos/5/423272-Estudio_Saneamiento_en_Cantabria_y_1.pdf)  
[http://www.cantabria.ccoo.es/comunes/recursos/5/423273-Estudio\\_Saneamiento\\_en\\_Cantabria\\_y\\_2.pdf](http://www.cantabria.ccoo.es/comunes/recursos/5/423273-Estudio_Saneamiento_en_Cantabria_y_2.pdf)

## ANEXO I. TABLAS DE VALORES DE LOS PARÁMETROS A LA ENTRADA Y A LA SALIDA DE CADA E.D.A.R.

A continuación se recogen las tablas con los resultados obtenidos en los 5 Municipios estudiados:

**Tabla 11.** Valores de los parámetros a la entrada de la E.D.A.R. del Municipio 1

MARE MUNICIPIO 1									
ENTRADA									
DÍA	pH	CONDUCTIVIDAD 20°C (µS/cm)	S.S.T. (mg/L)	D.Q.O. (mg/L)	D.B.O. <sub>5</sub> (mg/L)	AMONIO N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	NITRATO N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	FOSFATO P- PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	CLORURO Cl <sup>-</sup> (mg/L)
5/10/15	7,1	301	160	340	110,0	9,1	0,5	1,40	25
19/10/15	7,2	276	250	280	170,0	5,3	1,0	0,91	30
4/11/15	7,2	551	120	330	140,0	12,0	0,0	0,49	55
16/11/15	7,5	715	140	370	200,0	23,0	0,6	2,60	49
3/12/15	7,9	895	59	170	97,0	27,0	1,2	4,20	70
14/12/15	7,7	818	84	230	140,0	36,0	2,4	3,60	83
4/1/16	7,6	860	14	80	14,0	17,0	6,9	0,58	286
19/1/16	7,9	564	9	48	8,4	3,5	4,9	0,61	40

**Tabla 12.** Valores de los parámetros a la salida de la E.D.A.R. del Municipio 1

<b>MARE MUNICIPIO 1</b>									
<b>SALIDA</b>									
<b>DÍA</b>	<b>pH</b>	<b>CONDUCTIVIDAD D 20°C (µS/cm)</b>	<b>S.S.T. (mg/L)</b>	<b>D.Q.O. (mg/L)</b>	<b>D.B.O.<sub>5</sub> (mg/L)</b>	<b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (mg/L)</b>	<b>NITRATO N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/L)</b>	<b>FOSFATO P- PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (mg/L)</b>	<b>CLORURO Cl<sup>-</sup> (mg/L)</b>
<b>5/10/15</b>	7,0	572	5,5	25	4,5	0,049	18,0	2,40	65
<b>19/10/15</b>	7,2	148	30,0	12	5,6	0,120	37,2	0,88	372
<b>4/11/15</b>	7,0	614	3,0	73	1,7	0,500	24,6	3,50	62
<b>16/11/15</b>	7,3	667	26,0	25	0	0,870	28,8	3,50	71
<b>3/12/15</b>	7,6	684	8,4	0	0,8	0,650	17,4	1,90	78
<b>14/12/15</b>	7,4	665	3,0	12	0	2,000	21,4	3,90	81
<b>4/1/16</b>	7,3	510	2,0	36	0,8	1,200	19,5	2,60	81
<b>19/1/16</b>	7,6	480	4,0	44	0,8	0,330	15,0	0,65	43

**Tabla 13.** Valores de los parámetros a la entrada de la E.D.A.R. del Municipio 2

<b>MARE MUNICIPIO 2</b>									
<b>ENTRADA</b>									
<b>DÍA</b>	<b>pH</b>	<b>CONDUCTIVIDAD 20°C (µS/cm)</b>	<b>S.S.T. (mg/L)</b>	<b>D.Q.O. (mg/L)</b>	<b>D.B.O.<sub>5</sub> (mg/L)</b>	<b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (mg/L)</b>	<b>NITRATO N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/L)</b>	<b>FOSFATO P- PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (mg/L)</b>	<b>CLORURO Cl<sup>-</sup> (mg/L)</b>
<b>5/10/15</b>	7,6	427	50	130	58	15	1,2	1,6	39
<b>19/10/15</b>	7,7	246	260	170	11	25	0,0	1,3	37
<b>4/11/15</b>	7,9	1409	140	880	130	67	0,6	9,2	114
<b>16/11/15</b>	7,5	1219	380	1200	560	73	1,4	7,2	117
<b>2/12/15</b>	8,6	1113	100	380	210	82	4,8	4,8	101
<b>14/12/15</b>	8,4	1478	200	750	200	110	1,9	9,7	110
<b>4/1/16</b>	7,5	1037	200	1600	85	64	1,9	7,6	98
<b>18/1/16</b>	8,5	1065	120	500	300	74	2,0	6,4	96

**Tabla 14.** Valores de los parámetros a la salida de la E.D.A.R. del Municipio 2

MARE MUNICIPIO 2									
SALIDA									
DÍA	pH	CONDUCTIVIDAD 20°C (µS/cm)	S.S.T. (mg/L)	D.Q.O. (mg/L)	D.B.O. <sub>5</sub> (mg/L)	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	NITRATO N- NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	FOSFATO P- PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	CLORURO Cl <sup>-</sup> (mg/L)
5/10/15	6,7	496	38,0	110	21,0	1,10	20,7	3,4	64
19/10/15	6,6	579	83,0	76	41,0	0,37	29,7	4,7	77
4/11/15	6,9	601	45,0	150	25,0	6,60	17,4	5,8	105
16/11/15	6,8	705	66,0	160	37,0	6,20	19,2	6,6	117
2/12/15	7,2	435	28,0	56	20,0	16,00	8,1	2,8	66
14/12/15	6,5	755	32,0	78	11,0	10,00	27,0	6,8	103
4/1/16	6,1	443	29,0	280	8,4	4,30	37,5	4,1	65
18/1/16	6,7	306	7,3	20	0,0	4,60	10,8	1,9	44

**Tabla 15.** Valores de los parámetros a la entrada de la E.D.A.R. del Municipio 3

<b>MARE MUNICIPIO 3</b>									
<b>ENTRADA</b>									
<b>DÍA</b>	<b>pH</b>	<b>CONDUCTIVIDAD 20°C (µS/cm)</b>	<b>S.S.T. (mg/L)</b>	<b>D.Q.O. (mg/L)</b>	<b>D.B.O.<sub>5</sub> (mg/L)</b>	<b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (mg/L)</b>	<b>NITRATO N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/L)</b>	<b>FOSFATO P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (mg/L)</b>	<b>CLORURO Cl<sup>-</sup> (mg/L)</b>
<b>5/10/15</b>	7,5	520	49	130	5,6	15	1,1	2,90	40
<b>19/10/15</b>	7,2	176	52	140	55,0	2	2,2	0,72	14
<b>4/11/15</b>	7,5	565	33	150	34,0	17	0,9	2,80	52
<b>16/11/15</b>	7,2	511	44	190	110,0	15	2,8	2,00	50
<b>2/12/15</b>	7,6	541	44	180	89,0	10	1,4	1,50	53
<b>14/12/15</b>	7,7	560	39	1100	42,0	17	1,7	2,40	46
<b>4/1/16</b>	7,5	723	53	80	70,0	22	1,5	1,90	59
<b>18/1/16</b>	7,5	361	66	180	41,0	17	2,1	1,50	22

**Tabla 16.** Valores de los parámetros a la salida de la E.D.A.R. del Municipio 3

MARE MUNICIPIO 3									
SALIDA									
DÍA	pH	CONDUCTIVIDAD 20°C (µS/cm)	S.S.T. (mg/L)	D.Q.O. (mg/L)	D.B.O. <sub>5</sub> (mg/L)	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	NITRATO N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	FOSFATO P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	CLORURO Cl <sup>-</sup> (mg/L)
5/10/15	7,3	438	16,0	55	2,8	0,12	16,5	2,400	40
19/10/15	7,1	392	26,0	80	18,0	1,70	11,7	1,700	39
4/11/15	7,2	460	20,0	86	0,0	1,50	10,2	1,900	43
16/11/15	6,9	490	19,0	27	6,5	0,91	21,0	2,700	48
2/12/15	7,3	420	7,7	24	7,6	2,20	9,3	1,000	47
14/12/15	7,3	554	12,0	140	7,0	16,00	3,2	2,400	42
4/1/16	6,8	436	12,0	56	7,0	3,50	18,3	0,770	48
18/1/16	7,0	363	16,0	40	4,5	0,96	9,3	0,022	0

**Tabla 17.** Valores de los parámetros a la entrada de la E.D.A.R. del Municipio 4

<b>MARE MUNICIPIO 4</b>									
<b>ENTRADA</b>									
<b>DÍA</b>	<b>pH</b>	<b>CONDUCTIVIDAD 20°C (µS/cm)</b>	<b>S.S.T. (mg/L)</b>	<b>D.Q.O. (mg/L)</b>	<b>D.B.O.<sub>5</sub> (mg/L)</b>	<b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (mg/L)</b>	<b>NITRATO N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/L)</b>	<b>FOSFATO P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (mg/L)</b>	<b>CLORURO Cl<sup>-</sup> (mg/L)</b>
<b>5/10/15</b>	7,7	854	58	290	22	44	1,1	3,90	66
<b>19/10/15</b>	7,2	239	52	60	49	2	2,6	0,47	59
<b>4/11/15</b>	7,5	1062	110	670	290	41	3,6	5,40	95
<b>16/11/15</b>	7,5	614	60	260	130	16	0,7	2,00	80
<b>2/12/15</b>	7,7	999	78	400	250	47	1,7	4,10	67
<b>14/12/15</b>	6,6	1056	120	570	2	51	1,1	3,40	70
<b>4/1/16</b>	7,6	795	140	400	280	22	2,2	3,10	69
<b>18/1/16</b>	7,6	354	54	140	62	22	1,9	1,70	26

