



DEPARTAMENTO DE QUÍMICA ANALÍTICA
"PROFESOR F. PINO PÉREZ"
FACULTAD DE QUÍMICA
UNIVERSIDAD DE SEVILLA

**ESTUDIO Y EVOLUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL
DE TENDENCIAS EN DATOS HISTÓRICOS DE
CALIDAD DE AGUAS. APLICACIÓN A LA
CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO EBRO
(1981-2005)**

TESIS DOCTORAL

Ramón Bouza Deaño
Sevilla, 2006

UNIVERSIDAD DE SEVILLA
FACULTAD DE QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA ANALÍTICA

**ESTUDIO Y EVOLUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE
TENDENCIAS EN DATOS HISTÓRICOS DE CALIDAD DE
AGUAS. APLICACIÓN A LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO
EBRO (1981-2005)**

Trabajo que presenta el Licenciado en
Ciencias Químicas Ramón Bouza Deaño,
para optar al Grado de Doctor por la
Universidad de Sevilla

Sevilla, 20 de septiembre de 2006

Fdo. Ramón Bouza Deaño

Este Trabajo ha sido realizado en el Departamento de Química Analítica “Francisco Pino Pérez” de la Universidad de Sevilla, bajo la dirección del Dr. D. Miguel Ternero Rodríguez y el Dr. D. Antonio José Fernández Espinosa.

Los Directores, por la presente, autorizan su presentación.

En Sevilla, a veinte de septiembre de dos mil seis.

Fdo. D. Miguel Ternero Rodríguez Fdo. D. Antonio José Fernández Espinosa

D. Alfonso Guiraúm Pérez, Catedrático de Universidad y Director del Departamento de Química Analítica “Francisco Pino Pérez” de la Universidad de Sevilla,

CERTIFICA:

Que el presente trabajo, realizado íntegramente en los laboratorios de este Departamento bajo la dirección conjunta de los Profesores D. Miguel Ternero Rodríguez y D. Antonio José Fernández Espinosa, reúne las condiciones exigidas para optar al Grado de Doctor por la Universidad de Sevilla.

Y para que conste, expido y firmo el presente certificado, en Sevilla a veinte de septiembre de 2006.

Fdo. Alfonso Guiraúm Pérez

AGRADECIMIENTOS

Quisiera mostrar mi más sincera y duradera gratitud a mis directores, los Doctores D. Miguel Ternero Rodríguez y D. Antonio José Fernández Espinosa, por la paciencia demostrada ante este impetuoso aprendiz de químico, y por sus constantes consejos sin los cuales este trabajo, sin duda, nunca hubiera sido posible, y en especial:

Al Dr. D. Miguel Ternero Rodríguez, por su confianza, apoyo y esfuerzo en todo momento desde que nos conocimos,

Al Dr. D. Antonio José Fernández Espinosa, por sus sabios consejos y su amistad,

Mi agradecimiento también al Departamento de Química Analítica de la Universidad de Sevilla, al que he pertenecido desde el curso 1995/1996, en distintas formas.

A su Director, el Profesor Dr. D. Alfonso Guiraúm Pérez, por su ayuda y atenciones constantes.

Al Dr. D. Fernando de Pablos Pons, por su inestimable ayuda en la realización de mi tesina y sus afortunados consejos a este incipiente investigador.

Al Dr. D. Esteban Alonso Álvarez, por su apoyo y amistad durante nuestra colaboración en el CENTA.

A los demás profesores del Departamento, por haber atendido mis cuestiones cuando les solicité ayuda.

A todos los compañeros con los que he compartido horas teóricas y de laboratorio desde que empecé mis trabajos de investigación. Son muchos y no quisiera olvidar a ninguno, por lo que todos deben sentirse partícipe de esta gratitud.

A Sofía Fernández Rojas, por su prestancia a la hora de resolver cuestiones burocráticas; por toda la ayuda prestada.

A la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, y en especial a D. Cándido Brieva Romero, por brindarme la primera oportunidad de realizar un trabajo de

investigación aplicada. A Consuelo Juan y Marta Copado, así como a todo el personal del Laboratorio Central de la C.H.G, por su ayuda y amistad en mis comienzos como doctorando.

A mis compañeros del CENTA, por las gratas horas que pasamos en el laboratorio.

A mi familia, sin la cual este trabajo y ni tan siquiera yo serían hoy realidad.

A mis padres, Ramón y María, que todo siempre me lo han dado, y que siempre han aguantado todos y cada uno de mis incomprensibles impulsos.

A Penélope, comprensible mujer al lado de la cual he vivido los mejores momentos de mi vida. Por comprender el que a veces le haya dedicado más tiempo a esta Tesis que a ella misma, y por la vida en común que por delante nos queda.

A Miriam, mi pequeña hija. Por su siempre presente sonrisa que llena nuestra casa de felicidad.

A mis Suegros y cuñados, por su apoyo incondicional en todo momento.

Al Santísimo Cristo de las Misericordias, por iluminarme en los momentos de oscuridad y permitirme terminar de escribir estas líneas.

Quisiera demostrar mi más sincero agradecimiento a la Confederación Hidrográfica del Ebro (Ministerio de Medio Ambiente), por las facilidades y atenciones prestadas en la cesión de los datos analíticos de calidad de aguas utilizados en el presente Trabajo.

A PENÉLOPE

"No sé lo que puedo parecer al mundo; pero para mí mismo, sólo he sido como un niño jugando a la orilla del mar, y divirtiéndome al hallar de vez en cuando un guijarro más suave o una concha más hermosa que de costumbre, mientras que el gran océano de la verdad permanecía sin descubrir ante mí".

Sir Isaac Newton (1642-1727)

ÍNDICES

ÍNDICE DE CONTENIDO

	<u>Pág</u>
OBJETO Y CONTENIDO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	37
<u>I. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS</u>	45
I.1. LA CALIDAD DE LAS AGUAS	51
I.1.1. El problema de la calidad de las aguas a lo largo de la historia	51
I.1.2. Parámetros indicadores de la calidad de aguas	53
I.1.2.1. Aspectos generales	53
I.1.2.2. Parámetros no específicos	54
I.1.2.3. Componentes mayoritarios	61
I.1.2.4. Componentes minoritarios y trazas	66
I.1.2.5. Inorgánicos	67
I.1.2.6. Compuestos orgánicos	76
I.1.3. Índices de calidad de aguas	81
I.1.3.1. Introducción	81
I.1.3.2. Índices de calidad a lo largo de la historia	82
I.1.4. Legislación y criterios de calidad de aguas	84
I.1.4.1. Normativa europea	85
I.1.4.2. Normativa española	87
I.1.4.3. Normativa de la Confederación Hidrográfica del Ebro	89
I.1.4.3.1. Aspectos generales	89
I.1.4.3.2. Producción de agua potable	89
I.1.4.3.3. Aguas protegidas por razón de su riqueza piscícola	92
I.1.4.3.4. Aguas de baño	92
I.2. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE TENDENCIAS DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS	92
I.2.1. Consideraciones generales	92
I.2.2. Métodos de detección y estimación de tendencias	94
I.2.2.1. Aspectos generales	94
I.2.2.2. Métodos descriptivos	96
I.2.2.3. Métodos paramétricos	98
I.2.2.4. Métodos no-paramétricos	99
I.3. LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL EBRO	104
I.3.1. Descripción de la Cuenca	105
I.3.1.1. Características físicas	106

I.3.1.2.	Características geológicas	107
I.3.1.3.	Características climatológicas	115
I.3.1.4.	Características hidrológicas	118
I.3.1.5.	Ámbito político	127
I.3.1.6.	Ámbito económico e industrial	133
I.3.2.	El control de la calidad de las aguas en la Confederación Hidrográfica del Ebro	138
I.3.2.1.	Redes de control de calidad de las aguas	138
I.3.2.1.1.	Red Integral de Calidad de Aguas	141

II. MÉTODOS EXPERIMENTALES 169

II.1. DESCRIPCIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO SELECCIONADAS Y METODOLOGÍAS ANALÍTICAS		171
II.1.1.	Estaciones de muestreo	171
II.1.2.	Toma de muestras y metodologías analíticas	182
II.1.3.	Parámetros analizados y metodología analítica empleada	184
II.2. MÉTODOS MATEMÁTICOS DE TRATAMIENTO DE DATOS		187
II.2.1.	Tratamiento previo de datos	187
II.2.2.	Estadística descriptiva	188
II.2.3.	Análisis estadístico multivariante	192
II.2.3.1.	Aspectos generales	192
II.2.3.2.	Análisis de correlaciones	193
II.2.3.3.	Análisis de Componentes Principales	194
II.2.3.4.	Análisis Clúster	196
II.3. HERRAMIENTAS DE DETECCIÓN DE TENDENCIAS		199
II.3.1.	Métodos paramétricos (signo de la regresión lineal). Correlación paramétrica	199
II.3.2.	Métodos no-paramétricos (test de Mann-Kendall)	200
II.3.2.1.	Correlación de Spearman	201
II.3.2.2.	Test de Mann-Kendall	201
II.4. HERRAMIENTAS DE ESTIMACIÓN DE TENDENCIAS		207
II.4.1.	Métodos paramétricos (pendiente de regresión lineal)	208
II.4.2.	Métodos no-paramétricos (Pendiente de Sen)	208
II.5. ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUAS		211

<u>III. ESTUDIO HIDROGEOQUÍMICO DE LA CUENCA DEL RÍO EBRO</u>	
<u>(PERÍODO 1981-2005)</u>	219
III.1. INTRODUCCIÓN	221
III.2. DESCRIPCIÓN ESTADÍSTICA ELEMENTAL	222
III.2.1. Introducción	222
III.2.2. Parámetros no específicos	222
III.2.3. Componentes mayoritarios	229
III.2.4. Componentes minoritarios y trazas metálicos	234
III.2.5. Componentes minoritarios y trazas aniones	240
III.2.6. Componentes minoritarios y trazas orgánicos (indicadores)	245
III.2.7. Componentes minoritarios y trazas orgánicos (específicos)	250
III.2.8. Índice de Calidad General	253
III.2.9. Resumen y conclusiones por subcuencas	258
III.3. ANÁLISIS DE CORRELACIONES	262
III.4. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES	267
III.4.1. Estudio de la totalidad de la Cuenca	267
III.4.2. Estudio de las distintas subcuencas	271
III.5. ANÁLISIS CLUSTER	283
III.6. RESUMEN Y CONCLUSIONES	287
<u>IV. ANÁLISIS DE TENDENCIAS DE SERIES TEMPORALES DE CALIDAD</u>	
<u>DE AGUAS. APLICACIÓN AL ESTUDIO DE LA CUENCA</u>	
<u>HIDROGRÁFICA DEL RÍO EBRO EN EL PERIODO 1981-2005</u>	291
IV.1. INTRODUCCIÓN	293
IV.2. MÉTODO PARAMÉTRICO	294
IV.2.1. Detección de tendencias	294
IV.2.1.1. Consideraciones generales	294
IV.2.1.2. Tendencias por subcuencas y estaciones	294
IV.2.1.3. Tendencias por parámetro	296
IV.2.2. Cuantificación de tendencias	301

IV.2.2.1. Consideraciones generales	301
IV.2.2.2. Estudio comparativo entre subcuencas	305
IV.3. ESTUDIO DE CORRELACIÓN ESTACIONAL	316
IV.4. MÉTODOS NO-PARAMÉTRICOS	323
IV.4.1. Detección de tendencias. Test de Mann-Kendall	323
IV.4.1.1. Consideraciones generales	323
IV.4.1.2. Tendencias por subcuenca	324
IV.4.1.3. Tendencias por estación	325
IV.4.1.4. Tendencias por parámetro	327
IV.4.2. Cuantificación de tendencias	333
IV.4.2.1. Cuenca del Río Ebro	333
IV.4.2.2. Subcuencas	335
IV.5. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS POR LOS MÉTODOS PARAMÉTRICO Y NO-PARAMÉTRICO	342
IV.5.1. Comparación cualitativa de las tendencias detectadas	342
IV.5.2. Comparación cuantitativa de las tendencias detectadas	344
IV.6. APLICACIÓN SECUENCIAL DEL MÉTODO NO-PARAMÉTRICO EN DISTINTOS PERÍODOS DE TIEMPO	348
IV.6.1. Ensayos preliminares para el diseño de la estrategia de cálculo	348
IV.6.2. Análisis secuencial en periodos independientes	350
IV.6.3. Análisis secuencial en periodos acumulativos	354
IV.6.3.1. Parámetros no específicos	358
IV.6.3.2. Componentes mayoritarios	360
IV.6.3.3. Componentes minoritarios inorgánicos metales	361
IV.6.3.4. Componentes minoritarios inorgánicos aniones	362
IV.6.3.5. Componentes minoritarios orgánicos indicadores	365
IV.6.3.6. Componentes minoritarios orgánicos específicos	366
IV.7. ESTUDIO COMPARATIVO	367
BIBLIOGRAFÍA	369
RESUMEN Y CONCLUSIONES FINALES	393

ÍNDICES

ANEXO I	399
ANEXO II	403
ANEXO III	443

ÍNDICE DE FIGURAS

	<u>Pág</u>
Figura 1. American robin	48
Figura 2. Ciclo del azufre en la naturaleza.....	65
Figura 3. Ciclo del nitrógeno en la naturaleza.....	74
Figura 4. Ciclo del fósforo en la naturaleza.....	75
Figura 5. Objetivos de calidad asignados a cada tramo de río.....	91
Figura 6. División hidrológica de España.....	104
Figura 7. Localización de la Cuenca Hidrográfica del Río Ebro	105
Figura 8. Imagen Landsat de la Cuenca Hidrográfica del Río Ebro	106
Figura 9. Nacimiento y desembocadura del Río Ebro	107
Figura 10. Mapa físico de la Cuenca	107
Figura 11. Geología de la Cuenca del Ebro.....	108
Figura 12. Isoyetas medias anuales	116
Figura 13. Isotermas medias anuales	117
Figura 14. Esquema morfológico y de drenaje de la cuenca del Río Ebro.....	119
Figura 15. Perfil altimétrico del Río Ebro	119
Figura 16. Red fluvial de la Cuenca Hidrográfica del Río Ebro	120
Figura 17. Detalle de la morfología de los ríos riojanos.....	120
Figura 18. Detalle de la morfología de los ríos de la Cuenca del Segre	121
Figura 19. Localización geográfica de las principales subcuencas localizadas en la Cuenca del Ebro	122
Figura 20. Aluviales de la Cuenca del Ebro.	123
Figura 21. Acuíferos de la Cuenca del Ebro.	124
Figura 22. Embalses de la Cuenca del Ebro.....	125
Figura 23. Infraestructuras para el transporte de aguas en la Cuenca del Ebro.	126
Figura 24. Ámbito político de la C.H. del Ebro (CC.AA.).	127
Figura 25. Ámbito político de la C.H. del Ebro (provincias)	129
Figura 26. Densidad de población en la Cuenca del Ebro.....	132
Figura 27. Localización de los principales núcleos de población en la Cuenca del Ebro.....	133
Figura 28. Zonas de regadío en la Cuenca del Ebro.	135
Figura 29. Localización de las centrales hidroeléctricas en la Cuenca del Ebro.....	137
Figura 30. Localización de las industrias de piscifactoría existentes en la Cuenca del Ebro	138
Figura 31. Estación de aforo sobre el Río Ebro.....	140
Figura 32. Localización geográfica de las estaciones de la red SAIH.....	140
Figura 33. Localización de las estaciones de muestreo manual de la red ICA en la Cuenca del Ebro.	142

Figura 34. Evolución del número de estaciones de la red ICA (1981-2005).	143
Figura 35. Evolución del número de muestras analizadas (1981 – 2005).....	144
Figura 36. Evolución del número de parámetros analizados (1981-2005)	144
Figura 37. Localización de estaciones de la red COCA.	145
Figura 38. Localización de estaciones de la red ABASTA.....	146
Figura 39. Localización de estaciones de la red ZONAS PISCÍCOLAS.....	147
Figura 40. Localización de estaciones de la red NUTRIENTES.....	148
Figura 41. Localización de estaciones de la red ZONAS DE BAÑO.	149
Figura 42. Localización de estaciones de la red RCSP.....	150
Figura 43. Localización de estaciones de la red RCP.	151
Figura 44. Localización de estaciones de la red INTERCAMBIO UE.....	152
Figura 45. Localización de estaciones de la red RADIATIVIDAD.....	153
Figura 46. Objetivos de calidad asignados a cada trozo de cauce en la Cuenca del Ebro.	166
Figura 47. Evolución del número de análisis realizados (1980-2003)	166
Figura 48. Red de estaciones de muestreo.	181
Figura 49. Diagrama explicativo de las representaciones de caja.....	190
Figura 50. Esquema explicativo del diagrama de Piper.....	191
Figura 51. Ejemplos de correlaciones entre variables.	192
Figura 52. Ejemplo de rotación de los ejes de coordenadas mediante el análisis de Componentes Principales.....	196
Figura 53. Ejemplo de Análisis Cluster	198
Figura 54. Pantalla principal de la aplicación MULTMK/PARTMK	206
Figura 55. Pantalla de entrada de datos de la aplicación MULTMK/PARTMK.....	206
Figura 56. Pantalla de salida de datos de la aplicación MULTMK/PARTMK	207
Figura 57. Pantalla de salida de datos desglosado mensualmente de la aplicación MULTMK/PARTMK.....	207
Figura 58. Pantalla inicial de la aplicación MULTMK/PARTMK.....	210
Figura 59. Pantalla de entrada de datos de la aplicación MULTMK/PARTMK.....	210
Figura 60. Pantalla de salida de datos de la aplicación MULTMK/PARTMK	211
Figura 61. Pantalla de la hoja de cálculo Excel desarrollada para el cálculo del ICG.....	218
Figura 62. Diagrama de cajas para el caudal en cada una de las subcuencas.	226
Figura 63. Valores medios del caudal en cada una de las estaciones.....	226
Figura 64. Localización de los principales embalses de regulación situados en el tramo final del Río Ebro.	227
Figura 65. Diagrama de cajas para el ph en cada una de las subcuencas.	227
Figura 66. Diagrama de cajas para la conductividad eléctrica en cada una de las subcuencas.....	228

Figura 67. Diagrama de cajas para la conductividad eléctrica en cada una de las estaciones.....	228
Figura 68. Representación gráfica comparativa de los la concentración media de los distintos componentes mayoritarios en cada una de las subcuencas (meq/l).....	232
Figura 69. Diagrama de Piper de los valores medios de cada subcuenca.....	233
Figura 70. Valores de medios de sulfatos (1981-2005) en las distintas estaciones.....	234
Figura 71. Diagrama de cajas para el hierro en cada una de las estaciones.....	239
Figura 72. Diagrama de cajas para el plomo en cada una de las estaciones.....	239
Figura 73. Diagrama de cajas para los nitratos en cada una de las subcuencas.....	243
Figura 74. Diagrama de cajas para los nitratos en cada una de las estaciones.....	243
Figura 75. Distribución geográfica de las concentraciones medias de nitratos (1981-2005).....	244
Figura 76. Diagrama de cajas para los fluoruros en cada una de las subcuencas.....	244
Figura 77. Distribución geográfica de las concentraciones medias de fluoruros (1981-2005).....	245
Figura 78. Diagrama de cajas para la materia orgánica en cada una de las subcuencas.....	248
Figura 79. Diagrama de cajas para la materia orgánica en cada una de las estaciones.....	249
Figura 80. Diagrama de cajas para la DBO5 en cada una de las estaciones.....	249
Figura 81 .Diagrama de cajas para el fenol en cada una de las estaciones.....	252
Figura 82. Diagrama de cajas para el ICG en cada una de las subcuencas.....	255
Figura 83. Diagrama de cajas para el ICG en cada una de las estaciones.....	256
Figura 84. Distribución geográfica del ICG medio 1981-2005.....	257
Figura 85. Representación gráfica de los distintos parámetros en los nuevos ejes de coordenadas PC1 y PC2. Cuenca del Ebro.....	270
Figura 86. Representación gráfica de los distintos parámetros en los nuevos ejes de coordenadas PC1 y PC2. Cuenca del Ebro (zoom).....	271
Figura 87. Representación gráfica de los distintos parámetros en los nuevos ejes de coordenadas PC1 y PC2. Subcuenca del Río Aragón.....	274
Figura 88. Representación gráfica de los distintos parámetros en los nuevos ejes de coordenadas PC1 y PC3. Subcuenca del Río Ebro-tronco.....	276
Figura 89. Representación gráfica de los distintos parámetros en los nuevos ejes de coordenadas PC1 y PC2. Subcuenca del Río Ebro-tronco.....	276
Figura 90. Representación gráfica de los distintos parámetros en los nuevos ejes de coordenadas PC2 y PC3. Subcuenca del Río Gallego.....	279
Figura 91. Representación gráfica de los distintos parámetros en los nuevos ejes de coordenadas PC2 y PC3. Subcuenca del Río Segre-Cinca.....	283
Figura 92. Análisis cluster de las estaciones situadas en la cuenca del Río Ebro.....	284

Figura 93. Distribución geográfica de los clusters.	285
Figura 94. Análisis cluster de las estaciones situadas en la cuenca del Río Ebro (tronco).....	286
Figura 95. Distribución geográfica de los clusters de la estaciones del Río ebro (tronco).....	287
Figura 96. Resultados del estudio de tendencias paramétricas en el periodo 1981- 2005.	294
Figura 97. Tendencias de la conductividad eléctrica en las distintas subcuencas.....	299
Figura 98. Tendencias del flúor en las distintas subcuencas	300
Figura 99. Variación anual de la concentración de cianuro en la estación A01.	301
Figura 100. Diagrama de cajas para la concentración media de fosfatos en la Cuenca del Ebro.....	304
Figura 101. Diagrama de cajas para el pH medio en la Cuenca del Ebro.....	304
Figura 102. Diagrama de cajas para el arsénico en cada subcuenca.	311
Figura 103. Diagrama de cajas para el mercurio en cada subcuenca.....	312
Figura 104. Diagrama de cajas para el plomo en cada subcuenca.....	313
Figura 105. Diagrama de cajas para los sólidos en suspensión. Medias anuales por subcuenca.....	314
Figura 106. Diagrama de cajas para los detergentes en cada subcuenca.....	315
Figura 107. Diagrama de cajas para el ICG en cada subcuenca	316
Figura 108. Diagrama de cajas para el sodio en la Cuenca del Ebro.....	318
Figura 109. Diagrama de cajas para el oxígeno disuelto en la Cuenca del ebro.	319
Figura 110 . Correlación entre la temperatura del agua y el oxígeno disuelto. Cuenca del Ebro.....	322
Figura 111. Resumen de los resultados obtenidos en el cálculo de tendencias por el método no-paramétrico del test estacional de Mann-Kendall	324
Figura 112. Diagrama de cajas del pH en las distintas subcuencas (1981-2005).....	329
Figura 113. Diagramas de cajas anuales sobre la concentración de fosfatos en aguas limpias.....	330
Figura 114. Diagramas de cajas anuales sobre la concentración de detergentes en las distintas cuencas	331
Figura 115. Diagramas de cajas anuales sobre la conductividad en en las distintas cuencas.....	332
Figura 116. Diagramas de cajas para el ICG en cada subcuenca	342
Figura 117. Diagrama de cajas anual de la concentración de coliformes totales en la estación C01 (1981-2005).	348
Figura 118. Diagrama de cajas para ICG en el periodo 1981-2005 para la estación E06.....	353

Figura 119. Evolución temporal de la Pendiente de Sen media para el ICG en la Cuenca del Ebro y subcuena.....358

Figura 120. Evolución temporal de la Pendiente de Sen media para el pH en la Cuenca del Ebro y subcuencas.359

Figura 121. Evolución temporal de la Pendiente de Sen media para la conductividad eléctrica en la Cuenca del Ebro y subcuencas.....360

Figura 122. Evolución temporal de la Pendiente de Sen media para la alcalinidad en la Cuenca del Ebro y subcuencas.361

Figura 123. Evolución temporal de la Pendiente de Sen media para el cadmio en la Cuenca del Ebro.362

Figura 124. Evolución temporal de la Pendiente de Sen media para el Zn en la Cuenca del Ebro.....362

Figura 125. Evolución temporal de la Pendiente de Sen media para los fosfatos en la Cuenca del Ebro y subcuena.....363

Figura 126. Evolución temporal de la Pendiente de Sen media para el amonio en la Cuenca del Ebro y subcuencas.364

Figura 127. Evolución temporal de la Pendiente de Sen media para los nitratos en la Cuenca del Ebro y subcuencas.365

Figura 128. Evolución temporal de la Pendiente de Sen media para la dbo5 en la Cuenca del Ebro y subcuena.....366

Figura 129. Evolución temporal de la Pendiente de Sen media para los detergentes en la Cuenca del Ebro y subcuena.367

ÍNDICE DE TABLAS

	<u>Pág</u>
Tabla 1. Variación del pH con la temperatura del medio.	57
Tabla 2. Clasificación de los sólidos presentes en un agua.	60
Tabla 3. Estructura química de los detergentes catiónicos.	79
Tabla 4. Directivas europeas derivadas de la 76/464/CEE	87
Tabla 5. Métodos no-paramétricos utilizados en el análisis de tendencias.....	101
Tabla 6. Valores de la Eficiencia Relativa Asintótica (ERA) para algunos tets no- paramétricos.	103
Tabla 7. Superficie de las distintas subcuencas de la cuenca del Ebro.	121
Tabla 8. Infraestructuras hidráulicas para la distribución de agua con fines agrarios.	125
Tabla 9. Superficie de la CHE en las distintas CC.AA.....	128
Tabla 10. Distribución de población por CC.AA.....	130
Tabla 11. Densidad de población por CC.AA.	131
Tabla 12. Poblaciones superiores a 15.000 habitantes.	132
Tabla 13. Distribución del PIB.....	134
Tabla 14. Distribución de la población ocupada	134
Tabla 15. Utilización del recurso.	136
Tabla 16. Producción de energía eléctrica.....	136
Tabla 17. Frecuencias y parámetros medidos actualmente en la Red ICA.....	154
Tabla 18. Estaciones de la red ICA.....	156
Tabla 19. Correlación entre los códigos de estación ICA y los del presente trabajo de cada una de las estaciones estudiadas.....	179
Tabla 20. Parámetros analizados y frecuencia en función del tipo de estación.	182
Tabla 21. Alícuotas para la conservación y transporte.	183
Tabla 22. Procedimientos de limpieza de los recipientes de transporte.....	183
Tabla 23. Características de los métodos analíticos utilizados.	185
Tabla 24. Criterios de validación de datos utilizados	187
Tabla 25. Valores del coeficiente a_i	213
Tabla 26. Funciones de equivalencia del ICG y clasificación de los distintos parámetros que intervienen en el cálculo del ICG.	214
Tabla 27. Valores medios correspondientes a los parámetros no específicos durante el periodo 1981-2005. Totalidad de la Cuenca.....	224
Tabla 28. Descripción estadística elemental correspondiente a los parámetros no específicos durante el período 1981-2005 en la CHE y distintas subcuencas consideradas.....	225
Tabla 29. Valores medios correspondientes a los componentes mayoritarios durante el periodo 1981-2005. Totalidad de la cuenca.	230

Tabla 30. Descripción estadística elemental correspondiente a los parámetros mayoritarios durante el período 1981-2005 en la che y distintas subcuencas consideradas.....	231
Tabla 31. Clasificación de las distintas subcuencas en función de sus concentraciones iónicas medias.	233
Tabla 32. Valores medios correspondientes a los componentes minoritarios y trazas inorgánicos (metales) durante el periodo 1981-2005. Totalidad de la Cuenca....	236
Tabla 33. Descripción estadística elemental correspondiente a los parámetros minoritarios-inorgánicos-metales durante el período 1981-2005 en la CHE y distintas subcuencas consideradas.	237
Tabla 34. Valores medios correspondientes a los componentes minoritarios trazas inorgánicos (aniones) durante el periodo 1981-2005. Totalidad de la Cuenca....	241
Tabla 35. Descripción estadística elemental correspondiente a los parámetros minoritarios-inorgánicos-aniones durante el período 1981-2005 en la CHE y distintas subcuencas consideradas.	242
Tabla 36. Valores medios correspondientes a los componentes minoritarios trazas orgánicos (indicadores) durante el periodo 1981-2005. Totalidad de la Cuenca.....	247
Tabla 37. Descripción estadística elemental correspondiente a los parámetros minoritarios-orgánicos-indicadores durante el período 1981-2005 en la CHE y distintas subcuencas consideradas.	248
Tabla 38. Valores medios correspondientes a los componentes minoritarios trazas orgánicos (compuestos orgánicos específicos) durante el periodo 1981-2005. Totalidad de la cuenca.....	251
Tabla 39. Descripción estadística elemental correspondiente a los parámetros minoritarios-orgánicos-específicos durante el período 1981-2005 en la CHE y distintas subcuencas consideradas.	252
Tabla 40. Valores medios y descriptivos del icg en las distintas estaciones de muestreo durante el período 1981-2005.....	254
Tabla 41. Descripción estadística elemental correspondiente al ICG en la CH. del ebro y distintas subcuencas consideradas, durante el periodo 1981-2005.....	255
Tabla 42. Coeficientes de correlación entre los distintos parámetros analizados. Cuenca del Ebro.	264
Tabla 43. Factores de los componentes principales para la cuenca del ebro.....	279
Tabla 44. Factores de los componentes principales para la subcuenca del Río Aragón.	273
Tabla 45. Factores de los componentes principales para la subcuenca del Ebro-tronco. ...	275
Tabla 46. Factores de los componentes principales para la subcuenca del Gallego.....	278
Tabla 47. Factores de los componentes principales para la subcuenca del Jalón.....	280

Tabla 48. Factores de los componentes principales para la subcuenca del Segre- Cinca.....	282
Tabla 49. Resumen de tendencias por subcuenca.....	295
Tabla 50. Resumen de tendencias por estación.....	296
Tabla 51. Resumen de tendencias por parámetro. Cuenca del Ebro.....	298
Tabla 52. Resumen de tendencias paramétricas para la cuenca del Río Ebro.....	303
Tabla 53. Resumen de tendencias paramétricas para la subcuenca del Río Aragón.....	306
Tabla 54. Resumen de tendencias paramétricas para la subcuenca del Río Ebro (tronco).....	307
Tabla 55. Resumen de tendencias paramétricas para la subcuenca del Río Gallego.....	308
Tabla 56. Resumen de tendencias paramétricas para la subcuenca del Río Jalón.....	309
Tabla 57. Resumen de tendencias paramétricas para la subcuenca del Río Segre- Cinca.....	310
Tabla 58. Resultados del test de correlación de Spearman con el mes del año. Cuenca del Ebro.....	17
Tabla 59. Resultados del test de correlación de Spearman con el caudal. Cuenca del Ebro.....	320
Tabla 60. Resultados del test de correlación de Spearman con la temperatura del agua. Cuenca del Ebro.....	321
Tabla 61. Resumen de los resultados obtenidos tras la aplicación del test de Mann- Kendall en las diferentes subcuencas.....	325
Tabla 62. Resumen de los resultados obtenidos tras la aplicación del test de Mann- Kendall en las diferentes estaciones.....	326
Tabla 63. Resumen de los resultados obtenidos tras la aplicación del test de Mann- Kendall en los distintos parámetros estudiados.....	328
Tabla 64. Resumen de tendencias no-paramétricas para la cuenca del Río Ebro.....	334
Tabla 65. Resumen de tendencias no-paramétricas para la subcuenca del Río Aragón.....	336
Tabla 66. Resumen de tendencias no-paramétricas para la subcuenca del Río Ebro (tronco).....	337
Tabla 67. Resumen de tendencias no-paramétricas para la subcuenca del Río Gallego.....	338
Tabla 68. Resumen de tendencias no-paramétricas para la subcuenca del Río Jalón.....	339
Tabla 69. Resumen de tendencias no-paramétricas para la subcuenca del Río Segre- Cinca.....	340
Tabla 70. Porcentajes de variación entre los resultados obtenidos por ambos métodos.....	343
Tabla 71. Comparación tendencia paramétrica vs. no-paramétrica.....	347
Tabla 72. Tendencias de las distintas estaciones para fosfatos en periodos de 5 años.....	351
Tabla 73. Tendencias de las distintas estaciones para ICG en periodos de 5 años.....	352
Tabla 74. Evolución cualitativa de las tendencias del ICG en el periodo 1981-2005 para la estaciones de la Cuenca del Ebro.....	355

Tabla 75. Evolución cuantitativa de las tendencias del ICG en el periodo 1981-2005
para la estaciones de la Cuenca del Ebro.357

**OBJETO Y CONTENIDO DEL TRABAJO DE
INVESTIGACIÓN**

OBJETO Y CONTENIDO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El trabajo recogido en la presente Memoria forma parte de las líneas de investigación que se desarrollan por el Grupo de Investigación “Química Analítica Ambiental” perteneciente al Departamento de Química Analítica “Francisco Pino Pérez” de la Universidad de Sevilla y que se centra en el desarrollo y validación de metodologías para el control analítico de la contaminación ambiental (agua, aire y sedimentos) y en su aplicación al estudio de sistemas naturales de interés.

El medio acuático es uno de estos sistemas medioambientales en los que el Grupo de Investigación ha desarrollado diversas metodologías para la determinación de contaminantes químicos. Paralelamente ha llevado a cabo estudios hidroquímicos completos de diversas cuencas hidrográficas y acuíferos del sur de España con objeto de conocer el estado actual de las aguas como herramienta fundamental a la hora de establecer planes de corrección.

Actualmente se obtienen mediante los sistemas de gestión de recursos hídricos grandes volúmenes de datos sobre la calidad de los mismos que son utilizados para conocer el estado actual de cada masa de agua, y en determinadas ocasiones para compararla someramente con su estado en años anteriores, sin que para ello se utilice una herramienta estadística lo suficientemente potente, o adecuada, en la mayoría de los casos.

El tratamiento matemático de datos hidroquímicos, como última etapa del proceso analítico, y no por ello la menos importante, es fundamental para realizar la interpretación de los resultados obtenidos con objeto de obtener unas conclusiones finales que nos permitan conocer cuál es el estado del ecosistema estudiado y su evolución en el tiempo, para así poder desarrollar las acciones oportunas encaminadas a obtener la correcta conservación, uso y disfrute de cada medio acuático estudiado. Por ello, de manera más reciente, y englobando el proyecto de investigación en el que se incluye la presente Memoria, el Grupo de Investigación está desarrollando una serie de estudios para evaluar nuevas herramientas matemáticas que permitan percibir de forma clara y fácilmente comprensible lo que está ocurriendo en nuestros ecosistemas acuáticos, no solo en un momento determinado, sino también desde el punto de vista evolutivo del mismo, con objeto de poder desarrollar un mayor

conocimiento del medio y poder incluso llegar a predecir su evolución en un futuro cercano.

Dentro de este contexto, se ha abordado el trabajo de investigación que se describe en esta Memoria. Este trabajo de investigación se encuentra por otra parte motivado e impulsado por la nueva legislación en materia de aguas desarrollada por la Unión Europea, principalmente a través de la Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo conocida como Directiva Marco de Aguas. Con dicha Directiva se intenta reordenar y fundir en una sola norma la política de aguas de la Unión y definir claramente el marco comunitario de actuación.

Un aspecto importante de la Directiva Marco de Aguas es la obligatoriedad que establece para que los países miembros realicen estudios periódicos de tendencias de los distintos contaminantes en sus aguas subterráneas, según cita el Anexo V Sección 2.4.4. de la misma. *Determinación de las tendencias de los contaminantes. Los Estados miembros utilizarán la información obtenida mediante el control de vigilancia y el control operativo en la determinación de las tendencias prolongadas al aumento de las concentraciones de contaminantes inducidas antropogénicamente y de la inversión de dichas tendencias. Se determinará el año o el período de base a partir del cual debe calcularse la definición de tendencias. Se realizará el cálculo de las tendencias respecto de una masa o, cuando proceda, de un grupo de masas de agua subterránea. La inversión de una tendencia se demostrará estadísticamente y se indicará el grado de fiabilidad asociado a dicha definición.*

Para dar respuesta a estos nuevos retos, se están desarrollando proyectos de investigación a nivel internacional para la búsqueda de herramientas estadísticas que permitan la implementación por parte de los Estados Miembros de metodologías adecuadas para la estimación y evaluación de las tendencias de los contaminantes, como una primera etapa y de predicción de los mismos en un segundo paso.

Haciéndonos eco de esta nueva realidad que marca la Directiva Marco de Aguas, y formando parte de las investigaciones citadas anteriormente sobre tratamiento de datos hidroquímicos, es por lo que se ha abordado el presente trabajo de investigación. Con el mismo se pretende como objetivo general desarrollar las metodologías estadísticas adecuadas para el estudio tanto espacial como temporal de datos históricos de calidad de aguas durante largos periodos de tiempo. Dada la necesidad de disponer de datos reales para desarrollar dicha metodología, se ha

realizado la aplicación de la misma a los datos analíticos correspondientes a 34 parámetros generados en 36 estaciones de muestreo de la Red de Calidad de Aguas del Río Ebro, perteneciente al Ministerio de Medio Ambiente, durante los últimos 25 años, habiéndose manejado para el estudio un total de 147.203 datos analíticos.

Desde un punto de vista espacial, se han pretendido entre otros los siguientes objetivos:

1. Detectar y cuantificar tendencias en los distintos contaminantes así como estudiar su distribución a lo largo y ancho de la Cuenca.
2. Realizar una caracterización físico-química de las aguas en base a sus componentes mayoritarios, minoritarios y trazas, así como en base al Índice de Calidad General, estudiando su variabilidad espacial, así como identificar las fases hidroquímicas de las muestras en relación con las características de la Cuenca.
3. Establecer criterios de clasificación y comparación de muestras.

Desde un punto de vista temporal se ha pretendido entre otros los siguientes objetivos:

1. Detectar y cuantificar tendencias en los distintos contaminantes y estaciones de muestreo por los métodos paramétricos basados en la regresión lineal y no-paramétricos basados en el test de Mann-Kendall y la pendiente de Sen, con el principal objetivo de extraer información sobre los cambios sufridos en el sistema a lo largo de este período de tiempo y para evitar la concentración de contaminantes en el medio.
2. Realizar un estudio de correlación estacional al objeto de conocer la posible variabilidad estacional de los distintos parámetros, y la influencia de esta sobre el análisis de tendencias no-paramétricas.
3. Realizar un estudio comparativo de los métodos paramétrico y no-paramétrico y proponer la metodología más apropiada desde un punto de vista práctico.
4. Realizar un estudio de las tendencias de calidad de aguas de manera secuencial y progresiva mediante el método no-paramétrico a lo largo

de los últimos 25 años, con objeto de identificar los cambios en las tendencias durante los sucesivos subperiodos y detectar los cambios o tendencias de los niveles de contaminantes a lo largo del tiempo, permitiendo así evaluar la eficacia de las acciones desarrolladas para disminuir la contaminación.

Como paso previo al desarrollo de estos objetivos, se ha realizado un exhaustivo estudio bibliográfico (Capítulo I) sobre el tema, recopilándose los antecedentes sobre la problemática de la calidad de las aguas y sobre los métodos existentes para la detección y cuantificación de tendencias de series temporales de datos históricos de calidad de aguas. Dado que la metodología desarrollada en esta Tesis Doctoral se aplica sobre la calidad de las aguas del Río Ebro, en este capítulo se describen igualmente las características más importantes de esta Cuenca (hidrológicas, geológicas, económicas, etc.) con objeto de adquirir un conocimiento de la misma que permita una mejor interpretación y discusión de los resultados obtenidos.

El capítulo II se ocupa de la descripción de los métodos experimentales utilizados. Así en primer lugar se describen las estaciones de muestreo de las redes de vigilancia de calidad de las aguas que se han seleccionado para el presente estudio así como las metodologías de determinación analítica de los distintos parámetros. En segundo lugar, se describen los métodos matemáticos utilizados para el tratamiento de datos, tanto los de naturaleza paramétrica como no-paramétrica.

El capítulo III se ocupa de la descripción de los resultados obtenidos en el estudio hidrogeoquímico espacial realizado sobre los datos analíticos de los últimos 25 años. En primer lugar se realiza una descripción estadístico elemental de los datos pasando a continuación a la aplicación de técnicas de análisis estadístico multivariante tales como Análisis de Componentes Principales y Análisis Cluster.

El capítulo IV se ocupa del estudio de tendencias temporales, tanto en lo relativo a detección como a cuantificación, por métodos paramétricos como no-paramétricos, para dar cumplimiento a los objetivos descritos más arriba. Tras la realización del estudio comparativo por ambos métodos se procede a la aplicación secuencial del método no-paramétrico, con objeto de sacar conclusiones sobre la evolución de las tendencias tras la aplicación de medidas correctoras como las Directivas europeas de tratamiento de aguas residuales y la nueva Directiva Marco.

Finalmente, en la Memoria se aborda la descripción de las principales conclusiones obtenidas en el presente trabajo de investigación.

CAPÍTULO I:

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

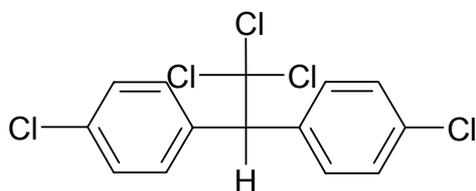
I. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS.

Históricamente el hombre ha creído que los diversos compuestos químicos que el ser humano ha vertido al medio ambiente podían ser asimilados por este sin que pudieran ser un peligro para el mismo. Se entendía el medio ambiente como un gran sistema de depuración, eliminación o simplemente dilución de los residuos producidos por el hombre.

En las décadas de 1960 y 1970 quedó claro que muchos de los compuestos químicos sintéticos utilizados por el hombre no eran asimilados por el medio ambiente, debido especialmente a su persistencia, al no ser alterados por la luz solar, el agua, el aire o los microorganismos durante largos períodos de tiempo. La elevada persistencia de estos compuestos en el medio ambiente y el continuo vertido de los mismos incrementaron progresivamente su concentración en el medio hasta alcanzar niveles peligrosos para el mismo y para el ser humano como parte integrante de este.

Más inquietante es si cabe el hecho de que algunas de estas sustancias sintéticas persistentes no sufren una dispersión uniforme en el medio, sino que se concentran en los organismos vivos (seres humanos incluidos) de forma exponencial a medida que se aumentan eslabones en la cadena trófica, llegándose a alcanzar en los organismos superiores niveles que afectan gravemente a la salud, o que incluso pueden llegar a provocar la muerte de los individuos.

Un conocido ejemplo de este tipo de sustancias sintéticas persistentes en el medio ambiente es el del *para*-diclorodifeniltricloroetano, un insecticida descubierto en 1939 por Paul Müller, y que es más conocido como DDT.



Anteriormente al descubrimiento del DDT solo se conocía el poder insecticida de los compuestos de arsénico extraídos de las plantas, pero estos se descomponían rápidamente en la naturaleza, perdiendo su eficacia.

El DDT parecía ser el insecticida ideal: resultaba altamente tóxico para los insectos, y a priori inocuo para los seres humanos, al tiempo que presentaba una gran persistencia en el medio ambiente. En 1941 se comenzaron a comercializar en Suiza los primeros formulados de este compuesto y tal fue su éxito, que en 1948 se otorgó a su descubridor el Premio Nobel de Medicina y Fisiología, en reconocimiento a las muchas vidas humanas civiles salvadas por el DDT tras la guerra.

Al finalizar la Primera Guerra Mundial era mucha la población europea que moría a causa del tifus, y tras el comienzo de una epidemia de esta enfermedad en Nápoles (Italia), se roció a la población con DDT, al igual que en otras zonas de Europa. En los años posteriores a la finalización de la Segunda Guerra Mundial se comienza a utilizar también para el control de plagas en cultivos agrícolas como árboles frutales, algodón, etc. Tras un largo periodo de tiempo de utilización, los insectos se volvían cada vez más resistentes al ataque del pesticida, por lo que los agricultores aplicaban dosis mayores del mismo.

En 1962 se publica en Estados Unidos el libro *Silent Spring*¹, en el que su autora, Rachel Carson, analiza la disminución del petirrojo americano (*American robin*) en ciertas regiones del país debido a la presencia entre su alimentación de lombrices que habían sido rociadas con DDT al encontrarse en zonas donde este insecticida se había utilizado para combatir la enfermedad del olmo holandés. La disminución del número de especímenes de esta especie fue debida a que el insecticida disminuía su capacidad reproductiva a medida que se iban incorporando a su organismo. Este estudio fue el inicio de la preocupación por los efectos del DDT, pero no fue hasta 1973 cuando la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) prohibió el uso del insecticida en todas sus aplicaciones, lo cual siguieron la mayoría de países industrializados. Desde entonces los niveles medioambientales de DDT han disminuido notablemente en los países industrializados, alcanzando concentraciones cercanas a cero, donde su única fuente de entrada es el transporte de largo alcance a través del aire procedente de países en vías de desarrollo donde se sigue utilizando.



FIGURA 1. AMERICAN ROBIN

Casos como este hace que los gobiernos de países industrializados realicen de forma sistemática controles de calidad en los distintos sistemas medioambientales para conocer su estado y evolución. El medio acuático es una de estos sistemas medioambientales en las que se realizan controles sistemáticos de calidad, mediante redes de muestreo establecidas, y con unos parámetros y periodicidades que varían en función de la importancia de cada ecosistema y el uso al cual está destinado.

Haciéndose eco de la problemática existente en temas de calidad de aguas en España y la Unión Europea, en el Departamento de Química Analítica “Prof. Francisco Pino Pérez” de la Universidad de Sevilla, el Grupo de Investigación “Química Analítica Ambiental”, RNM-294, viene estudiando y desarrollando desde hace años una serie de trabajos de investigación acerca de nuevas metodologías para el análisis y depuración de aguas enfocados desde diversos puntos de vista.

Ante la necesidad de disponer de métodos analíticos suficientemente sensibles y selectivos para el estudio de la calidad de las aguas, este Grupo ha desarrollado y validado nuevas técnicas tales como métodos cinéticos², espectrometría de absorción atómica^{3, 4}, fluorimetrías⁵ y voltamperométricas⁶ para la determinación de analitos inorgánicos y técnicas cromatográficas para compuestos orgánicos⁷.

Paralelamente se han llevado a cabo estudios hidroquímicos completos de pequeñas cuencas hidrográficas como la del río Guadalete^{8, 9, 10, 11}, el Guadaira^{12, 13, 14, 15} y de sistemas acuíferos¹⁶ del sur de España, con objeto de conocer el estado actual de las aguas que fluyen por dichas cuencas como herramienta fundamental a la hora de establecer planes de corrección medioambiental que permitan una mejora de la calidad de sus aguas.

Al mismo tiempo se han llevado a cabo estudios sobre la presencia de metales y sus efectos en los procesos de depuración de aguas residuales^{17, 18, 19}; aguas que una vez depuradas serán vertidas a un cauce público.

De manera más reciente, y englobando el proyecto de investigación en el que se incluye la presente Memoria, el Grupo de Investigación “Química Analítica Ambiental” está desarrollando una serie de estudios para evaluar nuevas herramientas que permitan percibir de forma clara y fácilmente comprensible lo que está ocurriendo en nuestros ecosistemas acuáticos, no solo en un momento determinado^{13, 20, 21}, sino también desde el punto de vista evolutivo del mismo, con objeto de poder desarrollar

un mayor conocimiento del medio y poder incluso llegar a predecir su evolución en un futuro cercano.

Este trabajo de investigación se encuentra por otra parte motivado por la nueva legislación en materia de aguas desarrollada por la Unión Europea, principalmente a través de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo 2000/60/CE²², conocida como Directiva Marco de Aguas (DMA), la cual insta a los países miembros a la realización de estudios periódicos de tendencias de los distintos contaminantes en sus aguas, según cita el Anexo V Sección 2.4.4. de la misma:

Determinación de las tendencias de los contaminantes. Los Estados miembros utilizarán la información obtenida mediante el control de vigilancia y el control operativo en la determinación de las tendencias prolongadas al aumento de las concentraciones de contaminantes inducidas antropogénicamente y de la inversión de dichas tendencias. Se determinará el año o el período de base a partir del cual debe calcularse la definición de tendencias. Se realizará el cálculo de las tendencias respecto de una masa o, cuando proceda, de un grupo de masas de agua subterránea. La inversión de una tendencia se demostrará estadísticamente y se indicará el grado de fiabilidad asociado a dicha definición.

Al amparo de esta normativa ya están siendo desarrollados proyectos de investigación²³ a nivel internacional para la búsqueda de herramientas estadísticas que permitan la implementación por parte de los Estados Miembros de metodologías adecuadas para la estimación y evaluación de las tendencias de los contaminantes, como una primera etapa y de predicción de los mismos en un segundo paso.

El estudio de estas tendencias forma parte del tratamiento de datos, como última etapa del proceso analítico y no por ello la menos importante, y en la que se realiza la interpretación de los resultados obtenidos con objeto de obtener unas conclusiones finales que nos permitan conocer cuál es el estado del ecosistema estudiado y su evolución en el tiempo, con objeto de poder desarrollar las medidas oportunas para la correcta conservación, uso y disfrute de cada medio acuático estudiado.

El principal problema que es necesario solventar para la correcta interpretación de los datos obtenidos es que estos se refieren a las características de unos determinados puntos del medio acuático, en los cuales se ha realizado el muestreo,

que queremos evaluar, y que han de ser suficientes como para extrapolar las conclusiones obtenidas a toda la masa de agua objeto del estudio. De ahí la gran importancia que toma el establecimiento, a priori, de una red de muestro adecuada a la masa de agua objeto del estudio y que sea lo más representativa posible de la globalidad de la misma.

En consecuencia, el presente capítulo realiza una revisión de las características fisicoquímicas y biológicas que definen la calidad de un agua, así como las metodologías para detectar y cuantificar tendencias en los mismos. así mismo y dado que el presente trabajo de investigación se ha realizado sobre el Río Ebro, se realiza una revisión de las características más importantes de su cuenca hidrográfica.

I.1. LA CALIDAD DE LAS AGUAS

I.1.1. El problema de la calidad de las aguas a lo largo de la historia.