**Tabla 18.** Valores de los parámetros a la salida de la E.D.A.R. del Municipio 4

<b>MARE MUNICIPIO 4</b>									
<b>SALIDA</b>									
<b>DÍA</b>	<b>pH</b>	<b>CONDUCTIVIDAD 20°C (µS/cm)</b>	<b>S.S.T. (mg/L)</b>	<b>D.Q.O. (mg/L)</b>	<b>D.B.O.<sub>5</sub> (mg/L)</b>	<b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (mg/L)</b>	<b>NITRATO N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/L)</b>	<b>FOSFATO P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (mg/L)</b>	<b>CLORURO Cl<sup>-</sup> (mg/L)</b>
<b>5/10/15</b>	6,3	707	56	130	24,0	1,100	45,0	5,0	81
<b>19/10/15</b>	7,1	502	26	60	15,0	0,053	24,0	2,9	59
<b>4/11/15</b>	7,3	1049	63	430	190,0	41,000	7,2	6,8	95
<b>16/11/15</b>	6,9	764	14	53	0,0	1,400	28,2	4,6	103
<b>2/12/15</b>	7,5	717	10	36	12,0	24,000	3,3	2,8	67
<b>14/12/15</b>	6,9	661	20	260	17,0	41,000	24,1	4,4	72
<b>4/1/16</b>	6,8	529	10	40	7,9	1,100	22,2	2,8	56
<b>18/1/16</b>	7,1	500	6	32	7,3	1,400	14,7	1,4	14

**Tabla 19.** Valores de los parámetros a la entrada de la E.D.A.R. del Municipio 5

<b>MARE MUNICIPIO 5</b>									
<b>ENTRADA</b>									
<b>DÍA</b>	<b>pH</b>	<b>CONDUCTIVIDAD 20°C (µS/cm)</b>	<b>S.S.T. (mg/L)</b>	<b>D.Q.O. (mg/L)</b>	<b>D.B.O.<sub>5</sub> (mg/L)</b>	<b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (mg/L)</b>	<b>NITRATO N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/L)</b>	<b>FOSFATO P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (mg/L)</b>	<b>CLORURO Cl<sup>-</sup> (mg/L)</b>
<b>5/10/15</b>	7,0	179	17,0	59	27,0	3,1	2,1	0,68	25
<b>19/10/15</b>	6,9	108	38,0	92	32,0	2,2	1,8	0,49	26
<b>4/11/15</b>	7,3	647	36,0	170	97,0	15,0	0,7	2,40	58
<b>16/11/15</b>	7,4	881	100,0	580	370,0	36,0	1,5	3,20	150
<b>2/12/15</b>	7,8	471	8,0	12	7,3	3,4	1,9	0,46	40
<b>14/12/15</b>	7,5	641	29,0	100	56,0	13,0	3,7	2,20	55
<b>4/1/16</b>	7,4	607	420,0	270	0,0	14,0	2,3	1,30	50
<b>18/1/16</b>	7,5	407	6,2	72	11,0	4,6	8,4	0,53	54

**Tabla 20.** Valores de los parámetros a la salida de la E.D.A.R. del Municipio 5

<b>MARE MUNICIPIO 5</b>									
<b>SALIDA</b>									
<b>DÍA</b>	<b>pH</b>	<b>CONDUCTIVIDA D 20°C (µS/cm)</b>	<b>S.S.T. (mg/L)</b>	<b>D.Q.O. (mg/L)</b>	<b>D.B.O.<sub>5</sub> (mg/L)</b>	<b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (mg/L)</b>	<b>NITRATO N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/L)</b>	<b>FOSFATO P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (mg/L)</b>	<b>CLORURO Cl<sup>-</sup> (mg/L)</b>
<b>5/10/15</b>	7,6	552	18,0	17	7,0	2,60	13,8	4,00	55
<b>19/10/15</b>	7,6	497	16,0	40	2,8	1,10	18,9	2,80	43
<b>4/11/15</b>	7,8	571	15,0	43	3,4	3,30	18,6	2,70	47
<b>16/11/15</b>	7,7	668	10,0	29	1,4	3,80	24,6	3,20	88
<b>2/12/15</b>	8,3	428	6,0	16	0,0	0,28	5,1	0,63	35
<b>14/12/15</b>	7,9	554	7,8	29	5,6	1,70	8,7	1,90	52
<b>4/1/16</b>	7,7	427	3,0	0	0,0	1,50	14,1	2,30	36
<b>18/1/16</b>	8,3	402	3,0	60	0,0	0,20	7,5	0,99	18

## ANEXO II. GRÁFICAS ENTRADA - SALIDA DE CADA PARÁMETRO EN CADA E.D.A.R.

En el Anexo I se recogen las tablas con los resultados obtenidos en los 5 Municipios estudiados. Con estos valores se han elaborado gráficas comparativas de cada parámetro con los valores de entrada y salida en cada Municipio, las cuales encontramos a continuación:

- pH

Las siguientes 5 figuras nos reflejan los valores de pH medidos a la entrada y a la salida en cada municipio:

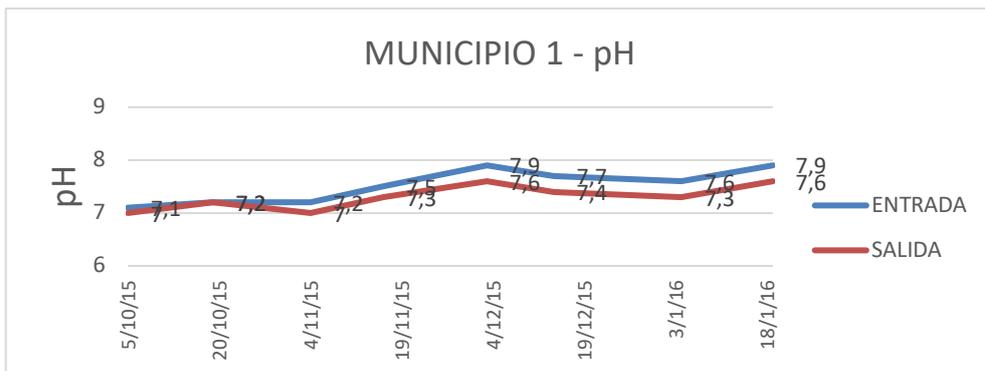


Figura 20. Gráfico pH entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 1

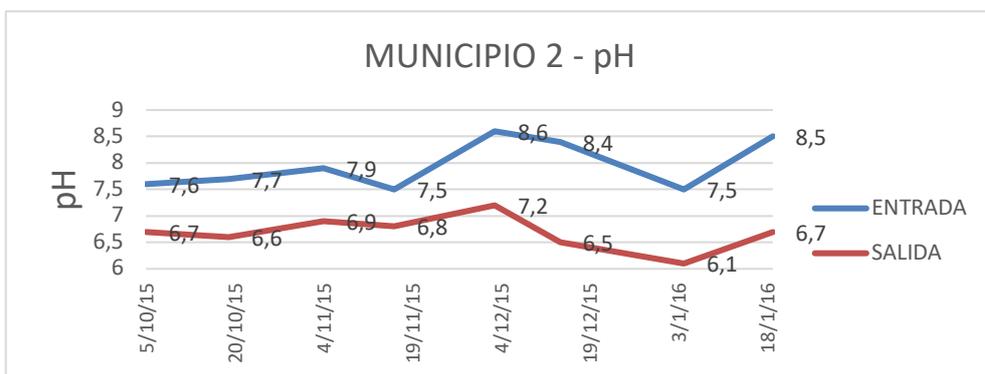


Figura 21. Gráfico pH entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 2

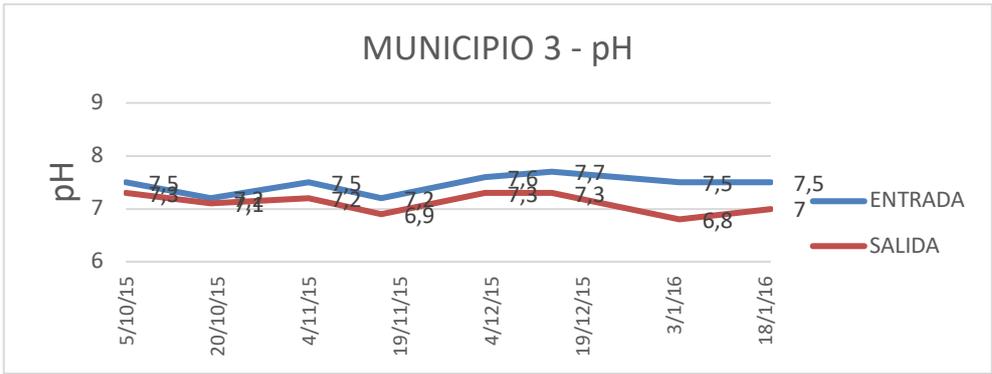


Figura 22. Gráfico pH entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 3

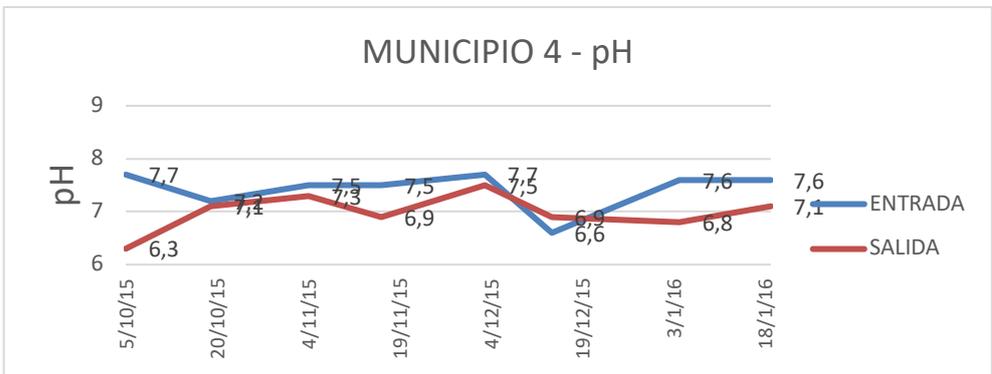


Figura 23. Gráfico pH entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 4

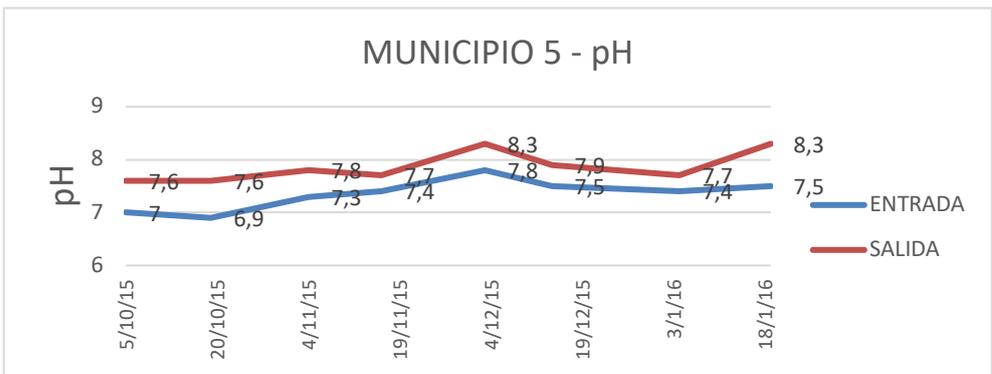
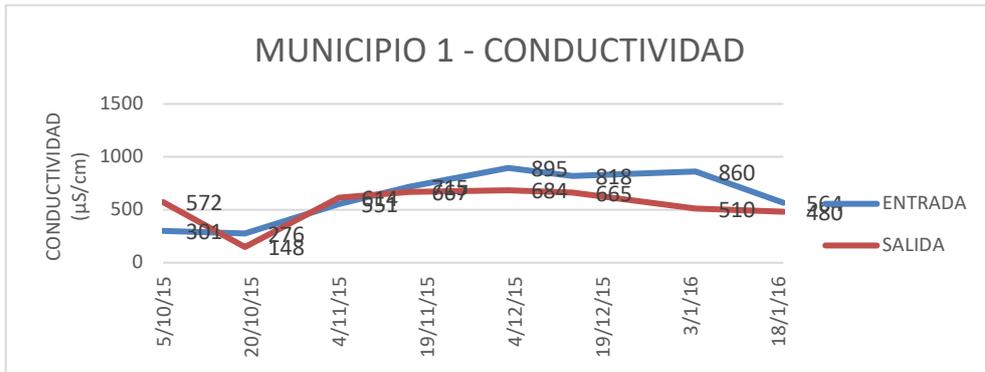


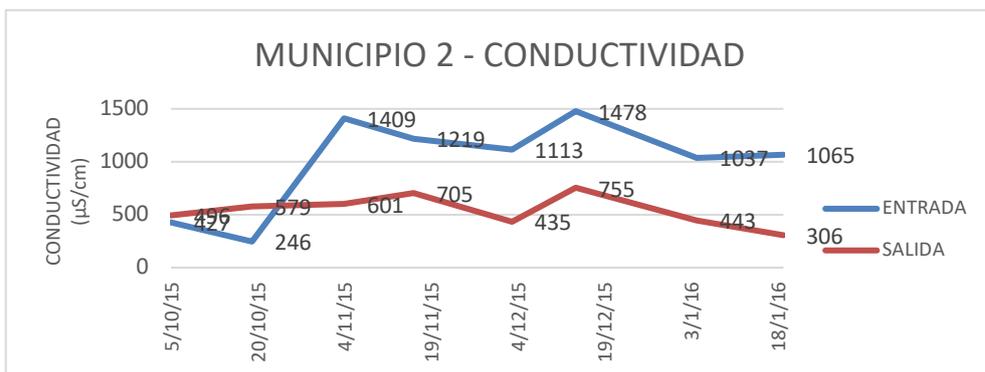
Figura 24. Gráfico pH entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 5

- **CONDUCTIVIDAD**

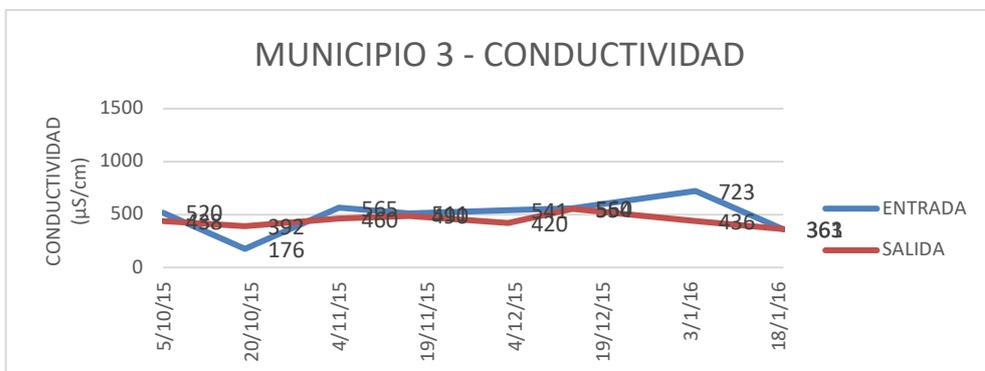
Las siguientes 5 figuras nos reflejan los valores de conductividad medidos a la entrada y a la salida en cada municipio:



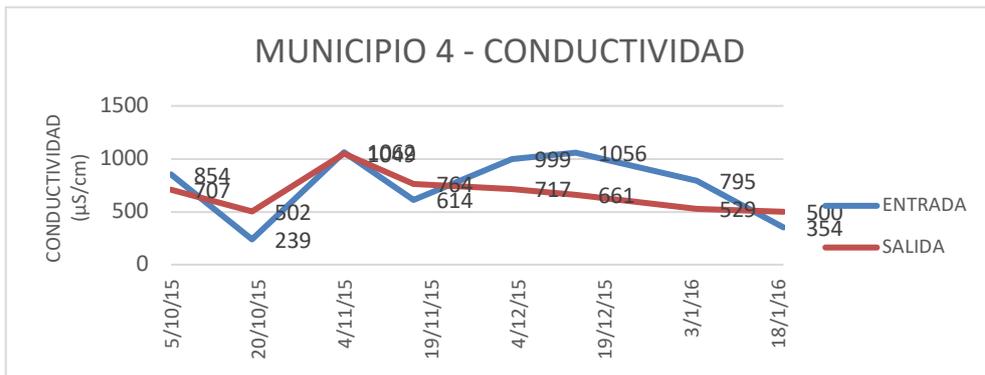
**Figura 25.** Gráfico conductividad entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 1



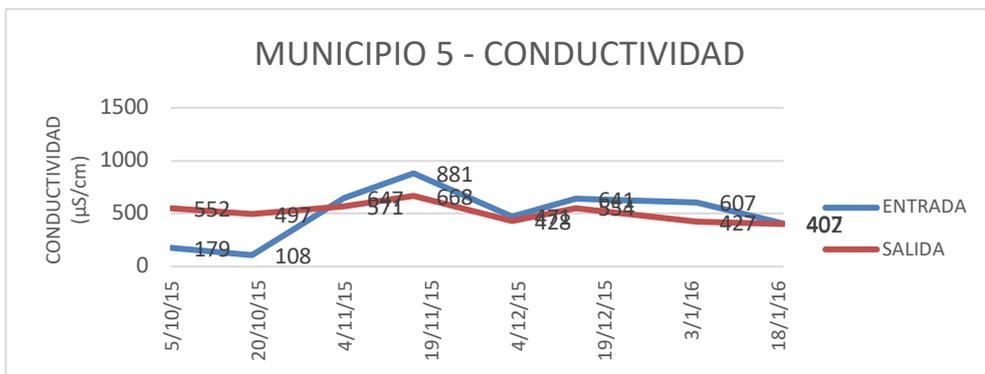
**Figura 26.** Gráfico conductividad entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 2



**Figura 27.** Gráfico conductividad entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 3



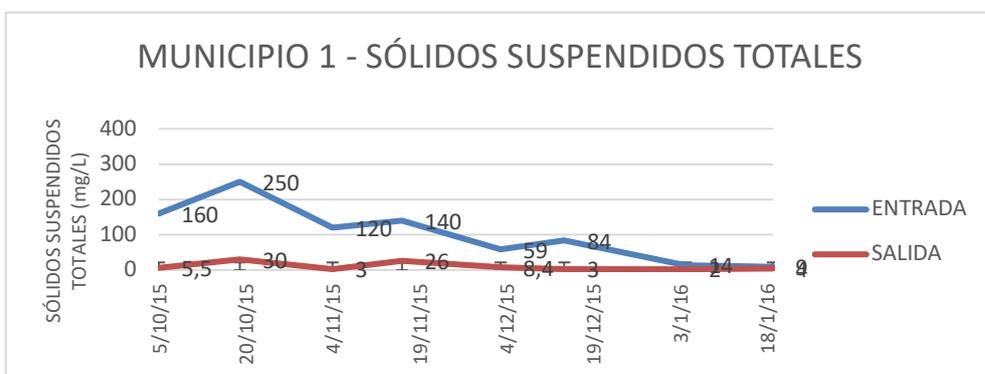
**Figura 28.** Gráfico conductividad entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 4



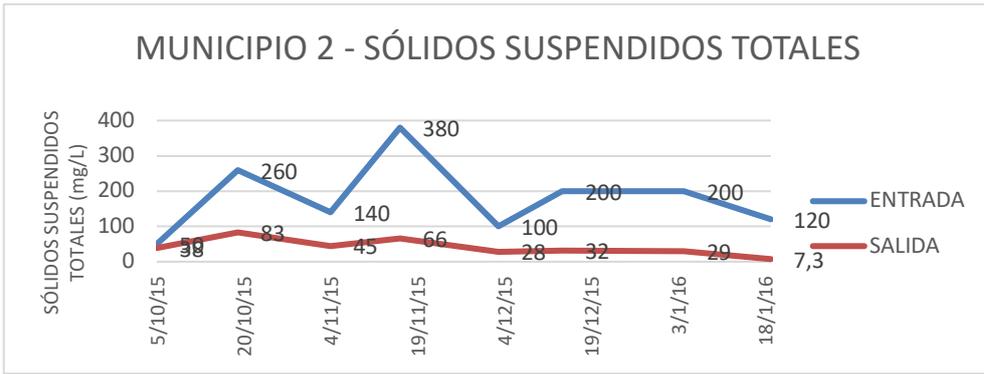
**Figura 29.** Gráfico conductividad entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 5

- **S.S.T.**

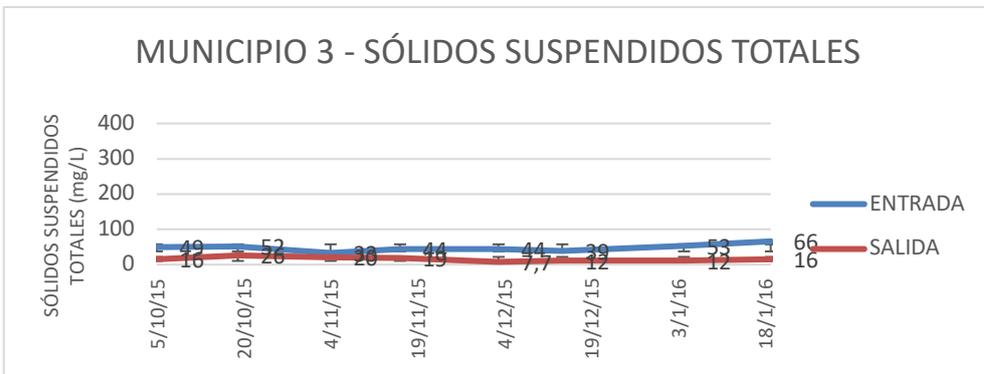
Las siguientes 5 figuras nos reflejan los valores de sólidos suspendidos totales medidos a la entrada y a la salida en cada municipio:



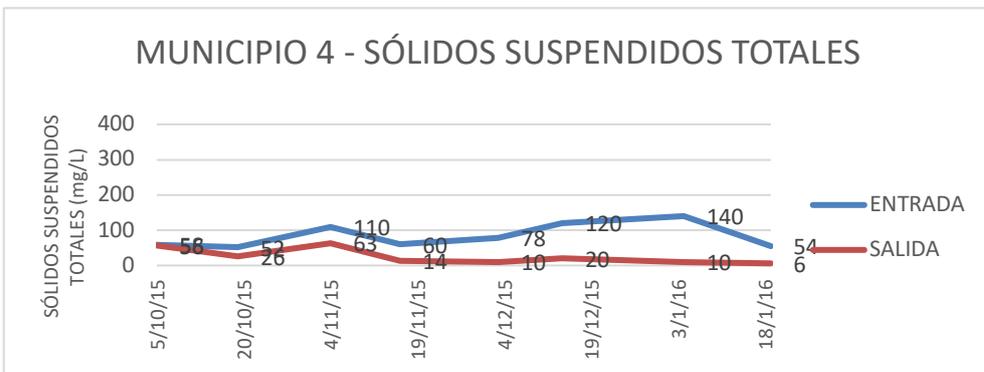
**Figura 30.** Gráfico S.S.T. entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 1



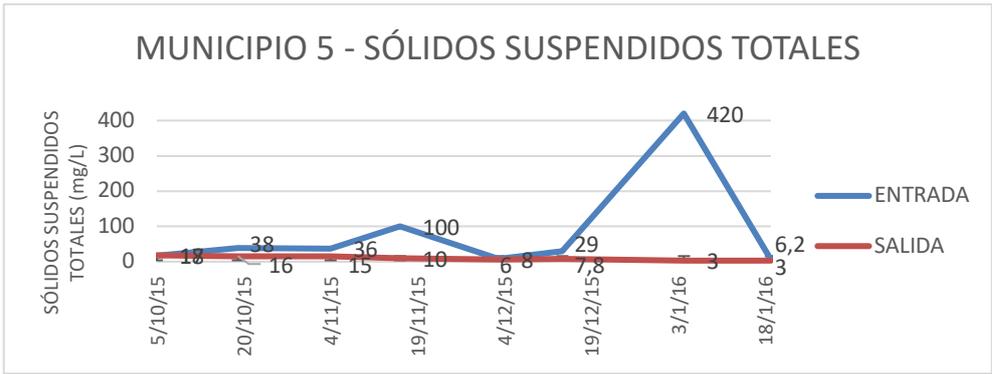
**Figura 31.** Gráfico S.S.T. entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 2



**Figura 32.** Gráfico S.S.T. entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 3



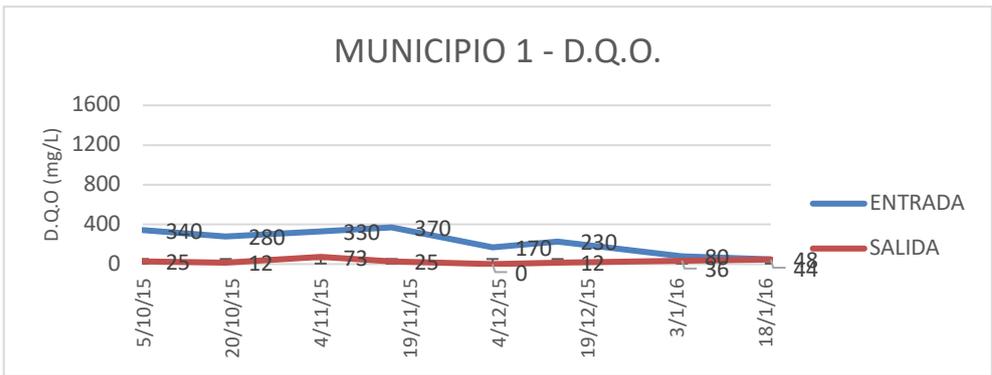
**Figura 33.** Gráfico S.S.T. entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 4



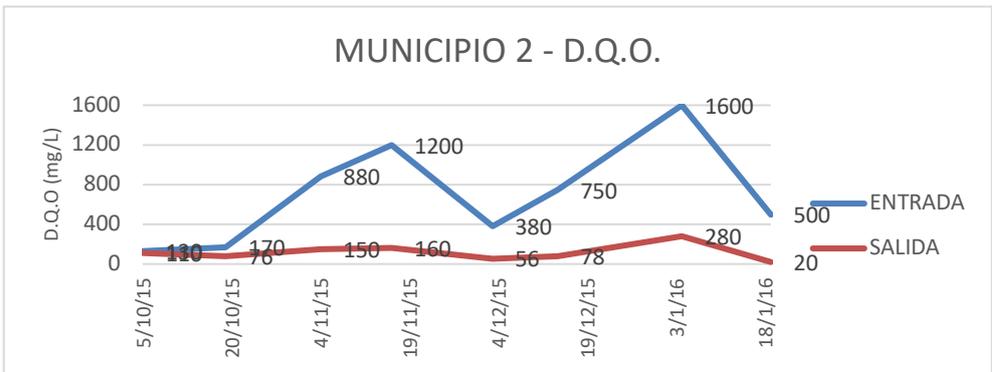
**Figura 34.** Gráfico S.S.T. entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 5

- **D.Q.O.**

Las siguientes 5 figuras nos reflejan los valores de la D.Q.O. medidos a la entrada y a la salida en cada municipio:



**Figura 35.** Gráfico D.Q.O. entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 1



**Figura 36.** Gráfico D.Q.O. entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 2

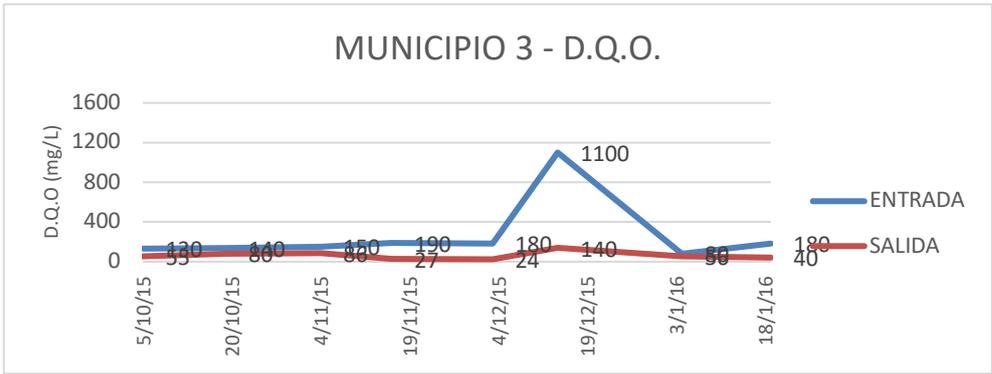


Figura 37. Gráfico D.Q.O. entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 3

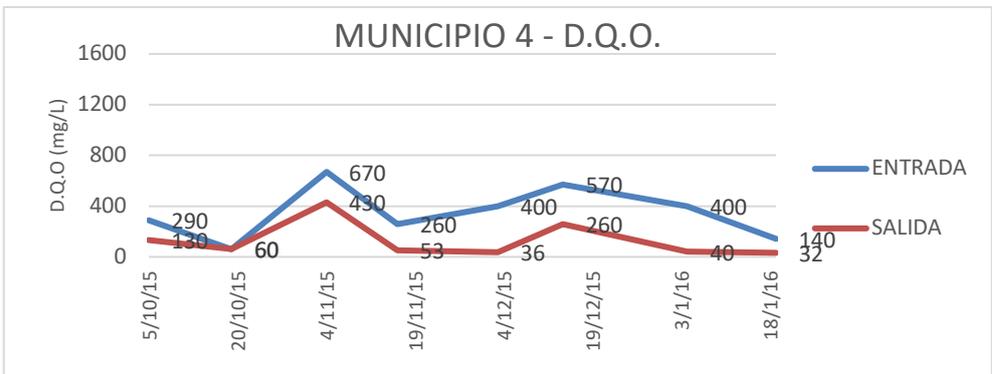


Figura 38. Gráfico D.Q.O. entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 4

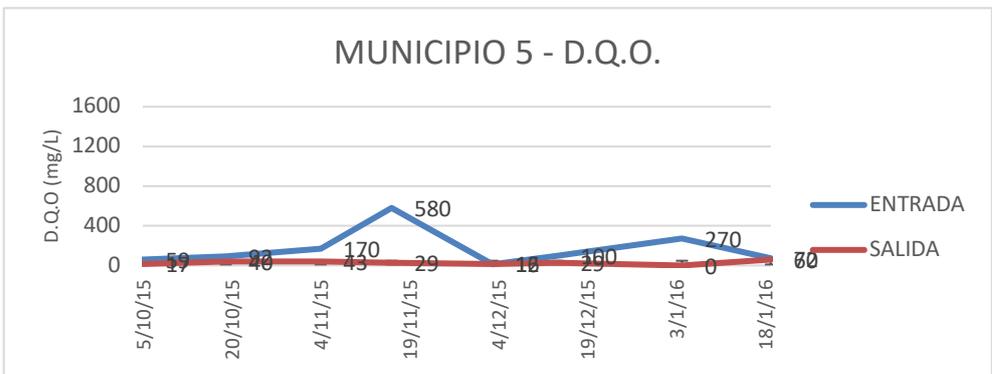
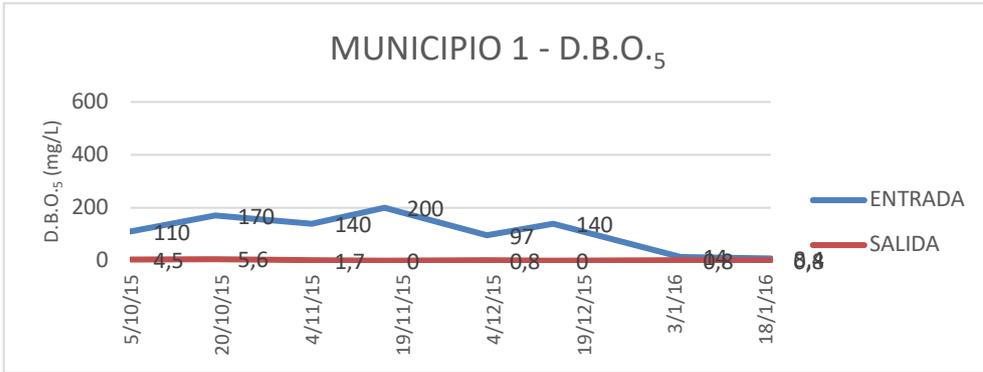


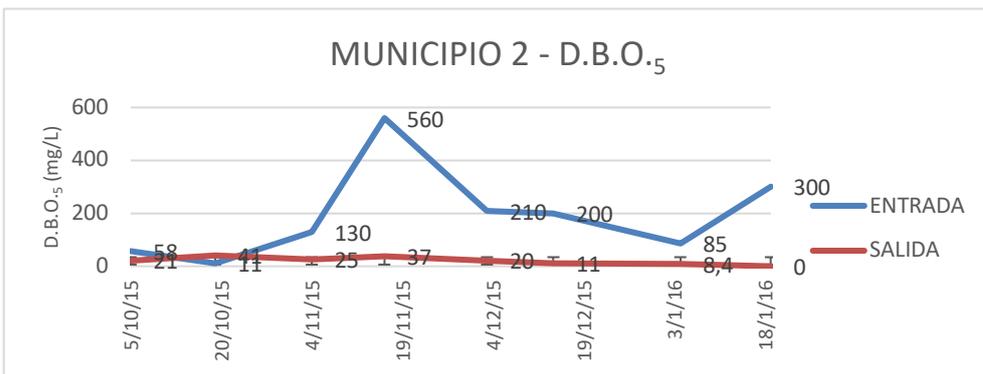
Figura 39. Gráfico D.Q.O. entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 5

- **D.B.O.<sub>5</sub>**

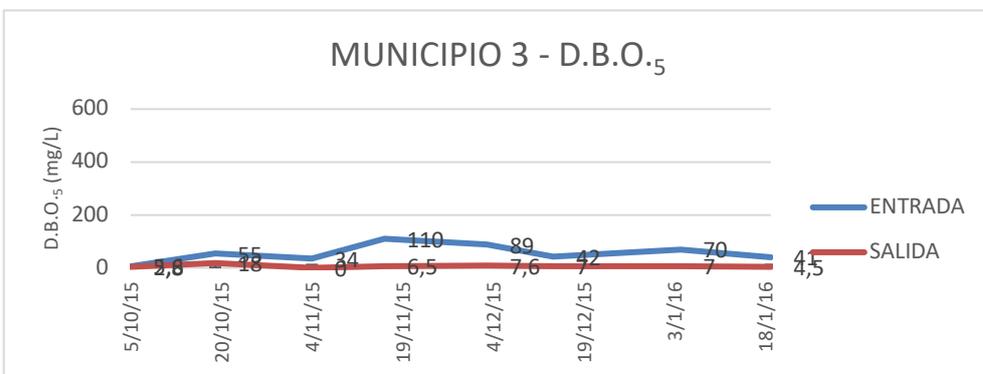
Las siguientes 5 figuras nos reflejan los valores de la D.B.O.<sub>5</sub> medidos a la entrada y a la salida en cada municipio:



**Figura 40.** Gráfico D.B.O.<sub>5</sub> entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 1



**Figura 41.** Gráfico D.B.O.<sub>5</sub> entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 2



**Figura 42.** Gráfico D.B.O.<sub>5</sub> entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 3

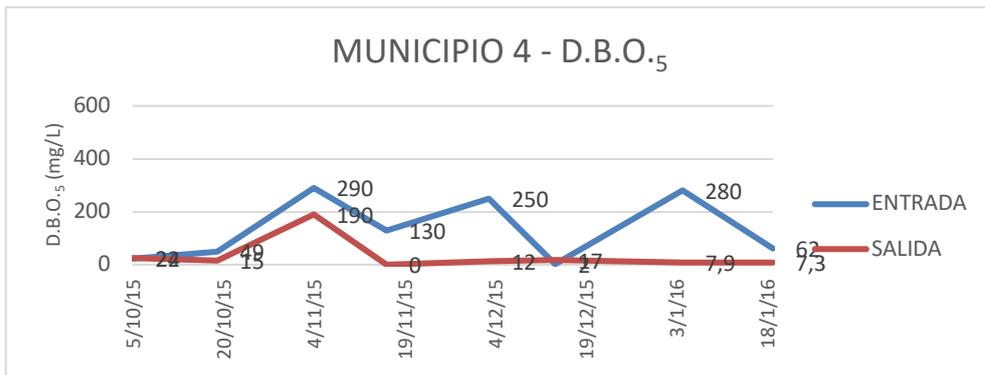


Figura 43. Gráfico D.B.O.<sub>5</sub> entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 4