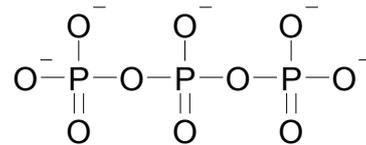
Desde los primeros asentamientos humanos, estos se han venido situando en las proximidades de masas de aguas como ríos y lagos, no sólo por que estas constituyen las principal fuente de agua para el hombre, sino porque son también hábitats fundamentales para el desarrollo de la vida animal y vegetal, facilitando así la obtención de alimento y sirviendo como medio de transporte y recreo.

Antiguamente se tenía la creencia que “los ríos se limpiaban solos”, ya que si bien es cierto que toda masa de agua que fluye tiene un cierto poder autodepurador, bien sea por simple dilución o por un efecto depurador de los microorganismos que en ella viven y se desarrollan, en el siglo XX y principalmente a raíz del desarrollo industrial, los vertidos de aguas residuales de todo tipo a los distintos cauces, principalmente en los países desarrollados han alcanzado un volumen tan elevado que se ha visto superado con creces este poder autodepurador de los ríos, con el consiguiente deterioro de la calidad de sus aguas y los consecuentes efectos que ello tiene, no sólo para el ser humano, sino también para las diferentes formas de vida que habitan estos ecosistemas.

Un conocido ejemplo del exceso de vertidos y sus consecuencias es lo ocurrido en el lago Eire (EE.UU.-Canadá), cuando en los años 1960-1970 se decía que estaba muerto. El problema de este lago era un exceso de ión fosfato incorporado al mismo a

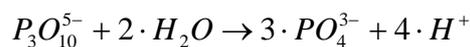
través de sus afluentes y proveniente de los detergentes presentes en las aguas residuales domésticas.

En la década de los años 60 los detergentes se formulaban principalmente conteniendo polifosfatos, moléculas aniónicas que contienen varias unidades de fosfatos cuyo lazo de unión es la compartición de átomos de oxígeno:



La presencia de estas moléculas en los tensioactivos es debido a que forman fácilmente complejos con iones Ca^{2+} y Mg^{2+} presentes en el agua, permitiendo así a las moléculas de detergente ejercer su poder limpiador, en lugar de formar complejos con estos iones; al mismo tiempo elevan ligeramente el pH del agua, facilitando así el desprendimiento de la suciedad de los tejidos.

Cuando el agua residual de lavado que contienen los polifosfatos, y especialmente iones tripolifosfato (TPF), entra en contacto con el agua superficial, el exceso de TPF reacciona lentamente dando lugar a la formación de iones fosfato en disolución:



En condiciones normales el ión fosfato, y más concretamente el fósforo, actúa como nutriente limitante para el crecimiento de algas y microorganismos en ecosistemas acuáticos, por lo que cuanto mayor sea la concentración de este ión en el medio, mayor será la proliferación de estos microorganismos. Esto es lo que ocurrió en el lago Eire, cuando la gran masa de algas formada a raíz de las elevadas concentraciones de ión TPF muere y empieza a descomponerse mediante procesos de oxidación y se agota del oxígeno disuelto dificultando el desarrollo de cualquier otra forma de vida aerobia en el ecosistema. En este momento, el lago se vuelve de color verde, fétido, comienzan a morir los organismos superiores y las hierbas acuáticas se pudren acumulándose en las orillas, lo que acaba con la destrucción del ecosistema.

Con objeto de evitar llegar a situaciones de este tipo es necesario realizar, por parte de la autoridad competente en cada caso, controles periódicos del estado de

cada ecosistema acuático y estudiar no sólo su estado actual, sino la evolución del mismo a lo largo del tiempo. Para ello existen una serie de parámetros analíticos característicos que nos facilitan información sobre el estado del medio, y que de los que a continuación se describe su significado y su uso.

I.1.2. Parámetros indicadores de la calidad de aguas.

I.1.2.1. Aspectos generales.

A lo largo de la historia cercana de la humanidad el hombre ha sentido la necesidad de ponderar la calidad de las aguas de numerosas formas, con objeto de poder realizar una evaluación lo más objetiva posible de la misma, bien sea por tener conocimiento del agua que utiliza o como medida de control de la contaminación que presenta una determinada masa de agua.

Esta ponderación debe realizarse a partir de la determinación de los distintos elementos o moléculas presentes en un agua, los cuales confieren al agua determinadas características, o de los contaminantes también presentes, definiendo estos la idoneidad de un agua para un determinado uso.

No obstante, el ser humano siente la necesidad de establecer otros parámetros analíticos que si bien no se corresponden directamente con elementos o moléculas presentes en la muestra, si con diversas propiedades de la misma (pH, conductividad eléctrica, etc.), y que de una forma genérica facilitan una rápida información, aunque escueta, de las características de un agua, y principalmente de la variación de las misma con el tiempo.

Conforme los profanos en la materia necesitan conocer fácilmente la calidad de las aguas, especialmente políticos y dirigentes, se plantea la necesidad de establecer escalas de calidad de aguas, conocidos como índices de calidad, los cuales pretenden cuantificar la calidad de las aguas mediante un solo indicador ponderado a partir de determinados parámetros indicadores de la calidad de un agua.

Atendiendo a su naturaleza, los indicadores de calidad de las aguas se pueden clasificar en tres grandes grupos (mayoritarios, minoritarios y no específicos). Cabe destacar que la mayoría de los parámetros indicadores de la calidad de un agua son

de carácter químico (estudian la composición química de la muestra), o físico, si bien en los últimos años están tomando una notable importancia los indicadores biológicos, debido a que con la entrada en vigor de la Directiva 2000/60/CE (DMA) se hace hincapié en el estado ecológico de un agua, y no solo al estado fisicoquímico de la misma como se hacía con anterioridad.

A continuación se describen brevemente los principales indicadores de la calidad de las aguas utilizados a lo largo del presente estudio.

I.1.2.2. Parámetros no específicos.

Los parámetros no específicos de contaminación incluyen una gran cantidad de parámetros, principalmente físicos, aunque existen algunos químicos y biológicos, no englobados dentro de los otros dos grupos (mayoritarios y minoritarios). Se describen a continuación los parámetros no específicos usados a lo largo del presente estudio.

El **caudal (Q)** es la medida de la cantidad de agua por unidad de tiempo que circula por un cauce (área por velocidad).

La determinación de este parámetro físico puede realizarse por distintos procedimientos, pero siempre a partir de una sección de río de área conocida, midiendo la velocidad con la que fluye el agua a través de la misma, para lo cual se utilizan dispositivos, láser, de efecto doppler, etc....

La **temperatura (T)** de un cuerpo es la medida del calor que este posee, considerándose genéricamente como una sensación subjetiva de frío o calor.

La temperatura de un agua se produce como consecuencia de la absorción por las capas superficiales de la misma de radiaciones caloríficas procedentes principalmente del sol. El poder calorífico de una radiación es proporcional a su *energía cinética* según la ecuación:

$$E_c = 1/2mv^{-2} = 3/2KT$$

Donde m es la masa de la molécula, v es su velocidad media, K la constante de Boltzmann y T su temperatura absoluta.

Esta propiedad de un agua es una de las constantes físicas que tienen mayor importancia sobre el desarrollo de numerosos procesos físicos, químicos y biológicos que tienen lugar en su seno. Su principal efecto se observa sobre la solubilidad de los gases y las sales, y muy especialmente en la del oxígeno como elemento indispensable para el desarrollo de la vida en este hábitat. La concentración de este gas es inversamente proporcional a la temperatura del medio, por lo que son muy peligrosos los vertidos de aguas a elevada temperatura.

La *ley de Gay-Lussac* relaciona esta variación de la temperatura de un agua con la solubilidad de un gas mediante la siguiente expresión matemática:

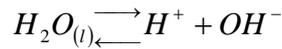
$$\lambda = \alpha \left(1 + \frac{t}{273,15} \right)$$

Donde λ es el volumen de gas disuelto por unidad de volumen de agua y α es la solubilidad del gas.

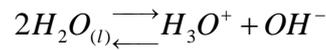
Al mismo tiempo, la velocidad de numerosas reacciones químicas es función de la temperatura del medio en la que estas tienen lugar, por lo que parámetros como la sedimentación, y equilibrios dinámicos como los que controlan las concentraciones de carbonatos-bicarbonatos, sulfuros-sulfatos, etc., se ven enormemente influenciados por la temperatura del medio líquido en el que ocurren.

La temperatura influye también de forma muy notable en el desarrollo de los organismos que viven y se desarrollan en el agua, teniendo cada especie una temperatura óptima de desarrollo, por lo que esta propiedad del agua puede actuar como factor de control de poblaciones biológicas o incluso como factor letal de las mismas.

Ciertas moléculas de agua están parcialmente dissociadas en iones según la reacción:



Los hidrogeniones formados así no existen en disolución ya que nada más formarse se unen a una molécula de agua mediante un enlace por puente de hidrógeno para dar lugar al ión hidroxonio (H_3O^+) según la reacción:



Este equilibrio puede ser expresado en forma de su *ley de acción de masas* según:

$$\frac{[H_3O^+] \cdot [OH^-]}{[H_2O]} = K_w$$

siendo K_w una constante que depende de la temperatura. La concentración del agua líquida en una disolución muy diluida se toma por convención como unidad ($[H_2O_{(l)}] = 1$). Es por ello que la constante K_w es el producto de las actividades de los iones H^+ e OH^- . El producto de la actividad de estos iones a 25° C es de 10^{-14} ²⁴. $K_w = 10^{-14}$, en condiciones de neutralidad y por definición.

La concentración del ión hidrógeno expresada en mg/L o mol/L es normalmente un número muy pequeño, por lo que se expresa en unidades logarítmicas conocido comúnmente como **pH**. El pH representa el logaritmo negativo en base 10 de la actividad del ión hidrógeno en disolución expresado en mol/L.

$$pH = -\log[H_3O^+]$$

$$[H_3O^+] = [OH^-] \Rightarrow pH = 7.00$$

De esta forma se establece una escala arbitraria para expresar la concentración de hidrogeniones en disolución cuyos valores van desde 0 hasta 14, donde un pH de 7 quiere decir que es medio es neutro, mientras que pH inferiores a 7 dan a entender un medio ácido y superiores un medio básico.

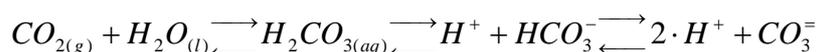
El valor de pH de un agua es un parámetro que depende en gran medida de la temperatura de la misma, según se puede observar en los datos expresados en la siguiente tabla.

TABLA 1. VARIACIÓN DEL pH CON LA TEMPERATURA DEL MEDIO.

Tª	[H ₃ O ⁺]	pH
30°C	10 ^{-13.837}	6.92 ²⁴
0°C	10 ^{-14.955}	7.48 ²⁵

Esta dependencia de la temperatura tiene una gran importancia ecoquímica por lo que debe ser tomada en cuenta a la hora de realizar el ensayo y expresar los resultados, de forma que un resultado de pH está completo cuando se exprese la temperatura a la que se está dando el mismo.

La concentración del ión hidroxonio en aguas naturales se encuentra en niveles traza, en torno a concentraciones de 10⁻⁷ mol/L. Esta concentración es controlada por una serie de reacciones químicas interrelacionadas que consumen y generan este ión en disolución. El pH de un agua natural viene a ser un índice del estado de los equilibrios químicos que en ellas tienen lugar. Una de las principales reacciones que afectan al pH de un agua natural es la de disolución del dióxido de carbono (CO₂) en aguas, que se da en tres equilibrios:



Como puede observarse a raíz de las anteriores expresiones, en los equilibrios 2º y 3º se van a aportar al medio iones H⁺, que influye directamente en el pH, hacia un medio más ácido.

El pH del agua pura a 25°C es de 7.0, y la mayoría de las aguas naturales tienen un pH en el rango 6.0-8.5, aunque un pH inferior es común en fuentes termales. Por el contrario un agua natural con un pH superior a 9.0 no es común, aunque sí se han documentado algunos casos, siendo atribuidos a reacciones del agua con roca magnética en la que se producen numerosas reacciones que consumen H⁺ más rápidamente de lo que es capaz de suministrar por especies de CO₂. El pH de un agua puede ser natural o artificial; como causa natural más importante es necesario citar la

disolución del anhídrido carbónico atmosférico según la reacción expresada anteriormente.

En aguas naturales con un pH neutro (6.5-8.5) se pueden dar procesos fotosintéticos por organismos acuáticos que consumen CO₂ durante el día y lo generan durante la noche y mediante procesos de respiración vegetal. Estas reacciones tienen gran influencia sobre el pH natural del agua pudiendo alcanzar valores de 9.0 en aguas escasamente tamponadas.

Otro fenómeno natural que acidifica el agua a su paso por rocas piríticas o volcánicas es la disolución de ácido sulfúrico a partir de las mismas. Los ácidos orgánicos (húmicos y fúlvicos) son también frecuentes en las aguas, debido principalmente al lavado por escorrentía del mantillo de los bosques.

Como constituyente básico natural de las aguas se encuentra fundamentalmente el carbonato cálcico, reaccionando con el anhídrido carbónico disuelto para formar bicarbonato cálcico en disolución, produciendo un efecto tampón en el agua.

Las causas artificiales de variaciones en el pH de un agua son debidas a vertidos industriales o domésticos, siendo principalmente vertidos de carácter ácido, si bien puede darse algún caso de vertido básico por contenidos de bicarbonatos cálcico y magnésicos principalmente.

El análisis de pH es un dato analítico fundamental para la caracterización de un agua facilitando información sobre numerosos tipos de equilibrios que se dan en el seno de la misma. Este análisis se realiza de forma rutinaria en los laboratorios o in situ mediante potenciometría a partir de numerosos electrodos comerciales diseñados a tal efecto.

La **conductancia eléctrica (CE)** o conductividad se define como la medida de la habilidad de una sustancia para conducir la corriente eléctrica. *The American Society for Testing Materials (ASTM)*²⁶ define la conductividad eléctrica de un agua como:

“El recíproco de la resistencia en ohms medido entre dos caras opuestas de un cubo de un centímetro de lado de una disolución acuosa a una temperatura especificada”.

Según esta definición la conductividad eléctrica de un agua se expresa en unidades de $\mu\text{ohms/cm}$ a una temperatura definida ($^{\circ}\text{C}$), siendo la temperatura de referencia 25°C . El Sistema Internacional de Unidades ha propuesto renombrar esta unidad como “Siemen” según la relación:

$$1\text{ohm} = 1\text{S}$$

El agua pura en estado líquido tiene una conductividad muy baja $\cong 0.05 \cdot 10^{-6}$ $\mu\text{S/cm}$ a 25°C , siendo esta una aproximación teórica, ya que el agua pura es muy difícil de obtener.

La presencia de especies iónicas en disolución es lo que da una cierta CE a un agua, siendo ésta directamente proporcional a la concentración de iones en disolución. Es por ello que el valor de la CE se constituye en un indicador de la concentración de iones en disolución.

La relación entre la concentración iónica y la conductividad es una relación simple y directamente proporcional para disoluciones diluidas, sin embargo cuando la concentración incrementa la pendiente disminuye ligeramente y de distinta forma para cada tipo de sal, ya que para conducir corriente eléctrica los iones de soluto deben moverse por la disolución, por lo que la carga del ión, su tamaño y su interacción con el disolvente, van a influir directamente en la facilidad que posea este ión para moverse en el seno de la disolución, lo que está definido por una propiedad denominada “movilidad iónica”.

La movilidad iónica representa la velocidad de un ión en un gradiente de potencial de 1V/cm . Esta propiedad es inversamente proporcional a la concentración iónica debido a las interferencias e interrelaciones que se producen entre los iones.

La conductividad eléctrica de las aguas superficiales naturales varía en un amplio rango de valores, así para zonas con bajas precipitaciones y rocas resistente al ataque, se encuentran CE de $50 \mu\text{S/cm}$. En caso contrario se pueden encontrar CE hasta 50mS/cm , similar a la CE del agua marina debido a la gran cantidad de sales presentes en disolución.

Todas las aguas que discurren por la corteza terrestre ejercen una acción de transporte que puede realizarse de tres formas: arrastre, suspensión y disolución. Esto provoca que en un agua superficial se puedan encontrar diferentes tipos de **sólidos** en función de su tamaño, pudiéndolos clasificar según la siguiente tabla:

TABLA 2. CLASIFICACIÓN DE LOS SÓLIDOS PRESENTES EN UN AGUA.

Tipo de sólidos	Características
Sólidos gruesos	Partículas mayores de 200 μm y que sólo se encuentran en suspensión cuando se trata de aguas que fluyen a gran velocidad.
Sólidos en suspensión	Material inorgánico con tamaño de partículas entre 0,01 y 200 μm .
Sólidos disueltos	Material inorgánico con tamaño de partícula inferior a los 0,01 μm .

Desde el punto de vista del control de la calidad de las aguas los más interesantes son los sólidos en suspensión o partículas insolubles presentes en el seno de un agua, denominándose coloide aquellos sólidos capaces de formar suspensiones estables cuando el agua está en reposo debido a la carga eléctrica que poseen, que ejerce una fuerza de repulsión entre ellas. Estas partículas suelen tener un tamaño comprendido entre 0,25 y 6 μm de diámetro.

Los **coliformes** son un grupo de bacterias poco peligrosas que viven en los intestinos de los seres humanos y de numerosos animales ayudándolos en su proceso digestivo, y que se utilizan como indicadores del contacto de un agua con materiales fecales. La presencia de estos microorganismos en las aguas, se debe por tanto a un contacto con productos de desecho humano y animal, constituyéndose en indicador de la posible presencia de patógenos que hubieran entrado en el agua mediante la misma vía.

I.1.2.3. Componentes Mayoritarios

Los componentes mayoritarios de un agua son aquellos iones que están presentes en la misma en grandes concentraciones. A continuación se describen los utilizados a lo largo de este trabajo.

El **calcio (Ca)** es un elemento fundamental para entender la química de las aguas naturales. Este es un elemento que no existe libre en la naturaleza, pero se encuentra en una gran abundancia en forma combinada, principalmente como sales de los ácidos sulfúrico y carbónico, llegando a ser el más abundante de los metales alcalinotérreos y el mayor constituyente de muchos de los minerales más comunes. Al mismo tiempo, el Ca es un elemento esencial para la vida en el planeta.

La principal fuente de calcio en las agua naturales es la descomposición de los materiales por los que el agua circula y principalmente de los silicatos tipo piroxeno, anfíboles y feldspatos, así como de la piedra caliza, la creta, el mármol, el espato de Islandia, el aragonito y las estalagmitas y estalagmitas en forma de carbonatos; el yeso y la anhidrita como sulfato; la fluorita como fluoruro; y el apatito y la fosforita como fosfatos.

La forma más común del calcio en disolución es su catión divalente (Ca^{2+}), siendo este un ión muy voluminoso con un radio iónico cercano a 1 Amstrong. Según estudios realizados por *Greenwald*²⁷ en 1941, alrededor del 10% del calcio en disolución presente en las aguas naturales se encuentra como bicarbonato en aquellas aguas donde la concentración de bicarbonato sea superior a 1000 mg/L. Por el contrario, en aguas naturales con concentraciones de sulfatos superiores a 1000 mg/L, más de la mitad del calcio estará presente en forma de calcio sulfato. En disoluciones alcalinas las especies de calcio que predominan son los carbonatos y los hidróxidos.

El **magnesio (Mg)** es un metal alcalinotérreo que presenta un único estado de oxidación en su química acuosa (Mg^{2+}), siendo un elemento esencial para el desarrollo de la vida en el Planeta.

Su química acuosa es muy similar a la del calcio, presentando los mismos efectos y contribuciones sobre la dureza de un agua. Geoquímicamente hablando este elemento si presenta diferencias significativas frente al calcio o al sodio, siendo sus iones de menor volumen, lo que posibilita la formación de un octaedro de hidratación en su entorno.

La presencia de este elemento en rocas ígneas es típica en minerales ferromagnéticos de color oscuro como el olivino, piroxenos anfíboles y micas. Como formas sedimentarias es fácil encontrar carbonatos como la magnesita y la hidromagnesita, hidróxidos como la brucita, y mezclas de magnesio con carbonato cálcico. Cabe destacar la presencia de este elemento en igual proporción que el calcio en las dolomitas.

En disolución acuosa el magnesio se presenta generalmente como Mg^{2+} , aunque a pH superiores a 10 se hace patente la presencia de $MgOH^+$.

El **sodio (Na)** es el elemento alcalino más abundante en el planeta, encontrándose principalmente en disolución en el medio marino, al presentar una gran capacidad de disolución en agua, y no existir importantes reacciones de precipitación que puedan disminuir su concentración en este estado.

Un importante porcentaje de las rocas ígneas de la corteza terrestre está formada por los denominados feldspatos; estos compuestos son tectosilicatos en los que una parte del aluminio está sustituida por sílice u otros cationes provocando una pequeña carga positiva global. De entre estos compuesto destaca la Albita, un aluminosilicato de sodio con fórmula empírica $NaAlSi_3O_8$. En otros feldspatos, como la Ortoclasa y la Microlita (aluminosilicatos de potasio) o la Anortita (alumniosilicato de calcio), es posible encontrar sodio sustituyendo a algunos átomos de potasio o calcio.

Algunas actividades humanas pueden causar graves alteraciones en las concentraciones naturales de sodio en el medio acuoso, como por ejemplo la utilización de sal para el deshielo de carreteras en invierno.

En disolución acuosa el sodio se encuentra normalmente en forma iónica (Na^+) hasta concentraciones de 1000 mg/L; por encima de esta concentración es común la

existencia de toda clase de iones complejos y pares iónicos, destacando especies como NaCO_3^- , NaHCO_3 o NaSO_4^- .

El **potasio (K)**, junto con el sodio, son los elementos alcalinos más comunes en la corteza terrestre, pero con una química muy diferente. El potasio es un elemento cuya liberación de los minerales en los que se encuentra formando parte es muy dificultosa y por tanto lenta, lo que hace que sus concentraciones en los medios acuosos naturales sea mucho menor que las del sodio, con gran afinidad por sus formas solubles en agua. Al mismo tiempo, el potasio disuelto tiene una marcada tendencia a su reincorporación en partículas sólidas y especialmente en arcillas minerales. Este elemento es también esencial para los seres vivos, por lo que estos lo incorporan a sus organismos de una forma rápida.

Las principales formas minerales en las que es posible encontrar potasio en la corteza terrestre son los feldespatos Ortoclasa y Microlita (KAlSi_3O_8) y las Micas, siendo estos minerales muy resistentes ante un ataque acuoso e impidiendo la movilización del potasio en el medio acuoso.

A pesar de todo ello la solubilidad del potasio en un medio acuoso es muy elevada, incluso muy superior a la del sodio, pero su tendencia a ser adsorbido por la arcilla para transformarse en Illita, hace que sea muy raro encontrar en el medio natural aguas con elevadas concentraciones de este elemento.

El **cloro (Cl)** es el elemento más abundante de los halógenos en la Tierra, siendo un elemento muy volátil y que generalmente se encuentra asociado a elementos metálicos o metales alcalinos, en los estados de oxidación Cl^- o Cl^{7+} .

La forma más común en la que se encuentra presente el cloro en el Planeta es como cloruro en la hidrosfera, y principalmente en los mares y océanos, donde se encuentran las tres cuartas partes del total existente. En las aguas dulces el cloro forma pares iónicos y complejos iónicos con algunos de los cationes presentes en las mismas (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}), aunque estos no tienen la suficiente fuerza como para tener una influencia importante en la química de este tipo de aguas.

El cloro gas se disuelve rápidamente en el agua, teniendo un rápido y potente efecto oxidante, por lo que ha sido ampliamente utilizado como desinfectante en los sistemas de purificación de agua; así en las redes de suministro de aguas potables se intenta que siempre estén presentes unos cientos de microgramos por litro de cloro con objeto de garantizar la calidad de la misma. A este se le denomina cloro libre o residual.

En la corteza terrestre el cloro está presente en numerosos minerales en bajas concentraciones, siendo sus principales fuentes la sodalita, $\text{Na}_8[\text{Cl}_2(\text{AlSiO}_4)_6]$ y el apatito, debido a que más que como constituyente de los minerales, el cloro, se considera una impureza en los mismos.

Su presencia en las aguas naturales continentales es baja, no siendo los responsables de la salinidad de las mismas, que se debe a otros aniones como sulfatos y bicarbonatos. Donde si es posible encontrar una elevada concentración de iones cloruro es en aguas de lluvia cercanas al mar, decreciendo rápidamente conforme nos adentramos en tierra firme, debido a la presencia de masas de agua marina en la atmósfera que presentan cloruro sódico en disolución.

El **azufre (S)** es un elemento que se puede presentar en diversos estados de oxidación en la naturaleza (desde S^{2-} hasta S^{6+}), aunque en disolución acusona, y salvo en ambiente muy reducidos donde predomina su forma más reducida, se presenta casi exclusivamente en su estado de oxidación más elevado.

Por el contrario, la presencia del azufre en el medio mineral se encuentra dominada por su forma más reducida, el sulfuro, siendo su mayor exponente la Pirita (sulfuro de hierro). El estado oxidado del azufre también se encuentra presente en determinados feldespatos y especialmente en los yesos ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), siendo muy común su presencia en el material sedimentado.

El ciclo geoquímica del azufre se caracteriza principalmente por la rápida recirculación de este elemento desde formas solubles en agua a gases o aerosoles presentes en la atmósfera.

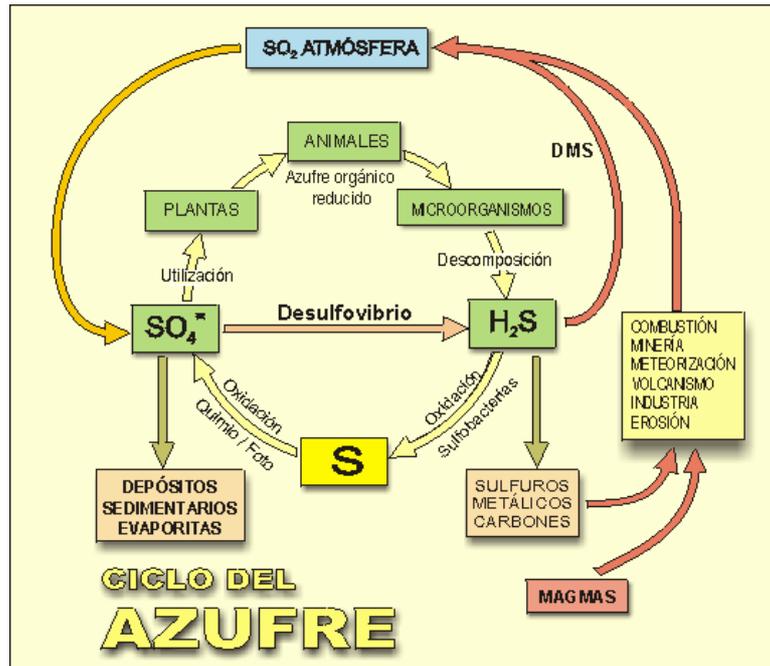


FIGURA 2. CICLO DEL AZUFRE EN LA NATURALEZA
(FUENTE: [HTTP://PLATEA.PNTIC.MEC.ES/~CMARTI3/CTMA/BIOSFERA/CICLOS.HTM](http://platea.pntic.mec.es/~cmarti3/CTMA/BIOSFERA/CICLOS.HTM))

Una de las transformaciones principales de este ciclo es la reducción de los sulfatos para formar azufre necesario para la vida vegetal, de la que depende la vida animal, especialmente para la elaboración de proteínas azufradas. A través de los productos de desecho y muerte, y mediante la degradación de los mismos se produce nuevamente ácido sulfhídrico y azufre, cerrando el ciclo.

En las aguas naturales, el ión sulfato, es uno de los que más contribuye a la salinidad de las mismas, pudiendo alcanzar una concentración de 2000 ppm o superior, en función de los terrenos por los que fluye esta. La presencia de sulfatos en las aguas naturales se realiza generalmente en forma de sales alcalinas o alcalinotérreas

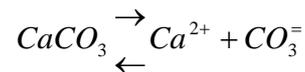
La **alcalinidad** de un agua es una medida de la capacidad que esta presenta para neutralizar los ácidos, o lo que es lo mismo, de su capacidad tamponadora.

El pH de un agua es un parámetro indicativo de las concentraciones de los iones H^+ y OH^- , los cuales contribuyen al valor de la alcalinidad, pero en los pH de las aguas naturales, estas concentraciones son realmente insignificantes. Los principales

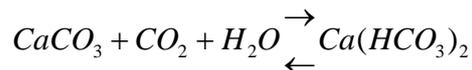
solutos que dan lugar a la alcalinidad de un agua se solubilizan durante el transcurrir de la misma a través del ciclo hidrológico, donde se va disolviendo una mínima parte de los materiales que entran en contacto con el agua, por lo que de alguna forma esto nos da una idea de la historia de cada agua.

La principal especie que contribuye a la alcalinidad de un agua es el dióxido de carbono, procedente de la atmósfera y de las rocas por las que ha ido entrando en contacto el agua. El anhídrido carbónico (CO_2) es un gas que se encuentra fundamentalmente en la atmósfera (0,0033% v/v), siendo muy poco soluble en agua, aunque en disolución acuosa da lugar a una serie de equilibrios en los que intervienen, en función del pH, los carbonatos, bicarbonatos y el ácido carbónico.

Una segunda fuente importante de estos compuestos que regulan la alcalinidad de un agua es la disolución de las rocas calizas (CaCO_3) por la que fluye esta, según la siguiente reacción:



Si en el agua existiese anhídrido carbónico tendría lugar la siguiente reacción, siendo esta una reacción muy importante en el medio acuoso natural al regular el equilibrio carbonato-bicarbonato y por tanto el pH del medio.



I.1.2.4. Componentes minoritarios y trazas

Los componentes minoritarios de un agua son aquellos iones químicos que están presentes en la misma en pequeñas concentraciones o trazas. A continuación se describen los utilizados a lo largo de este trabajo.

Estos componentes pueden ser iones atómicos o moleculares inorgánicos, o compuestos orgánicos, subdividiéndose de esta forma este tipo de componentes presentes en un agua.

I.1.2.5. Inorgánicos

Los componentes minoritarios inorgánicos son aquellos iones atómicos o moleculares inorgánicos presentes en disolución en muestras acuosas, pudiendo subdividirse en elementos metálicos y aniones, descritos a continuación.

Los **metales** presentes en un agua, normalmente en formas iónicas, lo están en concentraciones bajas o trazas, por lo que se consideran compuestos minoritarios. A continuación se describen los más destacados.

El **hierro (Fe)** es el segundo metal más abundante del Planeta, después del aluminio, presentándose muy difundido en la naturaleza, aunque en disolución acuosa se presenta en bajas concentraciones, al depender su solubilidad y del comportamiento químico de su estado de oxidación muy variable con las condiciones de oxidación y pH del medio; no obstante cabe destacar que las formas ferrosas son las más solubles, y por tanto las más comunes en disolución.

El hierro es un elemento esencial para el metabolismo de animales y plantas, ligado principalmente en los animales al transporte de oxígeno hasta las células. Sus principales fuentes naturales son rocas ígneas con altos contenidos del metal como piroxenos, anfíboles, biotita, Magnetita (Fe_3O_4), Siderita (FeCO_3), Pirita (FeS) y especialmente el neosilicato Olivino.

Cuando el agua dulce entra en contacto con formaciones rocosas que contienen hierro, por regla general suelen ser bastante resistentes, pero aún en el caso en que se consiga arrancar el metal de la estructura del mineral, este rápidamente precipita, o se une a partículas en suspensión, en forma de óxido o hidróxido, debido a las condiciones del medio acuoso. En condiciones de bajo pH el hierro si puede mantenerse en disolución a mayores concentraciones.

La presencia de hierro en el agua puede también deberse a causas antropogénicas, como son determinados vertidos industriales y también la solubilización de tuberías, provocando su presencia en elevadas concentraciones la

proliferación y el desarrollo de determinados microorganismos que dan color y sabor desagradable al agua.

La forma más común de hierro en las aguas naturales es la forma ferrosa o Fe(II), y principalmente como bicarbonato, $\text{Fe}(\text{HCO}_3)^-$, que al igual que el aluminio y otros metales forma una capa de hidratación octaédrica con seis moléculas de agua. Su concentración en un río aireado no es superior a unos pocos $\mu\text{g/L}$ como hierro libre a un pH neutro (6.5 – 8.5), por lo que concentraciones superiores son debidas a formas complejas existentes en la materia particulada de pequeño tamaño (incluso inferior a $0.45 \mu\text{m}^{28}$).

El **manganeso (Mn)** es uno de los elementos metálicos más abundantes de la corteza terrestre aún sin ser un constituyente esencial de los más comunes minerales de silicato. Este metal se encuentra en la naturaleza sustituyendo en sus silicatos al hierro, magnesio o calcio; presentando una química muy similar a la del hierro.

Presenta tres posibles estados de oxidación (Mn^{2+} , Mn^{3+} , Mn^{4+}), aunque el estado más reducido raramente se encuentra en la naturaleza. Los principales minerales en los que se puede encontrar manganeso en la naturaleza son rocas basálticas, olivinos, piroxenos y anfíboles, así como algún silicato como la Rodosita (MnSiO_3), y carbonato como la Rodocrosita (MnCO_3).

Una vez el manganeso se encuentra en disolución acuosa, su estado más común es Mn^{2+} , en formas como MnHCO_3^+ o MnSO_4 . Los complejos orgánicos de este metal juegan un papel muy importante en la movilidad acuosa de este elemento.

Es posible encontrar también en disolución acuosa formas de Mn^{4+} , especialmente en sistemas con pH elevado.

La presencia de este elemento en las aguas provoca el desarrollo de determinadas bacterias que producen precipitados mangánicos del elemento, realizando el mismo efecto sobre las sales de hierro.

El **arsénico (As)** es un elemento muy tóxico que puede estar presente en disolución en numerosas formas, dependiendo de las características del nivel de

oxidación y pH del medio. Sus formas más comunes son las de As^{3+} y As^{5+} , aunque las más peligrosas para el ser humano son sus formas orgánicas, debido a que este elemento está normalmente involucrado en procesos bioquímicos dando lugar a compuesto metilado como los ácidos dimetilarsénico y metilarsenioso.

Las fuentes naturales del arsénico son pocas, destacando las arseitas, aunque si está presente en gases volcánicos procedentes del núcleo terrestre y en aguas geotermales. Como fuentes antropogénicas de la presencia en los ecosistemas acuosos de este elemento destaca la utilización del mismo como pesticida, siendo arrastrado hasta las masas de agua por la lluvia.

El **mercurio (Hg)** es un contaminante en el medio ambiente. En estado elemental es líquido a temperatura ambiente pero tiene una importante volatilidad. Su estado más estable en disolución acuosa es el elemental (Hg), en cuyo caso presenta un equilibrio de solubilidad entorno a los 25 $\mu\text{g/L}$.

Otras formas en las que el mercurio se encuentra presente en un medio acuático son formando cloruros o hidróxidos, en función del pH, o complejos metálicos donde cabe destacar los de metilmercurio (HgCH_3^+) y otras formas similares producidas por bacterias generadoras de metano.

El mineral más común de mercurio en la naturaleza es el sulfuro de mercurio (HgS), conocido comúnmente como cinabrio, aunque es muy poco abundante y muy disperso en la corteza terrestre, por lo que la concentración de este metal en las aguas naturales es muy baja.

Este contaminante tuvo su mayor fuente de entrada en el medio acuático hasta la década de 1970 por los escapes de fábricas de electrolisis de cloruro sódico, donde era utilizado en las celdas electrolíticas²⁹.

El mercurio se encuentra en las aguas naturales en concentraciones inferiores al $\mu\text{g/L}$, pero posee una alta toxicidad para el ser humano, especialmente cuando se trata de formas orgánicas como el metilmercurio; siendo así los complejos orgánicos unas 100 veces más tóxicos que los de origen inorgánico, debido especialmente a su absorción por el organismo.

El **cadmio (Cd)** es un elemento poco abundante en la corteza terrestre, del orden de 10^{-6} , aunque conocido desde tiempos remotos debido a la facilidad existente para la obtención de sus minerales.

Los minerales de cadmio son muy escasos, ya que este se presenta normalmente en la naturaleza, y debido a su similitud isomórfica con el zinc, sustituyendo a este en sus minerales.

El cadmio se obtiene como producto secundario de la obtención de zinc y se separa del mismo por destilación o precipitación en disoluciones de sulfato.

El cadmio metálico es blanco, lustroso y empañable con una estructura que se desvía del empaquetado hexagonal perfecto debido a la elongación de la misma a través de un eje hexasimétrico.

Las principales aplicaciones para las que el ser humano utiliza el cadmio son el electroplatinado y la fabricación de pigmentos para pinturas, tintas de impresión y plásticos. Ha sido también muy utilizado para la estabilización de los plásticos tipo PVC, las baterías eléctricas y tubos de fluorescencia y video. Muchos de estos procesos de fabricación son vías de entrada del cadmio en el medio acuático, pudiendo pasar de este hacia la atmósfera debido a la vaporización de las aguas.

El límite de concentración del cadmio en las aguas naturales es probablemente el del equilibrio de solubilidad del carbonato de cadmio³⁰, aunque generalmente la concentración existente es inferior a esta.

El **cobre (Cu)** es un elemento esencial para el metabolismo de los seres vivos, jugando un papel esencial en la existencia de la vida sobre el Planeta. En la naturaleza es posible encontrarlo en forma metálica (Cu^0) o en forma iónica (Cu^+ , Cu^{2+}) formando minerales estables con el azufre, como la Calcopirita (CuFeS_2), o con otros elementos como la Cuprita (Cu_2O) o la Malaquita (CuCO_3).

En disolución acuosa es posible encontrar cobre de estados de oxidación I y II, con una mayor concentración de Cu^{2+} especialmente en medios oxigenados que favorecen la oxidación del elemento. En las aguas naturales, con un pH neutro, predomina en disolución la especie $\text{Cu}(\text{OH})_3^-$. A pesar de todo ello, el cobre se

encuentra principalmente en las aguas naturales asociado a la materia orgánica coloidal.

El **chromo (Cr)** es un metal de transición que se encuentra en la naturaleza formando parte de las rocas, generalmente en un estado de oxidación trivalente (Cr^{3+}), destacando el FeCr_2O_4 conocido como Cromita; en disolución acuosa se encuentra presente en este mismo estado de oxidación, y en uno más avanzado hexavalente (Cr^{6+}) en forma de cromatos.

La solubilidad de este metal varía notablemente en función de las condiciones del medio, pudiendo estar presente en numerosas formas iónicas que van desde la simple presencia iónica, hasta la formación de óxidos e hidróxidos en disolución.

El cromo encuentra de forma natural en pequeñas concentraciones en el agua, pero debido a los vertidos procedentes de las industrias del curtido de pieles y la del acero inoxidable, principalmente, aumentan sus concentraciones naturales, llegando a concentraciones tóxicas para el medio ambiente, ya que aunque no es un elemento bioacumulable por los organismos, y su estado de oxidación III no es tóxico, si se han podido asociar elevadas concentraciones de este elemento con malformaciones y episodios de cáncer, así como lesiones de piel, riñón e hígado en seres humanos.

El **plomo (Pb)** es un elemento que se puede encontrar con frecuencia en las rocas sedimentarias como la galena (PbS) o la cerusita (PbCO_3). En disolución acuosa, donde presenta una solubilidad entorno a $50 \mu\text{g/L}$, el plomo se encuentra normalmente en estado de oxidación II (Pb^{2+}) en forma de hidróxidos, carbonatos y sulfatos; encontrándose una parte importante del plomo disuelto en forma de complejo orgánico.

El desarrollo industrial ha contribuido ampliamente a la dispersión de este elemento en el medio ambiente, especialmente al utilizarse en forma de tetraetilplomo como aditivo de las reacciones de combustión en los motores de explosión de los automóviles. Por otro lado, hasta no hace mucho tiempo se han utilizado tuberías de plomo para la distribución de agua potable en las ciudades, de las cuales se disolvía una mínima cantidad de forma continua con el paso del líquido elemento.

Este elemento es un tóxico para el ser humano, ya que produce una enfermedad denominada saturnismo, produciendo efectos sobre los sistemas hematopoyético, nervioso central y periférico, así como sobre los riñones.

El **zinc (Zn)** es un oligoelemento que presenta en la naturaleza una abundancia similar a la de cobre y níquel, pero en este caso con un solo estado de oxidación significativo, Zn^{2+} , y presentando una mayor solubilidad acuosa que estos elementos.

Este elemento se encuentra en la naturaleza en minerales como la Blenda (ZnS), la Smithsonita ($ZnCO_3$) o la Calamita ($Zn_2SiO_4 \cdot H_2O$). En las aguas naturales o superficiales se encuentra en muy bajas concentraciones y principalmente debido a causas antropogénicas.

En disolución acuosa, el zinc, se encuentra principalmente en estado libre (Zn^{2+}) o formando sales como $Zn(OH)^+$, $Zn(Cl_3)^-$.

Los elementos no metálicos se encuentran también normalmente presentes en un agua en concentraciones bajas, y en forma de **aniones**. A continuación se describen los que se han utilizado en el presente trabajo de investigación.

El **flúor (F)** es el elemento más ligero de los denominados halógenos, siendo al mismo tiempo el elemento más electronegativo que se conoce, por lo que en disoluciones acuosas se presenta en forma de ión fluoruro (F^-), con la misma carga y radio que el ión hidroxilo (OH^-) a quien puede sustituir estructuralmente.

La presencia de flúor en las agua naturales es debida a la disolución de las rocas por las que fluye esta agua, principalmente Fluorita (CaF_2), Apatita ($Ca_5(Cl,F,OH)(PO_4)_3$), la Criolita ($Al_2F_6 \cdot 6NaF$) y ciertos anfíboles. El flúor se asocia también con gases volcánicos, por lo que las aguas termales pueden presentar elevadas concentraciones de fluoruros.

Este elemento es esencial para la vida de los organismos superiores, jugando un papel muy importante en la formación de huesos y dientes, si bien un exceso del mismo puede ser perjudicial para la salud al contraer fluorosis, por la cual se deterioran notablemente huesos y dientes.

El ácido cianhídrico (HCN) y sus iones derivados, los **cianuros** (CN⁻), ferrocianuros (Fe(CN)₆³⁻), tiocianato (SCN⁻), etc., componen un grupo de sustancias que presentan una elevada toxicidad, incluso a bajas dosis (0,1 mg/L en el caso de los peces).

La presencia de cianuros en las aguas naturales se debe principalmente a una contaminación humana procedente de fábricas de gas, coquerías y altos hornos, entre otros. Estos compuestos juegan un papel complejante en las aguas naturales.

La presencia de las distintas **formas del nitrógeno** en el medio acuático se encuentra enormemente influenciada por la importancia vital que este elemento tiene para el desarrollo de los seres vivos que habitan este ecosistema.

Del total de nitrógeno existente en el planeta Tierra una cuarta parte se encuentra integrando la estructura rocosa del mismo^{31, 32}, estando el resto en la biosfera, existiendo procesos químicos y biológicos que transfieren el nitrógeno entre ambos y que dan lugar al ciclo del nitrógeno. Este nitrógeno existente se encuentra de muy diversas formas y estados de oxidación que van desde el N³⁻ hasta el N⁵⁺.

La mayor parte del nitrógeno presente en la atmósfera se encuentra en estado gaseoso (N₂), siendo esta una molécula en la cual los átomos de nitrógeno se encuentran fuertemente enlazados y por tanto su ruptura requiere una importante cantidad de energía. Este proceso, conocido como fijación del nitrógeno, y por el que el nitrógeno molecular se oxida a nitrato, es realizado por bacterias como el *Rhizobium* o el *Azotobacter*, hongos y cianobacterias principalmente. Al mismo tiempo, pero con una importancia menor el nitrógeno atmosférico pasa a amoníaco mediante el proceso de amonificación, siendo este un proceso completamente artificial que se da en la fabricación de amoníaco y abonos.

Una vez fijado el nitrógeno se dan toda una serie de procesos en la naturaleza por los cuales el nitrógeno se va oxidando y reduciendo. Estas formas del nitrógeno que se generan y destruyen a lo largo de este ciclo (NO_x , NH_3) se encuentran normalmente en las agua naturales en mayor o menor concentración.

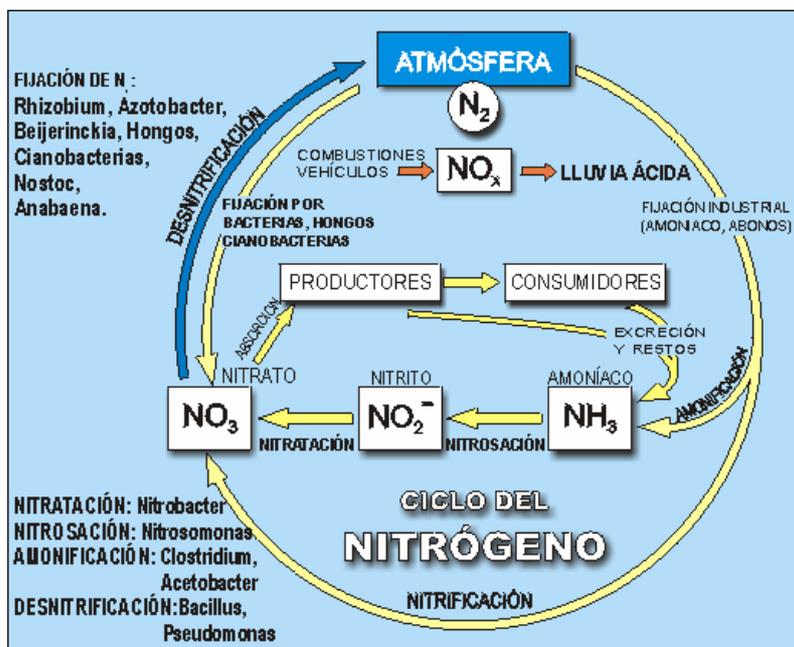


FIGURA 3. CICLO DEL NITRÓGENO EN LA NATURALEZA

(FUENTE: [HTTP://PLATEA.PNTIC.MEC.ES/~CMARTI3/CTMA/BIOSFERA/CICLOS.HTM](http://platea.pntic.mec.es/~cmarti3/CTMA/BIOSFERA/CICLOS.HTM))

Uno de los mayores problemas que pueden presentar las aguas naturales, especialmente en zonas agrícolas, es la presencia de importantes concentraciones de iones nitrato en disolución, debido principalmente al uso excesivo de abonos nitrogenados en la agricultura.

Una segunda fuente importante de nitrato en el agua son las explotaciones ganaderas, cuyos desechos van a parar al medio acuático. Esto suele ser un problema en numerosas zonas rurales, donde existen este tipo de explotaciones en las cuales las concentraciones de nitratos en aguas potables pueden llegar a superar los 50 mg/L, siendo esto un peligro para los bebés lactantes ya que pueden llegar a padecer metahemoglobulemia.

El **fósforo** (P) es un elemento muy común en las rocas ígneas y los sedimentos, presentando concentraciones bajas en las aguas superficiales, debido a

la baja solubilidad que presentan la mayoría de sus formas inorgánicas y que es un nutriente para la biota de este ecosistema.

Este elemento se puede presentar en numerosos estados de oxidación que van desde P^{3-} hasta el P^{5+} , pero es este último estado, y concretamente la forma fosfato (PO_4^{3-}), la única con importancia en la mayoría de las aguas naturales.

En el mundo mineral el fósforo se encuentra principalmente en la Apatita, fosfato cálcico con cantidades variables de OH^- , Cl^- y F^- , así como diversos tipos de impurezas. En el medio marino precipita como Fosforita, un fosfato cálcico impuro.

En disolución acuosos el *orto*-fosfato es la especie predominante, y en función del pH podremos encontrarlo en forma de sal monoácida, biácida o de ácido *orto*-fosfórico, según podemos observar en el siguiente diagrama para 25°C y 1atm de presión.

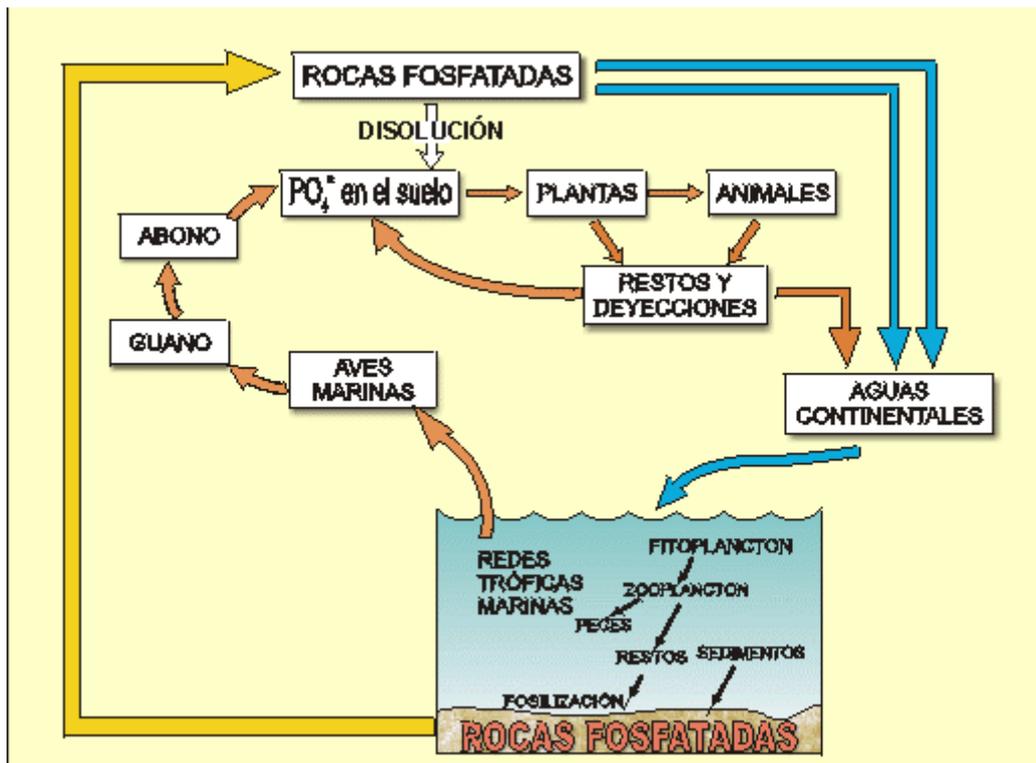


FIGURA 4. CICLO DEL FÓSFORO EN LA NATURALEZA.

(FUENTE: [HTTP://PLATEA.PNTIC.MEC.ES/~CMARTI3/CTMA/BIOSFERA/CICLOS.HTM](http://platea.pntic.mec.es/~cmarti3/CTMA/BIOSFERA/CICLOS.HTM))

Cabe destacar los detergentes, ya citados anteriormente en la presente memoria, como la mayor fuente antropogénica de la presencia de estos compuestos en los cauces fluviales.

I.1.2.6. Compuestos orgánicos

De los posibles compuestos químicos presentes en un agua, por causas naturales o antropogénicas, los compuestos inorgánicos constituyen un grupo fácilmente mesurable en número, por lo que es relativamente fácil su cuantificación de forma individual. Por el contrario, el número de compuestos orgánicos que es posible encontrar en este medio es tan elevado y diverso que imposibilita su determinación individual, restringiéndose esta a determinados compuestos que presentan un interés especial, debido a la problemática propia de un ecosistema o a su alto grado de toxicidad.

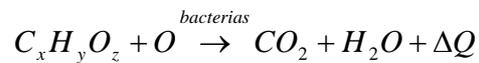
Con objeto de solventar este problema, desde un punto de vista analítico, se han desarrollado una serie de indicadores, genéricos de la contaminación orgánica o específicos para una determinada familia de compuestos orgánicos, que miden de forma conjunta, la contaminación orgánica producida por cada conjunto de sustancias para el cual son específicos. A continuación se describen los utilizados en este trabajo de investigación.

Desde el comienzo de los análisis de aguas se han utilizado una serie de **parámetros indicadores de contaminación orgánica** que facilitan una visión de conjunto de la cantidad de materia orgánica presente en un agua. Entre estos parámetros destacan la demanda química de oxígeno (DQO), la demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días (DBO_5), y el índice de materia orgánica. A continuación se describe brevemente cada uno de estos parámetros:

La **demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días (DBO_5)** es la cantidad de oxígeno, expresada en mg/L de oxígeno, necesarios para descomponer la materia orgánica presente, por acción bioquímica de los microorganismos presentes en la

muestra durante cinco días a temperatura controlada ($20\pm 1^\circ\text{C}$). De alguna forma se pretende medir en un recipiente cerrado y en condiciones de oxígeno controlado, el oxígeno necesario que requiere la muestra para ejercer su capacidad de autodepuración.

La oxidación biológica o digestión aerobia se realiza en la célula mediante una serie de reacciones químicas catalizadas por enzimas que consisten básicamente en la combinación del oxígeno con los distintos materiales orgánicos para producir energía, de la cual una parte se transforma en calor, mientras que el resto es utilizado por la célula para su respiración según la siguiente reacción.

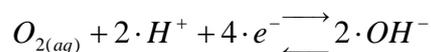


El **oxígeno (O_2)** es un elemento indispensable en el medio acuático para la vida de los animales y plantas. Sus fuentes son dos principalmente: la fotosíntesis de las plantas (fuente biológica), y a través de la atmósfera (fuente física). La concentración de equilibrio del oxígeno disuelto (O_2) en agua en contacto con el aire es una función de la temperatura, la presión y la concentración de otros solutos.

Las aguas superficiales no contaminadas suelen estar saturadas de oxígeno, o incluso sobresaturadas, variando notablemente su contenido en función de numerosos factores, y especialmente con la temperatura³³. Al aumentar la temperatura hay una disminución de la solubilidad del oxígeno debido a la existencia de una mayor movilidad molecular (aumento de la energía) que facilita su paso a estado gaseoso y por consiguiente a la atmósfera.

El oxígeno disuelto es un parámetro ampliamente utilizado para evaluar la bioquímica de las aguas, especialmente el poder autodepurador de las mismas, debido a que las formas superiores de vida acuática lo requieren para vivir. El oxígeno disuelto juega también un papel fundamental en el desarrollo de reacciones fotosintéticas en el medio acuático y de descomposición de la materia orgánica, incidiendo así de una forma directa en el poder autodepurador de los ecosistemas acuáticos.

Al margen de las reacciones bioquímicas en las que participa esta molécula, en el medio acuoso se da lugar toda una gama de reacciones químicas, siendo el OD el principal aceptor de electrones en aquellos procesos redox que tienen lugar en la hidrosfera, según la siguiente ecuación:



Este tipo de procesos redox tiene lugar cuando las moléculas de oxígeno disuelto se encuentran con moléculas orgánicas o minerales inorgánicos reducidos como la pirita o la siderita.

La **materia orgánica (UV)** se puede relacionar con la cantidad de oxígeno, expresada en mg/L, consumido en la oxidación de sustancias reductoras presentes en un agua mediante un agente químico oxidante, como el permanganato potásico (este último caso se denomina comúnmente índice de permanganato) en medio ácido. Este parámetro fue desarrollado ante la dificultad que presenta la determinación de la DBO₅, en cuanto a su reproducibilidad, exactitud y tiempo.

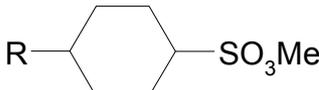
Un segundo grupo de parámetros orgánicos lo constituyen los **compuestos orgánicos específicos**, que ofrecen una visión de conjunto sobre la presencia-ausencia de un determinado grupo de compuestos orgánicos, en lugar del caso anterior de los parámetros indicadores, los cuales no discriminan entre ningún tipo de compuestos orgánicos. A continuación se describen los utilizados en el presente trabajo de investigación:

Los **agentes tensioactivos** engloban un grupo de sustancias cuya principal característica es la de presentar la propiedad de disminuir la tensión superficial de los líquidos en los que se encuentran en disolución. Esta propiedad les viene dada por la presencia de un grupo polar hidrófilo que puede ser aniónico, catiónico o neutro, clasificándose de esta forma los detergentes.

Los detergentes tienen una fuente antropogénica de entrada al medio ambiente, por lo que son productos sintéticos formados por dos tipos de moléculas principalmente, como son el tensioactivo y una sal sódica (fosfato, carbonato, sulfato, silicato, perborato, etc.). Estas moléculas son introducidas en el medio acuático en grandes cantidades a partir de vertidos industriales y domésticos, disminuyendo la tensión superficial y favoreciendo la formación de espumas, que al mismo tiempo se ven favorecidas por la presencia de proteínas, partículas sólidas y sales minerales (vertidos domésticos).

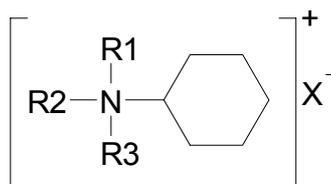
Entre los detergentes aniónicos los más destacados son:

TABLA 3. ESTRUCTURA QUÍMICA DE LOS DETERGENTES CATIÓNICOS.

Denominación	Estructura química
Alquilsulfatatos primarios	$R - OSO_3Me$
Alquilsulfonatos secundarios	$\begin{array}{c} OSO_3Me \\ \\ R - C - R' \\ \\ H \end{array}$
Alquilsulfonatos	$R - SO_3Me$
Sulfatos de amidas grasas	$R - CO - NH - R - OSO_3Me$
Alquilarilsulfotanos	
Amidas grasas sulfonadas	$R - CO - NH - R - SO_3Me$

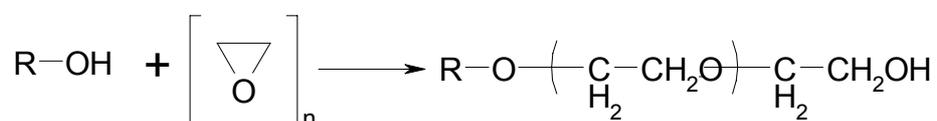
Donde R es un radical lineal, Me un catión y \bigcirc un núcleo aromático.

Los detergentes catiónicos presentan una estructura general de sal de amonio cuaternario según:

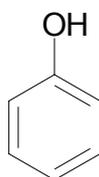


Donde R_1, R_2, R_3 son radicales y X^- el correspondiente anión.

Los detergentes no iónicos se obtienen mediante un proceso de polimerización de moléculas de óxido de etileno con sustancias que presenten hidrógenos sustituibles, como es el caso del siguiente ejemplo:



Los **fenoles** son compuestos orgánicos con una estructura básica formada por un grupo hidroxilo unido a un grupo bencénico.



Estos compuestos no son constituyentes naturales de las aguas, por lo que su presencia en las mismas es debida a algún tipo de contaminación, principalmente industrial, siendo su principales fuentes las aguas de lavado de gas de hulla, lignito o turba, aguas de lavado de coquerías, destilerías de alquitrán, fábricas de materiales plásticos o aderezo de aceitunas, así como determinados colorantes y pinturas.

Los fenoles alcanzan concentraciones muy bajas en agua, y aunque estos son venenosos, no llegan a alcanzar concentraciones peligrosas. El principal problema de los fenoles se presenta a la hora de la cloración de las aguas para consumo humano. Durante el proceso de cloración se producen clorofenoles a partir de los fenoles presentes en el agua, los cuales aún en concentraciones de 1 ppb dan un sabor a medicamento en el agua.

Bajo la denominación de **hidrocarburos** se engloban una serie de sustancias cuya fórmula química está compuesta principalmente por átomos de carbono e hidrógeno, y que sin ser muy tóxica su presencia, si alteran notablemente las características organolépticas del líquido elemento, al mismo tiempo que dificultan notablemente su depuración.

El origen de la presencia de estos compuestos en las aguas es siempre por causas antropogénicas, bien sean estas propias de la actividad humana, o por algún vertido controlado, intencionado o accidental.

La presencia de estos compuestos en las aguas produce una película superficial (flotante) de ellos sobre el curso de agua que en función de su espesor va a permitir una menor oxigenación del medio, con las graves consecuencias que ello conlleva.

I.1.3. Índices de calidad de aguas.

I.1.3.1. Introducción

Los profesionales de la gestión de recursos acuáticos hablan del estado de la calidad de sus aguas y las tendencias de las mismas en términos de evaluación de variables individuales de calidad de las aguas, de una forma general. Este lenguaje técnico utilizado no es fácilmente entendible por las principales comunidades que se ven afectadas por la calidad de tales aguas: el público en general y los políticos en particular. Por el contrario, estas comunidades esperan de los expertos técnicos una respuesta clara, precisa y comprensiva del estado en el que se encuentran las aguas, pudiendo servir de ejemplo al respecto, el documento "*Consumer Confidence Report*"³⁴ de la Agencia de Protección Medioambiental de los EE.UU. (USEPA).

Con el fin de solventar dichas diferencias nacen en los años 1960-1970 los primeros índices de calidad de aguas, con el fin de mejorar la comprensión de los distintos parámetros de calidad de aguas, mediante la integración de los mismos en una puntuación de calidad del agua que intenta describir numéricamente su estado, y poder así fácilmente evaluar su tendencia a lo largo del tiempo.

Este proceso de obtención de una puntuación conlleva una pérdida de información que se produce al integrar un gran número de variables en tan sólo un dato numérico, viéndose claramente compensado por el grado de comprensión, sobre el estado de la masa de agua, que se puede transmitir al público profano en la materia mediante esta herramienta matemática.

Un índice de calidad de aguas es simplemente una herramienta diseñada para resumir en un solo valor numérico el estado de calidad de una determinada masa de agua, con objeto de transmitir de una forma simple y rápida dicha información, especialmente al público en general. En 1974, *McClelland*³⁵ definió los índices de calidad de aguas como una herramienta muy útil para “comunicar información sobre la calidad de las agua hacia el público en general y legisladores”, y no como “un complejo modelo predictivo para aplicaciones científicas y técnicas”.

Los índices están desarrollados a partir de una serie de parámetros preidentificados, pudiendo esta llegar a ser una de las principales causas por las que fallan a la hora de comunicar la información de la calidad de un agua, debido a que una estación puede obtener un buen valor del índice y, al mismo tiempo, presentar una pésima calidad en uno o varios parámetros no utilizados para el cálculo de dicho índice. En tal caso el valor obtenido para el cálculo del índice estaría falseado, siendo una operación muy crítica la definición de los parámetros a utilizar para su cálculo.

I.1.3.2. Índices de calidad a lo largo de la historia.

Los índices de calidad aparecen en la literatura en 1965 con una publicación de *R.K. Horton*³⁶ en el Journal of the Water Pollution Control Federation, y posteriormente *J.M. Landwehr*³⁷ con su Tesis doctoral en la Universidad de Michigan (EE.UU.), aunque su madurez no llegaría hasta la siguiente década, especialmente de la mano de *W.R. Ott*^{38, 39}, quién dedicó numerosas publicaciones a definir y resumir todo el saber existente en la época sobre el tema; labor que unos años después realizaría también *C. Steinhart et al.*⁴⁰. Posteriormente a estos cabe destacar tres publicaciones sobre el tema realizados por *Couillard y Lefebvre*⁴¹ en 1985, *House y Ellis*⁴² en 1987, y *Smith*⁴³ en 1990, en las que se van revisando los progresos realizados al respecto.

Diferentes criterios han sido seguidos para indexar resultados de calidad de agua a lo largo de la historia. Una primera opción es la desarrollada por *Harkins*⁴⁴ en 1974, en el que los resultados de cada parámetro se agrupan en distintos intervalos, asignándose a cada intervalo un valor del índice. Esta opción presenta el inconveniente de no permitir la comparación de datos generados a partir de diferentes conjuntos de datos, como es el caso de años sucesivos para un mismo punto de muestreo. Como ventaja no necesita el desarrollo de curvas subjetivas para evaluar

los resultados. Este tipo de índices son de gran utilidad a la hora de su aplicación sobre masas de aguas sobre las que no se ha hecho notar el impacto del ser humano, con objeto de establecer niveles de fondo de contaminación.

Más ampliamente utilizados, especialmente en lo referente a aplicaciones para la gestión de masas de agua, resultan los índices generados a partir del establecimiento de valores umbrales de contaminación para un determinado uso (objetivos de calidad), a partir de los cuales se desarrollan funciones de ponderación para asignar los distintos valores del índice. La principal desventaja de este tipo de índices radica en que su valor indica como de bien la calidad del agua de cada estación alcanza las expectativas esperadas para la misma (objetivos de calidad), y no el nivel de calidad absoluta que presenta la masa de agua. Este segundo tipo de formulaciones permite comparar distintas estaciones siempre y cuando sus objetivos de calidad sean iguales.

Los primeros índices de calidad fueron desarrollados por la USEPA, en los años 60, aunque tales metodologías no se encuentran claramente documentadas, si bien eran muy similares a los desarrollados bajo la denominación *Nacional Sanitation Foundation Index*⁴⁵. Este índice utilizaba una serie de curvas que relacionaban las concentraciones y medidas de varios parámetros con los valores del índice; sumando los distintos valores obtenidos se calculaba el valor del índice.

A pesar de toda la investigación realizada para el desarrollo de índices globales de calidad de aguas, no se conoce en la literatura la existencia de un indicador global de la misma para su aplicación en la mayoría de situaciones y masas de agua⁴⁶. El indicador más parecido es el desarrollado por *Provencher y Lamontagne*, del Servicio de Calidad de las Aguas del Ministerio de Riquezas Naturales del Estado de Québec, en Canadá, que engloba las distintas características físico-químicas del agua utilizando ciertas funciones de equivalencia, generalmente lineales, definidas como el grado de concentración que los análisis efectuados muestran para cada una de los parámetros analizados, para realizar posteriormente su integración en forma de sumatorio mediante ponderaciones de asignación espúrea. Otros intentos al respecto han sido los realizados por Beamonte et al.⁴⁷ Carter et al.⁴⁸, Graça y Coimbra⁴⁹, Gutierrez and Borrego⁵⁰, Isasi⁵¹, Kindler et al.⁵², Kwam⁵³, Lau et al.⁵⁴, Marques and Bueno⁵⁵, Moatar and Poirel⁵⁶, Mogheir y Shing⁵⁷, Montiel et al.⁵⁸, Nadebaum et al.⁵⁹,

Ortiz et al.⁶⁰, Prat y Munné⁶¹, Reimann et al.⁶², Reisenhofer et al.⁶³, Schroeder⁶⁴, Zilov⁶⁵, Steynberg⁶⁶.

La aceptación de esta herramienta matemática para conseguir un mejor traspaso de información sobre la calidad de las aguas, no ha sido la misma a lo largo y ancho del planeta. El país que sin duda alguna, debido al gran número de publicaciones existentes, mejor ha aceptado y utilizado esta herramienta es Canadá. Allí, el concepto de índice de calidad de aguas es introducido a mediados de la década de 1990 por tres autores: *Rocchini and Swain*⁶⁷, *Dunn*⁶⁸ y *Herbert*⁶⁹ pertenecientes al *Water Quality Guidelines Task Group of the Canadian Council of Ministers of the Environment*. Este grupo de trabajo desarrollo el llamado **Índice de Calidad e Aguas de la Columbia Británica**, que se ha ido desarrollando a lo largo del tiempo para dar lugar al actual *Canadian Council of Ministers of the Environment Water Quality Index (CCME-WQI)*⁷⁰, ampliamente utilizado (*CCME*^{71, 72}, *Cash et al.*⁷³, *Husain*⁷⁴, *Sharma*⁷⁵, *Lumb et al.*⁷⁶, *Khan et al.*⁷⁷, *Paterson et al.*⁷⁸).

Asia también ha sido un continente en el que se han realizado numerosas aplicaciones de esta herramienta matemática utilizada para definir numéricamente la calidad de un agua, pero ha sido especialmente la India el país que más lo ha aplicado^{79, 80, 81, 82, 83}, especialmente en los últimos años.

En España son pocos los índices de calidad que han sido desarrollados y probados de una forma efectiva, pero entre todos ellos destaca uno en particular: El **Índice General de Calidad de Aguas (I.G.C.)**, desarrollado por el Gobierno español a partir del desarrollado por Provencher y Lamontagne en Canadá. Este índice es el utilizado por el Gobierno español, y su Organismos de Cuenca para evaluar la calidad de las aguas superficiales españolas.

El I.G.C. se describe en profundidad en el apartado II.5 del capítulo de métodos experimentales.

I.1.4. Legislación y criterios de calidad de aguas.

El paulatino incremento de la contaminación de las aguas superficiales en España ha dado lugar a diversas normativas que tratan de proteger la calidad de las masas de agua para los diversos usos para los que han sido destinadas. Esta normativa ha ido modificándose a lo largo de los años con objeto de adaptarla a las

nuevas situaciones, parámetros, métodos analíticos, así como a los avances de la química analítica, la ingeniería, etc., con objeto de conseguir la mayor protección y control posibles en cada momento.

La entrada de España en la Unión Europea (UE) supuso la aplicación directa de una nueva normativa supranacional de total aplicación sobre las masas de agua española, con restricciones más severas y controles de menor periodicidad, asimilando dentro del ordenamiento legislativo español estas normativas europeas.

La normativa aplicable sobre cada masa de agua para un determinado uso puede ser muy variable, pudiendo estar afectada por normativas de la UE, estatales, autonómicas, provinciales o locales, al mismo tiempo que por alguno de los diversos tratados internacionales suscritos por España.

A continuación se ofrece un resumen de la legislación aplicable a las distintas masas de agua, clasificadas en función de su ámbito de aplicación.

I.1.4.1. Normativa europea.

En materia de aguas superficiales, ha sido desarrolladas desde tres enfoques claramente diferenciados:

- **Regulación de los usos del agua.** Pretende definir los estándares de calidad de las aguas destinadas a un determinado uso, con objeto de evitar riesgos sobre la salud y el medio ambiente.
- **Control de emisiones y sustancias peligrosas.** Mediante este tipo de legislación se pretende establecer los límites máximos y condiciones de vertido de aguas contaminadas sobre el Dominio Público Hidráulico.
- **Prevención de la contaminación.** La normativa desarrollada en este sentido pretende establecer los estándares de depuración y calidad de las aguas previos a su vertido a cauce público, disminuyendo así la incidencia de los distintos vertidos sobre el medio receptor.

A continuación se describe la distinta normativa desarrollada por la UE en cada uno de los enfoques descritos anteriormente.

El uso más primordial que puede tener en agua, y para el que se requiere un mayor grado de protección, es la producción de agua potable destinada para consumo humano. Sabedora de ello, la UE desarrolla en 1975 su *Directiva 75/440/CEE*⁸⁴ y cuatro años más tarde se definen los métodos analíticos y la frecuencia de los análisis para el cumplimiento de la misma con la entrada en vigor de la *Directiva 79/869/CEE*⁸⁵. Tan solo un año más tarde, aparece la *Directiva 80/778/CEE*⁸⁶ que complementa a la *Directiva 75/440/CEE* en la que respecta a aguas de consumo humano que no se distribuyen a través de una red de aguas potables, sino mediante botellas, tetrabriks, etc.

Con objeto de adaptar al progreso científico y técnico la *Directiva 80/778/CEE* del Consejo, de 15 de julio de 1980, relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano, se desarrolla y pone en funcionamiento una nueva *Directiva (98/83/CE)*⁸⁷ que sustituye y mejora a la que estaba en vigor, con el fin de ofrecer una mayor protección del consumidor.

Un segundo uso de las masas de agua por parte de ser humano es como lugar de recreo, y principalmente para el baño. En este sentido, la UE establece en 1976 la calidad que deben cumplir las masas de agua para ser consideradas aptas para dicho uso, mediante la *Directiva 76/160/CEE*⁸⁸. Recientemente se ha presentado una propuesta para la modificación de esta *Directiva*⁸⁹.

El tercer uso posible que puede tener una masa de agua es aquel referente a la conservación de la vida acuática de este ecosistema o a la cría de determinados organismos vivos en el mismo, destinados a consumo humano. A este respecto ha sido diversa la legislación desarrollada por parte de la UE con el fin de garantizar la conservación de la biodiversidad. Destacan la normativa relativa a la calidad de las aguas para la vida piscícola (*Directiva 78/659/CEE*)⁹⁰, para la cual se ha presentado una propuesta de modificación recientemente (*COM/2004/00019 final*)⁹¹ para la cría de moluscos⁹².

El segundo enfoque sobre el cual la UE ha desarrollado su marco legislativo en materia de calidad de aguas es el control de emisiones y sustancias peligrosas, a

través de la directiva madre 76/464/CEE⁹³, y una serie de directivas hijas que regulan los vertidos de los procesos productivos más altamente contaminantes como son:

TABLA 4. DIRECTIVAS EUROPEAS DERIVADAS DE LA 76/464/CEE

Directiva	Ámbito de aplicación
82/176/CEE ⁹⁴	Vertidos de mercurio procedentes del sector de la electrolisis de los cloruros alcalinos
83/513/CEE ⁹⁵	Vertidos de cadmio, con independencia de la actividad industrial.
84/491/CEE ⁹⁶	Vertidos de hexaclorociclohexano, con independencia de la actividad industrial.
91/676/CEE ⁹⁷	Nitratos utilizados en la agricultura.

El tercer y último sentido en el que la UE ha desarrollado su legislación es la prevención de la contaminación, definiendo los estándares de depuración de aguas residuales que es necesario desarrollar previamente al vertido de aguas residuales a cauce público. En este sentido aparece en 1991 la Directiva 91/271/CEE⁹⁸, modificada posteriormente por la Directiva 98/15/CE⁹⁹.

Debido a al gran entramado de leyes que se ha ido creando a lo largo de los años, en los años noventa se empieza a crear la necesidad de reordenar y fundir en una sola directiva la política de aguas de la Unión, naciendo así en 1997 una propuesta de Directiva¹⁰⁰ que plasma esta necesidad y que sería modificada un año más tarde¹⁰¹. Tras numerosos debates, a finales del año 2000 nace la Directiva Marco de Aguas 2000/60/CE¹⁰² (DMA), que define claramente el marco comunitario de actuación en cuanto a política de aguas, y se establece una lista de sustancias prioritarias¹⁰³, debido a su peligrosidad para la salud y el medio ambiente, sobre las que los estados miembros deberán someter a un riguroso control a sus masas de agua.

I.1.4.2. Normativa española.

La normativa española en cuanto a calidad de las aguas y su protección ha pasado en los últimos años por dos etapas claramente diferenciadas. En una primera etapa, la más antigua, el Estado Español, se da a si mismo su propio ordenamiento

jurídico en la materia, pero desde su incorporación en la Comunidad Europea, España va a ir poco a poco trasponiendo el ordenamiento jurídico comunitario al suyo propio, y es en los años más recientes, donde se aprecia esta simbiosis más claramente, ya que casi toda nueva herramienta legislativa que aparece en España se produce por transposición de una comunitaria, igualándose así al resto de países que integran la Comunidad Europea.

La normativa española en cuanto al control, protección y usos de las aguas continentales tal y como se conoce en la actualidad nace en 1985 con la *Ley 29/1985*¹⁰⁴, conocida como Ley de Aguas y que sería desarrollada con posterioridad mediante numerosos Real Decretos^{105, 106, 107, 108, 109, 110}. Esta Ley está vigente en el ordenamiento jurídico español hasta 1999, donde será sustituida por una actualización de la misma, la *Ley 46/1999*¹¹¹, que será modificada en 2001 mediante el *Real Decreto Legislativo 1/2001*^{112, 113}.

En lo referente al control de vertidos de las aguas residuales sobre una masa de agua receptora, la legislación española ha sido muy prolífera en esta materia, desde que en 1959 se publicara la *Orden Ministerial de 4 de Septiembre de 1959*¹¹⁴. En 1986, y mediante Orden¹¹⁵, se legislan las autorizaciones de vertido, en función de las cuales se pagará un canon por cada vertido, el cual dependerá de la carga contaminante calculada para cada uno.

Posteriormente, y como transposición de la normativa europea, se legislarán las normas de emisión de determinadas sustancias nocivas y peligrosas contenidas en las aguas residuales^{116, 117, 118, 119, 120, 121}.

La contaminación de las aguas también ha sido legislada en diferentes aspectos a lo largo del tiempo, así en 1968 se prohíbe la utilización de detergentes no biodegradables^{122, 123}, en 1989 se regulan las sustancias peligrosas que pueden formar parte de un vertido¹²⁴, que será ampliado con posterioridad¹²⁵, y ese mismo año se regulan los vertidos de la industria del dióxido de titanio¹²⁶ y en 1996 la contaminación por nitratos procedentes de actividades agrarias¹²⁷.

En el año 2002, aparece en el ordenamiento jurídico español la *Ley 16/2002*¹²⁸, como transposición de la legislación europea, sobre la prevención y el control integrados de la contaminación, también conocida como IPPC, con la que se da un importante giro en la forma de legislar desde un punto de vista medioambiental de la

industria, pasando de una visión independiente de cada una de las vías de contaminación de una instalación industrial (vertidos sólidos, líquidos y gaseosos), a una visión de conjunto de la contaminación que cada instalación produce.

I.1.4.3. Normativa de la Confederación Hidrográfica del Ebro.

I.1.4.3.1. Aspectos generales

Las Confederaciones Hidrográficas españolas son los Organismos responsables de velar por el cumplimiento de una serie de normas relacionadas con la calidad exigida a cada masa de agua, según el uso al que vaya destinada el agua en cuestión. De todos los usos posibles están reglamentados los tres siguientes:

- Producción de agua potable
- Aguas protegidas por razón de su riqueza piscícola
- Aguas de baño.

El resto de uso que puede tener una masa de agua (deportivo, navegación, regadío, reutilización para riego etc.), no tienen regulada su calidad por el momento.

A continuación se describe brevemente la legislación de aplicación en cada uno de los casos anteriormente citados.

I.1.4.3.2. Producción de agua potable

Las aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable están reguladas por la *Directiva 75/440/CEE*⁸⁴, incorporada a la normativa española por el Reglamento de la Administración Pública del agua de la Planificación Hidrológica, *R.D. 927/88107*. Según este Real Decreto, las aguas superficiales susceptibles de ser destinadas al consumo humano quedan clasificadas en los tres grupos siguientes, según el grado de tratamiento que deben es necesario recibir para su potabilización antes del consumo humano.

- Tipo A1. Tratamiento físico simple y desinfección.

- Tipo A2. Tratamiento físico normal, tratamiento químico y desinfección.
- Tipo A3 Tratamiento físico químico intensivos, afino y desinfección.

No obstante, los niveles de calidad que sean fijados en los respectivos Planes Hidrológicos de Cuenca podrán ser más restrictivos, pero nunca menos restrictivos, salvo que se prevea un tratamiento especial que las haga potables.

El Plan Hidrológico del Ebro contempla la redacción de los Estudios técnicos para dar cumplimiento al artículo 79 del RD 927/88¹⁰⁷, fijando la calidad medida durante los años 1992-1995. y clasificando todas las aguas superficiales con abastecimientos de población que superen los 1.000 habitantes, así como definiendo los objetivos de calidad para los tres usos que tienen definida o regulada la calidad mínima exigible (**FIGURA 5**).

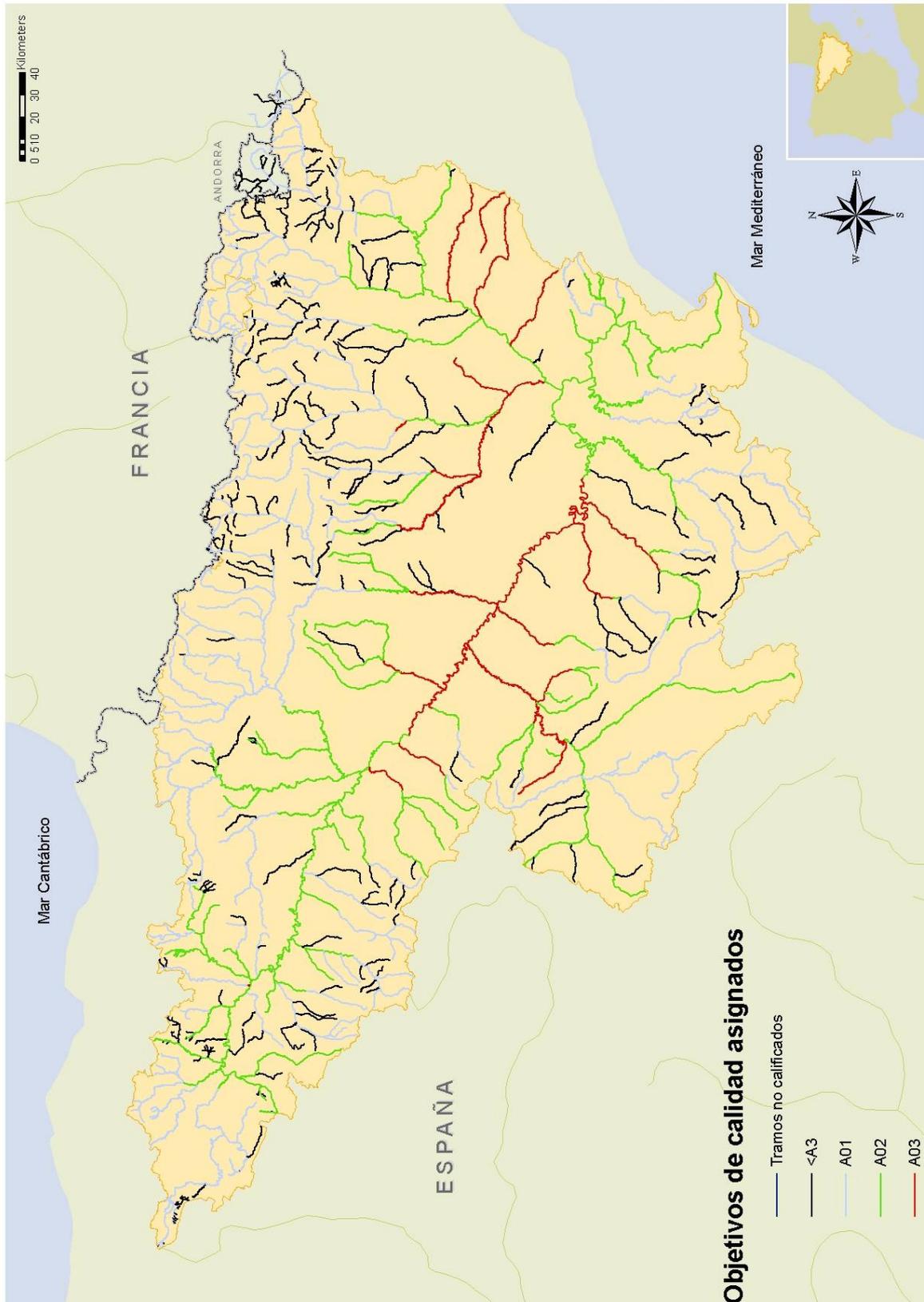


FIGURA 5. OBJETIVOS DE CALIDAD ASIGNADOS A CADA TRAMO DE RÍO.

I.1.4.3.3. Aguas protegidas por razón de su riqueza piscícola

Mediante la *Directiva 78/659*⁹⁰, se regula la calidad de las aguas continentales que requieren protección o mejora para la vida de los peces. Esta norma está traspuesta al ordenamiento jurídico español mediante el *R.D. 927/88*¹⁰⁷, y que define la calidad exigida en estos tramos en función del tipo de especies declaradas (aguas salmonícolas o ciprinícolas).

Los ríos en los que se requiere protección para la vida piscícola comprometidos por el Estado Español ante la U.E., abarcan un reducido número de tramos fluviales que poseen una fauna ictiológica que, por su carácter endémico, ocupa una posición diferenciada dentro de la fauna europea, siendo su problemática más semejante a otras áreas mediterráneas.

Análogamente a otras cuencas, en la cuenca del Ebro existen gran cantidad de ríos, salmonícolas en su mayor parte, con alto interés piscícola, no estando los mismos sujetos a la aplicación de las normas anteriores que están redactadas en razón de un planteamiento científico concreto.

I.1.4.3.4. Aguas de baño

La *Directiva 76/160 CEE*⁸⁸ reglamenta las exigencias de calidad de las aguas de baño, aplicable tanto a las aguas marinas como a las continentales. Esta norma se encuentra recogida, asimismo, en el *R.D. 927/88*¹⁰⁷. El control de calidad de todas las zonas marítimas -playas- y continentales -tramos concretos de ríos- se realiza por las autoridades sanitarias durante los períodos de utilización.

I.2. Métodos de análisis de tendencias de la calidad de las aguas.

I.2.1. Consideraciones generales.

El término **tendencia** se define según el Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española como:

Tendencia: *(de tender, propender).*

1. *Propensión o inclinación en los hombres y en las cosas hacia determinados fines.*
2. *Fuerza por la cual un cuerpo se inclina hacia otro o hacia alguna cosa.*
3. *Idea religiosa, económica, política, artística, etc., que se orienta en determinada dirección.*

Han sido numerosos los autores^{129, 130, 131, 132, 133} que han discutido el concepto de tendencia, si bien cabría destacar el estudio realizado por *Harvey*¹³⁴. De todos ellos se deduce que son varios los conceptos que están asociados al término tendencia: cambio estructural lento, deriva, evolución, etc., pudiendo existir tendencias deterministas o estocásticas, suavizadas o pulsantes, aditivas o no-aditivas, monotónicas, etc.

Desde el punto de vista del estudio de datos de calidad de aguas el análisis de la tendencia de los distintos contaminantes consiste en el estudio y análisis de la variación de los datos obtenidos a lo largo de un determinado período de tiempo con el principal objetivo de extraer información sobre los cambios sufridos en el sistema a lo largo de este período de tiempo y la obtención de una expresión cuantitativa de esta información.

Uno de los más importantes objetivos de numerosos programas de control medioambiental es la detección de cambios o tendencias de los niveles de contaminantes a lo largo del tiempo, para evitar su concentración en el medio y evaluar la eficacia de las acciones desarrolladas para disminuir esta.

A lo largo de la historia se han utilizado y desarrollado numerosas herramientas para la interpretación, la visualización, la detección y estimación de tendencia de distintos parámetros, y en los últimos años incluso la predicción de los futuros estados del medio acuático estudiado. A continuación se realiza un breve recorrido por la mayoría de las técnicas utilizadas en este sentido.

I.2.2. Métodos de detección y estimación de tendencias.

I.2.2.1. Aspectos generales.

La detección y estimación de tendencias en series temporales de calidad de aguas es una tarea complicada debido a una serie de características propias de este tipo de datos: la estacionabilidad de las medidas, la existencia de datos correlacionados, la influencia del flujo de agua y los cambios que se producen en los procedimientos analíticos, así como la pérdida de datos por distintas causas.

Una característica innata de los datos de calidad de aguas obtenidos durante largos periodos de tiempo es la presencia de una componente estacional en los mismos, como demostró *Brandley*¹³⁵ en 1968 mediante los datos obtenidos a partir del programa del *U.S. Geological Survey NASQAN* para diversos parámetros. La variación estacional de los datos o cualquier otro ciclo natural dificulta enormemente la detección de tendencias a largo plazo, aunque este problema puede ser aliviado en gran medida si se elimina esta componente cíclica antes de la aplicación de la herramienta estadística tal y como fue desarrollado por *Sen*¹³⁶ para el test estacional de *Mann-Kendall*^{137, 138}.

Por otro lado, los análisis de calidad de aguas realizados en cortos periodos de tiempo están normalmente sujetos a una correlación positiva, cuando la mayoría de las técnicas estadísticas que se pueden utilizar para llevar a cabo este tipo de análisis de datos requieren conjunto de datos no correlacionados, ya que incrementan el número de falsos positivos¹³⁹. *Sen*^{140, 141} desarrolló en los años sesenta un par de test estadísticos para utilizar sobre conjuntos de datos dependientes, aunque años más tarde *Lettenmaier*¹⁴² demostraría que el uso del test para varios cientos de datos analíticos necesitaría de una validación previa de los mismos. Este mismo autor¹⁴³ introduciría un año después el concepto de tamaño de muestra efectivamente independiente con objeto de ajustar los valores críticos para la utilización del *Wilcoxon rank sum test* para tendencias puntuales y el test de correlación *rho de Spearman* para tendencias lineales; siendo *Montgomery y Reckhow*¹⁴⁴ quien años más tarde ilustrarían este procedimiento y proporcionarían una serie de tablas de valores críticos ajustados para ambos test.

Otro importante problema que se plantea a la hora de analizar tendencias en datos de calidad de aguas es su dependencia del caudal de agua que fluya por el

cauce en cada muestreo, lo cual es bien conocido que ocurre en la práctica totalidad de los casos^{145, 146, 147, 148}. Para solventar este problema *Smith, Hirsch y Slack*¹⁴⁸ proponen la utilización de concentraciones ajustadas al flujo utilizando una ecuación de regresión para el ajuste de las relaciones flujo-concentración. Los residuales obtenidos mediante este proceso de regresión son entonces testados utilizando el test estacional de Mann-Kendall. *Harned, Daniel y Crawford*¹⁴⁹ propusieron dos métodos alternativos para la solución del problema, como son la compensación por vertidos y la ponderación utilizando la frecuencia de los vertidos.

Un cuarto obstáculo a la hora de aplicar herramientas estadísticas para la detección y estimación de tendencias proviene de la necesidad por parte de los laboratorios de control de implementar nuevas metodologías analíticas que les permiten obtener unos mejores límites de detección y cuantificación, unos resultados más exactos y reproducibles, o simplemente un mayor grado de automatización en el proceso analítico. Por estas razones, los laboratorios analíticos encargados del control de calidad de aguas pueden modificar con el tiempo sus procedimientos de ensayo y/o toma de muestras o incluso sus técnicas analíticas durante los largos periodos de tiempo que se requieren para obtener una fuente de datos que nos permite el estudio de tendencias. Este cambio de procedimiento de análisis puede causar una desviación en la media o la varianza de los datos obtenidos que pueden llegar a ser atribuidos de forma incorrecta a cambios naturales o inducidos sobre el sistema objeto de estudio. La única forma que tienen los laboratorios de evitar este problema es analizar por ambos métodos las muestras durante un determinado periodo de tiempo y realizar una comparativa para evaluar las diferencias producidas.

Un último problema que se plantea a la hora de trabajar con series temporales de datos hidroquímicos es la falta de datos analíticos por determinadas causas como la imposibilidad de realizar el muestreo en una fecha o lugar concreto por diversas causas (inclemencias climatológicas, falta de fondos, etc.), la pérdida de la muestra durante su transporte al laboratorio o durante la manipulación en el mismo, etc. Esto hace que las series temporales estén incompletas, lo que puede llegar a ser un problema para el tratamiento de datos en función de la metodología que vaya a ser aplicada.

Los métodos para la detección de tendencias en series temporales de calidad de aguas han sido tratados en numerosas publicaciones y con gran extensión a lo largo del tiempo. En 1984 *Montgomery y Reckhow*¹⁵⁰, y posteriormente, en 1988, *Berryman et al.*¹⁵¹, han publicado dos completas revisiones de los métodos existentes en cada momento.

Esta metodología estadística que ha sido desarrollada a lo largo de la historia para identificar tendencias en datos medioambientales se divide principalmente en tres grandes grupos¹⁵²: métodos descriptivos, basados principalmente en representaciones gráficas, métodos paramétricos, los más utilizados de forma rutinaria, y métodos no-paramétricos, los más complejos y menos usados. A continuación se estudiarán detenidamente cada uno de ellos.

1.2.2.2. Métodos descriptivos.

Los métodos descriptivos son aquellos que no requieren de la definición de una hipótesis formal de ensayo previa y en ellos se engloban los métodos gráficos y las estadísticas resumen. Estos métodos son ampliamente utilizados, formando parte de la mayoría de los estudios, ya que se constituyen en una primera forma rápida y sencilla de obtener una primera visión del conjunto objeto de estudio.

El método más simple y por ello el más ampliamente utilizado para la detección de tendencias en datos de calidad de aguas consiste en la representación gráfica de los datos frente al tiempo^{153, 154, 155}, utilizando cualquier software comercial disponible, aunque fueron *Velleman y Hoaglin* (1981)¹⁵⁶ los primeros en desarrollar un software específico que permitiera este tipo de representaciones gráficas. La información que se puede obtener de este tipo de representaciones gráficas posee una importante carga subjetiva por parte de la persona que va a interpretarla, al depender notablemente de la noción personal de tendencia, por lo que se constituye tan sólo en una primera aproximación al problema para obtener una imagen global y aproximada de la evolución del sistema estudiado. La evaluación de las fuentes de variabilidad en la estimación de datos de pH, desarrollado por *Oehler*¹⁵⁷, proporciona un claro ejemplo de lo que implica este tipo de consideraciones. No obstante a partir de una visualización simple de los datos frente al tiempo es posible detectar con facilidad

valores extremos, tendencias, dependencias entre observaciones, intervenciones conocidas o desconocidas realizadas sobre el cauce del río, ciclos temporales, etc.

A lo largo de la historia se han realizado diferentes estudios^{158, 159} sobre la forma de obtener una representación gráfica adecuada para este propósito basándose en principios científicos. La forma de representar datos históricos ha de ser consecuente con el diseño del programa de muestreo y los métodos analíticos utilizados en el estudio, y debe evitar la distorsión de los mismos.

Cuando los datos de que se dispone no están espaciados de igual forma en el tiempo, y con objeto de no distorsionar la representación, es necesario ajustar estos intervalos de tiempo, siendo la técnica más utilizada la determinación del número de día del análisis según el *calendario Juliano*¹⁶⁰, representando el valor del parámetro frente a este número.

A la hora de representar los datos frente al tiempo es posible eliminar los valores extremos, con objeto de una mejor visualización de la evolución del sistema en el tiempo, mediante la aplicación de procedimientos de suavizado exponencial localmente ponderado, **LOESS** (acrónimo de Locally Weighted Regresión Smooth), desarrollado por Cleveland en 1979¹⁶¹. Este método de suavizado de una representación gráfica (x_i, y_i) , $i= 1,2,\dots,n.$, en la cual el valor de ajuste en x_k es el valor del polinomio de ajuste de los datos en ese punto utilizando mínimos cuadrados, pudiéndose aplicar distintos niveles de suavizado controlados por una variable f ($0 \leq f \leq 1$). En el caso de datos de calidad de aguas mensuales y una baja frecuencia de muestreo, se recomienda un valor de $f=0.8$ ¹⁶² para obtener un suavizado que nos permita una clara visualización de los datos existentes.

Un segundo tipo de representación gráfica ampliamente utilizado son las representaciones de Box y Whisher, basadas en los denominados sumarios de cinco números¹⁶³, que consisten en los valores más bajo y más alto, la mediana y los dos cuartiles extremos de cada grupo de datos. Este tipo de representaciones gráficas son de máxima utilidad cuando se realizan intervenciones sobre el medio objeto de estudio, ya que permiten de una forma rápida comparar los estados anterior y posterior a la intervención.

I.2.2.3. Métodos paramétricos.

Los métodos paramétricos son aquellos que están principalmente basados en modelos lineales y en residuales distribuidos de forma normal e independiente, siendo esta última característica inviable en datos de calidad de aguas.

En el caso que estas representaciones gráficas de datos frente al tiempo sugieran un incremento o decremento de la concentración del parámetro estudiado se puede realizar una regresión lineal de la variable frente al tiempo¹⁶⁴ utilizando un test-t para demostrar que la pendiente es distinta de cero y por tanto existe una concentración o dilución del analito en el medio, tal y como describieron en 1980 Snedecor y Cochran¹⁶⁵; si bien cabe destacar que las técnicas de regresión lineal comunes no son normalmente adecuadas para los datos históricos de calidad de aguas ya que asumen la existencia de una distribución normal de los residuales, condición que normalmente no se cumple¹⁶⁶.

Este test puede llevar a la obtención de resultados erróneos en aquellos casos en los que se den ciclos estacionales, como ocurre normalmente en datos de calidad de las aguas, datos que no presenten una distribución normal o datos correlacionados. Hirsch, Snack y Smith (1982)¹⁶⁷ demuestran que el test-t puede dar en estos casos una determinada pendiente cuando esta no existe realmente, obteniéndose de esta forma un falso positivo, con las consecuencias que esto podría acarrear.

Estos mismos autores discuten la eficacia de la regresión lineal aplicada a los mismos datos pero desestacionalizados, es decir, aplicar regresión lineal a los datos de cada estación de forma independiente, comprobando que se trata de un método adecuado para el tratamiento de datos donde se haya eliminado la componente estacional, presenten una distribución normal y no exista correlación en serie.

Una segunda herramienta gráfica disponible son las gráficas acumulativas (**CUSUM**)^{168, 169, 170, 171, 172, 173, 174} mediante las cuales es posible detectar claramente las variaciones de pendiente existentes mediante la representación a intervalos de tiempo definidos del valor acumulado de concentración del parámetro objeto del estudio en función del tiempo acumulado. Estas gráficas son una herramienta rápida y sencilla utilizada en todo el mundo para el control de calidad y los estudios de climatología, y que han sido desarrolladas por diversos autores^{143, 175, 176} para su aplicación en la evolución y visualización de datos históricos de calidad de aguas.

La intercorrelación existente en los datos de calidad de aguas es uno de los mayores problemas que tienen que solventar los métodos paramétricos, si bien se han desarrollado metodologías que evitan esta correlación^{177, 178, 179, 180}, y dependen de muestreos uniformes, de forma que se obtengan datos analíticos de muestras espaciadas en el tiempo y sin ausencia de los mismos.

Cuando el conjunto de datos a tratar no presenta una distribución normal los métodos paramétricos pierden su eficacia, lo que puede ser remediado en parte realizando una transformación de variables con el fin de obtener un nuevo conjunto de datos que si presente una distribución normal¹⁵³, si bien determinados autores como *Hirsch et al.*¹⁸¹ tienen sus dudas acerca de la credibilidad de los resultados obtenidos mediante estos métodos.

I.2.2.4. Métodos no-paramétricos.

Las series de datos naturales pueden contener una o más propiedades que dificultan enormemente la utilización de métodos paramétricos para el estudio de tendencias (*Hirsch y Slack*¹⁸², 1984), y en particular las series hidrológicas y de calidad de aguas presentan una distribución no-normal, debido especialmente a las variaciones que se producen en el caudal circulante entre las diferentes estaciones del año.

Estos problemas que presentaba el análisis de tendencias por métodos paramétricos, fueron la causa del desarrollo de los métodos no-paramétricos para su uso en la evaluación de impactos ambientales.

Los métodos paramétricos de detección y estimación de tendencias son aquellos que no están basados en modelos lineales y en residuales que presenten una distribución normal e independiente, siendo este el tipo de datos más frecuente en conjuntos de datos de calidad de aguas.

Debido a estas características, estos métodos son ideales para su uso con datos de calidad de aguas según han demostrado y recomendado diversos autores^{143, 151, 167, 183},. Las principales razones que destacan estos autores como gran ventaja a la hora de utilizar técnicas no-paramétricas para el estudio de este tipo de datos medioambientales son tres:

- **Una distribución de datos no normal.** Muchos tipos de datos hidrológicos o de calidad de aguas presentan una distribución que no es normal y usualmente con una determinada correlación positiva¹⁸⁴, especialmente significativa en vertidos y parámetros relacionados con fenómenos de escorrentía. Las únicas variables que normalmente si presentan una distribución normal son la temperatura, el pH y el oxígeno disuelto. En aquellos casos en los que el conjunto de datos a estudiar es pequeño esta distribución no normal tan solo se aprecia en los extremos, por lo que el uso de herramientas estadísticas distintas de las no-paramétricas es posible si se chequea la influencia de estos valores extremos, en cambio el uso de herramientas no-paramétricas no presenta inconveniente alguno.
- **La existencia de datos perdidos.** Los métodos paramétricos para el estudio de tendencias no son eficientes en conjuntos de datos que presentan pérdidas de estos, salvo determinadas técnicas desarrolladas a tal efecto^{178, 180}, o técnicas que ante la falta de algunos datos estiman su valor^{143, 179}. Por el contrario, las técnicas no-paramétricas pueden trabajar con estos conjuntos de datos sin que su eficacia se vea afectada^{185, 186, 187}.
- **Presencia de datos no-numéricos.** Datos no-numéricos son aquellos que se reportan como menor que, o mayor que; expresiones que se utilizan para reportar valores inferiores a los límites de cuantificación (LC) del método y sus efectos a la hora de la interpretación de resultados analíticos han sido discutidos por numerosos autores^{188, 189, 190, 191, 192}. En el caso de métodos paramétricos es necesario sustituir estas expresiones por un valor numérico antes de realizar el estudio, lo cual puede llevar a obtener una distribución no normal del conjunto de datos, ya que el valor numérico que se suele utilizar es $LC/2$ ¹⁹³. Las técnicas no-paramétricas pueden utilizarse de forma apropiada incluso con la presencia de este tipo de datos¹⁵¹.