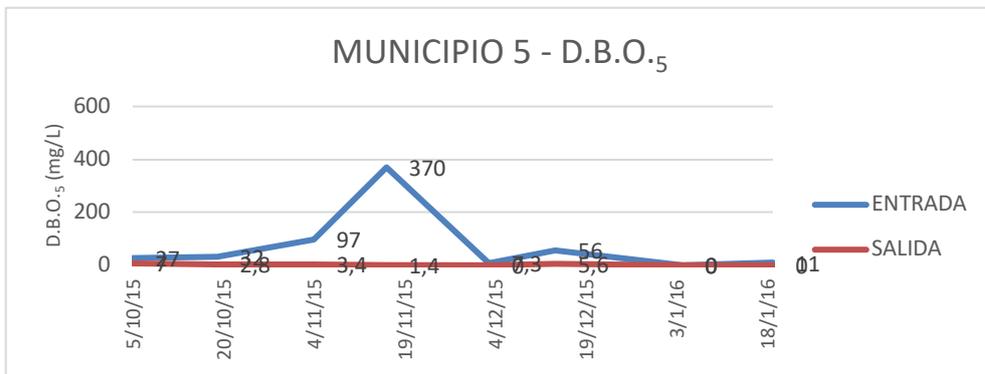


Figura 44. Gráfico D.B.O.<sub>5</sub> entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 5

- **NITRÓGENO AMONICAL**

Las siguientes 5 figuras nos reflejan los valores del Nitrógeno Amoniacal medido a la entrada y a la salida en cada municipio:

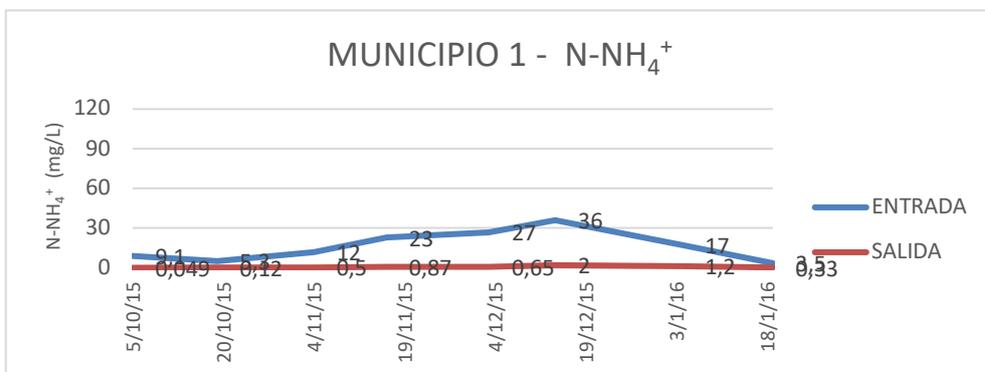


Figura 45. Gráfico N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 1

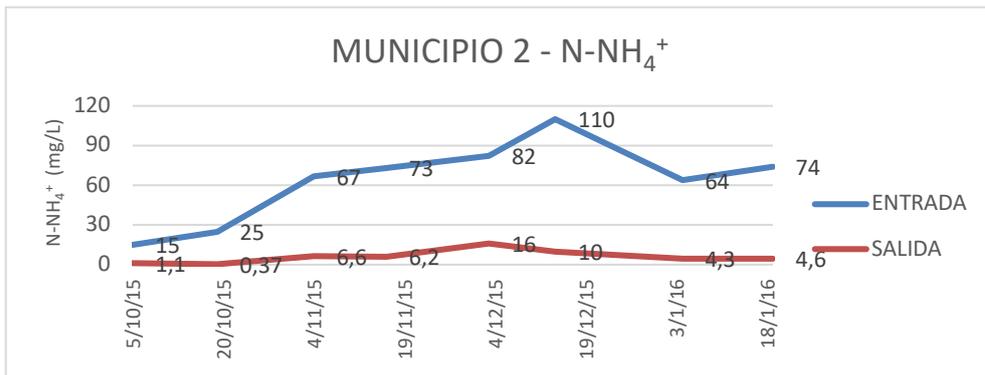


Figura 46. Gráfico N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 2

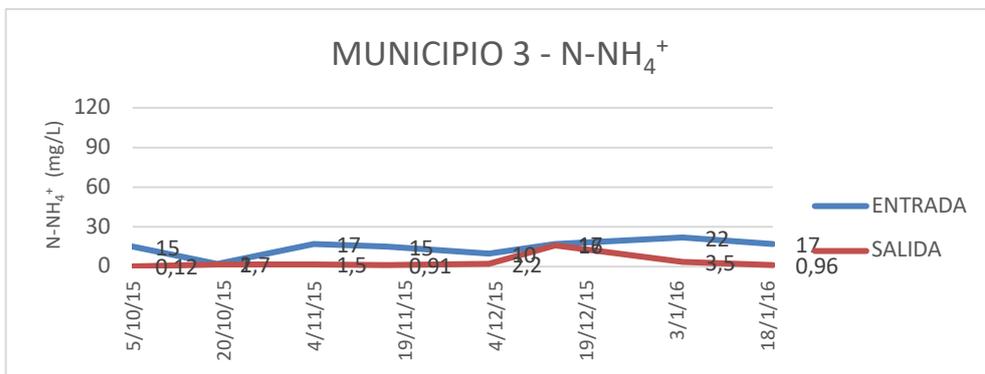


Figura 47. Gráfico N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 3

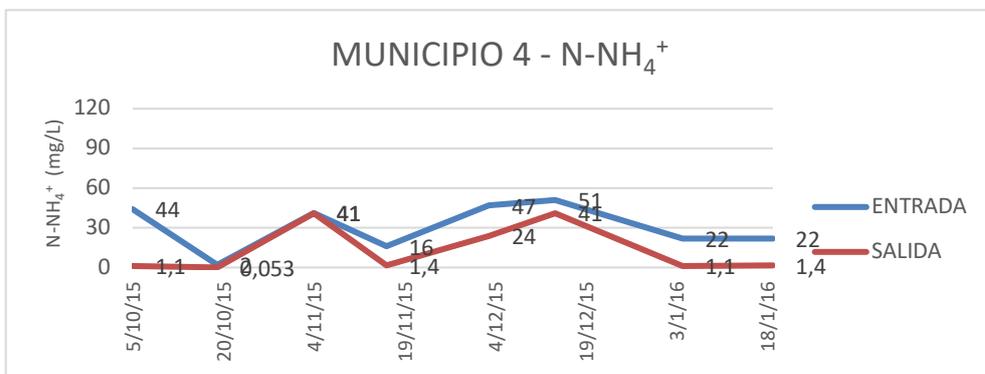


Figura 48. Gráfico N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 4

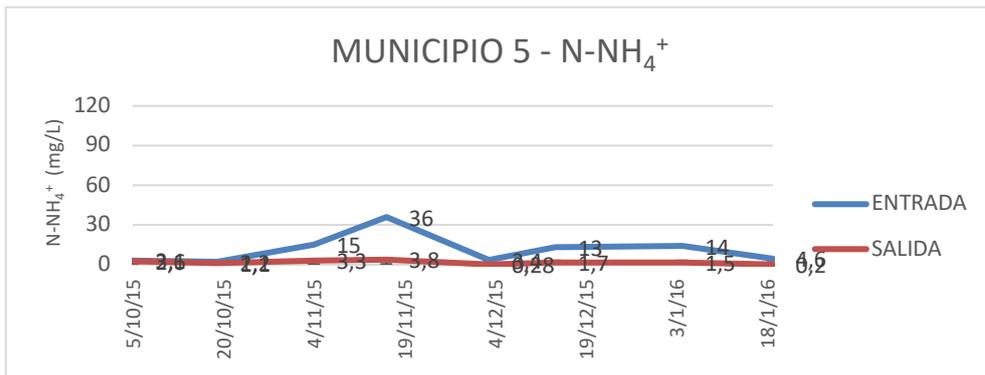


Figura 49. Gráfico  $N-NH_4^+$  entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 5

- NITRATOS

Las siguientes 5 figuras nos reflejan los valores de los nitratos medidos a la entrada y a la salida en cada municipio:

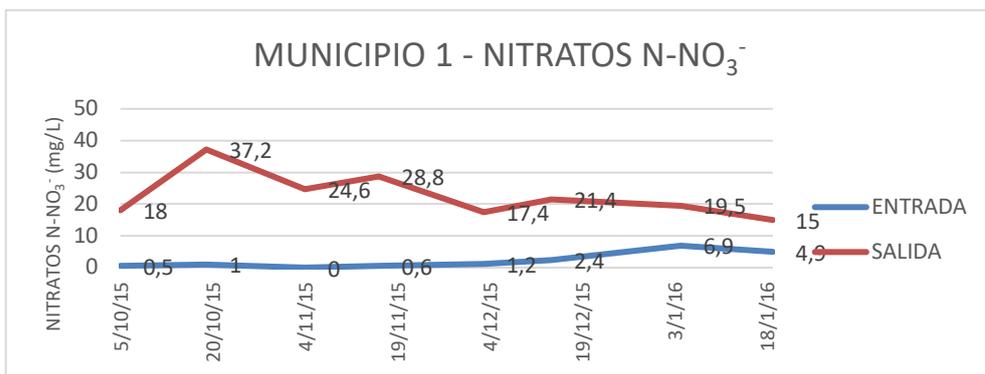


Figura 50. Gráfico  $N-NO_3^-$  entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 1