Una característica general de los métodos no-paramétricos es que estos tienen una mayor capacidad de detección de tendencias cuanto mayor sea el volumen de datos a tratar^{167, 151, 194}, lo que se convierte en una propiedad muy importante a la hora de trabajar con datos históricos de calidad de aguas, donde el número de datos a tratar suele ser bastante elevado.

Se han desarrollado diversos métodos estadísticos no-paramétricos para el análisis de tendencias que se describen con detalle en el apartado siguiente. En la Tabla 5 se exponen los principales métodos de detección de tendencias que serán tratados a continuación de una forma más detallada.

TABLA 5. MÉTODOS NO-PARAMÉTRICOS UTILIZADOS EN EL ANÁLISIS DE TENDENCIAS.

Método	Propósito	Referencia
Mann-Kendall no estacional	Determinar si una serie temporal contiene una tendencia monotonica en el tiempo	<i>Mann (1945)</i> ¹³⁷
Mann-Kendall estacional	Determinar si una serie temporal estacional contiene una tendencia global	<i>Hirsch et al. (1982)</i> ¹⁶⁷ , <i>Hirsch and Snack (1984)</i> ¹⁸² , <i>Van Belle and Hughes (1984)</i> ¹⁸⁵ y <i>Lettenmaier (1988)</i> ²⁰⁵
Aligned rank	Discernir si una serie temporal desestacionalizada posee una tendencia	<i>Sen (1968)</i> , <i>Farrel (1980)</i> ¹⁹⁵ y <i>Van Belle y Hughes (1984)</i> ¹⁸⁵
Spearman's rho	Chequear si existe una correlación significativa entre dos variables. Puede también ser utilizado como un test de tendencias si una de las variables es el tiempo y la otra la secuencia de observaciones	<i>Spearman (1904)</i> ¹⁹⁶
Spearman partial rank correlation	Determina la correlación existente entre la variables X e Y tras la eliminación parcial de los efectos de Z sobre X e Y. Puede ser utilizado para testar si existe tendencia en series temporales tras desestacionabilidad parcial.	<i>Spearman (1904)</i> ¹⁹⁶
Step Trend	Detecta si una acción conocida es la causa de una tendencia puntual en una serie medida en múltiples puntos de muestreo. Este test está basado en el Mann-Whitney rank-sum test sobre datos agrupados.	<i>Hirsch y Gilroy (1985)</i> ¹⁹⁷ , <i>Hirsch (1988)</i> ¹⁹⁸
Kendall rank correlation	Diserta sobre si dos series X e Y son independientes entre ellas. El test de Mann-Kendall es un caso especial de este, cuando una serie es el tiempo y la otra está compuesta por observaciones secuenciales.	<i>Kendall (1975)</i> ¹³⁸
Wilcoxon signed rank	Estudia si dos muestras X e Y tienen la misma mediana	<i>Wilcoxon (1945)</i> ¹⁹⁹
Kruskal-Wallis	Determina cuando la distribución a través de k muestras es la misma. Puede ser utilizado para chequear si una serie temporal posee estacionabilidad.	<i>Kruskal-Wallis</i> ²⁰⁰

En su artículo, *Van Belle y Hughes (1984)*¹⁸⁵, clasifican los test no-paramétricos para la detección de tendencias en dos grandes grupos:

1. Intrablocks method. Son procedimientos que calculan el resultado estadístico de cada uno de los bloques o estaciones de forma individual, para posteriormente sumar estos resultados con el objetivo de proporcionar una única estadística global (*Hirsch et al.*, 1982¹⁶⁷; *Hirsch y Slack*, 1984¹⁸²). Estos métodos tienen la ventaja de poder ser utilizados con series incompletas de datos.
2. Aligned rank method. Estos procedimientos eliminan el efecto de los bloques o estaciones de cada dato, suman los datos de todos los bloques, y posteriormente crean una estadística de esos bloques (*Van Belle y Hughes*, 1984¹⁸⁵). Una desventaja de estos test radica en que no pueden ser usados para detectar tendencias en series temporales incompletas.

Entre las herramientas estadísticas no-paramétricas existentes, una de las más utilizadas para la detección de tendencias es el test de *Mann-Kendall*^{137, 138} (MK), y su estimador de pendiente asociado desarrollado por *Theil*²⁰¹ y *Sen*²⁰². Este test no-paramétrico intrablock, aplicado a datos de calidad de aguas con gran éxito por *Farrell*¹⁹⁵ años más tarde, resulta especialmente útil cuando se trata de obtener resultados a partir de conjuntos de datos en los que existen valores perdidos y no existe una distribución de datos particular. Otra gran ventaja de esta técnica es que permite la utilización de datos analíticos inferiores al límite de detección, asumiendo un valor establecidos para estos, que normalmente se corresponde con la mitad de este límite.

El test de Mann-Kendall ha sido mejorado y perfeccionado por otros autores con posterioridad. En 1982, *Hirsch et al.*¹⁶⁷ presentó una modificación del mismo para su uso en conjuntos de datos que presentan una componente estacional; esta modificación consiste simplemente en calcular el MK para cada estación de forma independiente y posteriormente sumar los resultados obtenidos para cada una de ellas, desarrollando así el denominado **Test Estacional de Mann-Kendall (SMK)**. Dos años más tarde fueron *Hirsch y Slack*²⁰³ los que extendieron el SMK a series temporales con datos correlacionados, utilizando la covarianza de un test no-paramétrico multivariante presentado años antes por *Dietz y Killeen*²⁰⁴.

Varios autores han realizado también propuestas de modificación con posterioridad ^{205, 206}, destacando la presentada por *Esterby et al.*²⁰⁷ con la definición de la τ de Kendall, siendo numerosos los autores que anteriormente han utilizado esta herramienta para evaluar tendencias de series temporales hidro-meteorológicas^{167, 182, 185, 186, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227}. Desde la aparición de la publicación de Hirsch en 1982 ¹⁶⁷, el test de Mann-Kendall ha sido casi el único utilizado para evaluar tendencias monotónicas en datos de calidad de aguas, dando la apariencia por el número de publicaciones que este es más útil, sin que ello se haya demostrado.

El test de Mann-Kendall, en sus distintas variantes, tiene numerosas aplicaciones fuera del campo del estudio de tendencias hidroquímico, como puede ser el estudio de aguas de lluvia^{228,229}, estudios atmosféricos^{230,231,232}, y climáticos²³³, entre otros.

En 1988 *Berryman et al.*²³⁴ estudiaron la capacidad de los distintos métodos no-paramétricos de detección de tendencias para la detección de las mismas. Para cuantificar la capacidad de detección de estos métodos se utiliza un parámetro denominado **Eficiencia Relativa Asintótica (ERA)**, definido por *Conover*²³⁵ según: "Permitamos que n_1 y n_2 sean los tamaños de muestra requeridos por dos test T_1 y T_2 para tener la misma capacidad de predicción con el mismo nivel de significado. Si α y β permanecen fijas, el límite de n_2/n_1 cuando n_1 se aproxima al infinito es el denominado ERA". En la Tabla 6 se muestran los valores asignados de ERA para algunos de los test no-paramétricos citados anteriormente.

TABLA 6. VALORES DE LA EFICIENCIA RELATIVA ASINTÓTICA (ERA) PARA ALGUNOS TETS NO-PARAMÉTRICOS.

Método	ERA
Kendall	0.98
Spearman	0.98
Mann-Whitney	0.955

I.3. LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL EBRO.

El territorio nacional español se encuentra dividido, desde el punto de vista hidrológico en once grandes zonas o cuencas hidrográficas (FIGURA 6), tal y como puede observarse en el mapa adjunto, gestionadas por nueve organismos de cuenca, uno por cada cuenca, salvo en el caso de las Norte I, II y III que son gestionadas por la C.H. del Norte, y el Pirineo Oriental que por estar completamente inscrita en el territorio de la C.A. de Cataluña, es la Generalitat Catalana la que tiene transferidas las competencias.



FIGURA 6. DIVISIÓN HIDROLÓGICA DE ESPAÑA

De todas ellas, la cuenca hidrográfica del Río Ebro es la mayor en cuanto a extensión se refiere, y por ello se ha tomado como cuenca pionera para la realización de numerosas experiencias piloto sobre gestión de los recursos hídricos, control de la calidad, infraestructuras hidráulicas, etc.

Recientemente la Cuenca Hidrográfica del Sur, junto con parte de la Cuenca Hidrográfica del Guadalquivir, concretamente las subcuencas de los ríos Guadalete y Barbate, han pasado a formar la Cuenca Hidrográfica Andaluza, dividida a su vez en

Cuenca Mediterránea Andaluza y Cuenca Atlántica Andaluza, dependientes de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.

I.3.1. Descripción de la Cuenca.

La Cuenca Hidrográfica del Ebro (CHE) comprende una superficie total de 85.534 Km² al NE de la Península Ibérica, lo que la convierte en la mayor de las cuencas hidrográficas españolas, ocupando el 17.3% del territorio peninsular español. Esta cuenca hidrográfica tiene una disposición física de cubeta entre tres sistemas montañosos y el mar Mediterráneo.



FIGURA 7. LOCALIZACIÓN DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO EBRO.

En los siguientes subapartados se describe esta gran cuenca hidrográfica española desde sus más diversos aspectos (físicos, políticos, climáticos, socioeconómicos, etc), haciendo un especial hincapié en la que al control de la calidad de sus aguas se refiere.

I.3.1.1. Características físicas.

Los límites naturales de la cuenca son al norte los Montes Vasco-cantábricos y los Pirineos, al sur con el Sistema Ibérico y al este con la cadena Costero-Catalana, dividiéndose entre los territorios nacionales de España, Andorra y Francia. Entre estos tres sistemas y el Mar Mediterráneo se crea una gran depresión topográfica conocida como la Depresión del Río Ebro, que la divide en dos grandes zonas, la margen izquierda al norte, con unos 50.000 Km³, y la margen derecha al sur con unos 30.000 Km².

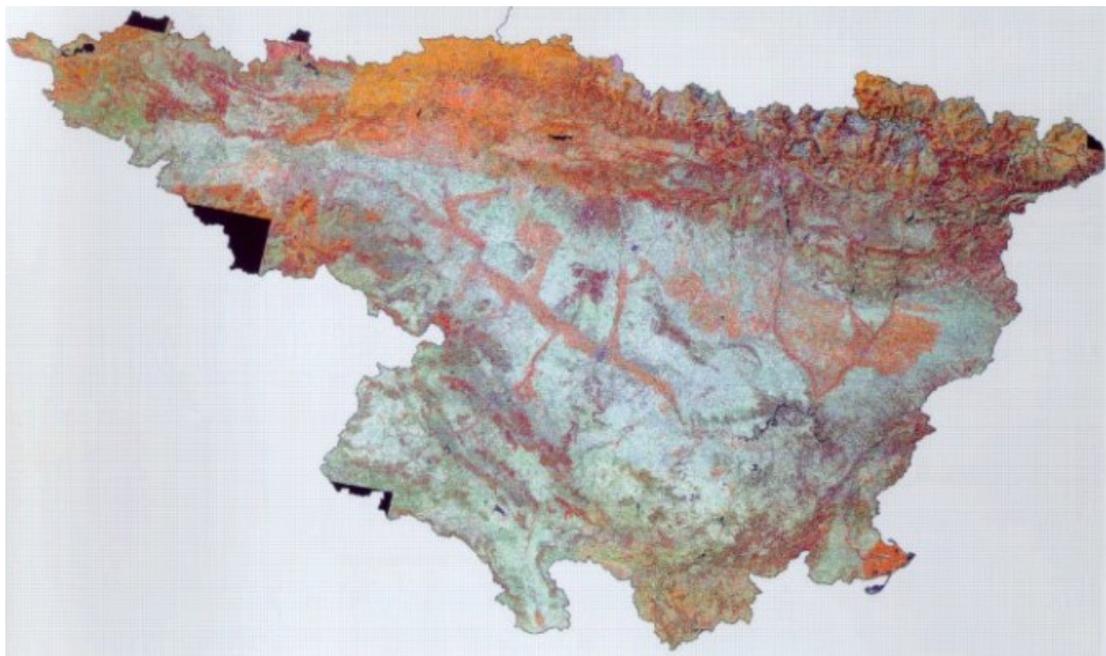


FIGURA 8. IMAGEN LANDSAT DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO EBRO.

El Río Ebro nace en las montañas cantábricas, al norte de la Península Ibérica, desde donde fluye en sentido NO-SE hasta el mar mediterráneo, a través de un cauce natural de 910 Km de longitud, donde desemboca formando un magnífico delta. La Cuenca Hidrográfica del Río Ebro recoge aguas, a través de un gran número de afluentes que conforman una red fluvial principal de 120.000 Km aproximadamente, de los montes Cantábricos y los Pirineos por su vertiente izquierda, a través de afluentes como los ríos Aragón, Gallego y Segre-Cinca, y del Sistema Ibérico por su vertiente derecha, siendo esta menos caudalosa, por también con importantes afluentes como el río Oja, el Iregua, el Jalón o el Guadalupe.

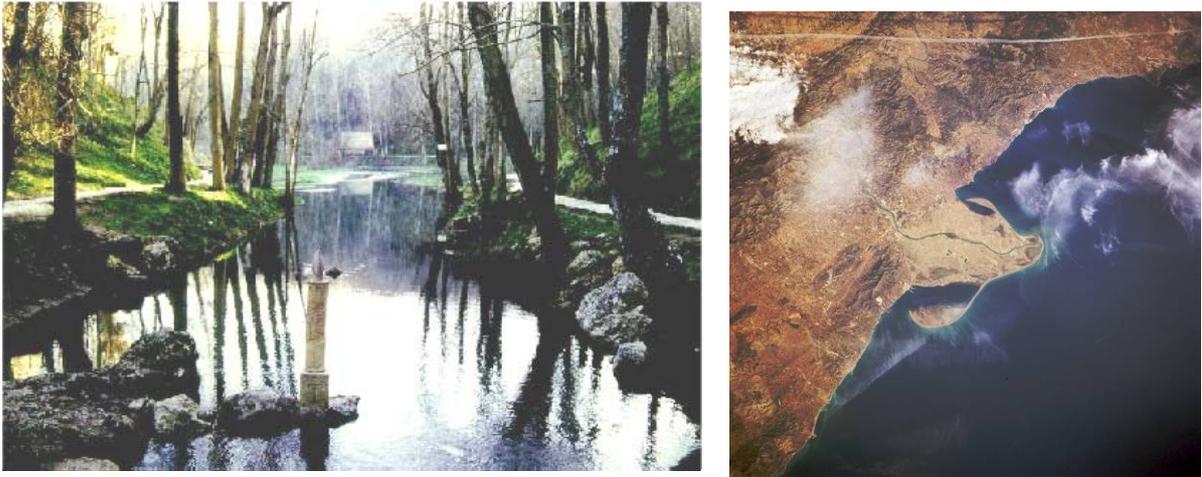


FIGURA 9. NACIMIENTO Y DESEMBOCADURA DEL RÍO EBRO.

I.3.1.2. Características geológicas.

La cuenca hidrográfica del Río Ebro presenta una geología muy variada, caracterizándose de forma genérica por la presencia de una gran depresión central que discurre de NO a SE entre dos grandes sistemas montañosos, tal y como puede observarse en el Figura 10. La Figura 11 muestra de forma clara las diferentes zonas geológicas que se dan en la cuenca, y que posteriormente se describen con detalle.



Figura 10. Mapa físico de la CHE

La Cuenca Hidrográfica del Ebro se encuentra limitada al norte por los montes **Pirineos y los Vasco-Cantábricos**, siendo la primera la principal cordillera con unos 435 Km que discurren de oeste a este alcanzando su máximo exponente en su zona central con el pico Aneto (3.408 m de altitud). En esta cordillera se pueden identificar varias unidades litoestructuralmente diferentes de norte a sur:

Pirineo Axial. Está constituido por un antiguo macizo de la época paleozoica originado por el movimiento alpino y exhumado por la erosión. En él tienen preponderancia los granitos, definiendo zonas de elevada altitud (Aneto 3.408, Maladeta 3.308 m, Posets, 3.371 m, etc.), y las pizarras, esquistos y calizas en zona con una menor elevación sobre el nivel del mar.

Sierras Interiores. Existe un cordón de sierras calcáreas que recorren la cordillera de oeste a este y que se caracterizan por tener una estructura de pliegues y cabalgamientos dirigidos hacia el sur, con pendientes hacia el norte entre 2.000 y 3.000 m de altitud (Monte Perdido, 3.355 m).

Depresión Media. Área deprimida relacionada con el afloramiento de materiales blandos (margosos y facies flysh) con estructura de amplio sinclinal. En su núcleo aparecen potentes bancos de conglomerados sinorogénicos, que debido a su resistencia a la erosión han quedado como relieves residuales colgados (San Juan de la peña, Oroel, Canciás, etc.).

Sierras Exteriores prepirenaicas. Conjunto de alineaciones montañosas calcáreas de dirección dominante ONO-ESE y una altitud generalmente entre 1.000 y 2.000 m. Constituyen el flanco meridional del sinclinal al que corresponde la Depresión media, cabalgante sobre la Depresión del Ebro. En este contacto con la Depresión aparecen potentes bancos de conglomerados postorogénicos que dan morfologías de gran verticalidad, los llamados "mallos".

La cordillera pirenaica estuvo fuertemente afectada por el glaciario cuaternario, que ha dejado profundas huellas visibles en la geomorfología actual, tales como valles en forma de U, circos glaciares, morrenas y un gran número de ibones, lagos de alta montaña originados al llenarse de agua antiguos recuencos de excavación glaciario, especialmente abundantes en los sectores central y oriental.

La incisión de la red fluvial en la cordillera, especialmente en las zonas calcáreas, ha creado profundos cañones y gargantas, entre los que podemos destacar los labrados por el Ésera, Noguera Ribagorzana, afluentes del alto Cinca, Vero y Alcanadre.

También hemos de destacar la existencia de abundantes complejos cársticos, tanto superficiales como subterráneos, tales como los de Ojo Guareña (Burgos), Larra y Urbasa (Navarra), Monte Perdido y Guara (Huesca).

La prolongación occidental de los Pirineos son los Montes Vascos, de modesta altura, y la Cordillera Cantábrica, cuyo sector oriental drena hacia el Ebro en su vertiente meridional.

El límite natural de la cuenca hidrográfica del Río Ebro al Sur-Oeste es el **Sistema Ibérico**. Este sistema montañoso, de forma triangular, comienza en las estribaciones orientales de la Cordillera Cantábrica con la sierra de La Demanda y se dirige al Mediterráneo pasando por las sierras de Urbión y Cebollera, sierra del Moncayo, serranía de Cuenca, Albarracín-Montes Universales, El Maestrazgo, sierra de Gúdar, Javalambre, Espadán, etc...; extendiéndose así a lo largo de más de 400 kilómetros, desde Burgos a Alicante, con dirección NO-SE.

Está formado por una cobertera Mesozoica depositada por los mares que durante la era secundaria bordeaban la meseta y que descansa discordante sobre el zócalo Paleozoico plegado. Esta cobertera generalmente delgada, aumenta su espesor lenta y progresivamente desde el interior de la meseta hacia el este y perdiendo altitud, ya que el mar no penetró más. Sufrió un plegamiento posterior al de los Pirineos, siendo vivamente atacada por la erosión. Sus partes deprimidas comenzaron a quedar sepultadas bajo el manto de derrubios Miocénicos, decapitando buena parte de los relieves más salientes.

La glaciación tan solo afecta a la sierra del Moncayo y los Picos de Urbión, con algunos circos y lagunas, existiendo también zonas con relieve kárstico muy peculiar, como sucede en la Ciudad Encantada de Cuenca.

La litología es muy variada. En el eje axial del Sistema Ibérico se encuentra el zócalo fracturado, por lo tanto aquí se encuentran los materiales más duros: granitos,

gneis y pizarras, y un relieve de horst y graben, como en Albarracín. En los bordes encontramos sectores de pliegues de cobertera. Aquí se encuentran las calizas y las arcillas. También hay fosas interiores, como las de Calatayud-Daroca, Albarracín, Ademúz y la Bureba.

Como unidades litoestructurales se encuentran:

El Maestrazgo: Situado al Este de la provincia de Teruel, lindando con la provincia de Castellón. El Maestrazgo se sitúa, en plena Cordillera Ibérica, formando un área de media montaña mediterránea constituida por una gran cantidad de sierras y valles drenados en su práctica totalidad por el Río Guadalope y sus distintos afluentes. Se trata sin duda de una comarca de abrupta orografía, con valles feraces y escabrosos barrancos, con una interesantísima geología y modelados kársticos. Los materiales mesozoicos constituyen el grueso estructural. El Terciario colmata la Val de Jarque, depresiones de Mas de las Matas y Alcorisa, área de Crivillén y Alto Guadalopillo, al tiempo que conforma los relieves de la Sierra de Bordón.

Predominan los materiales carbonatados: calizas, dolomías y margas, en la mayor parte de las tierras altas y sierras del Maestrazgo. Las arcillas y areniscas afloran principalmente en pequeñas depresiones y valles infracretácicos o de relleno terciario. El fuerte plegamiento sufrido por los niveles mesozoicos del sector central del área de estudio y la acción erosiva de la red fluvial posteriormente instalada han dado lugar a relieves abruptos, con profundas hoces, barrancos encajados entre crestones calcáreos, vigorosas muelas y toda una amplia serie de formas de relieve, con gran diversidad geomorfológica y enorme riqueza paisajística.

Sierras de Albarracín-Montes Universales. Situadas en el oeste de la provincia de Teruel. Son de gran complejidad, se puede decir que aflora desde el paleozoico hasta el terciario, pasando por el Mesozoico, el Jurásico y el Cretácico. Los macizos antiguos como el Tremedal, la Carbonera o el Collado de la Plata, alternan con los relieves de Ródeno cuya erosión da lugar a mágicas formas. A las parameras calcáreas se suman, las muelas, resignados montes desmochados, y los valles meridionales. Al sureste de la Sierra de Albarracín se esconde el Ródeno un impresionante conjunto formado por un extenso pinar, sobre areniscas rojas del Triásico depositadas hace más de 200 millones de años y cuyo colorido adopta matices de color vino, originado por las colonias de líquenes que se asientan sobre las rocas.

Serranía de Cuenca. Como su nombre indica está situada al noroeste de la provincia de Cuenca y la antesala de la Mancha, lindando al sur con la gran presa hidráulica de Alarcón. Esta constituida por una sucesión de abruptas formas de relieve e intrincadas formas geológicas que están cubiertas por espesas masas de pinares. Se trata de una inmensa masa montañosa formada por remotos plegamientos debidos a los empujes tectónicos alpinos, desencadenados por la ruptura del zócalo basal que la soporta, quedando al descubierto una vasta superficie rocosa de espesor variable que, sobre todo en la parte media y alta, son en su inmensa mayoría rocas calizas, con algunas grietas de materiales más blandos como areniscas y yesos y, en la parte baja, capas de diferente dureza de aglomerados del Ródano. Comenzó después una imparable erosión que se va a mantener durante miles de años. En el agua que cubría la Serranía, estaban presentes ácidos capaces de desencadenar reacciones químicas que diluirán la composición de la pétreo calcita, transformándola en bicarbonatos que serán arrastrados por el líquido elemento. Semejante desgaste se traducirá en múltiples filtraciones, proliferando los arroyos hacia ríos cada vez más caudalosos (muchos de ellos subterráneos) que en una lenta y paciente labor irán minando, limpiando y ensanchando las entrañas y grietas de la masa calcárea, llegando a modificar la piel de la serranía hasta el extremo en que hoy la conocemos. Muy conocidas de esta zona son formaciones geológicas llamadas Mogotes (que forman la Ciudad Encantada) y las Torcas.

Sierra de la Demanda. Es un alargado macizo perteneciente al sistema Ibérico que se alza en el sureste de Burgos, articulado en torno a varios núcleos montañosos; Sierras de San Millán, San Lorenzo, Mencilla y Neila. Desde el punto de vista geomorfológico tiene gran interés por sus materiales predominantes; pizarras, esquistos y cuarcitas que se remontan al Paleozoico y se encuentran entre los más antiguos de la Península Ibérica. Se trata de un macizo paleozoico que ha sufrido los efectos de la tectónica alpina con el consiguiente rejuvenecimiento de los terrenos y desmantelamiento de la cobertura secundaria. Desde el fondo de la Depresión del Ebro presenta un aspecto masivo y compacto. A dar esta imagen colabora su línea de cumbres que, con una sucesión monótona de collados y cimas redondeadas, se mantiene entre 1.900 y 2.000 m. También son interesantes la gran cantidad de morrenas, circos y lagunas dejadas por el glaciario cuaternario.

Sierra del Espadán. Pertenece a las Sierras meridionales de la Provincia de Castellón. El relieve de la zona presenta una gran diversidad, pasando desde las

montañas y valles que enlazan con el altiplano de Teruel hasta las llanuras litorales que bordean el Mediterráneo. Esta formada por pliegues y fallas que marcan unas líneas tectónicas predominantes en dirección NO-SE. Destacan en primer lugar las areniscas, arcillas y calcáreas dando lugar a áreas abruptas, con pendientes muy pronunciadas, con una densa red hidrográfica, podríamos describirlo como un laberinto de formas, con montañas y valles sucediéndose continuamente. Finalmente, en los lugares bajos y, especialmente cerca de la costa se han ido depositando los sedimentos de origen fluvial que generan áreas planas y que por lo general son las mejores tierras de labor, que lógicamente son las que hoy en día tienen una mayor densidad de población. El aspecto y la denominación de sierra se ve acentuado por la fortísima incisión de la red fluvial, que ha dado lugar a un relieve sumamente abrupto.

Sierra de Javalambre. Localizada al sudeste de la provincia de Teruel, pertenece a la rama aragonesa y está constituida por materiales del Triásico superior (Keuper) y calizas jurásicas, siendo en estas últimas donde se desarrollan formas kársticas como lapiaces, polges y campos de dolinas.

Sierra del Moncayo. Representa la máxima altura del Sistema Ibérico. Domina y separa la meseta castellana de la depresión del Ebro. El núcleo central de la sierra se compone de cuarcitas y pizarras paleozoicas que afloran en la vertiente norte de la sierra, pero dominan los materiales mesozóicos, con areniscas y arcillas del Triásico inferior y las calizas jurásicas de las muelas y planas de alrededor. La orogenia Alpina formó un amplio domo anticlinal deformado por fracturas. Posteriormente se vio sometido a procesos de karstificación al Sur del macizo y las claras huellas del glaciario que han marcado las vertientes orientadas hacia el NE, dejando los circos del Cucharón o San Miguel, San Gaudioso y Morca.

Sierras de Urbión y Cebollera. La Sierra de Urbión, más conocida como Picos de Urbión, abarca unos 400 Km², centrandó su principal línea de cumbres a lo largo de 25 Km desde el puerto del Collado (1.400 m) hasta el puerto de Santa Inés (1.758 m), siguiendo una dirección dominante de Este a Oeste. La Sierra Cebollera ocupa un superficie de unos 500 Km² y forma una línea de cumbres de unos 30 Km entre los límites del puerto de Santa Inés (1.753 m) y el puerto de Piqueras (1.710 m). Parque Natural de Sierra Cebollera (23.640 ha). Se trata de escarpadas montañas cuyas cimas han sido modeladas por una intensa erosión glaciario, que ha dado lugar a un interesante conjunto lagunar, en el que destaca la famosa Laguna negra de Urbión. La

Sierra de Cebollera está incluida en la región montañosa de Cameros, que tiene su origen en la Era Secundaria. En un principio, la región de Cameros se comportó como un gran delta fluvial, en el que se fueron depositando abundantes sedimentos arrastrados por los cursos fluviales. Estos sedimentos provocaron que la cuenca Camerana se hundiese lentamente. En la Era Terciaria como consecuencia de la orogenia Alpina (hace unos 30 millones de años), esta cuenca comenzó a levantarse. En los Cameros el movimiento Alpino no fue muy violento y estuvo amortiguado por el gran espesor de los sedimentos acumulados. Durante la Era Cuaternaria toda esta zona padeció los efectos de las glaciaciones. Los hielos cubrieron las zonas más elevadas, dejando en la actualidad huellas de la acción glaciaria, como son los hoyos (Hoyos de Iregua, Hoyo Mayor y Hoyo Pedroso).

Al Sur-Este limita con la Cordillera Costero-Catalana y el Mar Mediterráneo. La **Cordillera Costero-Catalana** tiene 250 Km de longitud por 30-40 Km de ancho, situándose paralelamente a la costa y contribuyendo a dar continentalidad al clima de la depresión, no son un relieve demasiado destacado y macizo. Se pueden diferenciar tres unidades:

Montsant: La sierra de Montsant, en la comarca del Priorat, constituye el inicio del brazo interior de la Cordillera Prelitoral Catalana que, a nivel de los Montes de Prades, se divide hacia poniente en otras dos cadenas. Montsant se alarga de ENE a OSO, con una longitud de unos 20 Km (Superficie aprox.: 42.000 has). Está constituida por una enorme acumulación de sedimentos calcáreos terciarios (triásicos y oligocénicos principalmente) de hasta 600 m de potencia, que yace sobre la base de las pizarras paleozoicas (casi totalmente del carbonífero), las cuales conforman las típicas laderas de llicorella del Priorat, famosas por los vinos que proporcionan. El relieve del estrato superior de Montsant es típicamente kárstico, con cimas redondeadas y altiplanicies que contrastan con barrancos profundos y riscos elevados. Esta naturaleza geológica, unida a las condiciones climáticas, son responsables de la aparición de los fenómenos característicos de disolución de la roca calcárea: cuevas, simas y las populares balnes, o concavidades del terreno formadas por la erosión diferencial de estratos horizontales.

Sierra del Montseny. Se encuentra al este de la provincia de Barcelona, con una superficie es de más de 30.000 hectáreas repartidas entre las comarcas de la

Selva (Girona) y Osona y el Vallès Oriental (Barcelona). El macizo está formado por tres grandes conjuntos montañosos: la cima del Turó de l'Home (1.706 m) y las Agudes (1.703 m), el Matagalls (1.697 m) y el Pla de la Calma (Puig Drau, 1.344 m) que, unidos por los collados de Sant Marçal y de Collfornic respectivamente, rodean la cuenca alta del río Tordera. Presenta una gran variedad de materiales y formaciones geológicas, desde acantilados calcáreos del Congost hasta los granitos de Gualba, pasando por las características altiplanicies de la Calma y los jóvenes relieves de las Agudas. Las alineaciones de montañas paralelas a la costa están formadas por materiales magmáticos, debido a la erosión están redondeadas.

Montserrat. Se encuentra al Oeste de la provincia de Barcelona, con 10 Km de longitud y unos 5 Km de anchura, ocupando unas 3.630 ha. En la Era Secundaria, lo que hoy es la base de la montaña, era la ribera de un ancho río, en el fondo del cual quedaron depositados los aluviones, procedentes del Continente Balear. El hundimiento del continente, acabó por dejar seco el lago eocénico, el cual transvasó sus aguas al mar. Así se formó la montaña, totalmente sedimentaria, que modelada lentamente por los elementos, acabó adoptando sus mágicas formas.

I.3.1.3. Características climatológicas.

La Cuenca Hidrográfica del Ebro disfruta, tanto por su localización geográfica dentro de la Península Ibérica como por su topología, de un clima mediterráneo continentalizado en una gran parte de la misma, si bien aparece una cierta degradación semiárida en la zona centro de la Cuenca, y especialmente en el triángulo Zaragoza – Alcaniz – Lérida. Los sistemas montañosos circundantes van a condicionar las circulaciones atmosféricas en la zona, dando lugar axial a una variaciones hidroclimáticas subregionales más o menos específicas²³⁶

A lo largo del territorio de la CHE existen varias zonas que disfrutan de un clima oceánico, concretamente las situadas en su extremo noroeste, la mitad oeste del borde pirenaico y la parte septentrional de la Península Ibérica.

La topografía que presenta el territorio de la CHE aísla su zona central de las influencias oceánicas, quedando estas retenidas por los sistemas montañosos

periféricos, lo que aumenta la continentalización del clima en esta zona y al mismo tiempo disminuye las precipitaciones sobre ella.

En general, las precipitaciones no son muy abundantes en la Cuenca, siendo la media anual de 656 mm²³⁸, a excepción de en su zona montañosa septentrional y la zona pirenaica (ver FIGURA 12); concentrándose principalmente en primavera y otoño. Estas precipitaciones también se caracterizan por presentar una gran componente intermensual e interanual, donde se registran largos períodos de tiempo en que llegan a ser nulas.

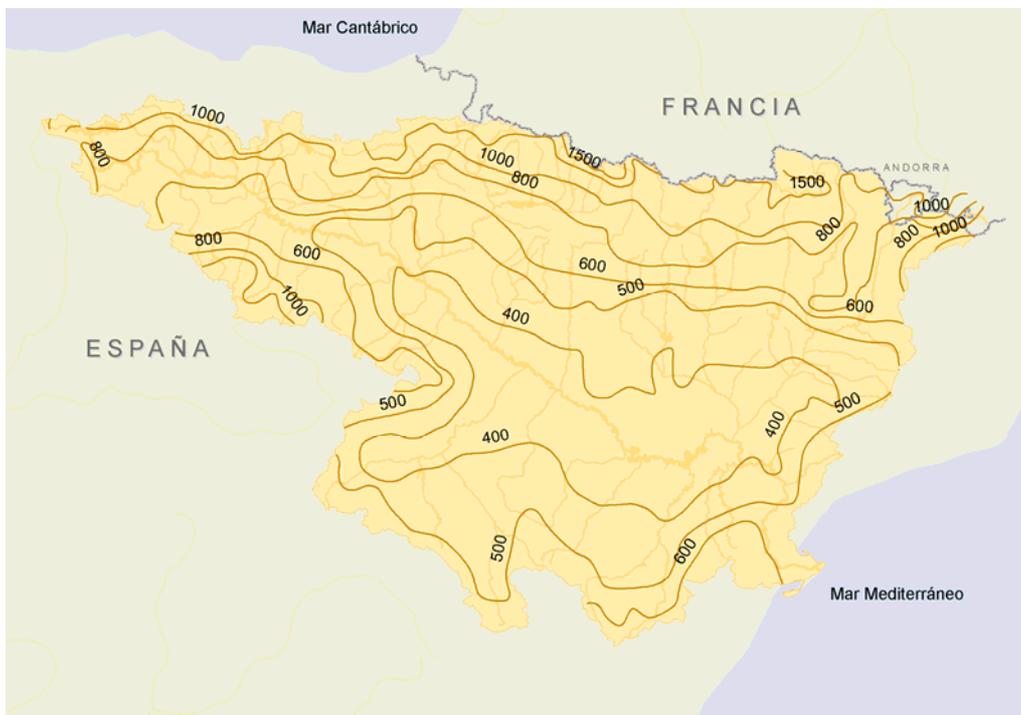


FIGURA 12. ISOYETAS MEDIAS ANUALES

Hay una clara influencia de la orografía del terreno sobre las precipitaciones existentes, como puede observarse a raíz de la representación de las líneas isoyetas medias anuales (FIGURA 12), si bien a raíz de los estudios de la evolución histórica de los datos pluviométricos es posible establecer dos patrones generales de comportamiento²³⁷. El primero está caracterizado por máximos relativos en las décadas de los 30, 50 y 70, junto con mínimos en los 40, 60 y 80, y corresponde al noroeste de la cuenca y la margen derecha asociada al Sistema Ibérico. Por el contrario, el resto del territorio (Pirineo, Somontano y Mediterráneo) presenta dos

máximos en las décadas de los 30 y 60, y dos mínimos en los 40 y los 80, siendo estas regiones donde se dan las épocas más húmedas.

Este estudio histórico de los datos revela al mismo tiempo, y de forma general para toda la cuenca, un descenso del nivel medio de lluvia en el periodo de mediados de la década de los sesenta a finales de los 80, si bien en los 90 esta tendencia decreciente se ha detenido o a disminuido su tasa de decrecimiento.

La disposición montañosa que rodea la CHE condiciona en gran medida las temperaturas que se dan en esta gran depresión de la Península Ibérica, observándose un clima oceánico en la mitad occidental de la zona montañosa septentrional de la cuenca. El resto de la misma, caracterizada por un clima continental, sufre altas temperaturas estivales con máximas sofocantes en verano y fríos intensos en invierno, si bien las estaciones equinociales se caracterizan por ser breves y con cambios bruscos de temperatura.

Resulta común en invierno la presencia de una masa de aire frío en sobre la depresión que conlleva la aparición de nieblas que afectan principalmente al corredor central del Río Ebro, Hoya de Huesca, norte de Monegros, bajo Cinca, bajo Segre, área de Caspe y cuenca de Calatayud.

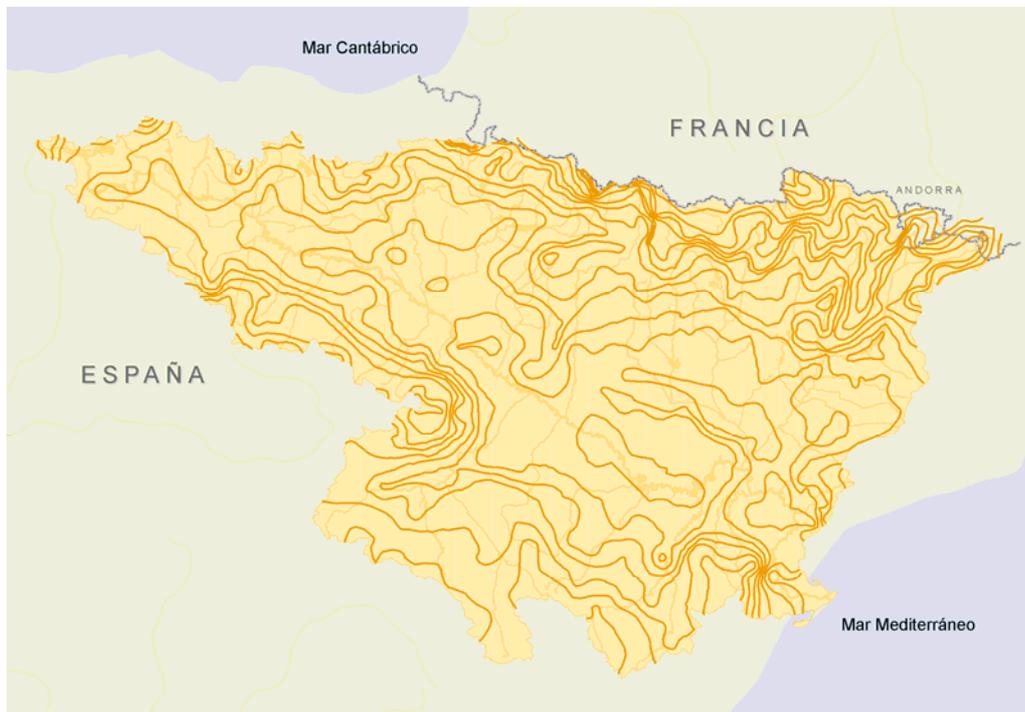


FIGURA 13. ISOTERMAS MEDIAS ANUALES.

Los vientos son elemento frecuente en el territorio de la CHE, cobrando especial relevancia en el corredor central del Río Ebro. La existencia de un viento característico frío y seco de sentido noroeste-sudeste, conocido comúnmente como *Cierzo*, es debida a la presencia en el mar Mediterráneo occidental de una zona de bajas presiones, mientras que sobre el Atlántico oriental se sitúa una zona de altas presiones. Este fenómeno meteorológico puede presentarse en cualquier época del año, aunque tiene su máximo exponente en primavera.

En contraposición al *Cierzo* existe otro viento, el *Bochorno*, que sopla en sentido sureste-noroeste, siendo este mucho más suave y menos frecuente, y que se da debido a la formación de bajas presiones en el interior o al oeste de la Península Ibérica. El *Bochorno* se caracteriza por ser un viento seco y muy cálido que sopla principalmente en la época estival. Si se da este en otra época del año se caracteriza por ser templado y húmedo.

I.3.1.4. Características hidrológicas.

Desde un punto de vista morfológico, la cuenca del Ebro se podría asimilar a una forma triangular (**FIGURA 14**), con sus lados mayores constituidos por dos cordilleras, la Ibérica y la Pirenaica, convergentes en el noroeste de la Península Ibérica, donde nace el Río Ebro, y que dejan entre sí una depresión que va ganando anchura al avanzar hacia el este, hasta alcanzar el tercer lado del triángulo, que está formado por la cordillera Costero-Catalana, poco antes de su desembocadura, con una diferencia de altitud en su recorrido de 2.250 m (**FIGURA 15**).

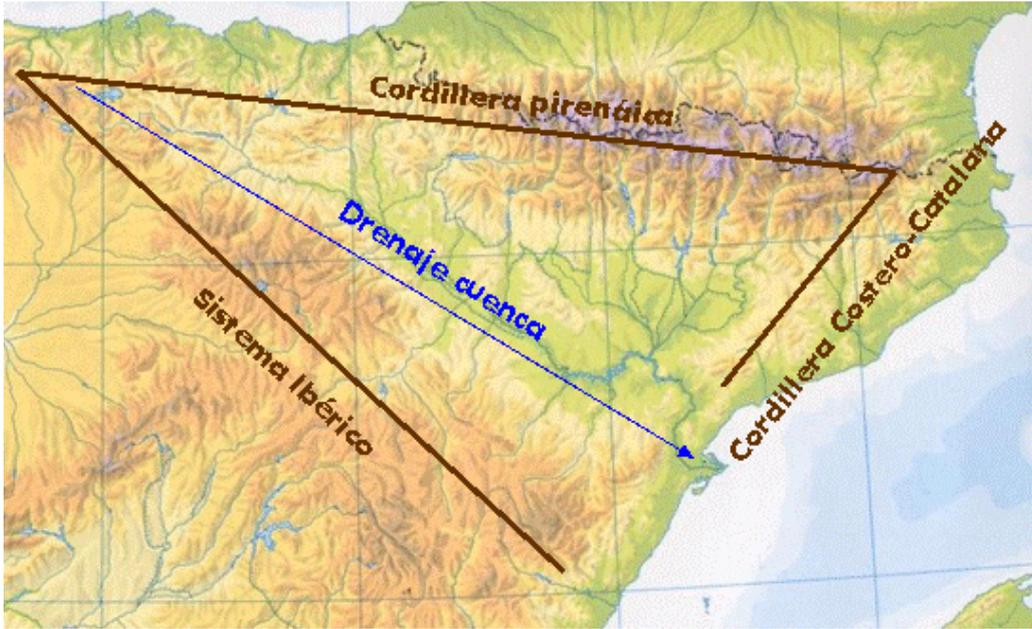


FIGURA 14. ESQUEMA MORFOLÓGICO Y DE DRENAJE DE LA CUENCA DEL RÍO EBRO.

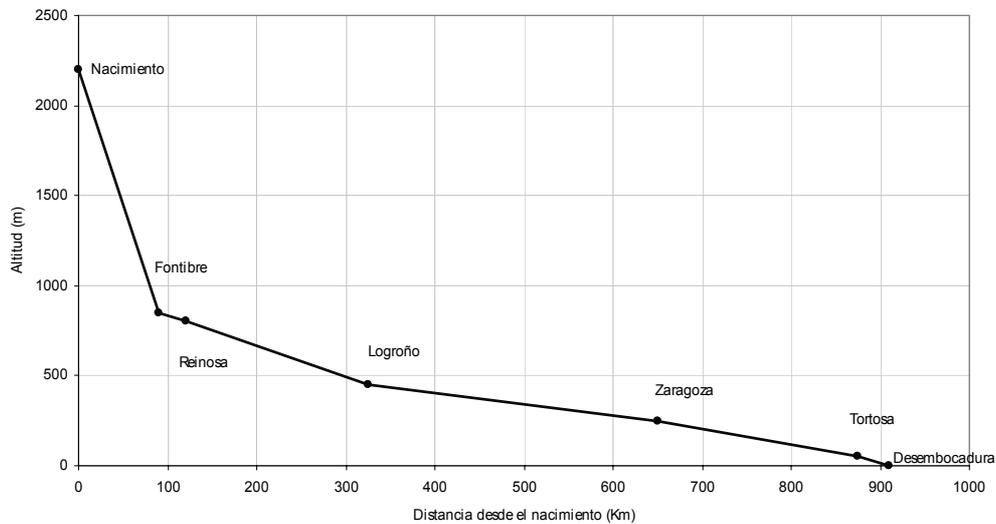


FIGURA 15. PERFIL ALTIMÉTRICO DEL RÍO EBRO.

La red fluvial que drena a través del Río Ebro presenta una longitud de unos 12.000 Km de cauces, de los que 910,5 Km pertenecen al propio Ebro. En conjunto muestra una forma en "espinas de pez", aunque se encuentran variadas tipologías en los diferentes sectores de la misma.

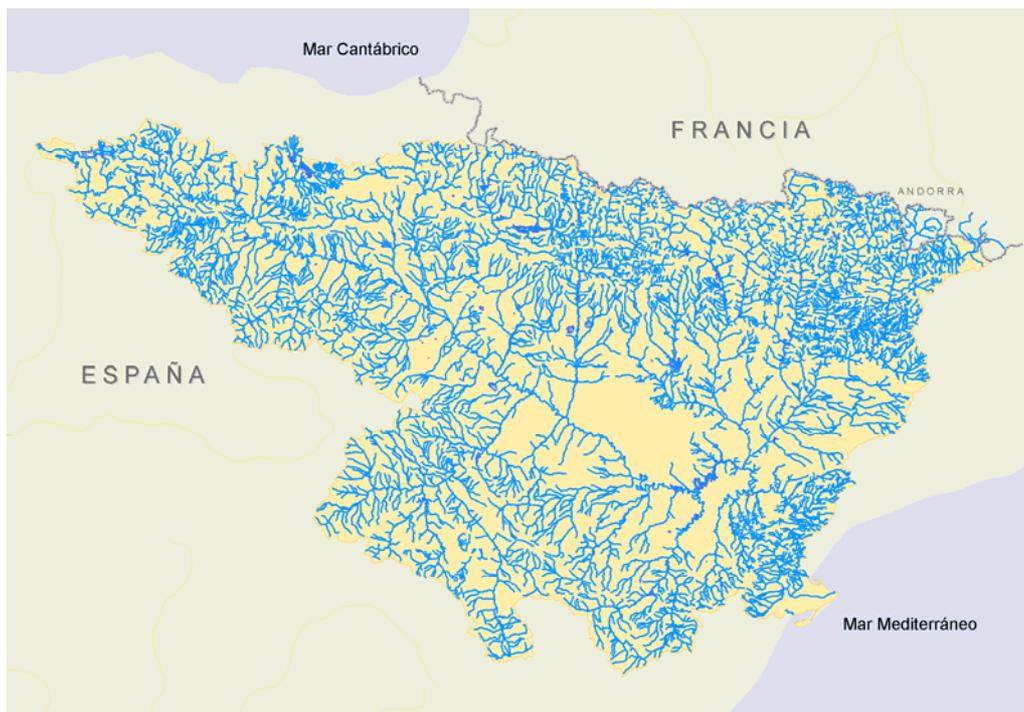


FIGURA 16. RED FLUVIAL DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO EBRO

Destaca el marcado paralelismo de los ríos riojanos recogidos de forma perpendicular por el colector principal, generándose así una red de tipo subparalelo. Lo mismo ocurre en el sector oriental de la cuenca del Aragón y también con los afluentes por la margen derecha del Jalón.

También se observan áreas en que la red presenta una tipología dendrítica. Son los casos del sistema Segre-Cinca, la cuenca alta del Aragón en conjunto, la del Arba, o las cabeceras de los ríos Aguas Vivas, Martín y Guadalupe.

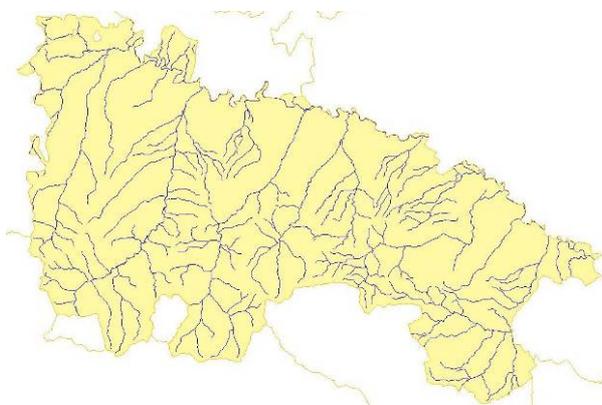


FIGURA 17. DETALLE DE LA MORFOLOGÍA DE LOS RÍOS RIOJANOS

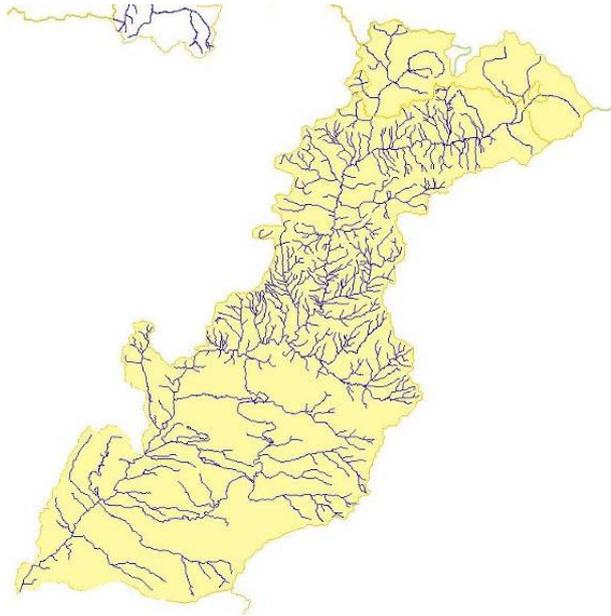


FIGURA 18. DETALLE DE LA MORFOLOGÍA DE LOS RÍOS DE LA CUENCA DEL SEGRE

En la Tabla 7 se reflejan las subcuencas más significativas desde el punto de vista superficial y de aportación media interanual en régimen natural, es decir, suponiendo el río en su estado natural, descontando los efectos de las detracciones de agua, aportaciones ajenas por retornos o trasvases y el efecto de la regulación y evaporación de los embalses. Esta circulación media es de 18.200 Hm³/año ²³⁸, con máximos de 29.700 Hm³/año y mínimos de 8.400 Hm³/año, siendo entre 5.000 y 7.000 Hm³/año los correspondientes a la circulación subterránea.