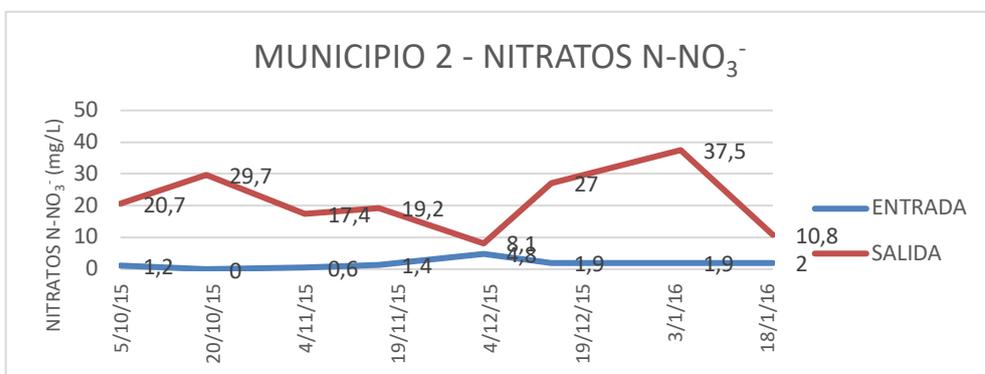


Figura 51. Gráfico  $N-NO_3^-$  entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 2

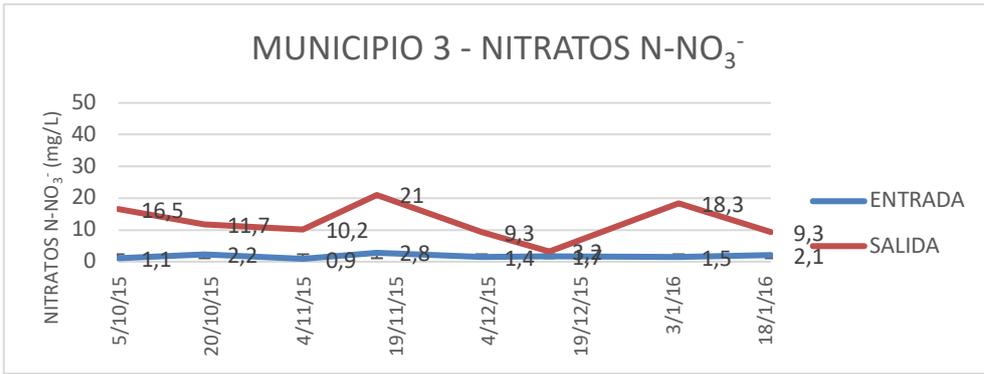


Figura 52. Gráfico N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 3

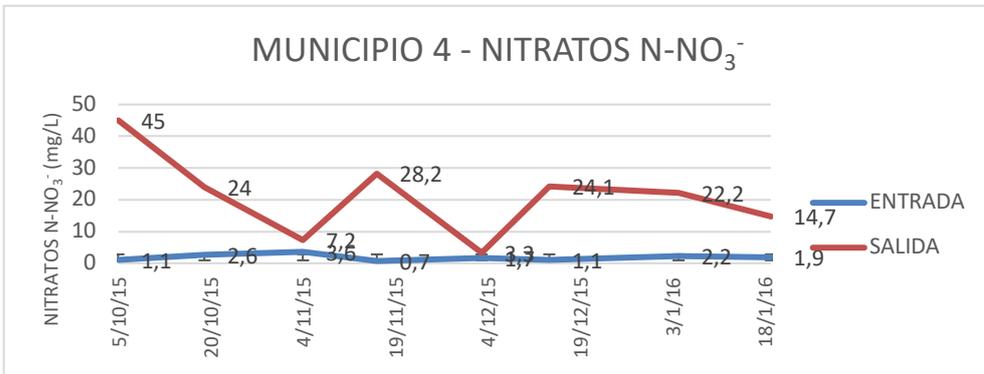


Figura 53. Gráfico N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 4

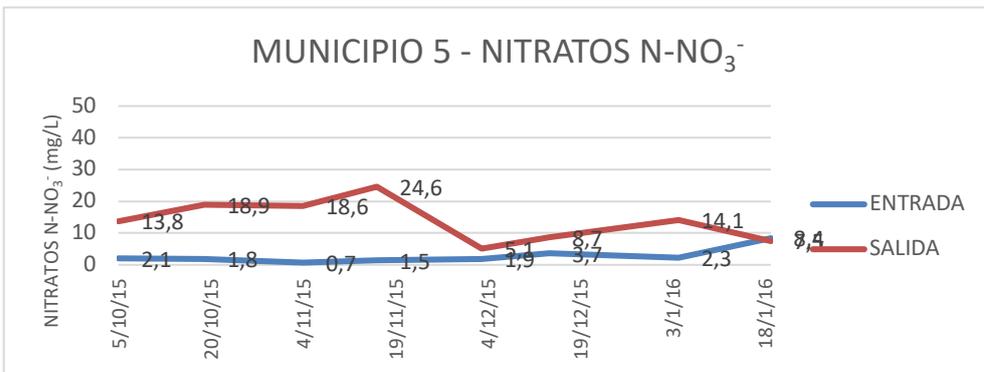


Figura 54. Gráfico N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 5

- FOSFATOS

Las siguientes 5 figuras nos reflejan los valores de los fosfatos medidos a la entrada y a la salida en cada municipio:

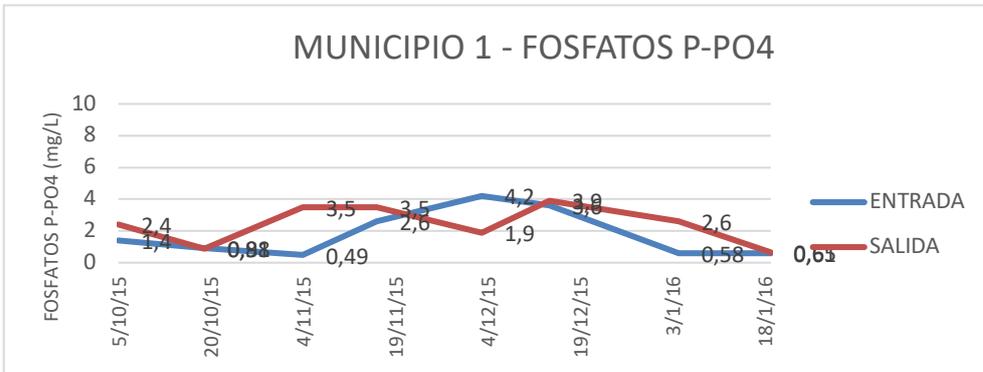


Figura 55. Gráfico  $P-PO_4^{3-}$  entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 1

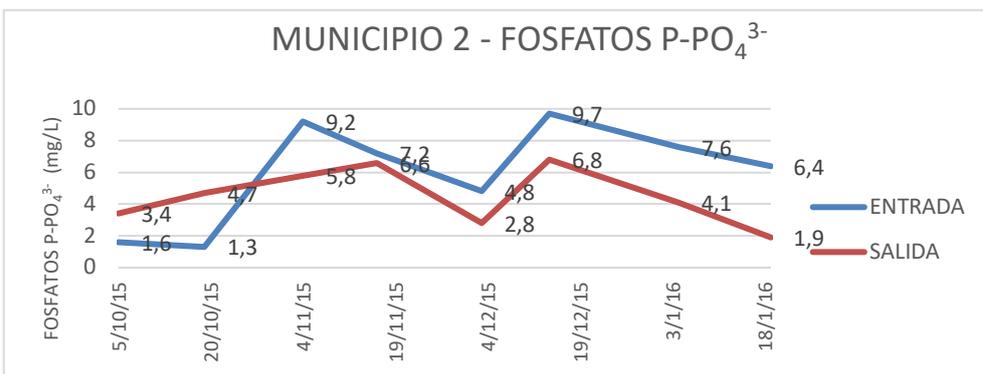


Figura 56. Gráfico  $P-PO_4^{3-}$  entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 2

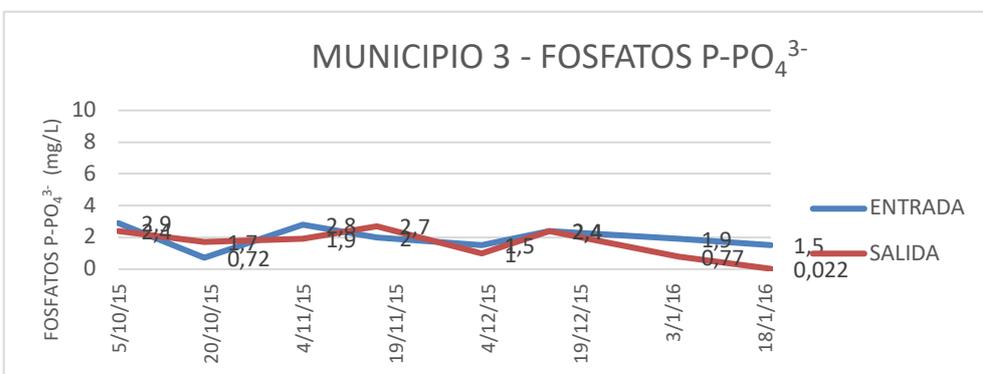


Figura 57. Gráfico  $P-PO_4^{3-}$  entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 3