TABLA 7. SUPERFICIE DE LAS DISTINTAS SUBCUENCAS DE LA CUENCA DEL EBRO.

Subcuenca	Aportación media	
	Hm ³	%
Segre	6.356	35%
Aragón	4.521	25%
Gallego	1.087	6%
Zadorra	592	3%
Jalón	551	3%
Nela	527	3%
Resto de subcuencas	4.587	25%
Total Ebro	18.221	100%

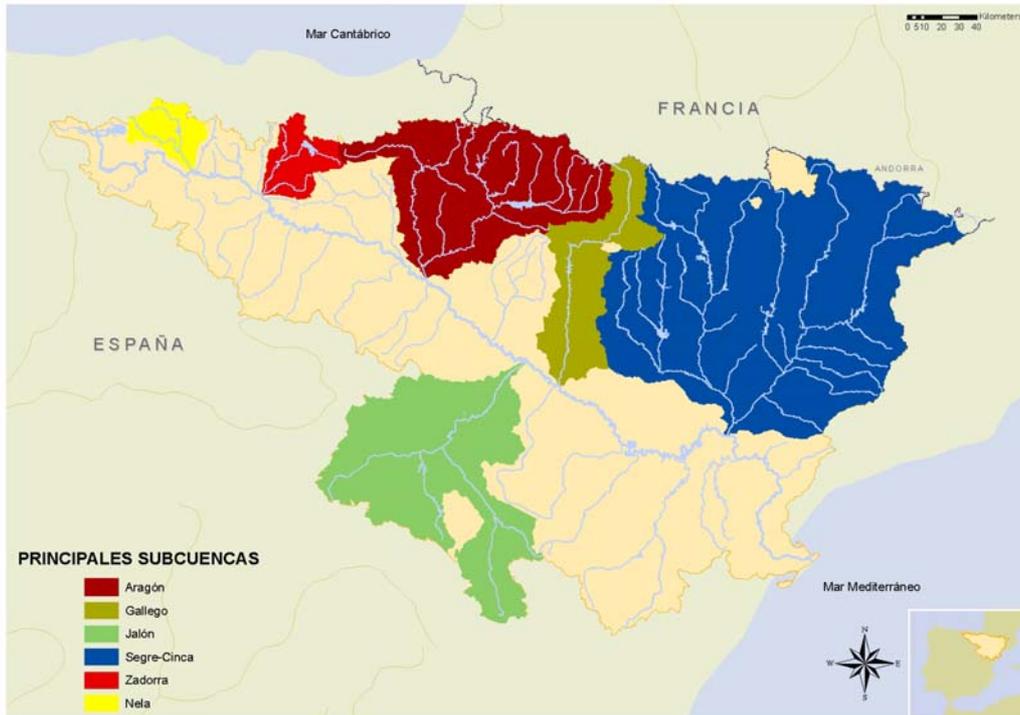


FIGURA 19. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS PRINCIPALES SUBCUENCAS LOCALIZADAS EN EL CUENCA DEL EBRO.

La disposición de la Cuenca, drenando la vertiente sur de las cordilleras que la limitan por el norte y la vertiente noreste de las que la limitan por el sur, así como la ubicación entre el Atlántico y el Mediterráneo con sus diferentes influencias, hacen que en la cuenca se encuentren varios regímenes fluviales diferenciados.

Los afluentes cantábricos y pirenaicos del Ebro muestran un régimen esencialmente pluvial oceánico en el sector occidental hasta la cuenca del Irati. Se observa influencia de la retención nival en el Nela y en el Irati, por lo que en estos casos se habla de un régimen pluvionival oceánico. Al este del Irati predomina un régimen de corte nivopluvial debido a la importante retención nival invernal de la cordillera pirenaica. Se advierte, además, un matiz de continentalización a medida que se avanza hacia el este.

Por la margen derecha del Ebro, los ríos del noroeste reciben fuertes influencias oceánicas, aunque con cierta retención nival en sus cabeceras que define un régimen pluvionival oceánico. Más hacia el sudeste desaparece la influencia atlántica y se acentúa la mediterránea con marcado carácter continentalizado, además

de desaparecer la retención nival como hecho significativo. Se trata, por lo tanto, de un régimen pluvial mediterráneo, claramente equinoccial en el caso del Guadalupe.

La suma de todas estas influencias se difumina en el régimen del colector principal, siendo el Ebro uno de los ríos con menor variabilidad interanual de entre los de la península Ibérica, si bien presenta una gran extensión inundable en los márgenes de sus cauces, especialmente en la zona media del Río Ebro (**FIGURA 20**). Por otra parte, los acuíferos (**FIGURA 21**) afectan, suavizándolo, al régimen de caudales.

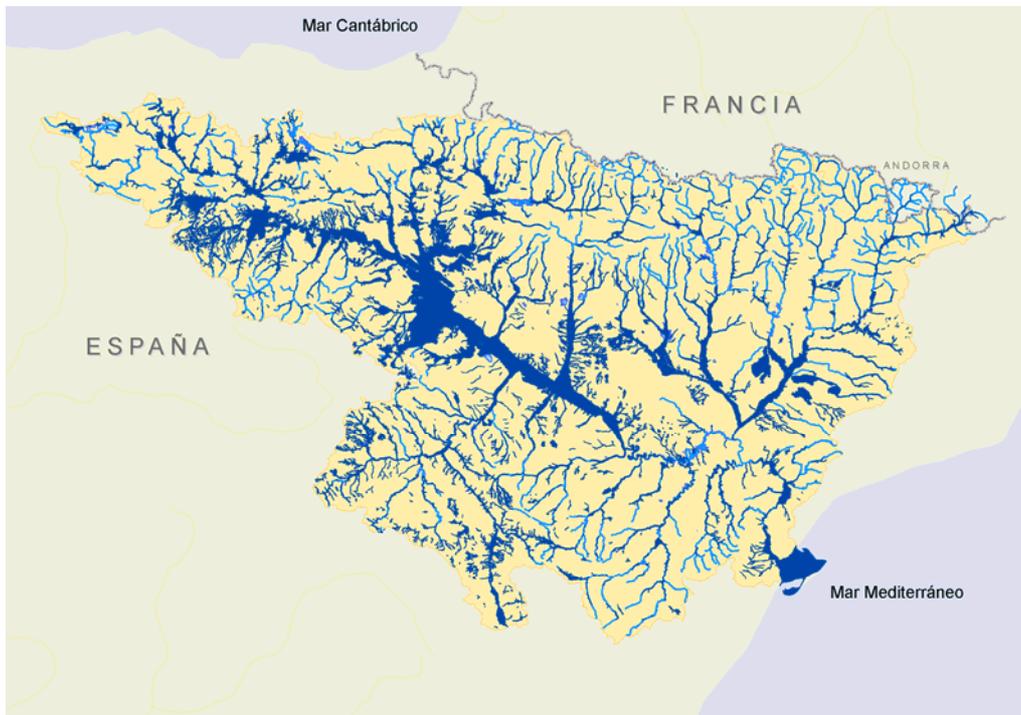


FIGURA 20. ALUVIALES DE LA CUENCA DEL EBRO.

La influencia de los acuíferos es especialmente intensa en las cuencas que van desde el Queiles al Matarraña por la margen derecha y en las cuencas del Ega, Arga, Irati y Alcanadre por la margen izquierda.

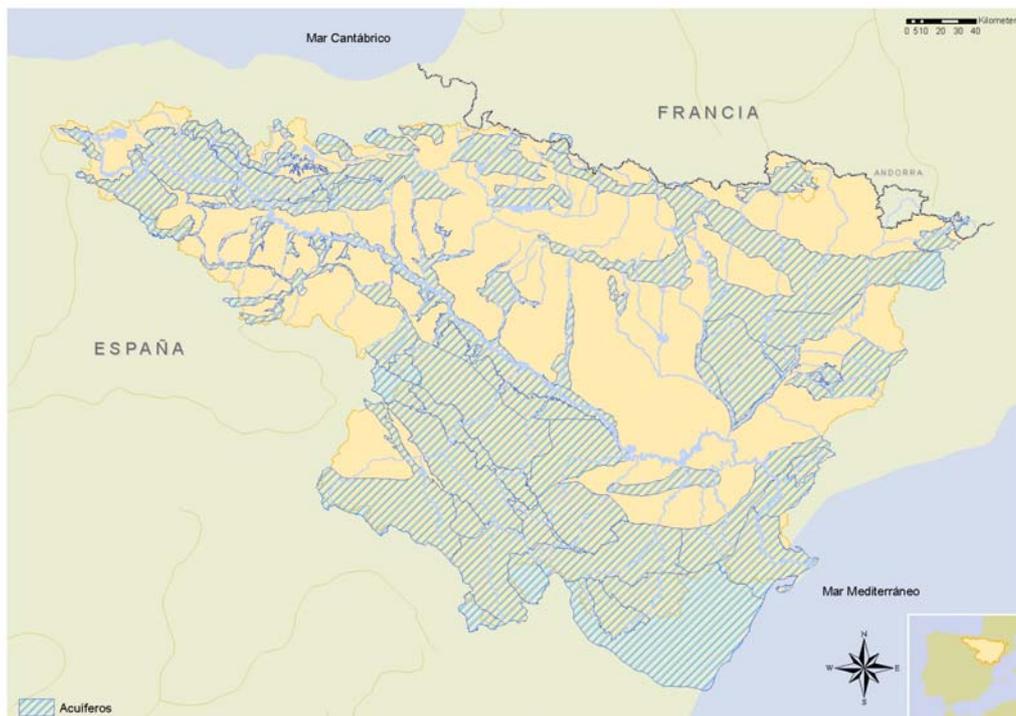


FIGURA 21. ACUÍFEROS DE LA CUENCA DEL EBRO.

A lo largo de la cuenca se localizan en la actualidad 107 embalses (FIGURA 22) con capacidad superior a 1 Hm³, de los cuales 45 son del Estado español y el resto de utilización privada, lo que supone una superficie total de 41.634 Ha (0,49% de la superficie de la Cuenca) para almacenar un total de 7.580 Hm³.

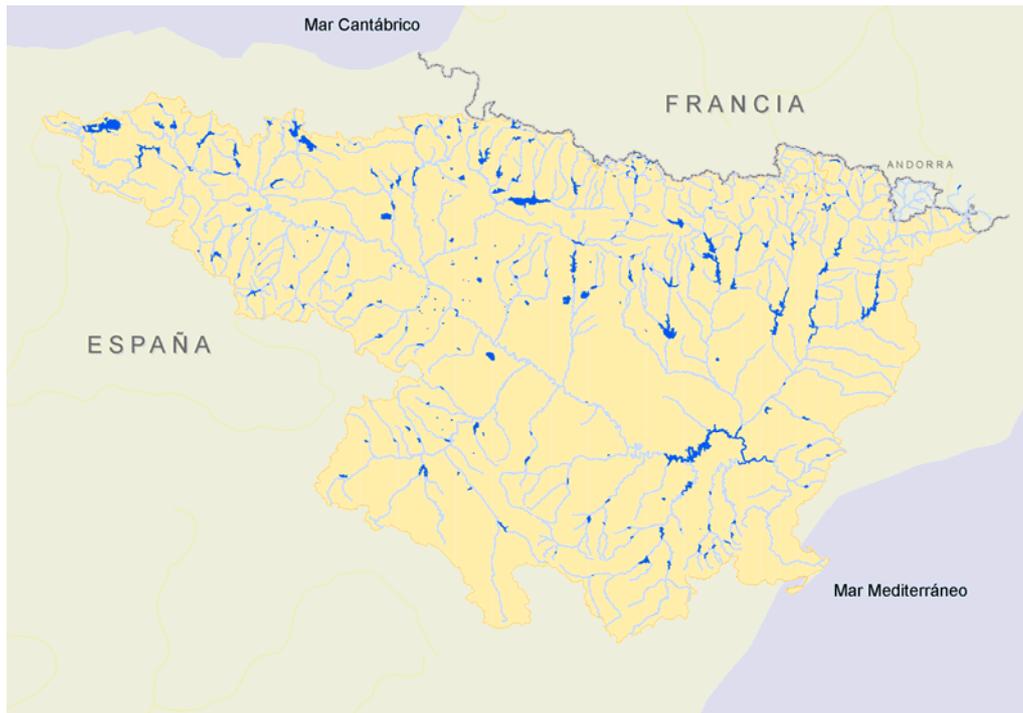


FIGURA 22. EMBALSES DE LA CUENCA DEL EBRO.

La construcción de estos embalses ha supuesto el desplazamiento de 7.800 personas, residentes en 52 municipios que han sido inundados, para los embalses del Estado y unos 13.000 habitantes para la totalidad de los embalses construidos.

Con objeto de obtener un mejor aprovechamiento de esta gran cantidad de agua, en especial para fines agrarios, se han ido desarrollando numerosas infraestructuras hidráulicas a lo largo y ancho de la cuenca, que permiten una mayor distribución de las aguas sobre las superficies cultivables. En la Tabla 8 se describen las principales infraestructuras de este tipo.

TABLA 8. Infraestructuras hidráulicas para la distribución de agua con fines agrarios.

Infraestructura	Superficie (has)
Canal Lodosa	32.818
Canal Imperial de Aragón	26.508
Canal de Tauste	9.022

Infraestructura	Superficie (has)
Canal margen dcha. del Ebro	15.170
Canal margen izda. del Ebro	12.690
Canal margen dcha. del Najerilla	2.785
Canal margen izda. del Najerilla	5.015
Canal Urgell (Principal + Auxiliar)	77.516
Canal Piñana	13.495
Canal Aragón y Cataluña	98.202
Riegos del Alto Aragón	110.562
Sistema Bardenas (I+II)	73.489
Riegos del Jalón-Jiloca	43.574
Riegos del Guadalope	12.998
TOTAL	533.844



FIGURA 23. INFRAESTRUCTURAS PARA EL TRANSPORTE DE AGUAS EN LA CUENCA DEL EBRO.

I.3.1.5. Ámbito político.

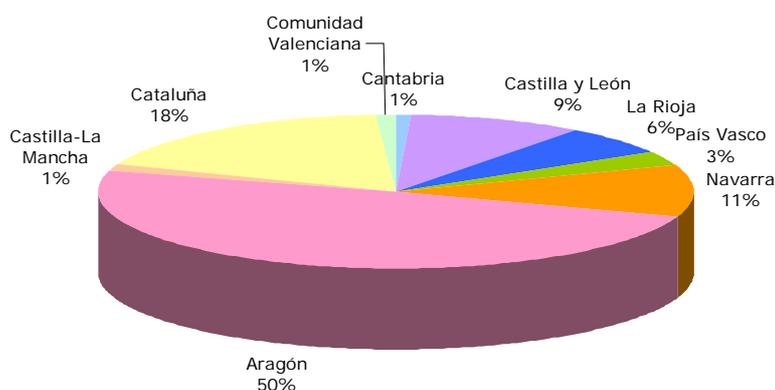
Debido a la gran extensión de la cuenca hidrográfica del Río Ebro, se incluyen en ella territorios pertenecientes a tres estados (España, Andorra y Francia), aunque la práctica totalidad del territorio se encuentra en el Estado Español, dentro del cual las aguas de esta Cuenca riegan tierras de nueve Comunidades Autónomas (**FIGURA 24**). con una extensión total de 85.534 Km², desglosados según se indica en la Tabla 9.



FIGURA 24. ÁMBITO POLÍTICO DE LA C.H. DEL EBRO (CC.AA.).

TABLA 9. SUPERFICIE DE LA CHE EN LAS DISTINTAS CC.AA.²³⁸.

Comunidad Autónoma	Superficie (Km ²)
Cantabria	775
Castilla y León	8.125
La Rioja	5.051
País Vasco	2.681
Navarra	9.227
Aragón	42.076
Castilla-La Mancha	1.118
Cataluña	15.634
Comunidad Valenciana	847
Total CHE	85.534



Dentro de estas nueve CC.AA. son 18 las provincias (1.717 Términos Municipales y 5.423 localidades) las que presentan tierras dentro de los límites de la C.H. del Ebro (**FIGURA 25**), incluyendo las cuatro provincias catalanas, las tres aragonesas y del País Vasco, así como las provincias de Palencia, Burgos y Soria dentro de la C.A. de Castilla-León, Guadalajara dentro de la C.A. de Castilla La Mancha, Castellón dentro de la C.A. Valenciana, y las CC.AA. monoprovinciales de La Rioja y Cantabria.

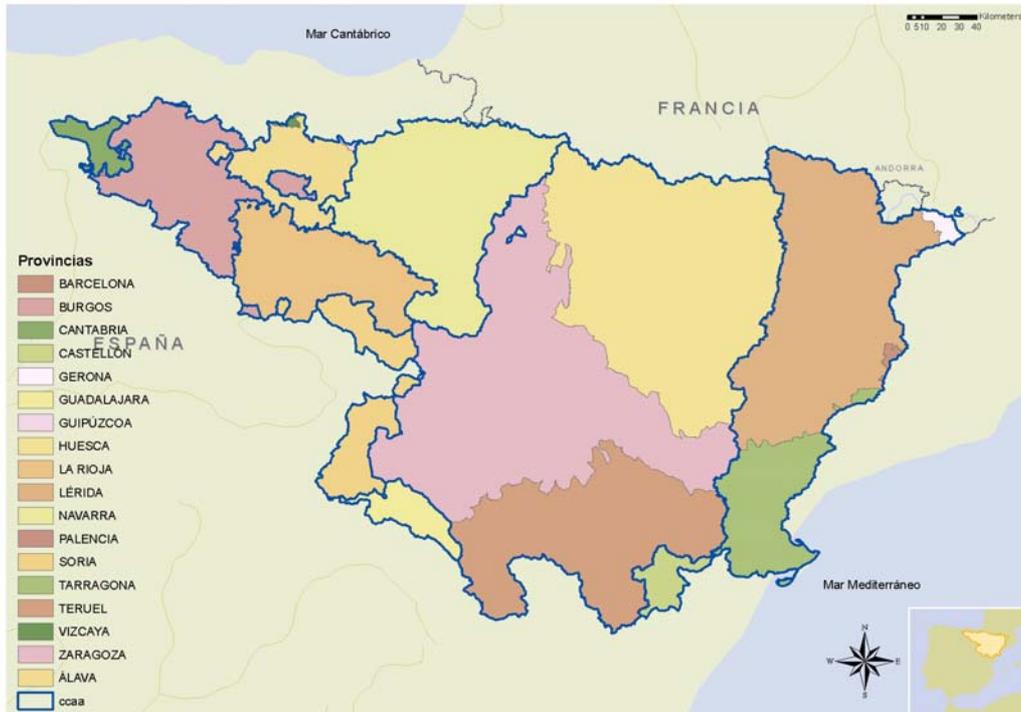
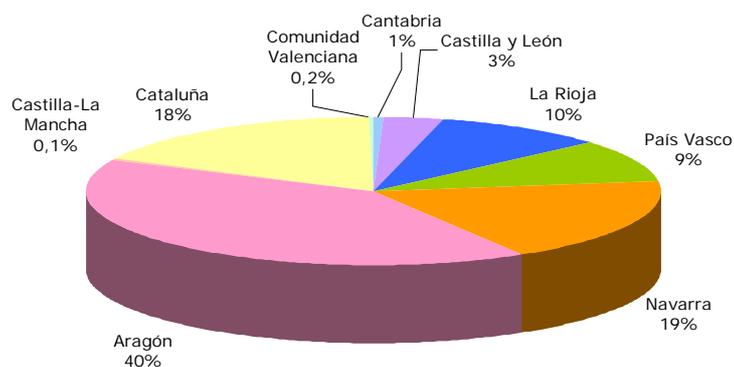


FIGURA 25. ÁMBITO POLÍTICO DE LA C.H. DEL EBRO (PROVINCIAS)

En estas 18 provincias pertenecientes al territorio de la CHE están censadas 2.879.978 personas, según el padrón de 2001²³⁷, distribuidas por provincias según se detalla en la Tabla 10.

TABLA 10. DISTRIBUCIÓN DE POBLACIÓN POR CC.AA.²³⁸

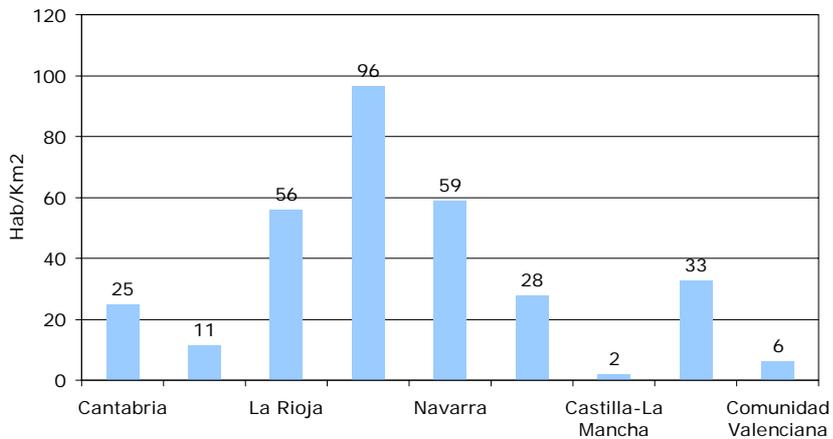
Comunidad Autónoma	Nº hab. 2001
Cantabria	19.081
Castilla y León	92.971
La Rioja	281.614
País Vasco	258.543
Navarra	542.111
Aragón	1.167.702
Castilla-La Mancha	1.973
Cataluña	510.872
Comunidad Valenciana	5.111
Total CHE	2.879.978



Esta población está repartida muy desigualmente en las distintas provincias, presentando una alta densidad de población en el País Vasco, y prácticamente despoblado en las zonas de Castilla-La Mancha y la Comunidad Valenciana (Tabla 11)

TABLA 11. Densidad de población por CC.AA.²³⁸

Comunidad Autónoma	Densidad de población (hab./Km ²)
Cantabria	25
Castilla y León	11
La Rioja	56
País Vasco	96
Navarra	59
Aragón	28
Castilla-La Mancha	2
Cataluña	33
Comunidad Valenciana	6
Total CHE	34



Tota esta población se reparte de forma uniforme entre grandes y pequeñas poblaciones; así el 54% de la misma (**FIGURA 11**) se reparte entre las 16 poblaciones existentes con más de 15.000 habitantes, destacando la ciudad de Zaragoza, que se convierte en el mayor núcleo poblacional de la cuenca con 620.419 habitantes, lo que supone el 21.5% de la población total de la cuenca.

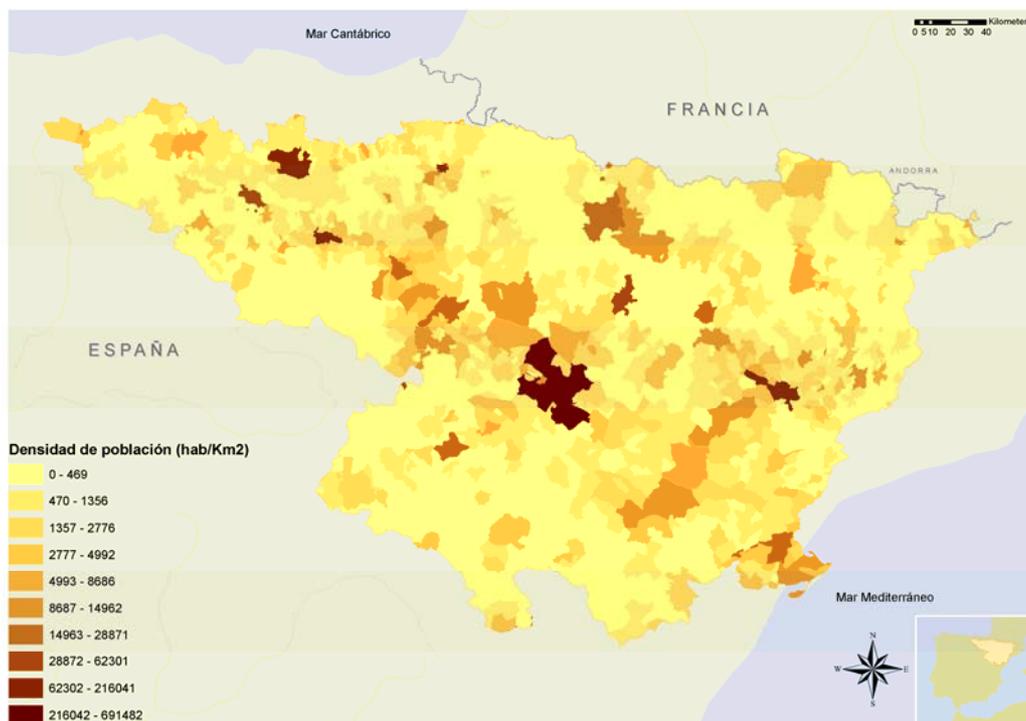


FIGURA 26. DENSIDAD DE POBLACIÓN EN LA CUENCA DEL EBRO.

TABLA 12. POBLACIONES SUPERIORES A 15.000 HABITANTES.²³⁸

MUNICIPIO	Nº habitantes 2001	% sobre total hab. Cuenca
Zaragoza	620.419	21,5
Vitoria	221.270	7,7
Pamplona	189.364	6,6
Logroño	136.841	4,8
Lérida	115.000	4,0
Huesca	46.462	1,6
Miranda de Ebro	36.240	1,3
Tortosa	30.431	1,1
Tudela	30.355	1,1
Barañain	22.017	0,8
Calahorra	20.598	0,7
Calatayud	18.531	0,6
Burlada	17.647	0,6
Amposta	17.372	0,6
Ejea de los Caballeros	16.183	0,6
Barbastro	15.032	0,5
TOTAL	1.538.730	54,0



FIGURA 27. LOCALIZACIÓN DE LOS PRINCIPALES NÚCLEOS DE POBLACIÓN EN LA CUENCA DEL EBRO.

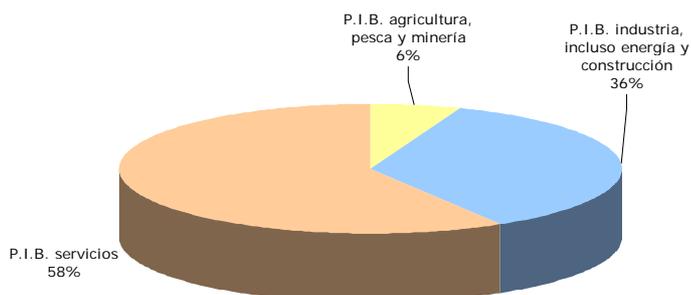
I.3.1.6. Ámbito económico e industrial.

El territorio español de la CHE presenta un elevado desarrollo industrial localizado entorno al propio Río Ebro, y principalmente en las cercanías de la ciudad de Zaragoza, aunque existen dos segundos núcleos importantes localizados en las cercanías de Vitoria y Logroño.

Según los datos existentes del año 2000²³⁸, el producto interior bruto de la zona era de 45.456.868.000,00 €. En la **TABLA 13** se muestra la distribución de este PIB en función de los distintos sectores industriales relevantes.

TABLA 13. DISTRIBUCIÓN DEL PIB²³⁸

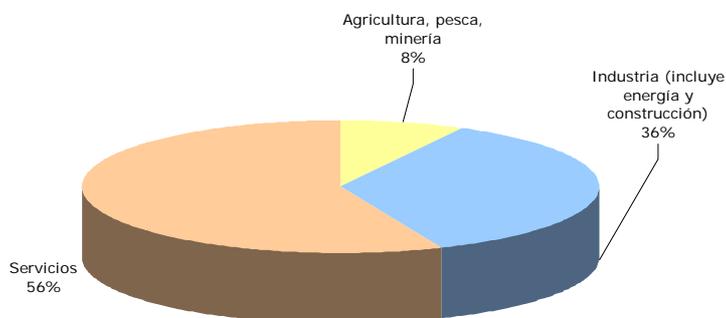
Sector	PIB (Miles de euros)
Agricultura, pesca y minería	2.611.600
Industria, incluso energía y construcción	16.261.951
Servicios	26.583.316
P.I.B. total cuenca del Ebro	45.456.868



Este tejido industrial da trabajo a un total de 1.199.079 personas, repartidas entre los distintos sectores industriales según se refleja en la TABLA 14.

TABLA 14. DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN OCUPADA²³⁸

Sector	Pobl. Ocupada (nº hab. Año 2000)
Agricultura, pesca, minería	92.996
Industria (incluye energía y construcción)	428.791
Servicios	677.292
TOTAL	1.199.079



Dentro del sector agrícola son muy numerosas las áreas de producción de regadío, donde el agua se constituye en un elemento indispensable. Estas zonas de regadío se sitúan principalmente entorno al Río Ebro, especialmente en su zona central, y a su desembocadura, según se refleja en el **FIGURA 28**.

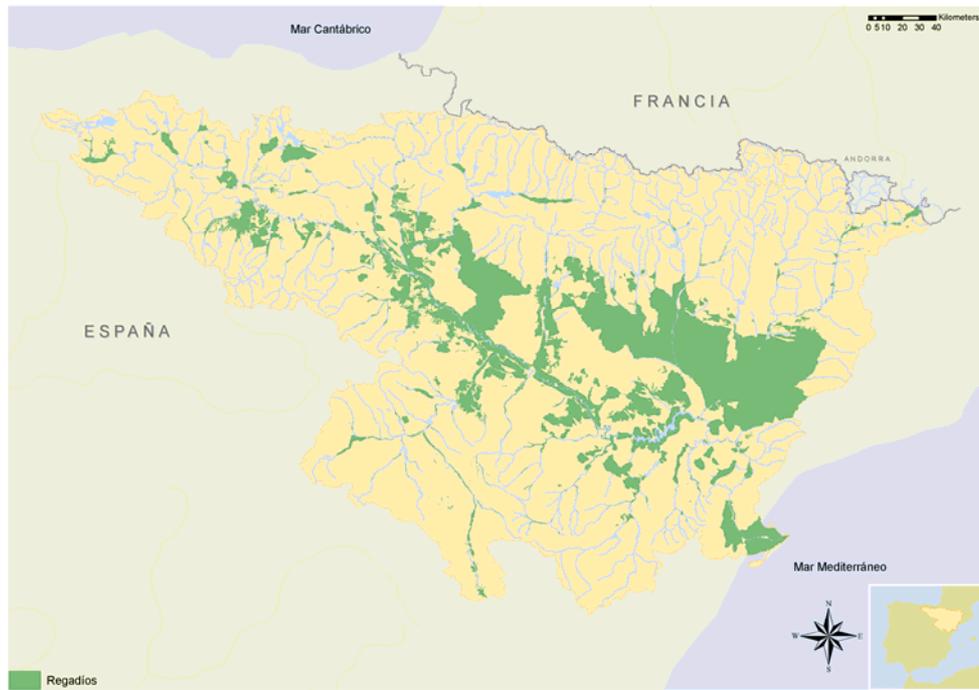


FIGURA 28. ZONAS DE REGADIO EN LA CUENCA DEL EBRO.

Las explotaciones ganaderas localizadas en el área de la cuenca son menos significativas que las agrarias y más dispersas, localizadas por toda la Cuenca.

Según el Plan Hidrológico Nacional la utilización teórica de esta agua es principalmente para uso agrícola y la producción de energía eléctrica, según los datos de la **FIGURA 14**.

TABLA 15. UTILIZACIÓN DEL RECURSO.

Tipo	hm³/año
Abastecimiento urbano	313
Trasvases	246
Ganadera	66
Agrícola	6.310
Industrial	414
Refrigeración centrales	3.354
Concesional hidroeléctrica (estimada)	60.000

Una de las principales utilidades industriales de las aguas de la Cuenca del Río Ebro es la producción de energía eléctrica a partir de la fuerza del agua (energía hidroeléctrica). En la actualidad se sitúan 322 centrales hidroeléctricas sobre los ríos que forman la Cuenca, lo que permite un capacidad de producción de 3.874 MW y una producción anual de 7.800 GWh/año. Como puede observarse en el mapa adjunto (FIGURA 29) estas centrales se sitúan principalmente sobre los ríos provenientes de la zona pirenaica, debido a su mayor régimen anual de aguas.

Al margen de que la energía hidroeléctrica sea la que presenta el mayor número de instalaciones para su producción, existen en la zona otras formas de producción eléctrica destacables, tal y como se detalla en la Tabla 16.

TABLA 16. PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

Sistema de generación	Nº	Potencia MW	Produc. GWh/año
Centrales hidroeléctricas	322	3.874	7.800
Centrales térmicas carbón	3	1.290	7.600
Centrales térmicas gas	2	800	
Centrales nucleares	2	2.421	18.400

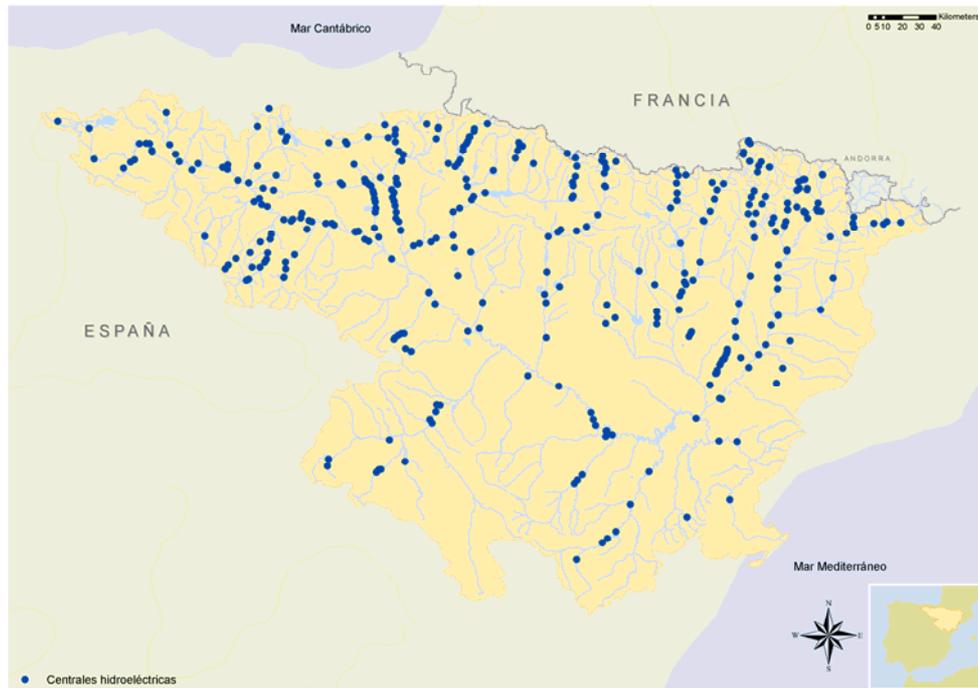


FIGURA 29. LOCALIZACIÓN DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS EN LA CUENCA DEL EBRO.

Cabe destacar la importancia de la industria de la piscifactoría en la zona, existiendo en la actualidad 51 instalaciones sobre aguas continentales y 11 sobre agua marinas, situadas estas últimas en la zona de la desembocadura del Río Ebro, tal y como puede observarse en el mapa adjunto (FIGURA 30).

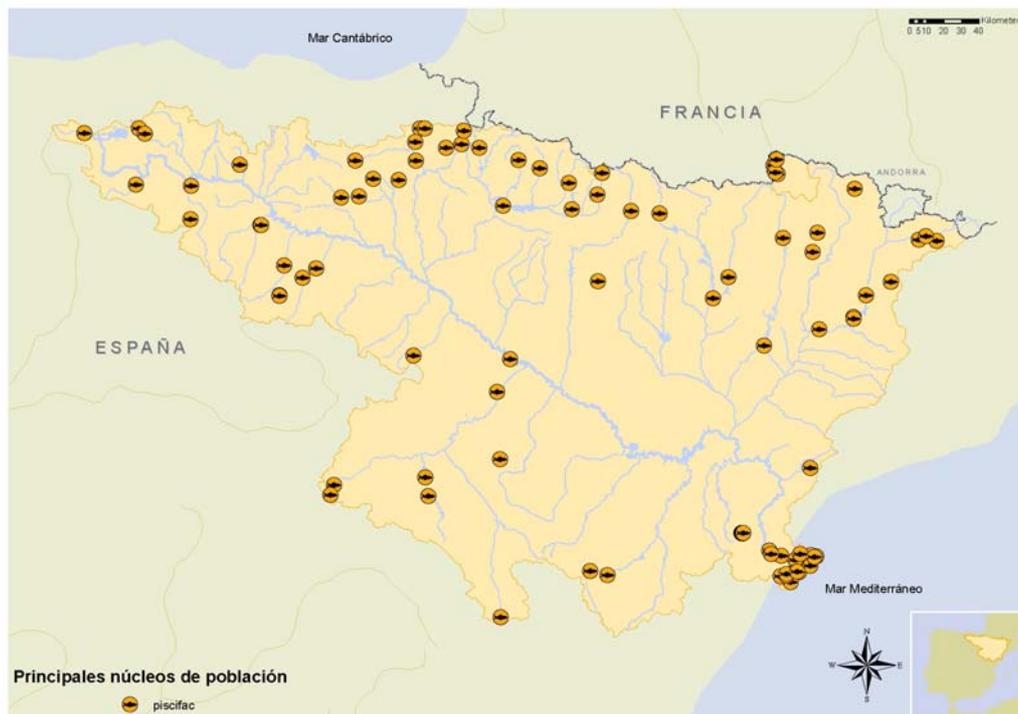


FIGURA 30. LOCALIZACIÓN DE LAS INDUSTRIAS DE PISCIFACTORÍA EXISTENTES EN LA CUENCA DEL EBRO.

I.3.2. El control de la calidad de las aguas en la Confederación Hidrográfica del Ebro.

I.3.2.1. Redes de control de calidad de las aguas.

La Confederación Hidrográfica del Ebro, como organismo de cuenca dependiente del Ministerio de Medio Ambiente español, cuenta entre sus obligaciones con el control de la calidad físico-química y microbiológica de las aguas de su competencia.

Para ello, este Organismo ha implementado y mejorado a lo largo de los años diversos mecanismos que le permiten controlar dicha calidad, evaluarla y actuar eficientemente sobre las desviaciones no deseadas que se producen. En la actualidad están en funcionamiento tres mecanismos propios de la Confederación Hidrográfica del Ebro, más uno externo que sirve de apoyo, los cuales se describen a continuación.

- Una red de muestreo periódico manual. La red Integral de Calidad de Aguas (Red ICA) (<http://oph.chebro.es/DOCUMENTACION/Calidad/CalidadDeAguas.html>) está

compuesta por distintas subredes de muestreo que permiten dar cumplimiento a la distinta normativa actual sobre calidad de aguas superficiales. Se describe con más detalla en el siguiente subapartado.

- Una red automática de control. Paralelamente a la red ICA se ha desarrollado el Sistema Automático de Información de la Calidad de las Aguas (Red SAICA) (<http://oph.chebro.es/DOCUMENTACION/Calidad/CalidadDeAguas.html>), compuesto por una serie de monitores de contaminación ambiental localizados en puntos estratégicos de la cuenca, que permiten, mediante comunicación por satélite, conocer en tiempo real (cada 15 minutos) las características generales del agua en la Cuenca (pH, Conductividad Eléctrica, Oxígeno disuelto, Temperatura, Amonio, Nitratos, Sólidos en suspensión, Carbono Orgánico Total, etc.) y su variación a lo largo del tiempo. Al mismo tiempo sirven como sistema de alerta temprana ante cualquier episodio de contaminación que se produzca en la Cuenca.
- Un servicio de Guardería Fluvial. Compuesto por un nutrido grupo de personas, se encarga de velar diariamente por la detección de vertidos incontrolados en cada tramo de río, alteraciones organolépticas del mismo, o modificaciones sustanciales en los márgenes de los cauces o riberas. Este servicio de guardería tiene la potestad de tomar muestras ante desviaciones observadas y emitir denuncias sobre las mismas, con objeto de poder evaluar el efecto de tal desviación y poder sancionar por parte de la CHE a los infractores.
- Un servicio de policía medioambiental. Este servicio, perteneciente al Ministerio del Interior, dependiente de la Guardia Civil, y denominado SErviceio de PROtección ambiental de la NATuraleza (SEPRONA) (<http://www.guardiacivil.org/quesomos/organizacion/operaciones/seprona/>), se encarga de velar por el cumplimiento de las leyes en materia medioambiental y hacer cumplir las mismas.

Al mismo tiempo y de forma paralela existe un sistema que permite la cuantificación del recurso, ya que resulta tan importante conocer su calidad como su cantidad. El Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH)

(<http://195.55.247.237/saihebro/>) está constituido por una serie de estaciones de aforo (Figura 31 y Figura 32) que mediante comunicaciones vía satélite permiten conocer el caudal circulante por la cuenca en cada momento.



FIGURA 31. ESTACIÓN DE AFORO SOBRE EL RÍO EBRO.

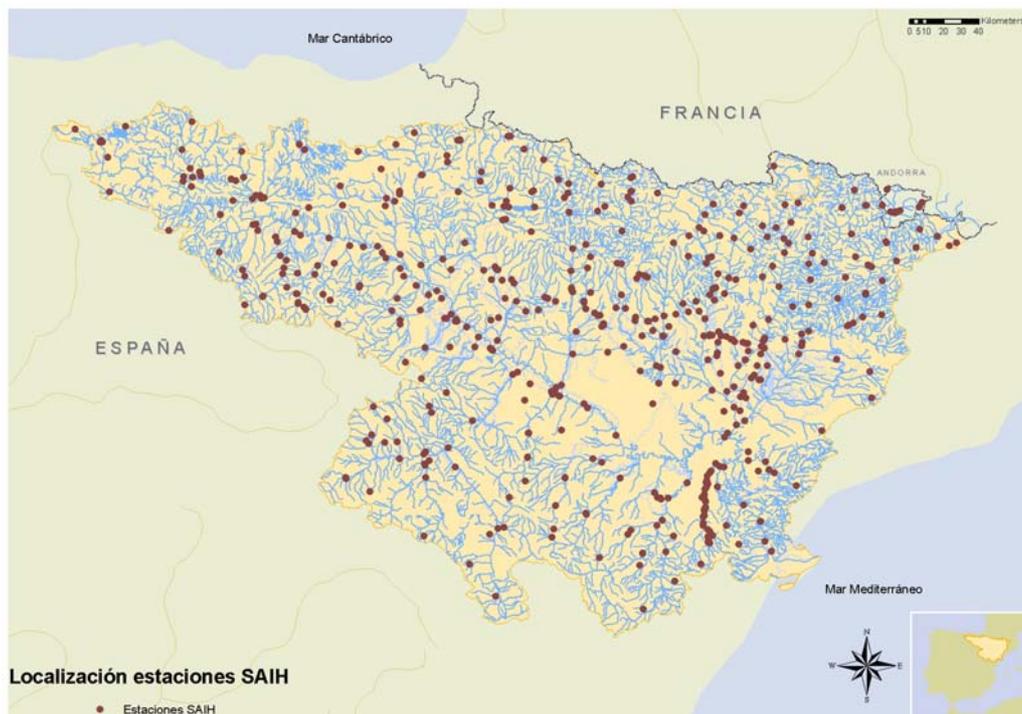


FIGURA 32. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ESTACIONES DE LA RED SAIH

I.3.2.1.1. Red Integral de Calidad de Aguas.

La red Integral de Calidad de Aguas (ICA) establecida por la Confederación Hidrográfica del Ebro se constituye como la red de control periódica y manual de calidad físico-química y biológica de las aguas superficiales en las cuencas hidrográficas de los ríos Ebro y Garona en su tramo español.

Dicha red consta en la actualidad de 248 estaciones de muestreo periódico (FIGURA 33).

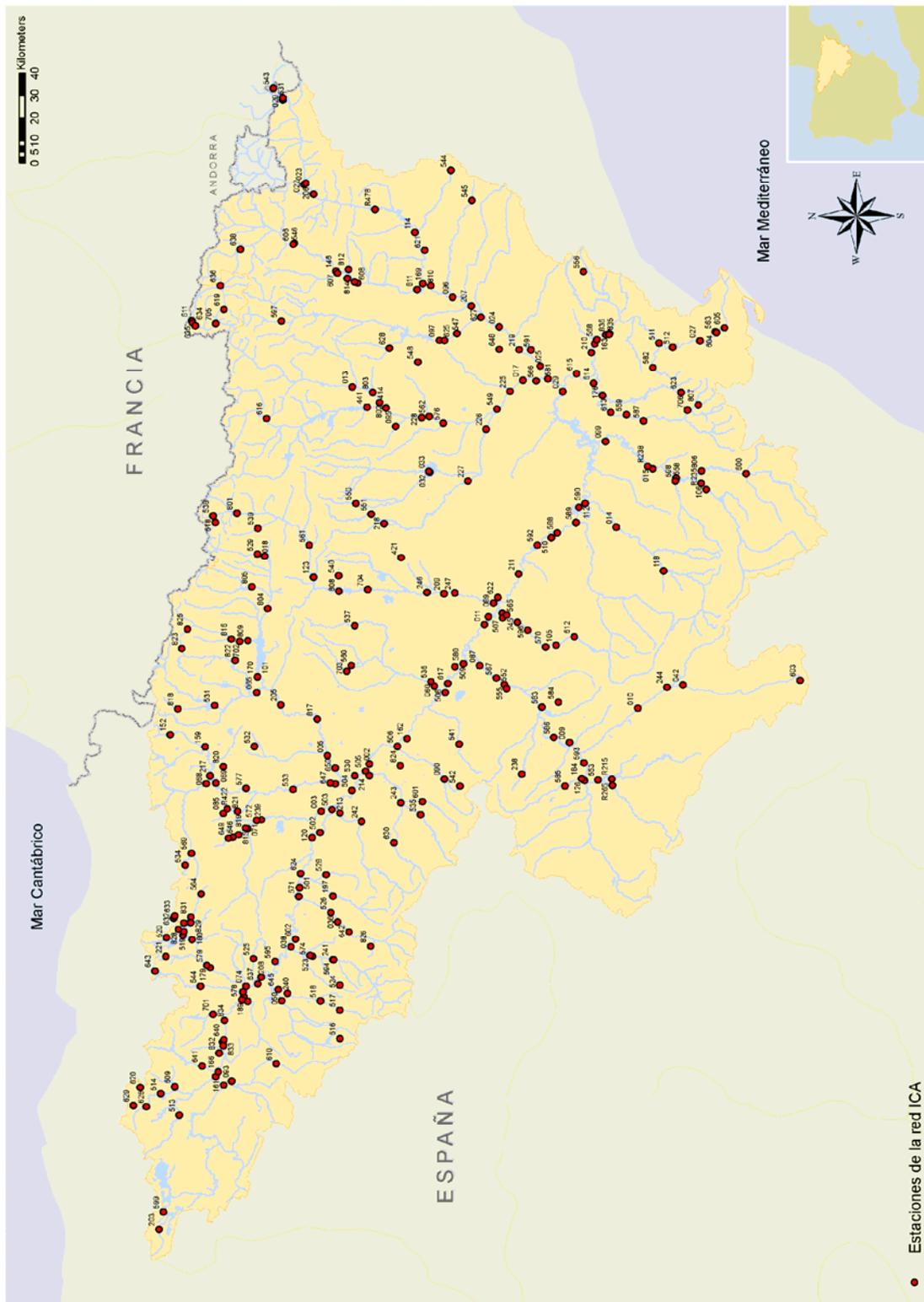


FIGURA 33. LOCALIZACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO MANUAL DE LA RED ICA EN LA CUENCA DEL EBRO.

La Red ICA no es una red fija e inmóvil, sino todo lo contrario. Se trata de una red muy dinámica y en constante evolución, adaptándose en la actualidad a la Directiva 2000/60/CE y su transposición al ordenamiento jurídico español, al igual que lo ha ido haciendo a lo largo de los años con objeto de cumplir la normativa vigente en cada momento. Tanto es así, que de forma continua se han ido modificando con el paso del tiempo tanto el número de estaciones, como las frecuencias de muestreo y los parámetros analizados en cada una de las muestras, como puede observar en los siguientes gráficos.

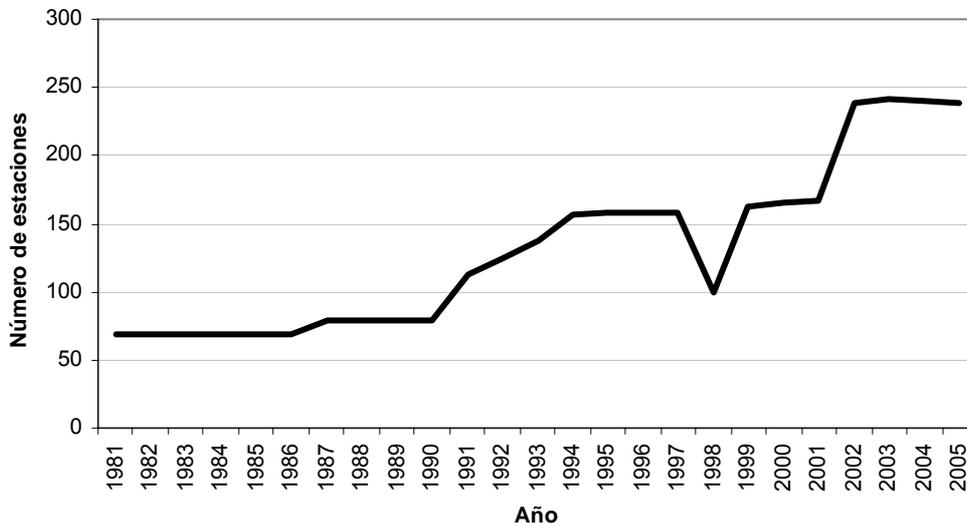


FIGURA 34. EVOLUCIÓN DEL NÚMERO DE ESTACIONES DE LA RED ICA (1981-2005).

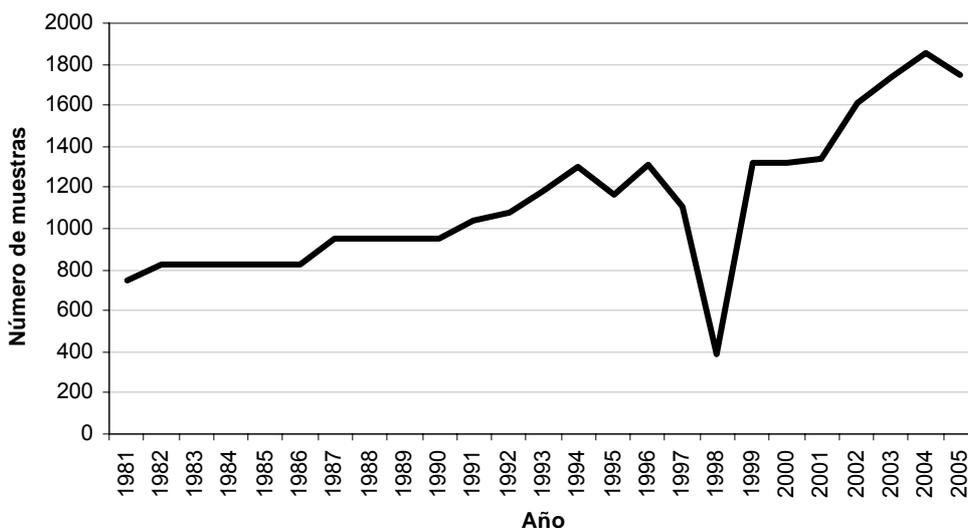


FIGURA 35. EVOLUCIÓN DEL NÚMERO DE MUESTRAS ANALIZADAS (1981 – 2005)

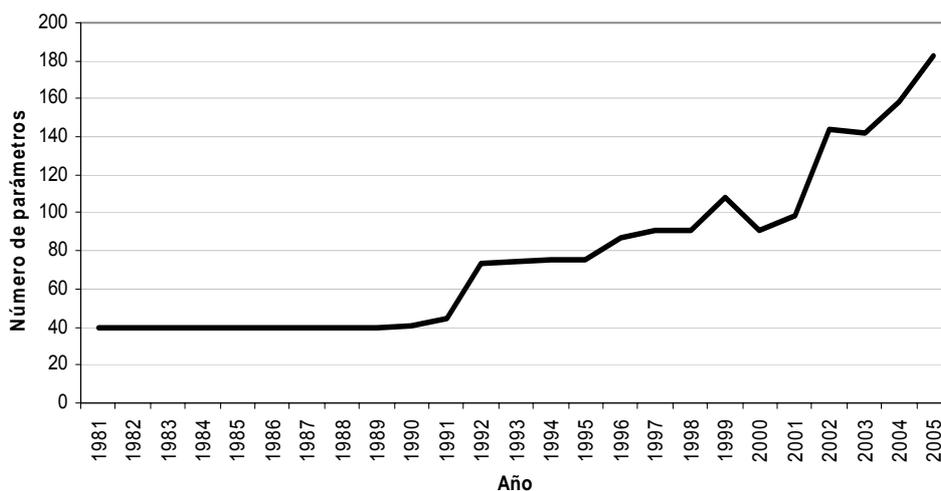


FIGURA 36. EVOLUCIÓN DEL NÚMERO DE PARÁMETROS ANALIZADOS (1981-2005)

Al objeto de cumplir con los controles de aguas superficiales establecidos actualmente en las distintas Directivas Europeas y sus correspondientes transposiciones al ordenamiento jurídico español, así como los Convenios Internacionales en los que España participa, la Red ICA consta de ocho subredes específicas, controlando cada una de ellas las características de las aguas superficiales para un determinado uso, o el nivel de determinadas sustancias contaminantes del medio.

Estas ocho subredes de control son:

- **Red COCA.** Mediante esta red, formada por 80 estaciones de control general de la calidad del agua, se pretende obtener una visión global de la calidad del agua superficial estudiada.

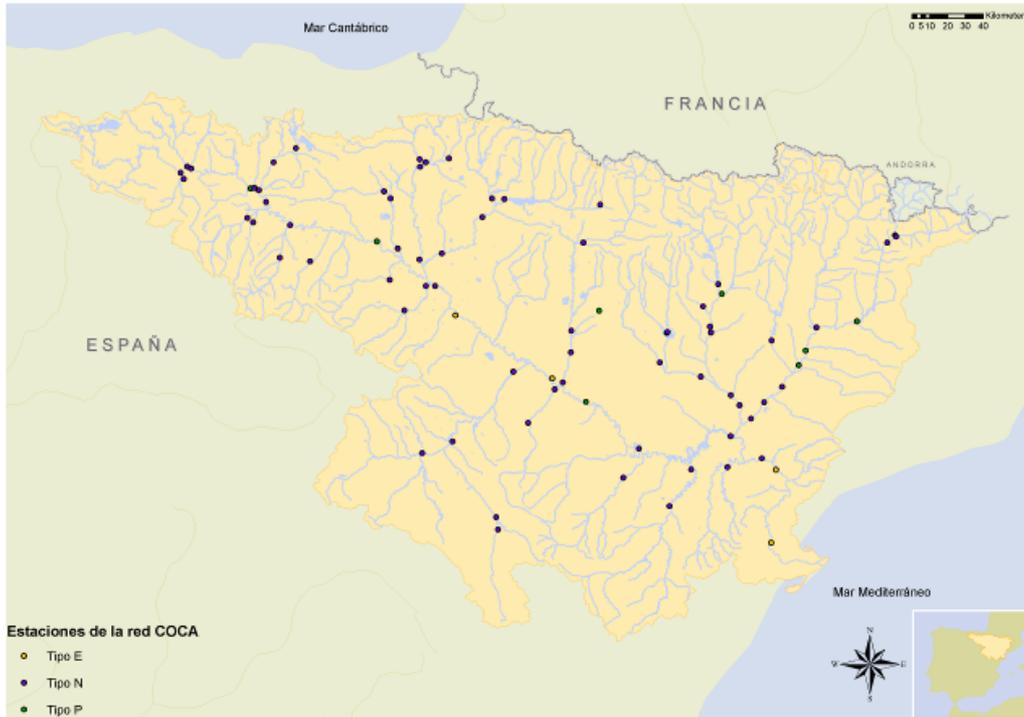


FIGURA 37. LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES DE LA RED COCA.

- **Red ABASTA.** Tiene como objetivo el seguimiento de la calidad de las aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable en el ámbito territorial de la cuenca, según determina la Directiva 75/440/CE y su transposición al ordenamiento jurídico español en el Real Decreto 927/88, por el que se establecen las normas de calidad que deben cumplir las aguas continentales destinadas a la producción de agua potable. La Directiva 78/869/CE fija el sistema de control analítico, así como la frecuencia de muestreo y métodos analíticos de referencia; al mismo tiempo, la Directiva 2000/60/CE, por medio de su artículo 7, insta a los Estados miembros a efectuar un seguimiento de aquellas masas de agua que proporcionen un promedio de más de 100 m³ de agua diarios para el

consumo humano, asemejando una población de 500 habitantes. Está formada por 146 estaciones.

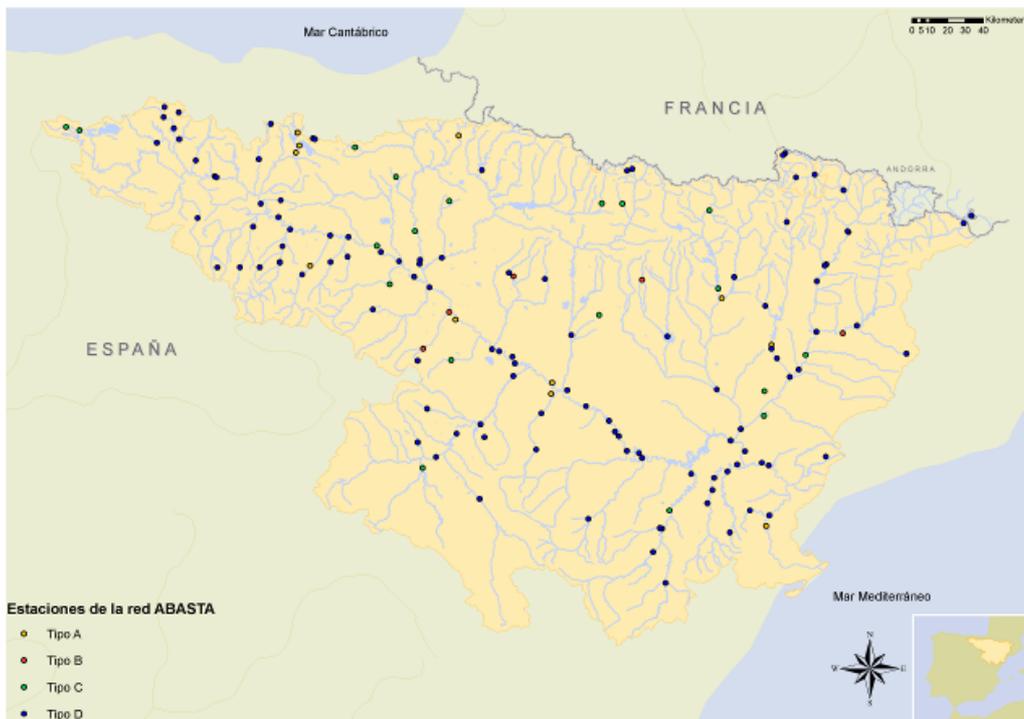


FIGURA 38. LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES DE LA RED ABASTA.

- **Red Zonas Piscícolas.** Mediante esta red se da cumplimiento a la la Directiva 78/659/CE y su transposición al ordenamiento jurídico español en el Real Decreto 927/88, en lo que refiere al control de la calidad que han de satisfacer las aguas continentales para ser consideradas aptas para la vida piscícola, y más concretamente de aquellas aguas declaradas como *ciprinícolas* y *salmonícolas*. Compuesta por 15 estaciones.

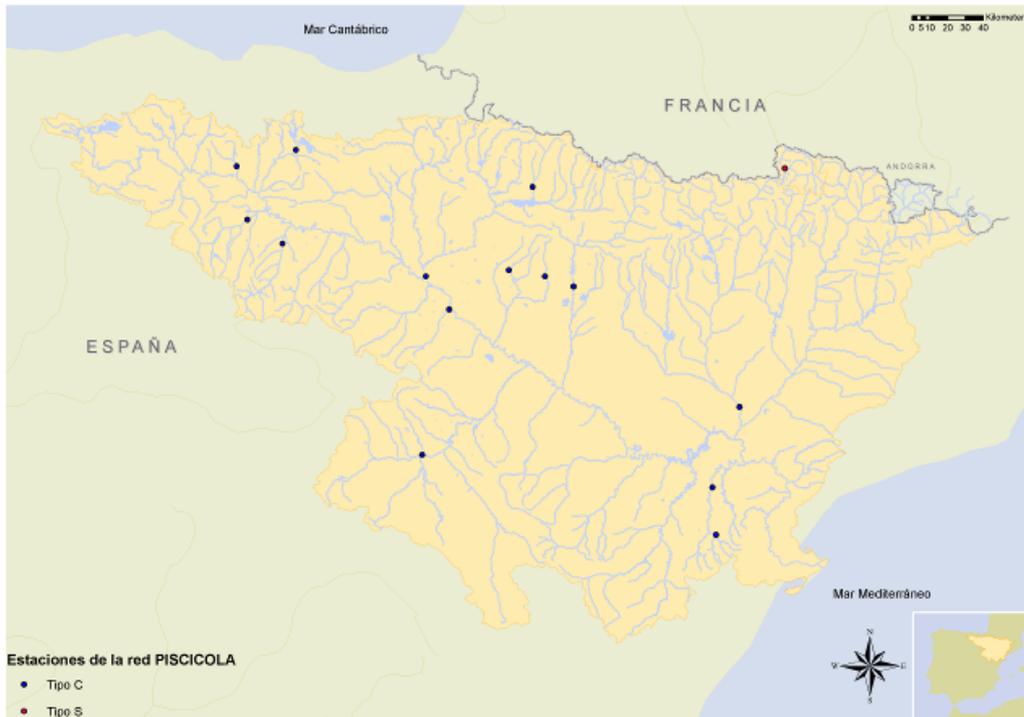


FIGURA 39. LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES DE LA RED ZONAS PISCÍCOLAS.

- **Red Nutrientes.** El anexo IV de la DMA incluye en su definición de zonas protegidas las *zonas sensibles en lo que a nutrientes se refiere*, incluyendo en ellas las zonas afectadas por la Directiva 91/676/CEE y las zonas declaradas como sensibles por la Directiva 91/271/CEE. Debido a la notable importancia que la DMA da al control de las zonas sensibles a los nutrientes, se ha establecido esta red específica para su control con 37 estaciones, en la que se han incluido algunos tramos de río, pero principalmente embalses con tendencia a la eutrofización.

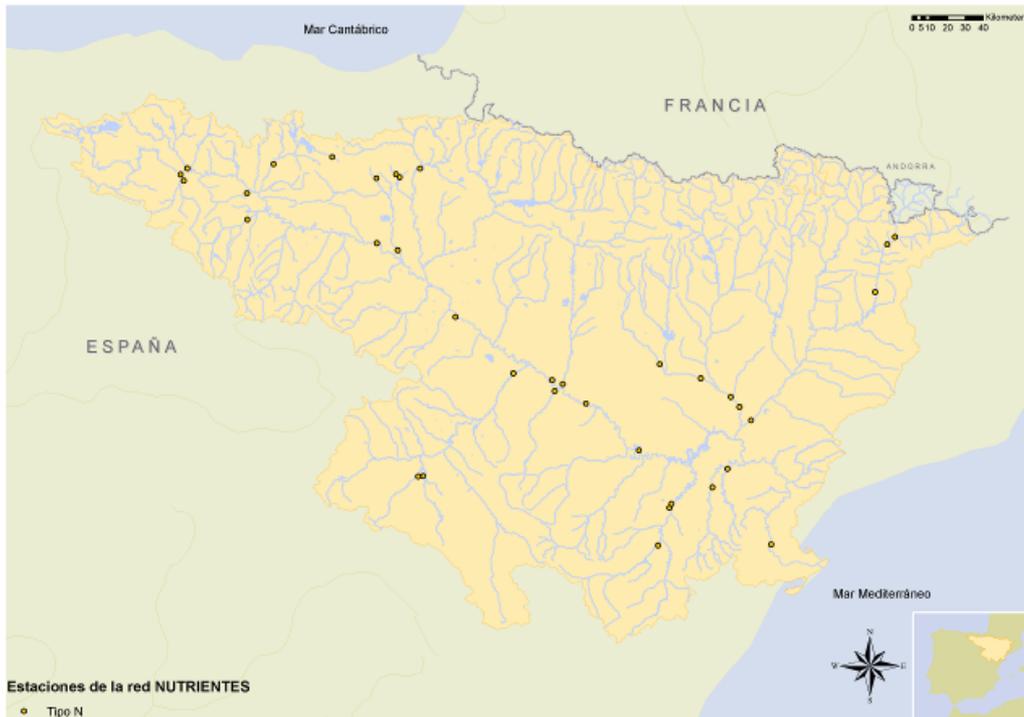


FIGURA 40. LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES DE LA RED NUTRIENTES.

- **Red Zonas de Baño.** La Directiva 76/160/CE y su transposición al ordenamiento jurídico español en el Real Decreto 734/1988, establecen las normas de calidad que han de satisfacer las aguas continentales para ser consideradas aptas para el baño, con objeto de proteger la salud pública y el medio ambiente. Es por ello que se establece esta red de control con 30 estaciones, para caracterizar esta agua con objeto de poder obtener un diagnóstico de la aptitud de las mismas para este fin.

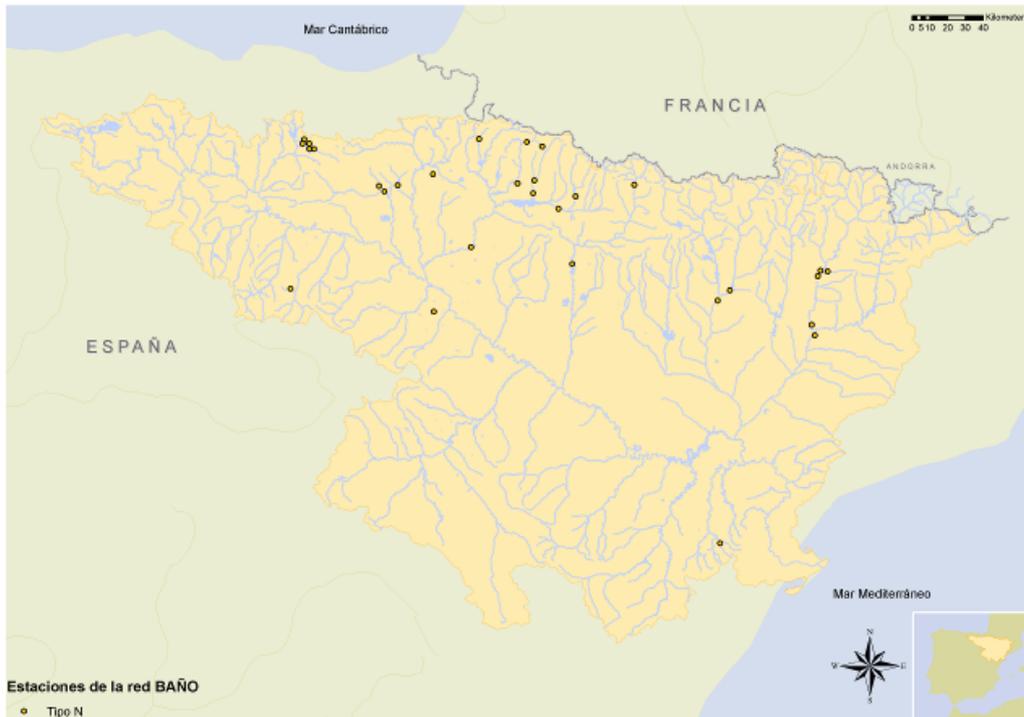


FIGURA 41. LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES DE LA RED ZONAS DE BAÑO.

- **Red Sustancias Peligrosas.** Tanto la DMA como la 76/464/CEE y su Directivas derivadas, obligan a los Estados Miembros a establecer estaciones para el control de la contaminación causada en el ecosistema acuático por determinadas sustancias peligrosas aguas abajo de sus puntos de emisión. Estos puntos son difusos en determinados casos como los pesticidas utilizados en agricultura, por lo que no es posible aplicar los mismos criterios de diseño de la red de vigilancia que en el resto de los casos, por ello se han definido dos subredes con distintos puntos de control, frecuencia, parámetros y matrices:
 - o **Red de Control de Sustancias Peligrosas (RCSP).** Fue creada en 1992 para dar cumplimiento a la Directiva 76/464/CEE y monitorizar en el agua, los sedimentos y la biota, las variaciones en el tiempo de las sustancias incluidas en las Listas I y II de la citada Directiva que se vierten a través de vertidos industriales o de forma puntual. En agua se han fijado unos objetivos de calidad (OCAs), mientras que en los sedimentos y la biota el objetivo es que las concentraciones

de estas sustancias no aumenten con el tiempo (principio básico de mejora continua o standstill).

Se establecen de esta forma dos tipos de controles mediante esta subred: el *control básico*, para dar cumplimiento de los OCA's establecidos por la Directiva 76/464/CEE y el Real Decreto 995/2000; y el *control suplementario* de los compuestos de la Lista I y II, mediante nueve estaciones de muestreo.

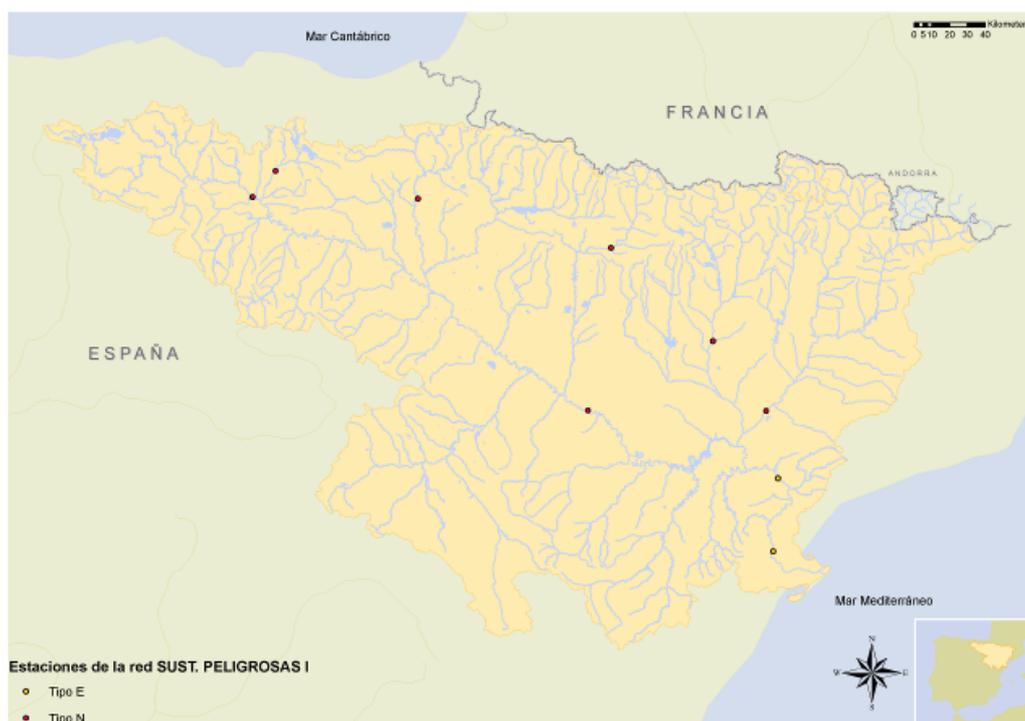


FIGURA 42. LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES DE LA RED RCSP

- **Red de Control de Plaguicidas (RCP).** El igual que la RCSP esta red pretenden dar cumplimiento a la Directiva 76/464/CEE en lo referente a sustancias peligrosas provenientes de un origen difuso, principalmente de uso agrícola incluidas en las Listas I y II, así como la Lista de Sustancias Prioritarias establecida por la Directiva 200/60/CE, mediante el estudio de las concentraciones de estas sustancias aguas abajo de zonas principalmente agrícolas (9 estaciones). Al mismo tiempo se da cumplimiento de las OCA's establecidas en la Directiva 76/464/CEE y el Real Decreto 995/2000.

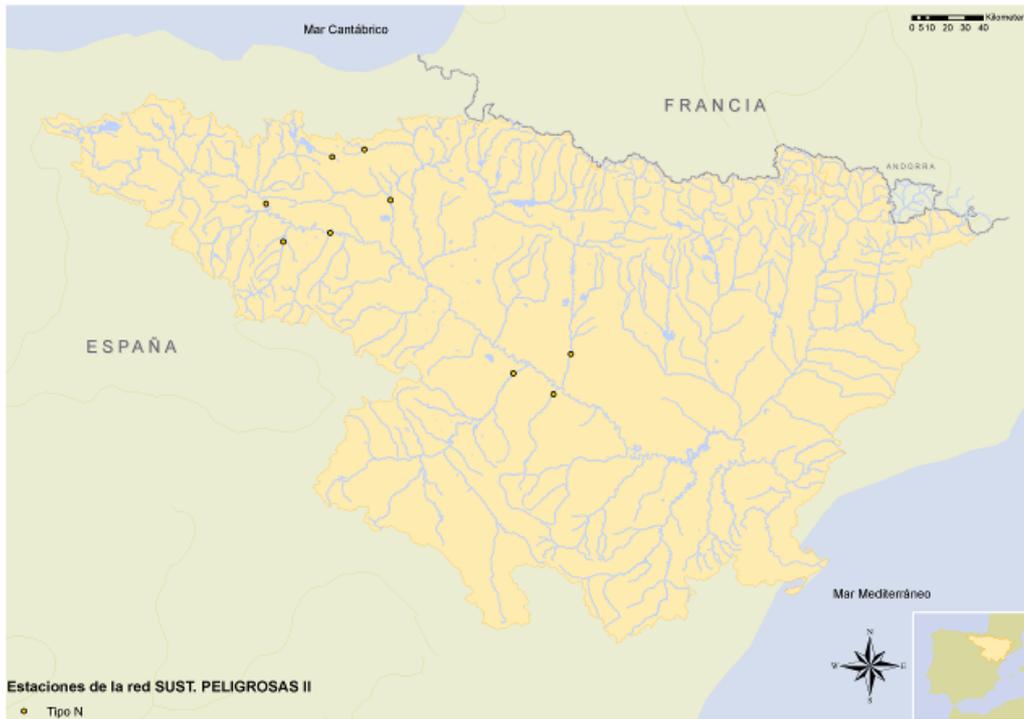


FIGURA 43. LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES DE LA RED RCP.

- **Red Intercambio de Información con la Unión Europea.** Su objetivo es el intercambio de información analítica con el resto de países miembros de la Unión Europea regulado por la Decisión del Consejo 77/795/CE (modificada posteriormente por la Decisión 86/574/CEE). Está compuesta por 3 estaciones.

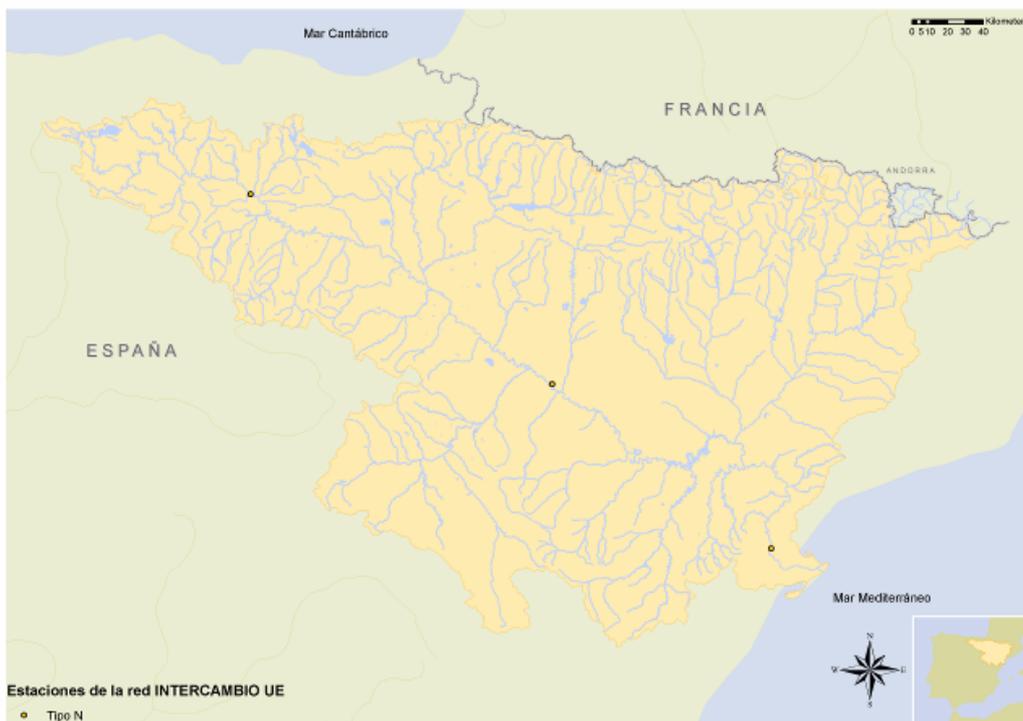


FIGURA 44. LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES DE LA RED INTERCAMBIO UE.

- **Red de Control de Radioactividad.** Compuesta por siete estaciones, seis de ellas en torno a las centrales nucleares de Ascó y Garoña, y el resto repartidas por la Cuenca, en los ríos Ebro y Segre, en las que de forma periódica se realizan por parte del CEDEX ensayos específicos de radioactividad en agua.

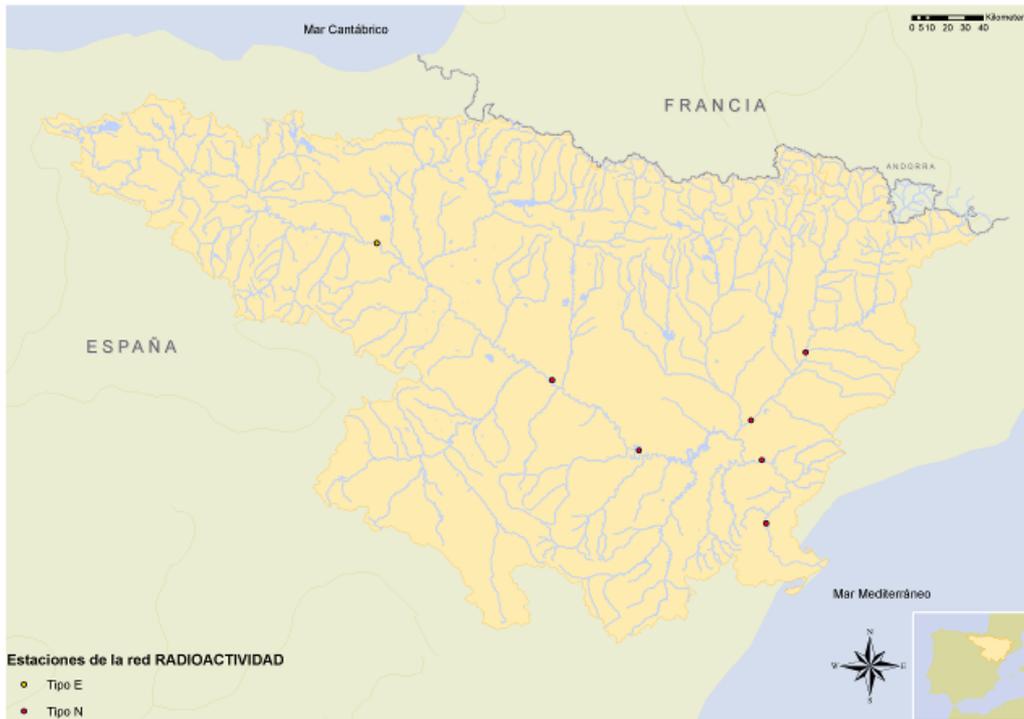


FIGURA 45. LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES DE LA RED RADIOACTIVIDAD.

Cada una de las subredes que componen la red ICA tiene uno o varios tipos de estaciones, diferenciadas en función del tipo y frecuencia de la información que se desea obtener de cada una de ellas. En la FIGURA 17 se definen para cada tipo de estación la frecuencia de muestreo y los parámetros a analizar.

TABLA 17. FRECUENCIAS Y PARÁMETROS MEDIDOS ACTUALMENTE EN LA RED ICA.

Subred	Tipo	Frecuencia	Parámetros
Abasta	A	Grupo 1: Mensual Grupo 2: Trimestral Grupo 3: Anual	Grupo 1: Amonio total, Aspecto, Cloruros, Conductividad a 20°C, DBO ₅ , Fosfatos, Materia Orgánica U.V., Materias en suspensión, Nitratos, Oxígeno disuelto (mg/L y % sat.), pH, Temperatura del agua, Temperatura del aire Grupo 2: Cobre, coliformes fecales, coliformes totales, Detergentes, Fenoles, Hierro, Manganeso, Nitrógeno Kjeldahl, Sulfatos, Zinc. Grupo 3 Arsénico, Bario, Boro, Cadmio, Cianuros, Cromo total, Estreptococos fecales, Fluoruros, Hidrocarburos dis. o emul., Mercurio, PAH's Dir. 75/440/CEE, Plaguicidas Dir. 75/440/CEE, Plomo, Salmonellas, Selenio.
	B	Grupo 1: Bimestral Grupo 2: Semestral Grupo 3: Anual	
	C	Grupo 1: Cuatrimestral Grupo 2: Semestral Grupo 3: Anual	
	D	Grupo 1: Semestral Grupo 2: Anual Grupo 3: Anual	
Baño	N	Quincenal	Coliformes fecales, coliformes totales, Color, Conductividad a 20°C, Escherichia Coli, Estado meteorológico, Estreptococos fecales, Oxígeno disuelto (mg/L y % sat.), pH, Presencia de aceites minerales, Presencia de fenoles, Presencia de sustancias tensioactivas, Presión atmosférica (Ref. nivel del mar), Residuos alquitranados y materias flotantes, Salmonellas, Temperatura del agua, Temperatura del aire, Transparencia disco Secchi.
COCA	N	Grupo 1: Mensual Grupo 2: Semestral Grupo 3: Anual Grupo 4: Anual	Grupo 1 Aspecto, Caudal, Conductividad a 20°C, DBO ₅ , Materia Orgánica U.V., Materias en suspensión, Oxígeno disuelto (mg/L y % sat.), pH, Temperatura del agua, Temperatura del aire. Grupo 2 Alcalinidad, Amonio total, Calcio, Cloruros, Coliformes totales, Detergentes, Fosfatos, Magnesio, Nitratos, Potasio, Sodio, Sulfatos. Grupo 3 Cadmio, Cianuros, Cromo total, Fenoles, Fluoruros, Hidrocarburos dis. O emul., Mercurio Grupo 4 Zinc, Cobre, Hierro disuelto, Manganeso, Arsénico, Plomo.
	E	Grupo 1: Mensual Grupo 2: Mensual Grupo 3: Mensual Grupo 4: Mensual	
	P	Grupo 1: Mensual Grupo 2: Trimestral Grupo 3: Trimestral Grupo 4: Semestral	
Intercambio UE	N	Mensual	Amonio total, Cadmio, Caudal, Cloruros, Coliformes fecales, Coliformes totales, Conductividad a 20°C, DBO ₅ , Detergentes, Estreptococos fecales, Fosfatos, Fósforo total, Materia Orgánica U.V., Mercurio, Nitratos, Oxígeno disuelto (mg/L y % sat.), pH, Salmonellas, Temperatura del agua.

Subred	Tipo	Frecuencia	Parámetros
Nutrientes	N	Mensual	Amonio total, Conductividad a 20°C, Fosfatos, Fósforo total, Materia Orgánica U.V., Materias en suspensión, Nitratos, Nitrito, Nitrógeno Kjeldahl, Oxígeno disuelto (mg/L y % sat.), pH, Temperatura del agua, Temperatura del aire.
Piscícola	C y S	Mensual	Amoniaco no ionizado, Amonio total, Aspecto, Cloro residual, Cobre, Conductividad a 20°C, DBO5, Fenoles (gustativo), Fósforo total, Hidrocarburos del petróleo, Materia Orgánica U.V., Materias en suspensión, Nitritos, Oxígeno disuelto (mg/L y % sat.), pH, Temperatura del agua, Temperatura del aire, Zinc.
Plaguicidas	N	Mensual	3,4-Dicloroanilina, 4,4'-Diclorobenzofenona, 4-Isopropilanilina, Alacloro, Aldrín, Ametrina, Atrazina, Clorfenvinfos, Clorpirifos, Conductividad a 20°C, DDT's y metabolitos, Desetilatrazina, Dicolfol, Dieldrín, Dimetoato, Diuron, Endosulfan-sulfato, Endrín, Ensosulfan, HCH's, Hexaclorobenceno, Isodrín, Isoprofuron, Metolacoloro, Metoxicloro, Molinato, Oxígeno disuelto (mg/L y % sat.), Partion-etil, Partion-metil, pH, Prometon, Prometrina, Propazina, Simazina, Temperatura del agua, Temperatura del aire, Terbutilazina, Terbutrina, Tetradifon, Trifluralina.
Radioactividad	N	Mensual	Indicativos de radiactividad.
	E	Trimestral	
Sustancia peligrosas (I y II)	N	Agua: Mensual Peces: Anual (Sept. – Oct.) Sedimentos: Anual (Sept. – Oct.)	AGUA: 1,1,1-Tricloroetano, 1,2-Dicloroetano, Aldrín, Arsénico, Benceno, Cadmio, Cianuros, Cloroformo, Cobre, Compuestos del tributilestaño, Conductividad a 20°C, Cromo total, DDT's y metabolitos, Diclorobencenos, Dieldrín, Endrín, Etilbenceno, Fluoruros, HCH's, Hexaclorobenceno, Hexaclorobutadieno, Isodrín, Mercurio, Monoclorobenceno, Naftaleno, Níquel, Oxígeno disuelto (mg/L y % sat.), Pentaclorofenol, Percloroetileno, pH, Plomo, Selenio, Temperatura del agua, Temperatura del aire, Tetracloruro de carbono, Tolueno, Triclorobencenos, Tricloroetileno, Xilenos, Zinc. PECES Y SEDIMENTOS: Aldrín, Antraceno, Arsénico, Benzo(g,h,i)perileno, Benzo(k)fluoranteno, Benzofluoranteno, Benzopireno, Cadmio, Cobre, Compuestos del tributilestaño, Cromo, DDT's y metabolitos, Dieldrín, Endrín, Fluoranteno, HCH's, Hexaclorobenceno, Hexaclorobutadieno, Indeno(1,2,3-c,d)pireno, Isodrín, Mercurio, Naftaleno, Níquel, Pentaclorofenol, Plomo, Selenio, Triclorobencenos, Zinc.
	E	Igual que el grupo N salvo los siguientes parámetros en agua que son quincenales	1,1,1-Tricloroetano, 1,2,3-Triclorobenceno, 1,2,4-Triclorobenceno, 1,2-Dicloroetano, Cadmio, Cloroformo, Diclorobencenos, Hexaclorobutadieno, Mercurio, Monoclorobenceno, Percloroetileno, Tetracloruro de carbono, Tricloroetileno.

Subred	Tipo	Frecuencia	Parámetros
Sustancias peligrosas Preferentes	II N	Agua: Mensual Peces: Annual (Sept. – Oct.) Sedimentos: Annual (Sept. – Oct.)	AGUA: 1,1,1-Tricloroetano, Arsénico, Benceno, Cianuros, Cobre, Compuestos del tributilestaño, Conductividad a 20°C, Cromo total, Diclorobencenos, Etilbenceno, Fluoruros, Monoclorobenceno, Naftaleno, Níquel, Oxígeno disuelto (mg/L y % sat.), pH, Plomo, Selenio, Temperatura del agua, Temperatura del aire, Tolueno, Xilenos, Zinc. PECES Y SEDIMENTOS: Antraceno, Arsénico, Benzo(g,h,i)perileno, Benzo(k)fluoranteno, Benzofluoranteno, Benzopireno, Cobre, Compuestos del tributilestaño, Cromo, Fluoranteno, Indeno(1,2,3-c,d)pireno, Naftaleno, Níquel, Plomo, Selenio, Zinc.

En la Tabla 18 se describen cada una de las 248 estaciones que componen la red ICA, así como a que subred o subredes pertenecen y que tipo de analítica se lleva a cabo en cada una de ellas.

TABLA 18. ESTACIONES DE LA RED ICA

Código Estación	Descripción	Abasta	Baño	COCA	Intercambio UE	Nutrientes	Piscícola	Plaguicidas	Radioactividad	Sust_ Peligrosas (I y II)	Sust_ Peligrosas (II Preferentes)
001	EBRO EN MIRANDA			P	N					N	
002	EBRO EN CASTEJON			N							
003	EGA EN ANDOSILLA			N		N					
004	ARGA EN FUNES	D		N							
005	ARAGON EN CAPARROSO	D		N							
009	JALON EN HUERMEDA			N							
010	JILOCA EN DAROCA	D									
011b	EBRO EN ZARAGOZA (ALMOZARA)	A		E	N	N			N		
013	ESERA EN GRAUS	D									
014	MARTIN EN HIJAR			N							
015	GUADALOPE EN ALCAÑIZ	C		N		N					
017	CINCA EN FRAGA			N		N	C	N			

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

Código Estación	Descripción	Abasta	Baño	COCA	Intercambio UE	Nutrientes	Piscícola	Plaguicidas	Radioactividad	Sust_ Peligrosas (I y II)	Sust_ Peligrosas (II Preferentes)
018	ARAGON EN JACA			N							
022	VALIRA EN SEO			N		N					
023	SEGRE EN SEO DE URGEL			N							
024	SEGRE EN LÉRIDA			N							
025	SEGRE EN SEROS			N		N		N	N		
027	EBRO EN TORTOSA			E	N	N				E	
029	EBRO EN MEQUINENZA	D		N							
032	GUATIZALEMA EN PERALTA			N							
033	ALCANADRE EN PERALTA	D		N							
036	IREGUA EN ISLALLANA	A		N							
038	NAJERILLA EN TORRENTALBO	D		N							
042	JILOCA EN CALAMOCHA			N							
050	TIRON EN CUZCURRITA			N		N	C				
060	ARBA EN GALLUR			N		N		N			
065	IRATI EN LIEDENA			N							
068	ARAQUIL EN ASIAIN			N							
069	ARGA EN ECHAURI			N		N					
071	EGA EN ESTELLA			N							
074	ZADORRA EN ARCE			N							
085	UBAGUA EN RIEZU	C				N					
087	JALÓN EN GRISEN	D		N		N		N			N
089	GALLEGO EN ZARAGOZA			N		N					
090	QUEILES-VAL EN LOS FAYOS	B									
092	NELA EN TRESPADERNE			N		N					
093	OCA EN OÑA			N		N					
095	VERO EN BARBASTRO			N							
096	SEGRE EN BALAGUER	C		P					N		
097	NOGUERA RIBAGORZANA EN PIÑANA	A		N							
099	GUADALOPE EN E. CASPE	D		N							
101	ARAGON EN YESA			N							
106	GUADALOPE EN SANTOLEA	D									

ESTUDIO Y EVOLUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE TENDENCIAS EN DATOS HISTÓRICOS DE CALIDAD DE AGUAS.
 APLICACIÓN A LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO EBRO (1981-2005).

Código Estación	Descripción	Abasta	Baño	COCA	Intercambio UE	Nutrientes	Piscícola	Plaguicidas	Radioactividad	Sust_ Peligrosas (I y II)	Sust_ Peligrosas (II Preferentes)
112	EBRO EN SASTAGO	D		N		N			N		
114	SEGRE EN PONS	D		P							
118	MARTIN EN OLIETE	D									
120	EBRO EN MENDAVIA	C		P		N			E		
121	EBRO EN FLIX	D									
123	GALLEGO EN ANZANIGO			N							
126	JALON EN ATECA			N			C				
146	NOGUERA PALLARESA EN POBLA DE SEGUR	D									
152	ARGA EN E. EUGUI	A									
159	ARGA EN HUARTE			N							
161	EBRO EN CERECEDA			N		N					
162	EBRO EN PIGNATELLI	A		E		N		N			
163	EBRO EN ASCO			E				N		E	
165	BAYAS EN MIRANDA			N							
166	JEREA EN PALAZUELOS			N							
169	NOGUERA PALLARESA EN CAMARASA	D		N							
176	MATARRAÑA EN NONASPE	D		N		N					
179	ZADORRA EN VITORIA TRESPUENTES			N		N				N	
180	ZADORRA EN DURANA	A		N			C				
189	ORONCILLO EN ORON					N					
197	LEZA EN LEZA	D									
203	HIJAR EN REINOSA	C									
205	ARAGON EN SANGÜESA			N							
206	SEGRE EN PLA DE SAN TIRS			N		N					
207	SEGRE EN TERMENS	D		P							
208	EBRO EN CONCHAS DE HARO			N							N
210	EBRO EN RIBARROJA	D		N					N		
211	EBRO EN PRESA PINA	D		P		N				N	
214	ALHAMA EN ALFARO			N							
216	HUERVA EN ZARAGOZA			N		N					
217	ARGA EN ORORBIA			N							

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

Código Estación	Descripción	Abasta	Baño	COCA	Intercambio UE	Nutrientes	Piscícola	Plaguicidas	Radioactividad	Sust_ Peligrosas (I y II)	Sust_ Peligrosas (II Preferentes)
219	SEGRE EN TORRES DE SEGRE			N						N	
225	CLAMOR AMARGA EN Z Aidin			N		N		N			
226	ALCANADRE EN ONTIÑENA			N		N		N			
227	FLUMEN EN SARIÑENA			N		N					
228	CINCA EN MONZON			N							
238	ARANDA EN MAIDEVERA	D									
240	OJA EN CASTAÑARES	D		N							
241	NAJERILLA EN BAÑOS	D		N							
242	CIDACOS EN AUTOL	C		N							
243	ALHAMA EN FITERO			N							
244	JILOCA EN LUCO			N							
246	GALLEGO EN ONTINAR	D		N							
247	GALLEGO EN VILLANUEVA			N							N
414	CANAL ARAGON Y CATALUÑA EN C. SAN JOSE	A		P							
421	C. MONEGROS EN ALMUDEVAR	C		P							
441	CINCA EN EL GRADO	C		N							
502	EBRO EN SARTAGUDA	D									
503	EBRO EN SAN ADRIAN	D									
504	EBRO EN RINCON DE SOTO	D									
505	EBRO EN ALFARO	D									
506	EBRO EN TUDELA	B					C				
507	CANAL IMPERIAL EN ZARAGOZA	A									
508	EBRO EN GALLUR	D									
509	EBRO EN REMOLINOS	D									
510	EBRO EN QUINTO	D									
511	EBRO EN BENIFALLET	D									
512	EBRO EN CHERTA	A							N		
513	NELA EN CIGÜENZA	D									
514	TRUEBA EN QUINTANILLA DE PIENZA	D									

ESTUDIO Y EVOLUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE TENDENCIAS EN DATOS HISTÓRICOS DE CALIDAD DE AGUAS.
 APLICACIÓN A LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO EBRO (1981-2005).

Código Estación	Descripción	Abasta	Baño	COCA	Intercambio UE	Nutrientes	Piscícola	Plaguicidas	Radioactividad	Sust_ Peligrosas (I y II)	Sust_ Peligrosas (II Preferentes)
516	OROPESA EN PRADOLUENGO	D									
517	OJA EN EZCARAY	D									
519	ZADORRA EN E. ULLIVARRI	A									
520	ADRIN Y URQUIOLA EN E. ALBINA	A									
523	NAJERILLA EN NAJERA	D					C				
524	BCO CADAJON EN SAN MILLAN DE LA COGOLLA	D									
525	INGLARES EN BERGANZO	D									
528	JUBERA EN VENTAS BLANCAS	D									
529	ARAGON EN CASTIELLO	C									
530	ARAGON EN MILAGRO						C				
531	IRATI EN AOIZ	D									
532	RGTA. MAIRAGA EN E. MAIRAGA	C									
533	ARGA EN MIRANDA DE ARGA	C									
534	ALZANIA EN E. URDALUR	C									
537	ARBA DE BIEL EN LUNA	D					C				
538	AGUAS LIMPIAS EN E. SARRA	D									
539	AURIN EN ISIN	C									
541	HUECHA EN BULBUENTE	C									
542	AYO. AGRAMONTE EN AGRAMONTE	D									
543	ERR EN LLIVIA	D									
544	LLOBREGOS EN MAS DE CULNERAL	D									
546	BCO. SANTA ANA EN SORT	D									
547	NOGUERA RIBAGORZANA EN ALBESA	D									
549	CINCA EN BALLOBAR	D									
550	GUATIZALEMA EN E. VADIELLO	B									
553	PIEDRA EN E. TRANQUERA	C									
556	BCO. PRADES EN CORNUDELLA	D									

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

Código Estación	Descripción	Abasta	Baño	COCA	Intercambio UE	Nutrientes	Piscícola	Plaguicidas	Radioactividad	Sust_ Peligrosas (I y II)	Sust_ Peligrosas (II Preferentes)
558	GUADALOPE EN CALANDA	D									
559	MATARRAÑA EN MAELLA	D				N	C				
560	CANAL DE BARDENAS EN EJEJA	B									
561	GALLEGO EN JABARRELLA									N	
562	CINCA EN MONZON (aguas abajo)			N						N	
564	ZADORRA EN SALVATIERRA					N					N
565	HUERVA EN ZARAGOZA (Fte. De La Junquera)										N
569	ARAQUIL EN ALSASUA										N
570	HUERVA EN MUEL			N							
571	EBRO EN LOGROÑO-VAREA	D									N
572	EGA EN ARINZANO			N							N
574	NAJERILLA EN NAJERA (Aguas abajo)										N
577	ARGA EN PUENTE LA REINA									N	
580	EBRO EN CABAÑAS	D									
581	SEGRE EN GRANJA DE ESCARPE	D									
582	CANALETA EN BOT	D									
583	GRÍO EN LA ALMUNIA DE DOÑA GODINA	D									
584	ALPATIR EN ALPARTIR	D									
585	MANUBLES EN MORÓS	D									
586	JALÓN EN SAVIÑÁN	D									
587	MATARRAÑA EN MAZALÉON	D									
588	EBRO EN GELSA	D									
589	EBRO EN LA ZAIDA	D									
590	EBREO EN ESCATRÓN	D									
591	C. DE SERÓS EN EMBALSE DE UTXESA	C									
592	EBRO EN PINA DE EBRO	D									
593	JALÓN EN TERRER	D									

ESTUDIO Y EVOLUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE TENDENCIAS EN DATOS HISTÓRICOS DE CALIDAD DE AGUAS.
 APLICACIÓN A LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO EBRO (1981-2005).