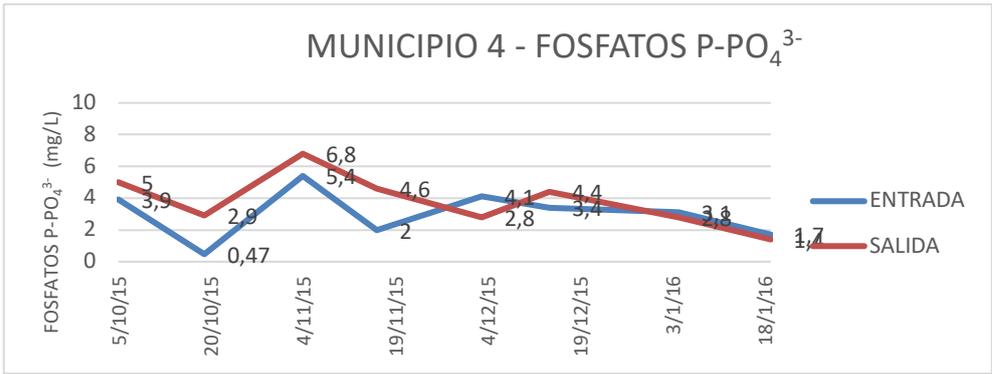


Figura 58. Gráfico P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 4

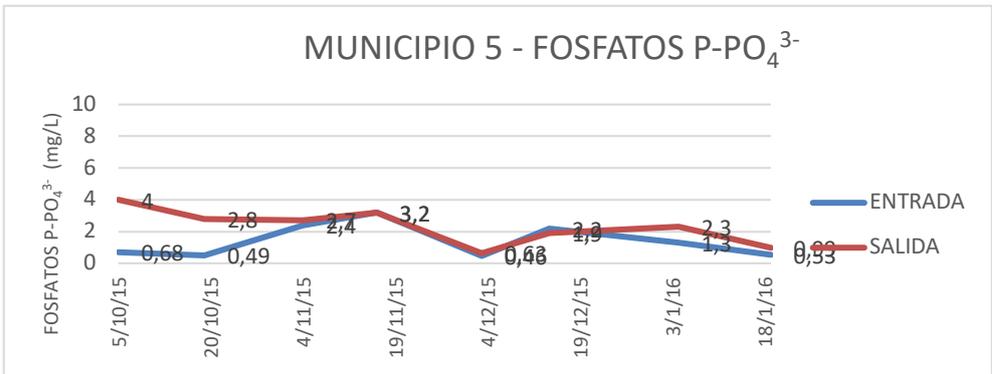


Figura 59. Gráfico P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 5

- **CLORUROS**

Las siguientes 5 figuras nos reflejan los valores de los cloruros medidos a la entrada y a la salida en cada municipio:

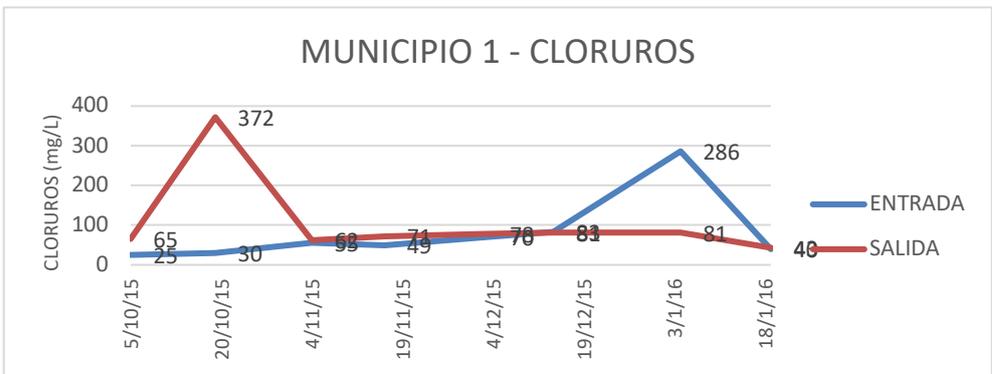
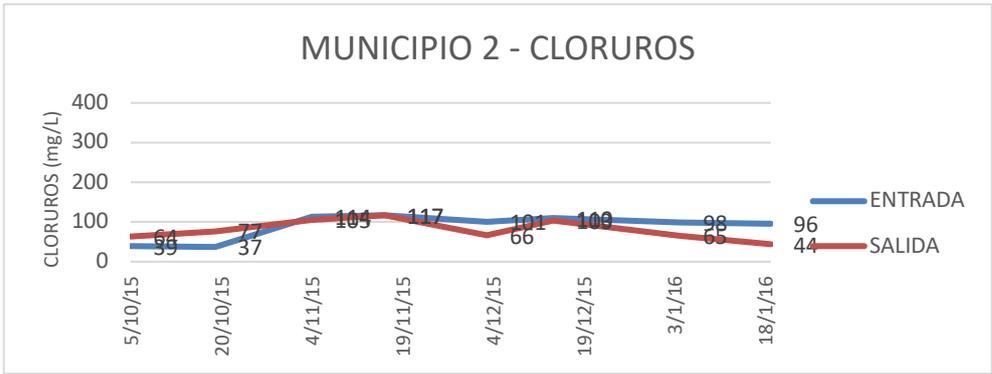
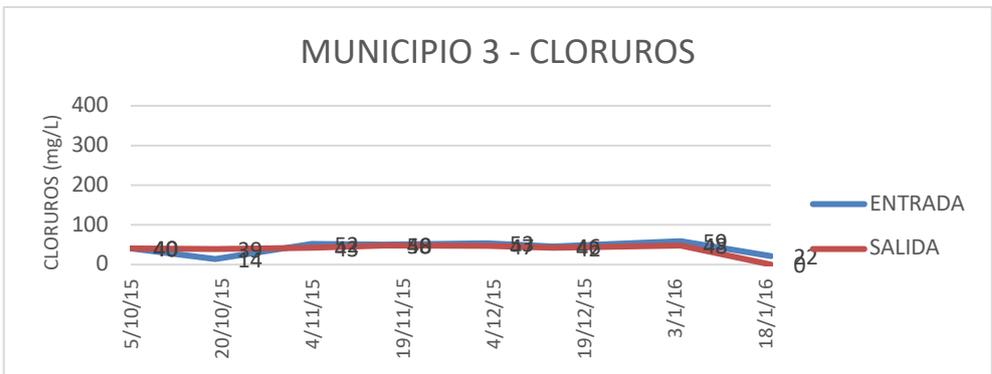


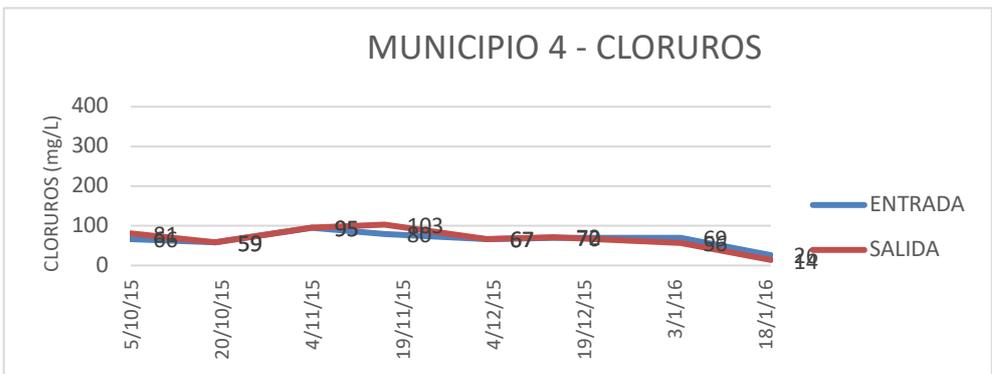
Figura 60. Gráfico Cl<sup>-</sup> entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 1



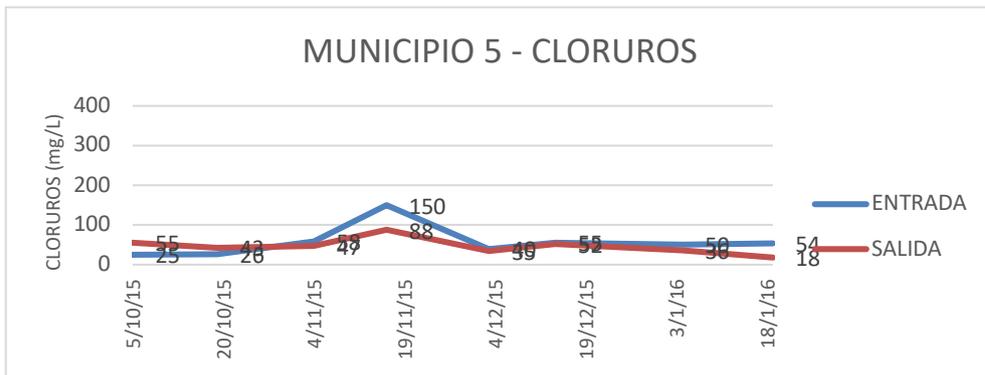
**Figura 61.** Gráfico Cl entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 2



**Figura 62.** Gráfico Cl entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 3



**Figura 63.** Gráfico Cl entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 4



**Figura 64.** Gráfico Cl entrada-salida en la E.D.A.R. del Municipio 5