Código Estación	Descripción	Abasta	Baño	COCA	Intercambio UE	Nutrientes	Piscícola	Plaguicidas	Radioactividad	Sust_ Peligrosas (I y II)	Sust_ Peligrosas (II Preferentes)
594	NAJERILLA EN BAÑOS DE RÍO TOBÍA	D									
595	EBRO EN SAN VICENTE DE LA SONSIERRA	D									
596	HUERVA EN MARÍA DE HUERVA	D									
597	BARRANCO VIÑASOLA EN VILALLER	D									
598	GUADALOPE EN SANTOLEA-DERIV. AC. PINILLA	D									
599	EBRO EN REINOSA	C									
600	BERGANTES EN FORCALL	D									
606	NOGUERA PALLARESA EN SORT	D									
607	FLAMISELL EN POBLA DE SEGUR	D									
608	NOGUERA PALLARESA EN TREMP	D									
609	SALÓN EN VILLATOMIL	D									
610	OCA EN ROZQUEMADA	D									
612	HUERVA EN VILLANUEVA DE HUERVA	D									
613	MATARRAÑA EN FABARA	D									
614	MATARRAÑA EN EMBALSE DE RIBARROJA	D									
615	EBRO EN ALMATRET	D									
616	CINCA DERIVACIÓN ACEQUIA PAULES	C									
617	EBRO EN PRADILLA DE EBRO	D									
618	GÁLLEGO EN EMBALSE DEL GÁLLEGO	D									
619	NEGRO EN VIELLA	D									
620	CERNEJA EN AGÜERA	D									
621	SEGRE-DERIVACIÓN CANAL URGEL	B									
622	GÁLLEGO-DERIVACIÓN ACEQUIA URDANA	D									
623	ALGÁS EN MAS DE BAÑETES	D									

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

Código Estación	Descripción	Abasta	Baño	COCA	Intercambio UE	Nutrientes	Piscícola	Plaguicidas	Radioactividad	Sust_ Peligrosas (I y II)	Sust_ Peligrosas (II Preferentes)
624	EBRO EN AGONCILLO	D									
625	NOGUERA RIBAGORZANA EN ALFARRÁS	D									
626	TRUEBA EN ESPINOSA DE LOS MONTEROS	D									
627	N. RIBAGORZANA-DERIVACIÓN AC. CORBINS	D									
628	BARRANCO CALVÓ	D									
629	ARROYO RUPANDO	D									
630	BARRANCO EL REGAJO	D									
631	CANAL INTERNACIONAL DE PUIGCERDÁ	D									
632	BARRANCO UGUARANA	D									
633	BARRANCO ARCOCHOSTE	D									
634	BARRANCO SAN ANTONIO	D									
635	BARRANCO	D									
636	MALO EN BAQUEIRA	D									
637	HERRERA EN HERRERA	D									
638	SON EN ESTERRI DE ANEU	D									
639	EBRO EN SANTA MARÍA DE GAROÑA	D									
640	EBRO EN SANTA MARIA DE GAROÑA	D									
641	JEREA EN PEDROSA DE TOBALINA	D									
642	SALVES EN NESTARES	D									
643	PADROBASO EN ZAYA	D									
644	BAYAS EN ALDAROA	D									
647	ARGA EN PERALTA	D									
648	SEGRE-DERIVACIÓN ACEQUIA DEL CUP	C									
649	ZONA DE EMBALSE DE SANTA ENGRACIA					N					
701	OMECILLO EN ESPEJO						C				
702	ESCA EN SIGUES						C				
703	ARBA DE LUESIA EN BIOTA	D					C				
704	GALLEGO EN ARDISA						C				
705	GARONA EN VALLE DE						S				

ESTUDIO Y EVOLUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE TENDENCIAS EN DATOS HISTÓRICOS DE CALIDAD DE AGUAS.
 APLICACIÓN A LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO EBRO (1981-2005).

Código Estación	Descripción	Abasta	Baño	COCA	Intercambio UE	Nutrientes	Piscícola	Plaguicidas	Radioactividad	Sust_ Peligrosas (I y II)	Sust_ Peligrosas (II Preferentes)
	ARAN										
706	MATARRAÑA EN VALDERROBRES						C				
801	E. DE BÚDAL. CLUB NAUTICO		N								
802	CINCA EN ESTADA. PUENTE DE LAS PILAS		N								
803	E. DE BARASONA. PLAYETA DE BARAWSONA		N								
804	ARAGÓN SUBORDÁN. LA PEÑETA-POZA DE RELUCHERO		N								
805	BCO. VISÚS		N								
807	MATARRAÑA EN BECEITE. PISCINA NATURAL "ASSUT"		N								
808	GÁLLEGO EN PUNTE DE STA. EULALIA		N								
809	E. YESA EN SALVATIERRA. CAMPING 2		N								
810	SEGRE EN CAMARASA. PUENTE ROMANO		N								
811	E. CAMARASA. C.N. LA MASSANA		N								
812	E. SAN ANTONIO. CHIRINGUITO CRTA. ARAMUNT		N								
813	E. SAN ANTONIO EN SALAS DE PALLARS. PIOLET		N								
814	E. SAN ANTONIO EN TALARN. CAMPING GASSET		N								
815	UREDERRA EN AMESCOA BAJA		N								
816	ESCA EN BURGUI. LA PRESA		N								
817	ARGÓN EN CARCASTILLO. LA PRESA		N								
818	URROBI EN ERRO. CAMPING URROBI		N								
819	MTAL. AGUA SALADA EN ESTELLA		N								
820	BALSA DE LA MOREA EN GALAR		N								

Código Estación	Descripción	Abasta	Baño	COCA	Intercambio UE	Nutrientes	Piscícola	Plaguicidas	Radioactividad	Sust_ Peligrosas (I y II)	Sust_ Peligrosas (II Preferentes)
821	E. DE ALLOZ EN GUESALAZ. PIEZA REDONDA		N								
822	BCO. DE LA FOZ DE ENASA EN NAVASCUÉS. PISCINA FLUVIAL		N								
823	ANDUÑA EN OCHAGAVÍA. PISCINA FLUVIAL		N								
824	BALSA EL PULGUER EN TUDELA		N								
825	USTARROZ EN USTARROZ. PISCINA FLUVIAL		N								
826	E. GONZÁLEZ-LACASA EN ORTIGOSA		N								
827	E. ULLIBARRI. LANDA I		N								
828	E. ULLIBARRI. LANDA II		N								
829	E. ULLIBARRI. ISLA ZUAZA		N								
830	E. ULLIBARRI GARAIO I		N								
831	E. ULLIBARRI. GARAIO II		N								
R215	PIEDRA EN NUÉVALOS					N					
R235	GUADALOPE EN MAS DE LAS MATAS					N					
R238	GUADALOPE EN ALCAÑIZ (AGUAS ABAJO)					N					
R265	MESA EN IBDES					N					
R422	SALADO EN ESTENOZ					N					
R478	SEGRE AGUAS ARRIBA EMBALSE DE RIALB					N					

Las determinaciones realizadas a cada una de las muestras tomadas en cada punto de muestreo van a depender de tipo de calidad asignada que tiene cada tramo de cauce público (FIGURA 46) controlado mediante esta red. Debido a que estos objetivos van cambiando con el tiempo y que las nuevas normativas desarrolladas establecen nuevos parámetros de control, el número de parámetros analizados ha ido evolucionando con el tiempo (FIGURA 46) hasta alcanzar los 172 previstos para el bienio 2005-2006.

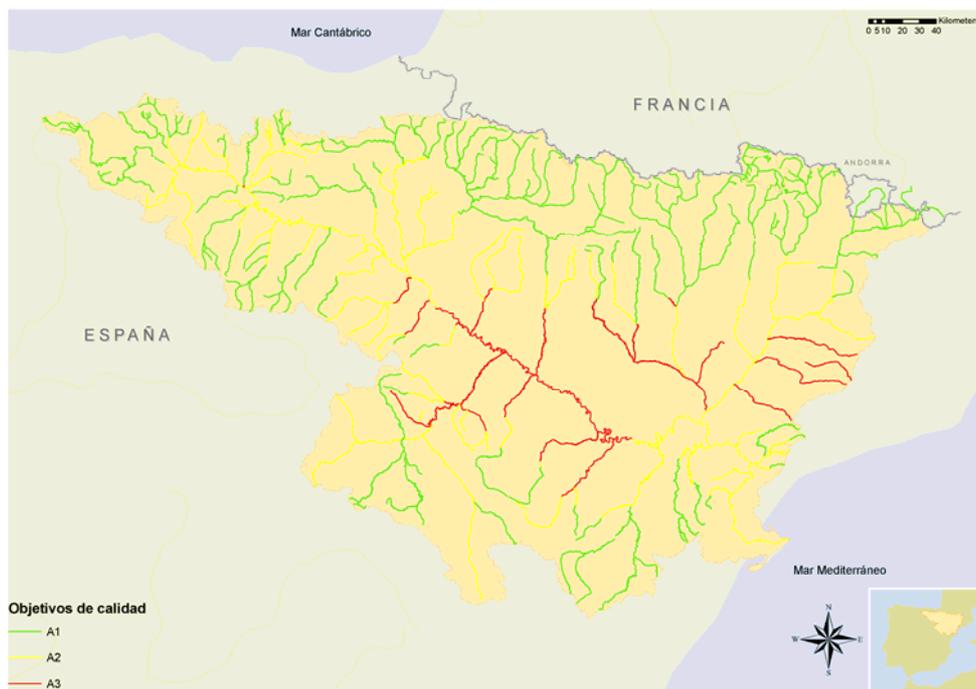


FIGURA 46. OBJETIVOS DE CALIDAD ASIGNADOS A CADA TROMO DE CAUCE EN LA CUENCA DEL EBRO.

Todo ello implica la realización, por parte de los laboratorios implicados (propios de la CHE y externos mediante subcontratación), de una enorme cantidad de análisis al cabo del año (FIGURA 46), siendo esta de 50.645 determinaciones las realizadas en el año 2005.

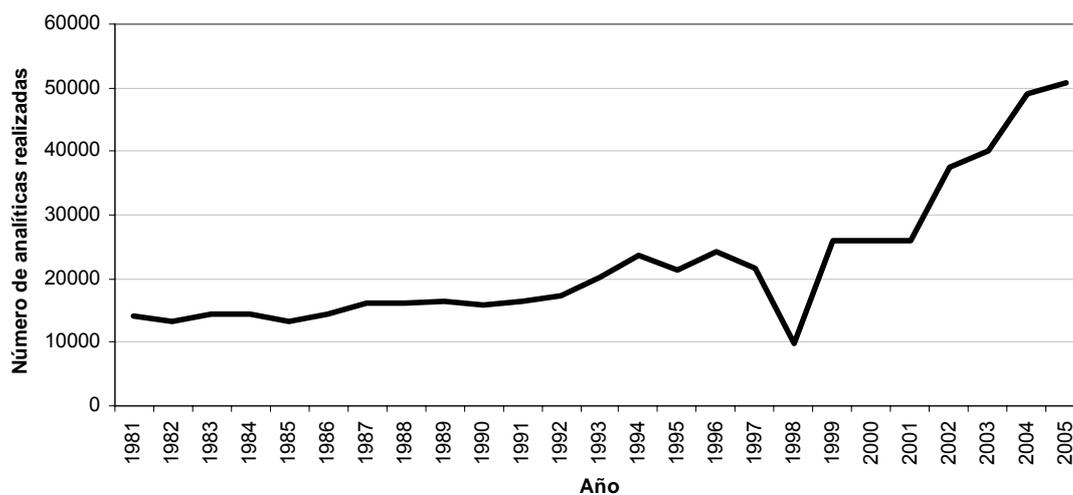


FIGURA 47. EVOLUCIÓN DEL NÚMERO DE ANÁLISIS REALIZADOS (1980-2003)

Esta gran cantidad de datos sirve a los gestores de cuenca para el control y seguimiento de la calidad de las aguas superficiales de la cuenca y es almacenada en bases de datos que permiten, mediante las herramientas adecuadas, estudiar la evolución de la misma a lo largo del tiempo.

CAPÍTULO II:
MÉTODOS EXPERIMENTALES

II. MÉTODOS EXPERIMENTALES

A continuación se describen los métodos experimentales utilizados para la realización del presente trabajo de investigación. En el presente capítulo, se muestran dos apartados, definiéndose en el primero la red de muestreo y metodología empleada, mientras que en el segundo se detallan tanto las técnicas estadísticas descriptivas utilizadas para alcanzar un mayor conocimiento del sistema acuático estudiado, como las herramientas matemáticas utilizadas para llevar a cabo el estudio de tendencias objeto del presente trabajo.

II.1. Descripción de las estaciones de muestreo seleccionadas y metodologías analíticas

En el presente epígrafe se describe la red de muestreo y la metodología analítica empleada por la Confederación Hidrográfica del Ebro para la obtención de los datos analíticos de calidad de las aguas que se utilizan en el presente estudio.

II.1.1. Estaciones de muestreo

A la hora de abordar un estudio de las tendencias de calidad de aguas de un gran río, como es el Río Ebro y sus principales afluentes, es necesario disponer de una red de estaciones de muestreo que, situadas a lo largo de toda su extensión, nos permita tener los datos necesarios para llevar a cabo dicho estudio.

Tal y como se describió en el capítulo I, la Confederación Hidrográfica del Ebro, englobada dentro de su red ICA, dispone de una red de control de la calidad general de sus aguas, la denominada red COCA, con 80 estaciones en la actualidad.

La selección de las estaciones se realizó en base a su disponibilidad de datos históricos suficientes para llevar a cabo la realización del presente estudio, y su situación geográfica, debido a que el presente trabajo tan sólo estudia el tronco del Río Ebro y sus cinco principales afluentes.

A continuación se muestra una ficha descriptiva de cada una de las 36 estaciones seleccionadas para la realización del presente trabajo, con objeto de dar una visión clara y detallada de estas estaciones.

Se establece un sistema de codificación de estas estaciones para el presente trabajo, con el formato *ABB*, siendo *A* la inicial correspondiente al río sobre el que se localiza, y *BB* un número correlativo de dos cifras, comenzando a contar desde la estación más cercana al nacimiento del cauce y terminando en la más cercana a la desembocadura.

Código:	Descripción
A01	ARAGON EN JACA
Cauce:	Localización:
Aragón (Río)	Jaca (Huesca)
Coordenadas UTM	Distacia a desembocadura:
X: 700820 Y: 4717100	16,780 Km
Fotografía:	
	

Código:	Descripción
A04	ARAGON EN CAPARROSO
Cauce:	Localización:
Aragón (Río)	Caparroso (Navarra)
Coordenadas UTM	Distacia a desembocadura:
X: 611650 Y: 4689370	3, 010 Km
Fotografía:	
	

Código:	Descripción
A02	ARAGON EN YESA
Cauce:	Localización:
Aragón (Río)	Yesa (Navarra)
Coordenadas UTM	Distacia a desembocadura:
X: 646839 Y: 4719951	10,250 Km
Fotografía:	
	

Código:	Descripción
C01	CINCA EN EL GRADO
Cauce:	Localización:
Cinca (Río)	Grado, El (Huesca)
Coordenadas UTM	Distacia a desembocadura:
X: 271490 Y: 4670462	9,880 Km
Fotografía:	
	

Código:	Descripción
A03	ARAGON EN SANGÜESA
Cauce:	Localización:
Aragón (Río)	Caseda (Navarra)
Coordenadas UTM	Distacia a desembocadura:
X: 634415 Y: 4709625	7,910 Km
Fotografía:	
	

Código:	Descripción
C02	CINCA EN MONZON
Cauce:	Localización:
Cinca (Río)	Monzón (Huesca)
Coordenadas UTM	Distacia a desembocadura:
X: 284563 Y: 4592512	1,780 Km
Fotografía:	
	

Código:	Descripción
C03	CINCA EN MONZON (aguas abajo)
Cauce:	Localización:
Cinca (Río)	Monzón (Huesca)
Coordenadas UTM	Distacia a desembocadura:
X: 264785 Y: 4641501	6, 657 Km
Fotografía:	
	

Código:	Descripción
E02	EBRO EN MIRANDA
Cauce:	Localización:
Ebro (Río)	Miranda de Ebro (Burgos)
Coordenadas UTM	Distacia a desembocadura:
X: 503796 Y: 4726404	71,010 Km
Fotografía:	
	

Código:	Descripción
C04	CINCA EN FRAGA
Cauce:	Localización:
Cinca (Río)	Fraga (Huesca)
Coordenadas UTM	Distacia a desembocadura:
X: 278566 Y: 4600583	1,265 Km
Fotografía:	
	

Código:	Descripción
E03	EBRO EN CONCHAS DE HARO
Cauce:	Localización:
Ebro (Río)	Haro (Rioja, La)
Coordenadas UTM	Distacia a desembocadura:
X: 513250 Y: 4715445	69,095 Km
Fotografía:	
	

Código:	Descripción
E01	EBRO EN CERECEDA
Cauce:	Localización:
Ebro (Río)	Valle de Tobalina (Burgos)
Coordenadas UTM	Distacia a desembocadura:
X: 464520 Y: 4735225	77,470 Km
Fotografía:	
	

Código:	Descripción
E04	EBRO EN MENDAVIA
Cauce:	Localización:
Ebro (Río)	Mendavia (Navarra)
Coordenadas UTM	Distacia a desembocadura:
X: 574435 Y: 4695345	57,260 Km
Fotografía:	
	

Código:	Descripción
E05	EBRO EN CASTEJON
Cauce:	Localización:
Ebro (Río)	Castejón (Navarra)
Coordenadas UTM	Distacia a desembocadura:
X: 608007 Y: 4670858	51,110 Km
Fotografía:	
	

Código:	Descripción
E08	EBRO EN PRESA PINA
Cauce:	Localización:
Ebro (Río)	Burgo de Ebro (Zaragoza)
Coordenadas UTM	Distacia a desembocadura:
X: 692725 Y: 4604585	35,010 Km
Fotografía:	
	

Código:	Descripción
E06	EBRO EN PIGNATELLI
Cauce:	Localización:
Ebro (Río)	Fontellas (Navarra)
Coordenadas UTM	Distacia a desembocadura:
X: 619249 Y: 4654015	48,360 Km
Fotografía:	
	

Código:	Descripción
E09	EBRO EN SASTAGO
Cauce:	Localización:
Ebro (Río)	Sastago (Zaragoza)
Coordenadas UTM	Distacia a desembocadura:
X: 722675 Y: 4577969	27,880 Km
Fotografía:	
	

Código:	Descripción
E07	EBRO EN ZARAGOZA
Cauce:	Localización:
Ebro (Río)	Zaragoza (Zaragoza)
Coordenadas UTM	Distacia a desembocadura:
X: 670140 Y: 4619697	39,920 Km
Fotografía:	
	

Código:	Descripción
E10	EBRO EN MEQUINENZA
Cauce:	Localización:
Ebro (Río)	Mequinenza (Zaragoza)
Coordenadas UTM	Distacia a desembocadura:
X: 272350 Y: 4582440	15,610 Km
Fotografía:	
	

Código:	Descripción
E11	EBRO EN RIBARROJA
Cauce:	Localización:
Ebro (Río)	Ribarroja de Ebro (Tarragona)
Coordenadas UTM	Distacia a desembocadura:
X: 288805 Y: 4569488	12,235 Km
Fotografía:	
	

Código:	Descripción
G01	GALLEGO EN ANZANIGO
Cauce:	Localización:
Gallego (Río)	Peñas de Riglos, Las (Huesca)
Coordenadas UTM	Distacia a desembocadura:
X: 693350 Y: 4697525	11,570 Km
Fotografía:	
	

Código:	Descripción
E12	EBRO EN ASCÓ
Cauce:	Localización:
Ebro (Río)	Ascó (Tarragona)
Coordenadas UTM	Distacia a desembocadura:
X: 296330 Y: 4562720	10,170 Km
Fotografía:	
	

Código:	Descripción
G02	GALLEGO EN ONTINAR
Cauce:	Localización:
Gallego (Río)	Zuera (Zaragoza)
Coordenadas UTM	Distacia a desembocadura:
X: 684570 Y: 4645225	4,160 Km
Fotografía:	
	

Código:	Descripción
E13	EBRO EN TORTOSA
Cauce:	Localización:
Ebro (Río)	Tortosa (Tarragona)
Coordenadas UTM	Distacia a desembocadura:
X: 290897 Y: 4521183	4,300 Km
Fotografía:	
	

Código:	Descripción
G03	GALLEGO EN VILLANUEVA
Cauce:	Localización:
Gallego (Río)	San Mateo de Gallego (Zaragoza)
Coordenadas UTM	Distacia a desembocadura:
X: 683710 Y: 4632142	2,550 Km
Fotografía:	
	

Código:	Descripción
G04	GALLEGO EN ZARAGOZA
Cauce:	Localización:
Gallego (Río)	Zaragoza (Zaragoza)
Coordenadas UTM	Distacia a desembocadura:
X: 679681 Y: 4615743	0,310 Km
Fotografía:	
	

Código:	Descripción
J03	JALÓN EN GRISEN
Cauce:	Localización:
Jalón (Río)	Alagon (Zaragoza)
Coordenadas UTM	Distacia a desembocadura:
X: 654300 Y: 4623308	0,650 Km
Fotografía:	
	

Código:	Descripción
J01	JALON EN ATECA
Cauce:	Localización:
Jalón (Río)	Ateca (Zaragoza)
Coordenadas UTM	Distacia a desembocadura:
X: 600400 Y: 4575400	13,900 Km
Fotografía:	
	

Código:	Descripción
S01	SEGRE EN SEO DE URGEL
Cauce:	Localización:
Segre (Río)	Alas i cerc (Lérida)
Coordenadas UTM	Distacia a desembocadura:
X: 377025 Y: 4690601	19,350 Km
Fotografía:	
	

Código:	Descripción
J02	JALON EN HUERMEDA
Cauce:	Localización:
Jalón (Río)	Calatayud (Zaragoza)
Coordenadas UTM	Distacia a desembocadura:
X: 617538 Y: 4582182	11,200 Km
Fotografía:	
	

Código:	Descripción
S02	SEGRE EN PLA DE SAN TIRS
Cauce:	Localización:
Segre (Río)	Ribera d'Urgellet (Lérida)
Coordenadas UTM	Distacia a desembocadura:
X: 368070 Y: 4687279	18,640 Km
Fotografía:	
	

Código:	Descripción
S03	SEGRE EN PONS
Cauce:	Localización:
Segre (Río)	Pons (Lérida)
Coordenadas UTM	Distancia a desembocadura:
X: 350802 Y: 4643600	12,270 Km
Fotografía:	
	

Código:	Descripción
S06	SEGRE EN LÉRIDA
Cauce:	Localización:
Segre (Río)	Lérida (Lérida)
Coordenadas UTM	Distancia a desembocadura:
X: 303260 Y: 4609324	4,300 Km
Fotografía:	
	

Código:	Descripción
S04	SEGRE EN BALAGUER
Cauce:	Localización:
Segre (Río)	Pons (Lérida)
Coordenadas UTM	Distancia a desembocadura:
X: 317954 Y: 4629420	7,420 Km
Fotografía:	
	

Código:	Descripción
S07	SEGRE EN TORRES DE SEGRE
Cauce:	Localización:
Segre (Río)	Torres de Segre (Lérida)
Coordenadas UTM	Distancia a desembocadura:
X: 292582 Y: 4601503	2,170 Km
Fotografía:	
	

Código:	Descripción
S05	SEGRE EN VILANOVA DE LA BARCA
Cauce:	Localización:
Segre (Río)	Vilanova de la Barca (Lérida)
Coordenadas UTM	Distancia a desembocadura:
X: 310839 Y: 4618660	59,310 Km
Fotografía:	
	

Código:	Descripción
S08	SEGRE EN SEROS
Cauce:	Localización:
Segre (Río)	Seros (Lérida)
Coordenadas UTM	Distancia a desembocadura:
X: 284563 Y: 4592512	1,780 Km
Fotografía:	
	

En la siguiente tabla se muestra la correlación entre los códigos de estación perteneciente a la red ICA y el código con el que se designa la estación en el presente estudio.

TABLA 19. CORRELACIÓN ENTRE LOS CÓDIGOS DE ESTACIÓN ICA Y LOS DEL PRESENTE TRABAJO DE CADA UNA DE LAS ESTACIONES ESTUDIADAS

Cod. presente trabajo	Cód. ICA	Descripción Punto de Muestreo
A01	018	Aragón en Jaca
A02	101	Aragón en Yesa
A03	205	Aragón en Sangüesa
A04	005	Aragón en Caparroso
C01	441	Cinca en El Grado
C02	228	Cinca en Monzón
C03	562	Cinca en Monzón (aguas abajo)
C04	017	Cinca en Fraga
E01	161	Ebro en Cereceda
E02	001	Ebro en Miranda
E03	208	Ebro en Conchas de Haro
E04	120	Ebro en Mendavia (Deriv. C. de Lodosa)
E05	002	Ebro en Castejón
E06	162	Ebro en Emb. Pignatelli (El Bocal)
E07	011	Ebro en Zaragoza
E08	211	Ebro en Presa Pina
E09	112	Ebro en Sástago
E10	029	Ebro en Mequinenza
E11	210	Ebro en Ribarroja
E12	163	Ebro en Ascó
E13	027	Ebro en Tortosa
G01	123	Gallego en Anzánigo
G02	246	Gallego en Ontinar
G03	247	Gallego en Villanueva
G04	089	Gallego en Zaragoza
J01	126	Jalón en Ateca
J02	009	Jalón en Huérmeda
J03	087	Jalón en Grisén
S01	023	Segre en Seo d'Urgell
S02	206	Segre en Plà de S. Tirs

Cod. presente trabajo	Cód. ICA	Descripción Punto de Muestreo
S03	114	Segre en Ponts
S04	096	Segre en Balaguer
S05	207	Segre en Vilanova de La Barca
S06	024	Segre en Lérida
S07	219	Segre en Torres de Segre
S08	025	Segre en Serós

Como se muestra en el **FIGURA 48**, de las 36 estaciones sobre las que se realiza el estudio, 13 están localizadas a lo largo del propio Río Ebro, mientras que las 23 restantes están situadas en distintos puntos de los cinco principales afluentes de este río: Aragón, Gallego, Jalón, y el sistema Segre-Cinca, que aún siendo el segundo afluente del primero, se consideran como distintos al estar muy próxima su desembocadura, a la del río Segre sobre el Ebro.

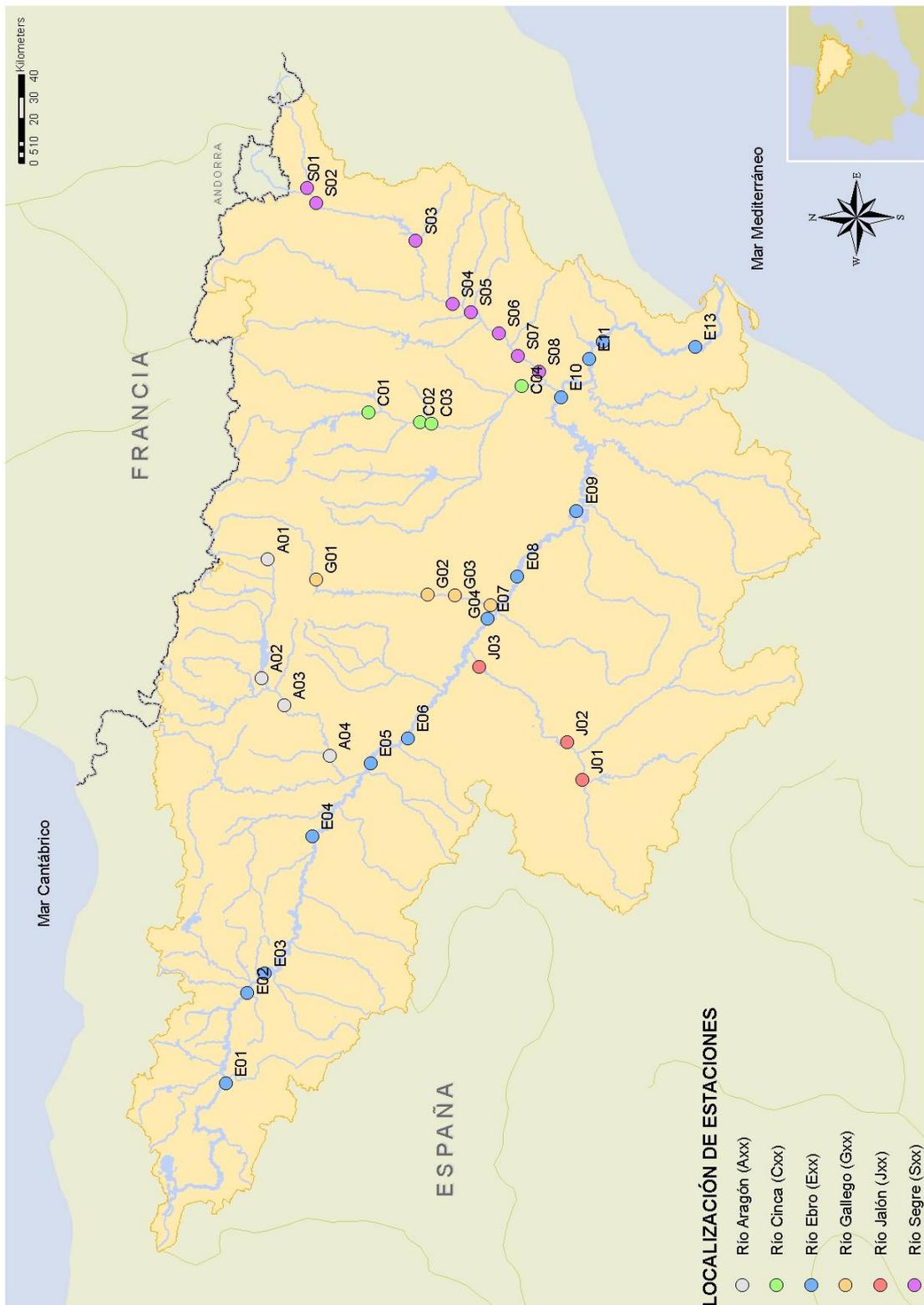


FIGURA 48. RED DE ESTACIONES DE MUESTREO.

Como se describe en el apartado I.3.11.2 (Red Integral de Calidad de Aguas.), la frecuencia de muestreo de estas estaciones es mensual en todos los casos, si bien podemos diferenciar entre tres tipos de estaciones en función de la frecuencia de análisis de determinados parámetros, tal y como se detalla en la **TABLA 20**.

TABLA 20. PARÁMETROS ANALIZADOS Y FRECUENCIA EN FUNCIÓN DEL TIPO DE ESTACIÓN.

Tipo	Frecuencia	Parámetros
N	Grupo 1: Mensual	Grupo 1 Aspecto, Caudal, Conductividad a 20°C, DBO ₅ , Materia Orgánica U.V., Materias en suspensión, Oxígeno disuelto (mg/L y % sat.), pH, Temperatura del agua, Temperatura del aire.
	Grupo 2: Semestral	
Grupo 3: Anual		
Grupo 4: Anual		
E	Grupo 1: Mensual	Grupo 2 Alcalinidad, Amonio total, Calcio, Cloruros, Coliformes totales, Detergentes, Fosfatos, Magnesio, Nitratos, Potasio, Sodio, Sulfatos.
	Grupo 2: Mensual	
Grupo 3: Mensual		
Grupo 4: Mensual		
P	Grupo 1: Mensual	Grupo 3 Cadmio, Cianuros, Cromo total, Fenoles, Fluoruros, Hidrocarburos disueltos o emulsionados, Mercurio
	Grupo 2: Trimestral	
	Grupo 3: Trimestral	
	Grupo 4: Semestral	
		Grupo 4 Zinc, Cobre, Hierro disuelto, Manganeso, Arsénico, Plomo.

II.1.2. Toma de muestras y metodologías analíticas.

De acuerdo con la información facilitada por la Confederación Hidrográfica del Ebro, los muestreos han sido desarrollados, en la medida de lo posible, y en mayor medida conforme a tiempos más cercanos, bajo las directrices marcadas por la norma UNE-EN-ISO 17020 (antigua UNE-EN-ISO 45004), que certifica oficialmente a entidades de inspección y control.

Una vez tomada la muestra, y según indica la Confederación Hidrográfica del Ebro, se utilizan diversos botes para su conservación y transporte hasta los laboratorios encargados de la realización del ensayo (**TABLA 21**). En determinados casos es necesario la adición de algún aditivo con objeto de estabilizar los analitos, o evitar su alteración en el tiempo mediante mecanismos químicos o microbiológicos. Al margen de los distintos acondicionamientos descritos en la **TABLA 21**, todas las muestras han sido refrigeradas hasta su recepción por el LCA-CHE.

TABLA 21. ALÍCUOTAS PARA LA CONSERVACIÓN Y TRANSPORTE.

Analitos	Recipiente	Volumen	Aditivos
Analitos no incluidos en el resto de categorías	Plástico	2000 ml	
Amoniaco, fenoles, Materia Org. UV-V	Plástico	1000 ml	H ₂ SO ₄ pH<2
Metales	Plástico	500 ml	HNO ₃ pH<2
Cianuros	Plástico	500 ml	NaOH pH=12
Hidrocarburos disueltos y emulsionados	Vidrio ámbar	1000 ml	
Microbiología	Plástico estéril	1500 ml	
DBO ₅	Vidrio ámbar	250 ml	Tampón esmerilado. Sin aire.

Tan importante es la conservación de la muestra en los recipientes adecuados como la correcta limpieza de los mismos, con objeto de no alterar en ningún momento los analitos objeto de estudio ni por supuesto su concentración. En la TABLA 22 se describen los procedimientos de limpieza de los distintos recipientes empleados por las empresas adjudicatarias.

TABLA 22. PROCEDIMIENTOS DE LIMPIEZA DE LOS RECIPIENTES DE TRANSPORTE.

Parámetros	Procedimiento de limpieza
Inorgánicos	<ul style="list-style-type: none"> • Lavar con agua caliente y jabón libre de fosfato, enjuagando con agua del grifo hasta su total aclarado. • Enjuagar de tres a cinco veces con agua destilada. • Secar y guardar envases cerrados.
Nutrientes, DBO ₅ , Mat. Org. UV-V	<ul style="list-style-type: none"> • Lavar con agua caliente y jabón libre de fosfato, enjuagando con agua del grifo hasta su total aclarado. • Enjuagar con HCl 50%. • Enjuagar de tres a cinco veces con agua destilada. • Secar y guardar envases cerrados.
Metales	<ul style="list-style-type: none"> • Lavar con agua caliente y jabón libre de fosfato, enjuagando con agua del grifo hasta su total aclarado. • Enjuagar con HCl 50%. • Enjuagar con HNO₃. • Enjuagar de tres a cinco veces con agua destilada. • Secar y guardar envases cerrados.

Parámetros	Procedimiento de limpieza
Compuestos orgánicos extraíbles	<ul style="list-style-type: none">• No poner plástico o goma en contacto con los envases.• Lavar con agua caliente y jabón, enjuagando con agua del grifo hasta su total aclarado.• Enjuagar con acetona.• Enjuagar con agua hasta desaparición del olor a acetona.• Secar y guardar envases cerrados.

El transporte y análisis de las muestras se realizó en el menor tiempo posible en cada caso.

II.1.3. Parámetros analizados y metodología analítica empleada.

Según la información facilitada por la Confederación Hidrográfica del Ebro, los parámetros analíticos empleados para la evaluación de la calidad de las aguas en esta red de muestreo periódico manual han ido variando a lo largo del tiempo, siendo en la actualidad los reflejados en la **TABLA 20**. Para la realización del presente trabajo de investigación se han utilizado todos los parámetros medidos por la CHE en las estaciones objeto del estudio, sin que haya sido eliminado ninguno.

Todas las analíticas fueron realizadas en el Laboratorio de Calidad de Aguas de la Confederación Hidrográfica del Ebro, localizado actualmente en Zaragoza¹, salvo los análisis realizados *in situ*, llevados a cabo en cada momento por la empresa adjudicataria de la toma, conservación y transporte de las muestras.

A continuación se presentan una fichas descriptivas de los parámetros analizados donde se indica la técnica empleada en cada caso, así como otros datos de interés.

¹ Confederación Hidrográfica del Ebro. Laboratorio de Calidad de Aguas. Plaza Muñoz Grandes, 9. 50007 Zaragoza (España). Teléfono: 976258370. Fax: 976258377.

TABLA 23. CARACTERÍSTICAS DE LOS MÉTODOS ANALÍTICOS UTILIZADOS.

Parámetro	Acrónimo	Metodología	Norma de referencia	Límite de cuantificación	Unidades
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS					
Caudal	Q	Micromolinete		0,1	m ³ /h
Temperatura del aire	TAI	Termómetro de mercurio	SM2550 B	-20	°C
Temperatura del agua	TAG	Termómetro de mercurio	SM2550 B	-10	°C
pH	pH	Potenciometría		2-13	udpH
Conductividad a 20°C	CE	Conductivimetría	UNE-EN 27888:1994 SM2510	50	µS/cm a 20°C
Materias en suspensión	SS	Gravimetría	UNE-EN 872:1996 SM2540 B	3	mg/L
Coliformes totales	Col	Filtración sobre membrana, incubación y recuento	UNE-EN ISO 9308-1:2000	1	UFC/100 mL
COMPONENTES MAYORITARIOS					
Calcio	Ca	Espectroscopia de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente	UNE-EN ISO 11905-1:1998	1	mg/L
Magnesio	Mg	Espectroscopia de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente	UNE-EN ISO 11905-1:1998	1	mg/L
Sodio	Na	Espectroscopia de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente	UNE-EN ISO 11905-1:1998	1	mg/L
Potasio	K	Espectroscopia de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente	UNE-EN ISO 11905-1:1998	1	mg/L
Cloruros	Cl	Titulación potenciométrica	UNE-EN ISO 11732/1M SM4500H	2	mg/L
Sulfatos	SO ₄	Espectrofotometría UV-V	UNE-EN ISO 11905-1:1998	2	mg/L
Alcalinidad	Alc	Valoración con ácido sulfúrico hasta pH fijo	UNE-EN ISO 9963-1 SM2320	15	mg/L
COMPONENTES MINORITARIOS - INORGÁNICOS - METÁLICOS					
Hierro disuelto	Fe	Filtración y Espectroscopia de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente	UNE-EN ISO 11905-1:1998	0,04	mg/L
Manganeso	Mn	Espectroscopia de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente	UNE-EN ISO 11905-1:1998	0,03	mg/L
Arsénico	As	Espectroscopia de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente	SM3125 EPA 6020	0,005	mg/L
Mercurio	Hg	Fluorescencia atómica		0,0001	mg/L
Cadmio	Cd	Espectroscopia de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente	SM3125 EPA 6020	0,0003	mg/L
Cobre	Cu	Espectroscopia de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente	UNE-EN ISO 11905-1:1998	0,005	mg/L
Cromo total	Cr	Espectrofotometría de absorción molecular UV-V	SM3125 EPA 6020	0,005	mg/L

Parámetro	Acrónimo	Metodología	Norma de referencia	Límite de cuantificación	Unidades
Plomo	Pb	Espectroscopia de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente	SM3125 EPA 6020	0,001	mg/L
Zinc	Zn	Espectroscopia de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente	UNE-EN ISO 11905-1:1998	0,12	mg/L
COMPONENTES MINORITARIOS - INORGÁNICOS - IONES					
Fluoruros	F	Potenciometría de iones fluoruro mediante electrodo selectivo en medio con fuerza iónica ajustada	UNE 77044-1 SM4500C	0,05	mg/L
Cianuros	CN	Espectrofotometría de absorción molecular UV-V	UNE-EN ISO 14403:2002SM4500-CN	0,007	mg/L
Nitratos	NO3	Electrometría selectiva de iones	UNE-EN ISO 11732/1M SM4500H	5	mg/L
Fosfatos	PO4	Espectrofotometría de absorción molecular UV-V	UNE-EN ISO 11905-1:1998	0,04	mg/L
Amonio total	NH4	Espectrofotometría de absorción molecular UV-V	UNE-EN ISO 11732/1M SM4500H	0,1	mg/L
COMPONENTES MINORITARIOS - ORGÁNICOS - INDICADORES					
DBO5	DBO5	Incubación a temperatura constante durante 5 días y oximetría	UNE-EN 1899-1:1998 SM5210B	9,7	mg/L O2
Oxígeno disuelto (mg/L y % sat.)	O2	Potenciometría	UNE-EN 25814:1994 SM4500-O G	0,1	mg/L
Materia Orgánica U.V.	MO	Espectrofotometría de absorción molecular UV-V	SM 5910B	2	mg/L
COMPONENTES MINORITARIOS - ORGÁNICOS - COMPONENTES ESPECÍFICOS					
Detergentes	Det	Espectrofotometría de absorción molecular UV-V. Método del azul de metileno	UNE-EN 9033	0,008	mg/L
Fenoles	Fen	Espectrofotometría de absorción molecular. Método de la 4-aminoantipirina.	UNE 77053:2002	0,02	mg/L
Hidrocarburos dis. o emul.	Hid	Gravimetría		0,1	mg/L

Consciente de la importancia del control de la calidad dentro de los propios laboratorios de ensayo, los responsables del LCA-CHE decidieron la implantación en sus laboratorios de un sistema de aseguramiento de la calidad bajo las directrices marcadas por la norma UNE-EN-ISO 17025 (antigua UNE-EN-ISO 45001), consiguiendo su acreditación bajo la misma, según se define en el expediente 252/LE562 de ENAC²³⁸.

II.2. MÉTODOS MATEMÁTICOS DE TRATAMIENTO DE DATOS.

A lo largo del presente apartado se describe la metodología estadística empleada para la realización del presente estudio, comenzando con las herramientas más básicas utilizadas para obtener un conocimiento general del sistema objeto del estudio, para describir posteriormente las herramientas utilizadas para la realización de los estudios de detección y estimación de tendencias.

II.2.1. Tratamiento previo de datos.

Los resultados analíticos utilizados para la realización de la presente Memoria han sido facilitados por el Servicio de Calidad de Aguas de la Confederación Hidrográfica del Ebro en formato de base de datos Access, en bruto (Anexo I), por lo que al margen de los valores numéricos resultado de las distintas analíticas, aparecen valores alfanuméricos, especialmente en aquellos resultados inferiores al límite de cuantificación o de detección del método analítico empleado para su obtención.

Este tipo de datos alfanuméricos han de ser validados previamente a la aplicación de las distintas herramientas matemáticas descritas a continuación. Dicha validación ha sido realizada según se describe en la **TABLA 24**, sustituyendo el valor reportado por CHE por el correspondiente según el criterio descrito.

TABLA 24. CRITERIOS DE VALIDACIÓN DE DATOS UTILIZADOS

CHE	Significado	Tratamiento realizado
0,000	Valor medido inferior al límite de detección del método	0
ND	Valor medido inferior al límite de detección del método	0
<X	Valor medido entre el límite de cuantificación y el de detección del método	X/2, como dato numérico más cercano a cualquiera existente en el intervalo [Límite Detección, Límite Cuantificación]

Siendo X un valor numérico

II.2.2. Estadística descriptiva.

A partir de la matriz de datos seleccionada para la realización del presente estudio, y formada por resultados analíticos mensuales de 34 parámetros en 36 estaciones de muestreo durante 25 años, se ha realizado un estudio estadístico básico con objeto de resumir y racionalizar esta gran matriz de datos analíticos. Este estudio ha sido realizado utilizando el programa comercial STATISTICA de la casa StatSoft, Inc.²³⁹.

Dicho estudio estadístico básico consistió en el cálculo para cada uno de los parámetros analíticos en cada una de las estaciones del número de casos, la media, el valor máximo, el valor mínimo, la desviación estándar y la mediana. A continuación se describen cada uno de estos parámetros:

- El **número de casos disponible (n)** se define simplemente como el número de datos del que se dispone para una variable.
- La **media aritmética o media (\bar{x})** es una medida informativa de la “tendencia central” de una variable (x) con n casos, definida matemáticamente mediante la expresión:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

- Los parámetros **máximo (Máx)** y **mínimo (mín)** se definen como el mayor y menor valor, respectivamente, alcanzados por la variable en un conjunto de datos.
- Una medida de la dispersión de los datos analíticos en torno a la media es la **desviación estándar (SD)**, término utilizado por primera vez en 1894 por Pearson²⁴⁰ y que matemáticamente se define como:

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

- A partir del valor medio la desviación estándar se obtiene la **desviación estándar relativa (RSD)**, siendo esta una medida relativa de la dispersión del conjunto de valores estudiados.

$$RSD = \frac{SD}{x} 100$$

Otra medida de la tendencia central de un conjunto de datos es la **mediana** (término utilizado por primera vez en 1882 por Galton²⁴¹), definida como el primer valor de la variable que deja por debajo de sí al 50% de las observaciones, es decir, la observación $(n/2)+1$ de un conjunto de datos ordenados en orden creciente. Esta medida no paramétrica de la tendencia central se utiliza cuando se conoce o se presupone que el conjunto de datos a estudiar no posee una distribución normal.

En las **representaciones gráficas de cajas** (Box Plots²⁴²), los rangos o distribuciones características de los valores de una variable, o variables, seleccionada son representados gráficamente por separado en grupos de casos definidos por una variable de agrupamiento o categorías. La tendencia central (media o mediana) y el rango o la variación estadística (cuartiles, error estándar o desviación estándar) son calculados para cada grupo de casos y los valores seleccionados son presentados según se muestra en la **FIGURA 49**. Valores fuera de rango y extremos son también representados.

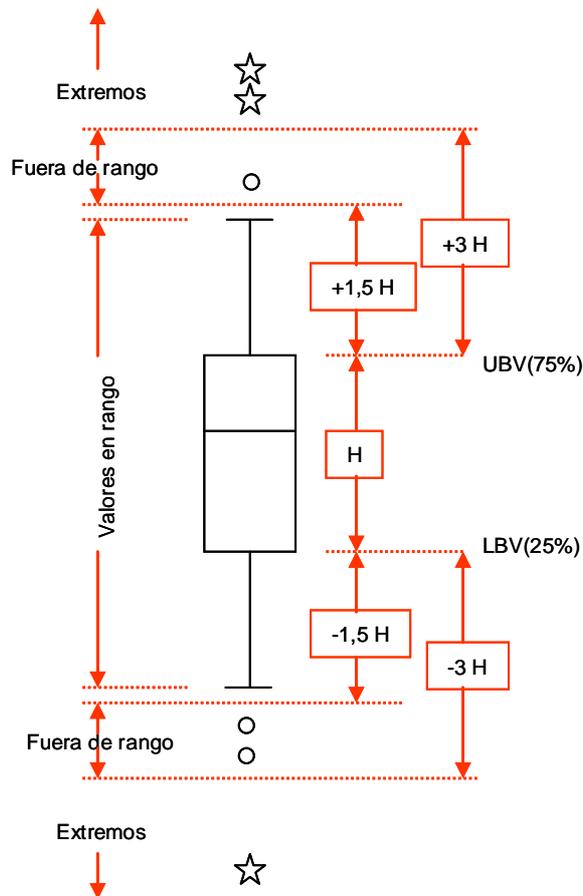


FIGURA 49. DIAGRAMA EXPLICATIVO DE LAS REPRESENTACIONES DE CAJA.

Se entiende por Valores fuera de rango y extremos a aquellos valores que están “lejos” de la media de la distribución de datos y que se encuendran dentro de uno u otro grupo en función de las siguientes condiciones:

Descripción	Condición
Valor fuera de rango (Outlier)	$\text{Valor} > \text{UBV} + \text{o.c.} \cdot (\text{UBV} - \text{LBV})$ o $\text{Valor} < \text{LBV} - \text{o.c.} \cdot (\text{UBV} - \text{LBV})$
Valor extremo (Extreme)	$\text{Valor} > \text{UBV} + 2 \cdot \text{o.c.} \cdot (\text{UBV} - \text{LBV})$ o $\text{Valor} < \text{LBV} - 2 \cdot \text{o.c.} \cdot (\text{UBV} - \text{LBV})$

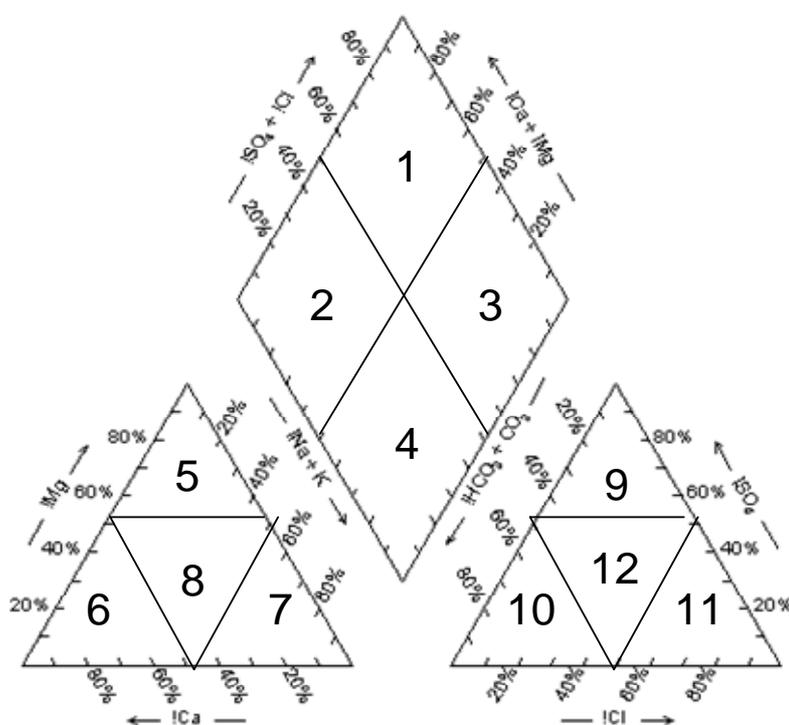
Siendo:

UBV: el valor más alto de la caja

LBV: el valor más bajo de la caja

o.c.: Coeficiente de outliers, normalmente 1.5.

Como representaciones gráficas relevantes a la hora de estudiar la composición general de las muestras de agua destacan los **Diagramas de Piper o Triangulares** que resultan ideales para representar tres componentes (aniones y/o cationes) en forma simultánea. La utilidad de estos diagramas es la posibilidad de representar muchos análisis en un mismo gráfico, sin dar origen a confusiones. Las aguas químicamente semejantes se encontrarán agrupadas, y pueden clasificarse por su ubicación en el diagrama según el siguiente esquema:



- 1- Aguas sulfatadas y/o cloruradas , cálcicas y/o magnésicas.
- 2- Aguas bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas.
- 3- Aguas cloruradas y/o sulfatadas sódicas.
- 4- Aguas bicarbonatadas sódicas.
- 5- Aguas magnésicas.
- 6- Aguas cálcicas.
- 7- Aguas sódicas.
- 8- Aguas magnésicas, cálcicas y sódicas.
- 9- Aguas sulfatadas.
- 10- Aguas bicarbonatadas.
- 11- Aguas cloruradas.
- 12- Aguas sulfatadas, bicarbonatadas y cloruradas.

FIGURA 50. ESQUEMA EXPLICATIVO DEL DIAGRAMA DE PIPER.

Para interpretar el diagrama con más detalle, debe considerarse que para su construcción es necesario que los iones estén expresados como un porcentaje de miliequivalentes por litro (meq/l). A cada vértice de un triángulo le corresponde el 100% de un catión o un anión.

Existen distintas variantes de estos diagramas. En este caso, se utiliza:

- Un triángulo para los cationes mayoritarios: ión calcio (Ca^{2+}), ión magnesio (Mg^{2+}), y la suma de los iones sodio y potasio ($\text{Na}^+ + \text{K}^+$), cada uno de ellos incrementándose en el sentido de las agujas del reloj.
- Otro triángulo para los aniones mayoritarios: ión cloruro (Cl^-), ión sulfato ($\text{SO}_4^{=}$), y la suma de los iones carbonato y bicarbonato ($\text{CO}_3^{=} + \text{HCO}_3^-$), cada uno de ellos incrementándose en el sentido antihorario.
- Un diagrama romboidal integrador, en el que se representan la suma de los cationes ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$) y ($\text{Na}^+ + \text{K}^+$) en un par de lados paralelos y complementarios, mientras en el otro par de lados se presenta la suma de aniones ($\text{CO}_3^{=} + \text{HCO}_3^-$) y su complementario ($\text{SO}_4^{=} + \text{Cl}^-$).

II.2.3. Análisis estadístico multivariante.

En todos los análisis estadísticos comprendidos en esta memoria se ha hecho el cálculo matemático mediante el paquete estadístico STATISTICA.

II.2.3.1. Aspectos generales.

Los datos que se han obtenido en nuestro estudio corresponde a muestras de agua. Las muestras se denominan “casos” en el análisis multivariante, mientras que los parámetros determinados en las mismas se denominan “variables”. Por tanto, cada muestra o caso viene caracterizada por una serie de variables, formando cada fila de la matriz de datos, llamadas también vectores. Esta matriz de datos constituye el espacio dimensional sobre el que se trabaja.

Esta matriz de datos se ha estandarizado para homogeneizar los distintos rangos de concentraciones de cada analito, aunque las diferencias con la matriz de datos original son casi inexistentes. Esta estandarización es un preprocesado de datos y ha consistido en un autoescalado²⁴³ de las variables.

II.2.3.2. Análisis de Correlaciones.

Se emplea, en primer lugar, un análisis de correlaciones con objeto de conocer las relaciones existentes entre las distintas variables analizadas. La correlación es una medida de la relación entre dos o más variables, expresada en un rango de -1.00 a 1.00, representando el primero una perfecta correlación negativa, y el segundo una perfecta correlación positiva, mientras que el punto medio (0.00) representa la ausencia absoluta de correlación entre las variables estudiadas.

El método más ampliamente utilizado para el estudio de correlación es el de correlaciones lineales o producto-momento, cuyo cálculo facilita el coeficiente r de Pearson.

En la **FIGURA 51** se muestran las correlaciones entre dos variables (MEASURE1 y MEASURE2) para cuatro grupos de casos (GROUP:1-GROUP:4), de los que los dos superiores son casos de clara correlación ($r=0.90$) positiva en el caso de la izquierda, y negativa en el de la derecha. El caso inferior derecho presenta una cierta correlación positiva entre las variables ($r=0.40$), mientras que el izquierdo no presenta correlación alguna entre ellas.

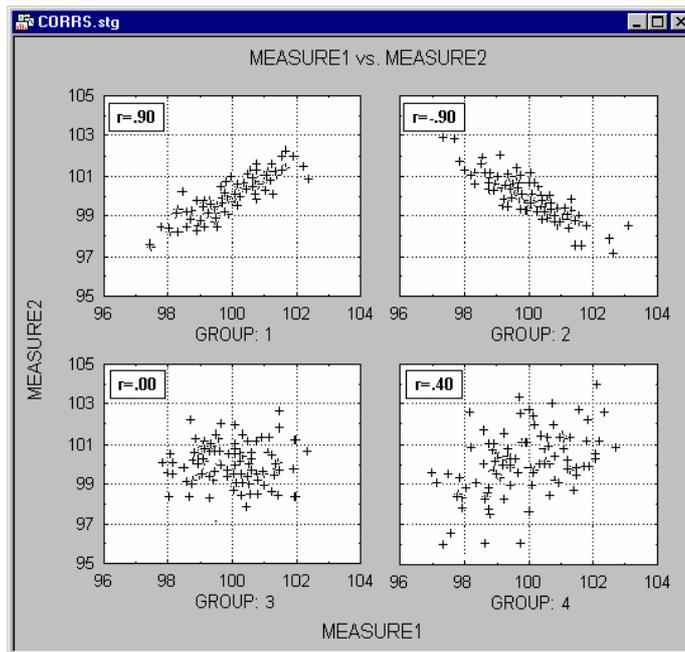


FIGURA 51. EJEMPLOS DE CORRELACIONES ENTRE VARIABLES.

FUENTE: STATISTICA DE STATSOFT INC.

II.2.3.3. Análisis de Componentes Principales.

Se ha empleado el Análisis de Componentes Principales (PCA)^{244,245,246} como método de visualización de datos. También llamado Autoanálisis o transformación de Karhunen Loewe, el PCA transforma las variables originales, posiblemente correlacionadas entre sí, en unos nuevos ejes llamados Componentes Principales o PCs mediante un giro en el espacio n-dimensional. Los nuevos ejes son ortogonales entre sí y se corresponden con combinaciones lineales de las variables originales. Las varianzas de los datos referidas a los nuevos ejes son los elementos de la diagonal principal y se denominan autovalores o autovectores. Las coordenadas de los datos en los nuevos ejes reciben el nombre de scores o marcas, y las variables se expresan linealmente en función de los PC's, donde los coeficientes de estas combinaciones lineales se denominan loadings o cargas, e indican la contribución del PC a la variable original.

Los primeros componentes principales son los que contienen la mayor información sobre la variabilidad de los datos. Siempre es posible descartar aquellos PCs que no contengan información significativa sobre los mismos, mediante ensayos

adecuados. Los criterios utilizados para seleccionar el número adecuado de componentes principales han sido los siguientes:

- 1) *Criterio de Kaiser*²⁴⁷. Es muy sencillo y muy empleado. Admite que los datos están autoescalados y considera componentes principales explicativos aquellos cuyos autovalores correspondientes son mayores que la unidad.
- 2) *Criterio de la proporción de la varianza explicada*²⁴⁸. Se deja en cierto modo al criterio del analista, normalmente se escogen los PC's que expliquen hasta por lo menor un 70% de la varianza total de los casos.
- 3) *Criterio del ratio de reducción*²⁴⁹. Se considera una buena relación de reducción de variables a PC's entre 3 y 4, aunque al aumentar el número de variables originales la relación aumenta también dependiendo de la variabilidad de agrupaciones que se formen entre variables.
- 4) *Criterio gráfico de screen*¹². En la representación de los autovalores frente al número de PC correspondiente (curva decreciente) se considera el punto de corte de PC's cuando la curva pasa a tener una pendiente casi constante en ese punto, sin variar mucho al pasar de un punto a otro.
- 5) *Criterio de la significación*. Se escogen el número de PCs tal que, conociendo el significado de cada una de las variables originales, el primer PC descartado tenga poca o ninguna significación en el problema analítico.

Otro método de visualización de datos es la representación gráfica de un PC frente a otro. En estos mapas de distribución cada variable, representada por un punto, se agrupa en el plano a aquellas variables (puntos) con las que está más correlacionada y pertenezca al mismo PC. Así esta agrupación se envuelve en un círculo, rectángulo o elipse para verlo mejor.

En la **FIGURA 52** se ilustra la rotación de los ejes de coordenadas mediante el uso de la técnica de Componentes Principales para un determinado conjunto de datos, siendo X los ejes de coordenadas originales, e Y los PC resultantes.

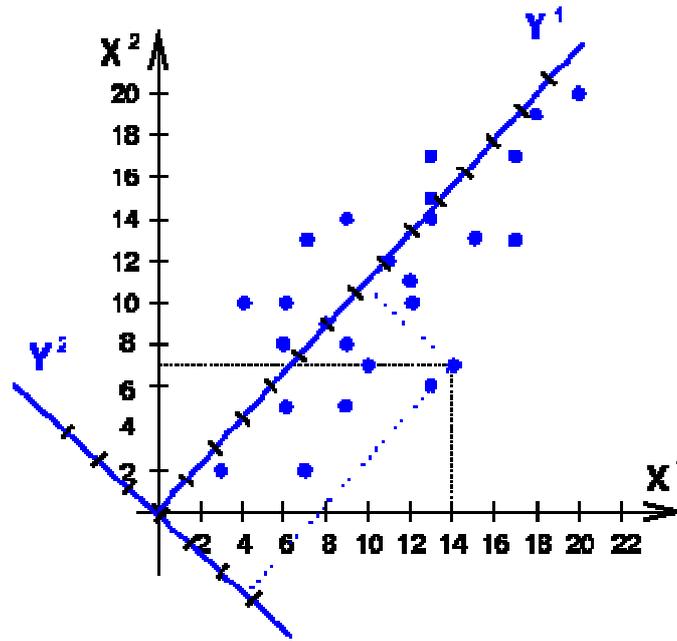


FIGURA 52. EJEMPLO DE ROTACIÓN DE LOS EJES DE COORDENADAS MEDIANTE EL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES.

II.2.3.4. Análisis Clúster.

Otro método de análisis multivariante que se ha empleado ha sido el reconocimiento de patrones no supervisado o Análisis Clúster^{250, 251, 246}. Este permite clasificar, atendiendo a diversos criterios de “distancia”, cualquier conjunto de variables u observaciones.

Así pues, considerada una matriz de datos $X = (X_{ij})$, donde X_{ij} es el valor de la variable j en el i -ésimo individuo, y cada una de las columnas formadas por M y N observaciones y variables respectivamente, el análisis clúster determina M o N subconjuntos, según proceda, de tal forma que cada individuo o variable pertenezca a una, y sólo a una, de estas clases, en base a una medida de similitud entre los puntos que representan a cada una de las observaciones o variables correspondientes.

Existen distintas formas de estudiar esta medida de similitud o “distancia”. Para el presente estudio se ha utilizado el método de la distancia euclídea, definiéndose esta como la distancia geométrica entre dos puntos, en un espacio multidimensional, calculada según la ecuación:

$$Distacia_euclídea(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^{i=n} (x_i - y_i)^2}$$

Una vez fijado el criterio de similitud a utilizar (distancia), el programa une el primer elemento suministrado con el más cercano a él. Ambos se dice que se han formado a un nivel que es la distancia a la que se encuentran; de esta forma son considerados como un nuevo elemento cuyos valores o coordenadas se calculan como la media de las correspondientes a los iniciales.

A partir de ahí, cada elemento unitario se relacionará con el más cercano y, en su defecto, con los elementos ya formados por la combinación de varios, los cuales irán enlazándose sucesivamente con el que se formó en primer lugar hasta concluir el clúster. La media de cada intersección se calcula ponderada con el número de los grupos que se unen en un caso dado.

En la **FIGURA 53** se muestra un ejemplo de análisis cluster para el caso de un estudio comparativo entre distintas marcas de automóviles. En la figura inferior se observa el resultado obtenido mediante un diagrama de árbol, en el que se muestra como las diferencias entre ellas. Así las marcas Acura e Eagle son las que presentan mayor diferencia entre los parámetros estudiados, y por el contrario Dodge y Chrysler son las más similares.

STATISTICA - [Data: Cars.sta (5v by 22c)]

File Edit View Insert Format Statistics Graphs Tools Data Window Help

Performance, fuel economy, and approximate price for various automobiles

	1 PRICE	2 ACCELERATION	3 BRAKING	4 HANDLING	5 MILEAGE
Acura	-0,521072363	0,477252671	-0,00657103855	0,381619066	2,07875356
Audi	0,865652474	0,208033216	0,31869537	-0,0913735792	-0,677061608
BMW	0,495859184	-0,801539742	0,192202878	-0,0913735792	-0,153805564
Buick	-0,613520685	1,68874022	0,933087475	-0,20962174	-0,153805564
Corvette	1,23544576	-1,8111127	-0,494470651	0,972859872	-0,677061608
Chrysler	-0,613520685	0,0734234878	0,427117506	-0,20962174	-0,153805564
Dodge	-0,705969008	-0,195795968	0,481328574	0,145122743	-0,153805564
Eagle	-0,613520685	1,21760617	-4,19889364	-0,20962174	-0,677061608
Ford	-0,705969008	-1,54189324	0,987298543	0,145122743	-1,7235737
Honda	-0,42862404	0,409947807	-0,00657103855	0,0268745821	0,369450479
Isuzu	-0,79841733	0,409947807	-0,0607821066	-4,23005922	1,0671252
Mazda	0,126065894	0,679167263	-0,133063531	0,499867227	-1,7235737
Mercedes	1,05054912	0,00611862399	0,119921454	-0,0913735792	-0,153805564
Mitsub.	-0,613520685	-1,00345433	0,0837807415	0,381619066	0,718287842
Nissan	-0,42862404	0,0734234878	-0,00657103855	0,263370905	0,997357732
Olds	-0,613520685	-0,734234878	0,40904715	0,381619066	2,11363729
Pontiac	-0,613520685	0,679167263	0,535539642	0,145122743	0,195031798
Porsche	3,4542055	-2,21494188	-0,295696735	0,618115388	-1,02589897
Saab	0,588307506	0,679167263	0,246413946	0,263370905	0,0206131189
Toyota	-0,0588307506	1,21760617	0,22834359	0,73636355	-0,851480289
VW	-0,705969008	-0,128491104	0,101851098	0,381619066	0,195031798
Volvo	0,218514217	0,611862399	0,13799181	-0,20962174	0,369450479

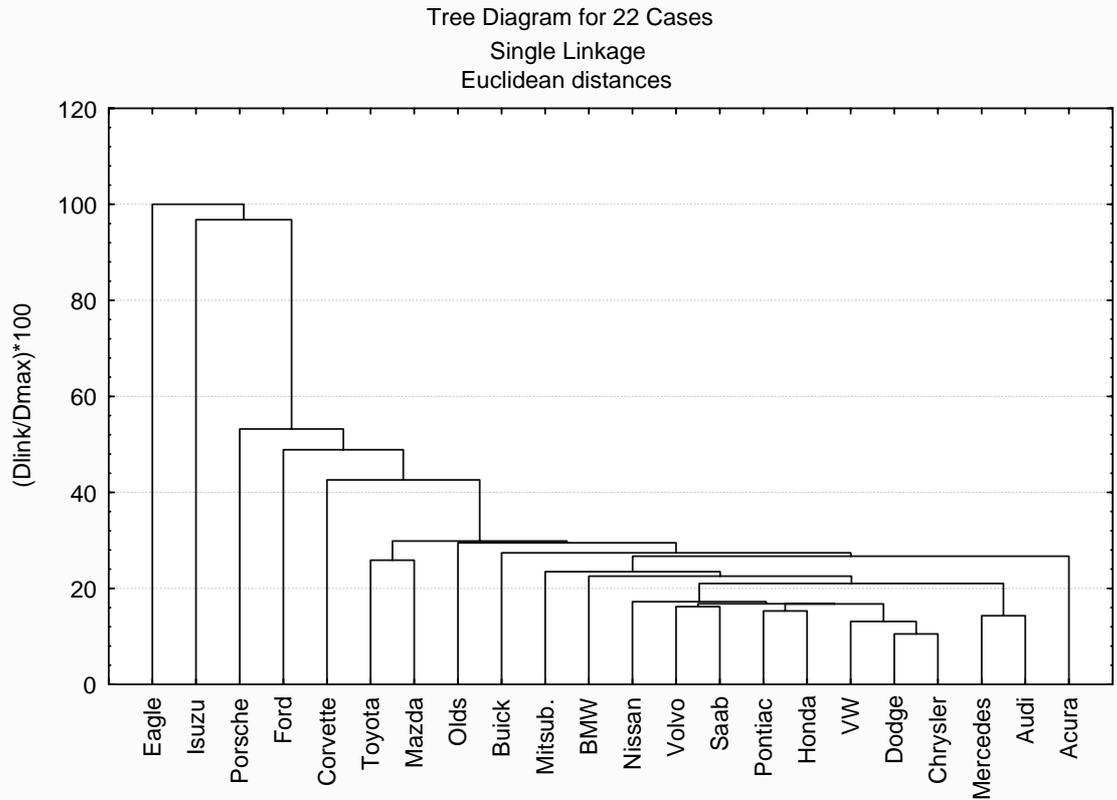


FIGURA 53. EJEMPLO DE ANÁLISIS CLUSTER

II.3. Herramientas de detección de tendencias.

En términos de detección de tendencias, todos los métodos utilizados en el presente trabajo parten de la *hipótesis nula*, H_0 , entendiéndose por nulo la no existencia de diferencia entre el valor observado y el conocido que se atribuye a una variación aleatoria, decir de la “no existencia de tendencia”. Esta hipótesis será aceptada hasta que se demuestren evidencias estadísticas de que dicha hipótesis no es correcta, y por tanto de la existencia de una tendencia, independientemente del signo que esta presente.

Debido a este sistema de trabajo, es vital la utilización en cada caso de pruebas de contraste de significación, que van a permitir rechazar aquellas hipótesis nulas que estadísticamente tengan una probabilidad de ocurrir de forma casual por debajo de una probabilidad previamente establecida, y que se conoce como nivel de significancia (máxima probabilidad de rechazar accidentalmente una hipótesis nula verdadera). En el presente estudio se ha utilizado un nivel de significancia del 5%.

II.3.1. Métodos paramétricos (signo de la regresión lineal). Correlación paramétrica.

El cálculo de la recta de regresión lineal entre dos variables (x,y), consiste en encontrar aquella recta que minimice las desviaciones en la dirección de y, entre los puntos experimentados y los calculados por esta ecuación de regresión lineal. Debido a que algunas de las desviaciones son positivas y otras negativas, lo que se busca es minimizar la suma de los cuadrados de los residuos. La línea buscada se calcula basándose en este principio.

La **pendiente** de la recta de mínimos cuadrados se expresa mediante la ecuación:

$$b = \frac{\sum_i \{(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})\}}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}$$

El signo que toma dicha pendiente es indicativo de la tendencia de la serie de datos. Así, en caso de ser positivo, significará que existe una tendencia a concentrarse

el parámetro, mientras que si por el contrario es negativo, esta tendencias será hacia concentraciones más bajas.

Con objeto de no rechazar hipótesis verdaderamente nulas, se utiliza el test-t de contraste de significación a un nivel del 5%, es decir que se rechazará la hipótesis nula cuando la probabilidad de que la diferencia observada se produzca al azar es menor de 1 de cada 20 veces (**valor-p**<0,05). Este test, conocido también como *t* de Student tiene su expresión matemática en la siguiente ecuación:

$$t = \frac{(\bar{x} - \mu) \times \sqrt{n}}{s}$$

Donde \bar{x} es la media muestral, *s* es la desviación estándar de las muestras y *n* es el tamaño muestral.

Si *t* es menor que un cierto valor crítico tabulado (0,05) se rechaza la hipótesis nula.

La realización de los cálculos paramétricos efectuados en el presente estudio ha sido llevada a cabo con el software STATISTICA.

II.3.2. Métodos no-paramétricos (Test de Mann-Kendall).

Con objeto de conocer la posible variabilidad estacional de los distintos parámetros, y la influencia de esta sobre el posterior análisis de tendencias mediante el test de Mann-Kendall no-paramétrico, es necesario realizar un análisis de correlación de Spearman entre los datos analíticos obtenidos mensualmente y el mes del año en el que han sido tomados, previamente a la realización del estudio de tendencias propiamente dicho. A continuación se describen los fundamentos de cada una de estas técnicas estadísticas.

II.3.2.1. Correlación de Spearman.

El coeficiente de correlación de Spearman es una medida de la asociación lineal entre dos o más variables, utilizando para realizar la comparación rangos o números de orden. Es exactamente igual que el Coeficiente de Correlación de Pearson (apartado II.2.3.2) calculado sobre un rango de observaciones. Su expresión matemática es:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

donde $d_i = r_{xi} - r_{yi}$ es la diferencia entre los rangos de X e Y.

II.3.2.2. Test de Mann-Kendall.

El método básico del **test de Mann-Kendall (MK)** es el desarrollado por estos autores^{252, 253}, pero la publicación en 1981 de *Dietz y Kileen*²⁵⁴ donde se establece el procedimiento para calcular la covarianza entre dos estadísticas de Mann-Kendall, va a permitir la construcción de test para la detección de tendencias mucho más avanzados. Así, *Hirsch y Slack*²⁵⁵ desarrollaron en 1982 un test para evaluar los datos tomados en varias estaciones temporales, *Lettenmaier*²⁵⁶, en 1988, consideró los datos tomados en varias estaciones, y *Libiseller y Grimva*²⁵⁷, en 2002, demostraron como las variables meteorológicas, así como cualquier otra variables natural, puede alterar los resultados obtenidos, desarrollando un método para el estudio de las tendencias eliminando la posible influencia de cualquier variable externa.

El test monovariante de Mann-Kendall para la detección de tendencias monotónicas en series temporales de datos $\{Z_k, k = 1, 2, \dots, n\}$, parte de una hipótesis inicial H_0 en la que no existe tendencia, y trata de demostrar la veracidad o falsedad de dicha hipótesis, utilizando para ello el siguiente cálculo numérico:

$$T = \sum_{j < i} \text{sgn}(Z_i - Z_j)$$

siendo

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} 1, & \text{if } x > 0 \\ 0, & \text{if } x = 0 \\ -1, & \text{if } x < 0 \end{cases}$$

Siempre que no existe relación entre los datos a tratar y no se demuestre la existencia de tendencia alguna, la estadística realizada mediante este test es asintóticamente normal y presenta:

$$E(T) = 0$$

$$\text{Var}(T) = n(n-1)(2n+5)/18$$

Habitualmente se utiliza la **Tau de Kendall o coeficiente de correlación de Kendall**, calculado según la siguiente ecuación, para estudiar la veracidad de la hipótesis nula, utilizando para ello la comparación de la Tau de Kendall con un test t de contraste de significación (II.3.1) a nivel del 5%.

$$\tau = \frac{S}{\frac{n(n-1)}{2}}$$

Cuando se poseen datos de la variable objeto del estudio en varias estaciones temporales (w), es posible utilizar el **Test Estacional de Mann-Kendall (SMK)**, también llamado **Test de Hirsch-Slack**²⁵⁵. Este test es muy similar al test de Mann-Kendall, con la diferencia de que los datos son separados en w subseries de datos, las cuales representan a las w estaciones en las que fueron tomados los datos. Posteriormente a cada una de estas subseries de datos se le aplica el test de Mann-Kendall,

$$T_j = \sum_{k < l} \text{sign}(Z_{lj} - Z_{kj}) \quad j = 1, \dots, w$$

y posteriormente se suman los datos obtenidos de la aplicación del test en cada una de estas w estaciones

$$S = \sum_{j=1}^w T_j$$

En este caso, y bajo la hipótesis nula, S presenta una distribución normal asintomática con valor medio 0 y varianza:

$$Var[S] = \sum_{j=1}^{\omega} Var[T_j] + \sum_{\substack{j,g=1 \\ g \neq j}}^{\omega} Cov(T_j T_g)$$

siendo,

$$Var[T_j] = \frac{n_j(n_j - 1)(2n_j + 5) - \sum_{i=1}^m t_i(t_i - 1)(2t_i + 5)}{18}$$

donde n_j es el número de observaciones no perdidas en la estación j , m el número de grupos relacionados y t_i el tamaño de estos grupos.

La covarianza entre dos MK puede se obtiene aplicando la siguiente expresión:

$$Cov(T_j, T_g) = \left[S_{jg} + 4 \sum_{m=1}^n R_{mj} R_{mg} - n(n_j + 1)(n_g + 1) \right] / 3$$

donde n_j y n_g representan el número de datos no perdidos para las respectivas estaciones j y g , respectivamente,

$$S_{jg} = \sum_{m < n} sign[(Z_{nj} - Z_{mj})(Z_{ng} - Z_{mg})]$$

y R la matriz correspondiente a las observaciones realizadas para el conjunto de datos, en la que se ordenan los valores obtenidos y los perdidos. La categoría de los m elementos englovados en las i estaciones viene representada por la expresión:

$$R_{mj} = \left[n_j + 1 + \sum_{k=1}^n sign(x_{mj} - x_{kj}) \right] / 2$$

Donde $sign(x_{mj} - x_{kj})$ será cero si x_{mj} y x_{kj} corresponden a valores perdidos, con objeto de asignar la categoría media a $(n_j + 1)/2$ de los valores perdidos.

En caso de que los datos estudiados hayan sido tomados en diferentes localizaciones o puntos de muestreo, es recomendable utilizar el Test de Covarianza-Suma ²⁵⁶, el cual, salvo en la notación empleada, es idéntico al SMK, definiéndose la tendencia global según:

$$V = \mathbf{1}^T \mathbf{S} / \mathbf{1}^T \mathbf{\Gamma} \mathbf{1}$$

que representa la suma sobre todos los MK o SMK dividida por la suma de todas las varianzas de estos test y las covarianzas entre ellos. $\mathbf{\Gamma}$ representa la matriz de Varianza-Covarianza para las estadísticas MK o SMK y $\mathbf{1}$ representa el vector con todos los elementos igual a la unidad.

En aquellos casos en los que las condiciones medioambientales, climáticas, etc, puedan causar una notable influencia sobre los valores analíticos objeto del estudio, existe la posibilidad de aplicar el denominado **Test de Mann-Kendall Parcial o Condicional (PMK)**. Este test incluye los datos de una o más covarianzas (series temporales representando otras variables que puedan influenciar la variable objeto del estudio, series de datos meteorológicos o hidrológicos) a la hora de realizar el cálculo de la variable objeto de estudio.

Los datos de cada variable, en este caso una variable y una covariable como mínima, son tratados del mismo modo descrito anteriormente para el MK o el SMK. Definiendo \mathbf{T} como el vector de todos los MK, y $\mathbf{\Gamma}$ como su matriz de varianza-covarianza, se define

$$\mathbf{T} = [\mathbf{T}_\alpha, \mathbf{T}_\beta]^T$$

donde α y β representan los grupos seleccionados para la variable y sus covariables.

Este vector es multivariable y asintóticamente normal con

$$\boldsymbol{\mu} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{\mu}_\alpha \\ \boldsymbol{\mu}_\beta \end{bmatrix}_{\delta \times 1}$$

$$\boldsymbol{\Gamma} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{\Gamma}_{\alpha\alpha} & \boldsymbol{\Gamma}_{\alpha\beta} \\ \boldsymbol{\Gamma}_{\beta\alpha} & \boldsymbol{\Gamma}_{\beta\beta} \end{bmatrix}_{\delta \times \delta}$$

Por tanto, la distribución condicional de \mathbf{S}_α , para $\mathbf{S}_\beta = \mathbf{s}_\beta$ es normal multivariable con

$$E(\mathbf{S}_\alpha | \mathbf{S}_\beta = \mathbf{s}_\beta) = \boldsymbol{\mu}_\alpha + \boldsymbol{\Gamma}_{\alpha\beta} \boldsymbol{\Gamma}_{\beta\beta}^{-1} (\mathbf{s}_\beta - \boldsymbol{\mu}_\beta)$$

$$Var(\mathbf{S}_\alpha | \mathbf{S}_\beta = \mathbf{s}_\beta) = \boldsymbol{\Gamma}_{\alpha\alpha} - \boldsymbol{\Gamma}_{\alpha\beta} \boldsymbol{\Gamma}_{\beta\beta}^{-1} \boldsymbol{\Gamma}_{\beta\alpha}$$

Bajo la hipótesis nula de la no existencia de tendencias en las variables

$\boldsymbol{\mu} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{\mu}_\alpha \\ \boldsymbol{\mu}_\beta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{0} \\ \mathbf{0} \end{bmatrix}$, la expresión anterior se reduce a

$$E(\mathbf{S}_\alpha | \mathbf{S}_\beta = \mathbf{s}_\beta) = \boldsymbol{\Gamma}_{\alpha\beta} \boldsymbol{\Gamma}_{\beta\beta}^{-1} \mathbf{s}_\beta$$

La realización de los **cálculos del test de Mann-Kendall** realizados en el presente estudio han sido realizados mediante el software MULTMK/PARTMK (**FIGURA 54**), desarrollado bajo Microsoft® Visual Basic para Microsoft® Excel por Anders Grimvall y Claudia Libiseller, de la Universidad de Linköping (Suecia), dentro del programa IMPACT (Estimation of human impact in the presence of natural fluctuation) del Unión Europea.

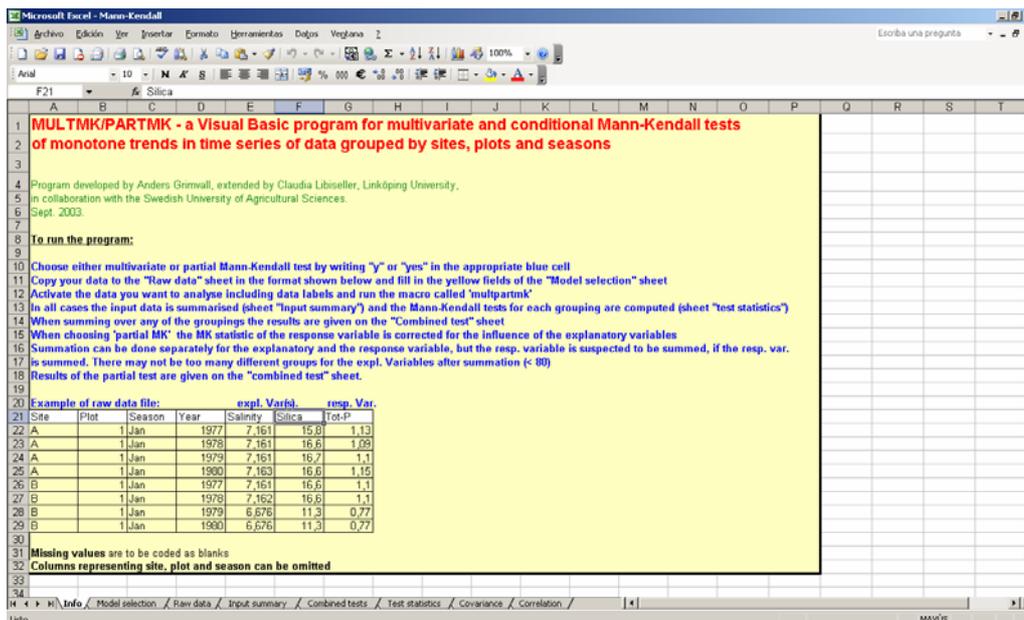


FIGURA 54. PANTALLA PRINCIPAL DE LA APLICACIÓN MULTMK/PARTMK

A modo de ejemplo se muestran las ventanas de entrada (FIGURA 55) y salida (FIGURA 56) de datos de dicha aplicación para la estimación de la tendencia del ICG en todas las estaciones durante el periodo 2001-2005. El programa facilita también los datos del test de Mann-Kendall para cada una de las estaciones o periodos definidos (FIGURA 57).

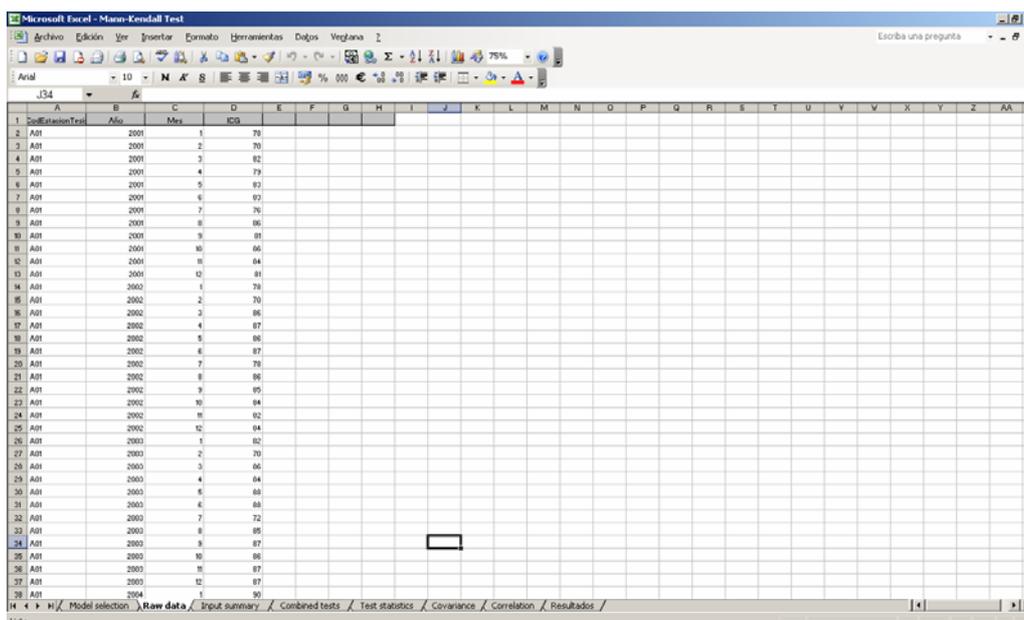


FIGURA 55. PANTALLA DE ENTRADA DE DATOS DE LA APLICACIÓN MULTMK/PARTMK

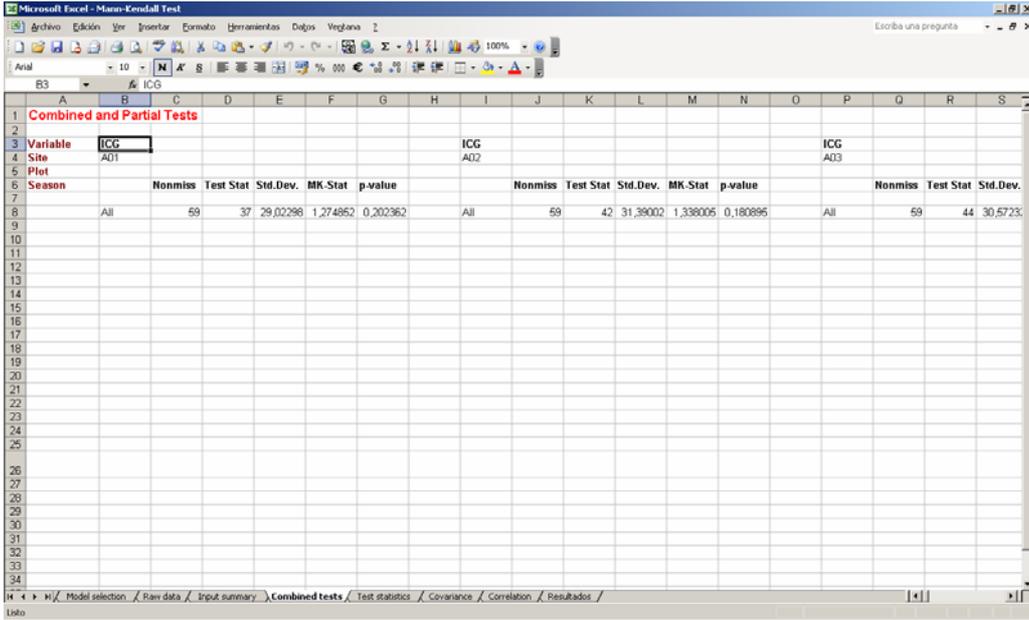


FIGURA 56. PANTALLA DE SALIDA DE DATOS DE LA APLICACIÓN MULTMK/PARTMK

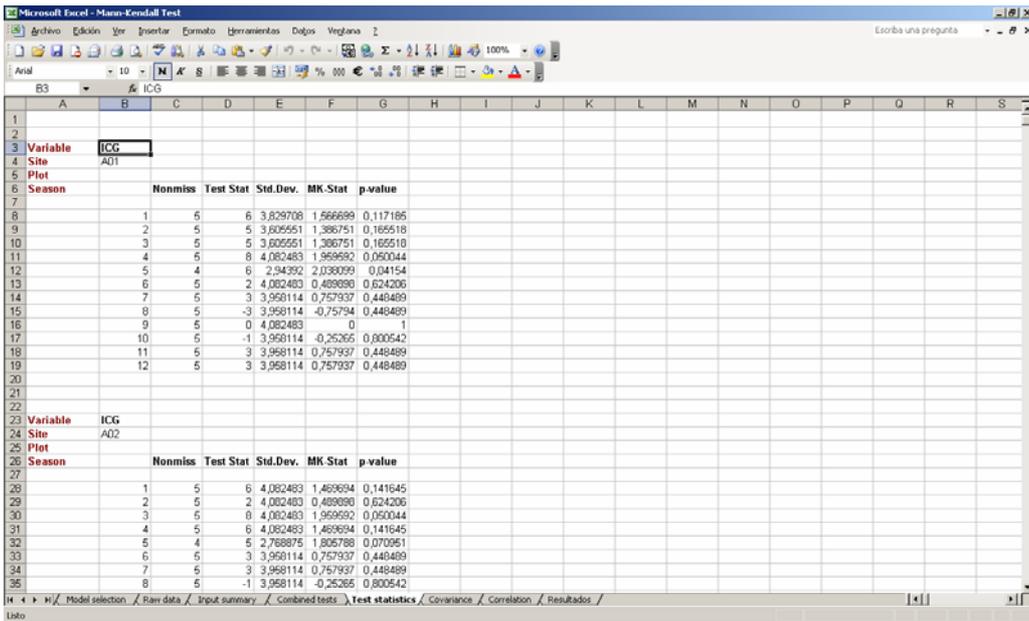


FIGURA 57. PANTALLA DE SALIDA DE DATOS DESGLOSADO MENSUALMENTE DE LA APLICACIÓN MULTMK/PARTMK

II.4. HERRAMIENTAS DE ESTIMACIÓN DE TENDENCIAS.

En los casos en los que se detecta una tendencia lineal mediante los métodos descritos en el apartado II.3.1, la magnitud de esta (cambio por unidad de tiempo)

puede ser estimada mediante diferentes métodos, conociendo así la magnitud de la misma.

A lo largo del presente apartado se describen los métodos de estimación de tendencias utilizados en el presente estudio.

II.4.1. Métodos paramétricos (pendiente de regresión lineal).

En el apartado II.3.1 se describió como el signo de la pendiente de la recta de regresión lineal mediante el método de mínimos cuadrados proporciona una clara visión de la existencia o no de tendencias monotónicas en una serie temporal de datos. En caso de detectarse una tendencia mediante este procedimiento, el valor de esta pendiente (*b*), indica la magnitud de la tendencia, entendida como cambio de la variable por unidad de tiempo.

Junto con el valor de la pendiente de regresión lineal (variación anual), se facilita el dato de valor-p, o test-t, ya descrito anteriormente en el apartado II.3.1, así como el **% de variación anual** que se obtiene del cociente entre la pendiente o variación anual y el valor medio del parámetro durante el periodo estudiado, expresado en tanto por ciento.

$$\%Variación_anual = \frac{b}{x}100$$

Si bien este es un método rápido para la detección y cuantificación de tendencias, presenta un elevado error en caso de aplicarse a series de datos con presencia de datos extremos.

II.4.2. Métodos no-paramétricos (Pendiente de Sen).

Con objeto de realizar una estimación del cambio por unidad de tiempo de los distintos parámetros analíticos de calidad de las aguas, en el presente trabajo se utiliza el test no-paramétrico de la pendiente de Sen²⁰², desarrollado por este autor en 1968, aunque se constituye como una extensión del test desarrollado por Theil²⁵⁸ años antes.

El cálculo de la pendiente de Sen se realiza calculando las N' pendientes Q para el conjunto de datos objeto del estudio, según la expresión:

$$Q = \frac{x_{i'} - x_i}{i' - i}$$

donde $x_{i'}$ y x_i son los datos que presenta la variable a los tiempos i' y i respectivamente, siendo $i' > i$ en todos los casos; N' es el número de pares de datos para los que se cumple la condición $i' > i$.

La mediana de todos estos N' valores de Q es lo que se conoce como pendiente de Sen.

En caso de haber solo un dato por periodo de tiempo, el valor de N' se estima según la ecuación:

$$N' = \frac{n(n-1)}{2}$$

La realización de los **cálculos de la pendiente de Sen** realizados en el presente estudio han sido realizados mediante el software MULTIMK/CONDMK (**FIGURA 58**), desarrollado bajo Microsoft® Visual Basic para Microsoft® Excel por Anders Grimvall y Claudia Libiseller, de la Universidad de Linköping (Suecia), dentro del programa IMPACT (Estimation of human impact in the presence of natural fluctuation) del Unión Europea.

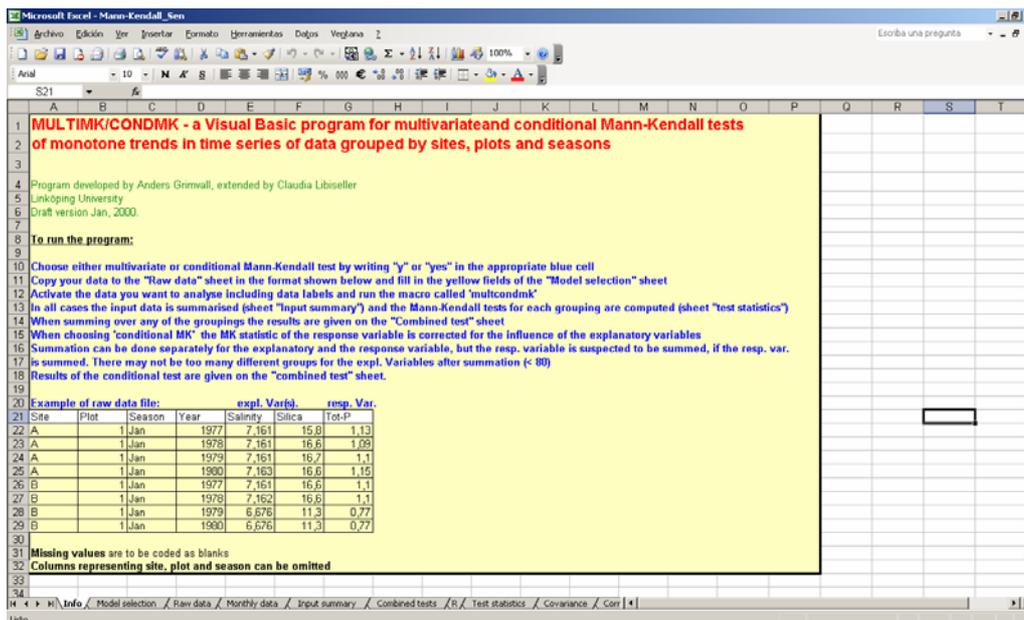


FIGURA 58. PANTALLA INICIAL DE LA APLICACIÓN MULTMK/CONDMK.

A modo de ejemplo se muestran las ventanas de entrada (FIGURA 59) y salida (FIGURA 60) de datos de dicha aplicación para la estimación de la pendiente de Sen del ICG en todas las estaciones de la subcuenca del Río Segre durante el periodo 2001-2005.

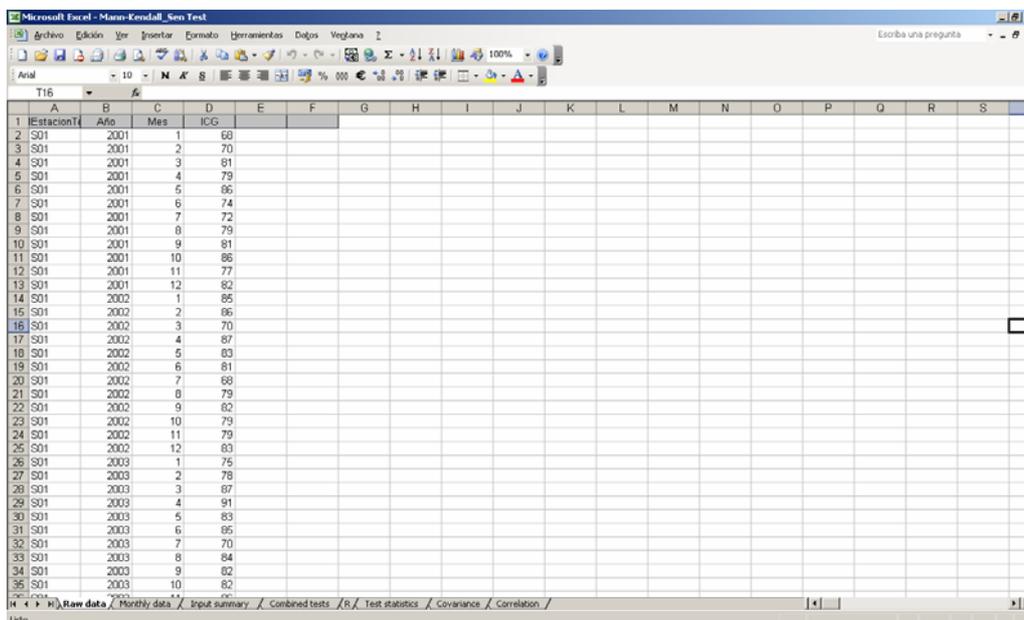


FIGURA 59. PANTALLA DE ENTRADA DE DATOS DE LA APLICACIÓN MULTMK/CONDMK.

	Nonmiss	Test Stat	Std.Dev.	MK-Stat	p-value	Sen-slope		Nonmiss	Test Stat	Std.Dev.	MK-Stat	p-value	Sen-slope	Nonm
S01	5	2	4,082483	0,480898	0,624206	2,125		5	5	3,958114	1,263228	0,206507	1,166667	

FIGURA 60. PANTALLA DE SALIDA DE DATOS DE LA APLICACIÓN MULTMK/CONDMK.

II.5. ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUAS.

La expresión matemática general de este índice es

$$ICG = \sum_{i=1}^n F_1(\lambda_i) \times F_2(\lambda_i, n)$$

En la que λ_i son las variables o parámetros analizados, y n es el número de parámetros utilizados para llevar a cabo el cálculo. F_1 y F_2 son dos tipos de funciones que caracterizan la influencia que cada parámetro tiene según el uso previsto de un agua.

La concentración de un parámetro influye de forma muy diferente, en función de cada parámetro, sobre la calidad de un agua para un determinado uso, al margen de que cada parámetro se exprese en unas determinadas unidades. Todo ello conlleva a que no es posible operar directamente con los parámetros a la hora de desarrollar un índice de calidad, y aparece la necesidad de utilizar funciones de equivalencia (Q_i) que transforman los resultados analíticos en valores adimensionales, de tal forma que valores idénticos de cada parámetro frente a un uso, signifiquen calidades iguales.

$$Q_i = F_1(\lambda_i)$$

Así, las funciones de equivalencia transforman cada valor de un parámetro aislado λ_i que se corresponde con un nivel de calidad Q_i en un rango de 0 a 100, siendo cero un valor que refleja la mínima calidad de un agua, y 100 la máxima para un uso. 60 se considera un valor crítico, bajo el cual, las aguas deben someterse a un tratamiento correctivo antes de su utilización.

En la **TABLA 26** se describen matemáticamente cada una de las funciones de equivalencia utilizadas para el cálculo del ICG.

Al mismo tiempo, no todos los parámetros utilizados tienen relevancia para un determinado uso del agua, por lo que han de utilizarse sólo aquellos que afecten en realidad a su posible utilización (calidad). Debido a esto se pueden definir tres tipos de parámetros:

1. Parámetros que son siempre significativos, independientemente del valor que presenten.
2. Parámetros que sólo afectan para un determinado uso en función de su concentración. Es decir, su presencia a partir de un determinado valor produce un empeoramiento de la calidad del agua, pero no en el caso contrario.
3. Parámetros que no afectan al uso previsto del agua.

Los correspondientes al primer grupo forman el conjunto de variables *Básicas*, que siempre intervendrán en el cálculo del ICG con independencia de su valor, mientras que el segundo grupo es el de los denominados parámetros *Complementarios*, que tan sólo intervendrán cuando su Q_i sea inferior a 60.

En base a lo anterior, la función $F_2(\lambda_i, n)$, denominada abreviadamente P_i , dependerá tanto del tipo de variables que hallan sido seleccionadas, como del número de ellas, ya que las variables complementarias intervendrán o no en función de su valor de equivalencia. Al mismo tiempo, con objeto de que el ICG oscile entre valores de cero a cien, la suma de los coeficientes de ponderación P_i ha de ser la unidad.

En la práctica se le asigna *a priori* a cada parámetro un coeficiente a_i , con valores comprendidos entre 1 y 4, que mide la influencia relativa de cada uno, según la siguiente clasificación:

TABLA 25. VALORES DEL COEFICIENTE A_i .

Valor de a_i	Importancia del parámetro
1	Muy importante
2	Importancia media
3	Importancia débil
4	Parámetro dudoso o poco significativo

Con todo ello, el valor de P_i para cada una de los parámetros que intervienen en el cálculo se realiza aplicando la ecuación:

$$P_i = \frac{\frac{1}{a_i}}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{a_j}}$$

En definitiva, el ICG es una media ponderada de los niveles de calidad deducidos, mediante las funciones de equivalencia, de los resultados analíticos, teniendo en cuenta la importancia relativa de cada uno de los parámetros en la calidad que el agua presenta para un determinado uso.

$$ICG = \sum_{i=1}^n Q_i \times P_i$$

TABLA 26. FUNCIONES DE EQUIVALENCIA DEL ICG Y CLASIFICACIÓN DE LOS DISTINTOS PARÁMETROS QUE INTERVIENEN EN EL CÁLCULO DEL ICG.

Parámetro	Q_i	a_i	Tipo	
Oxígeno disuelto	$\forall X \in \left\{ \begin{array}{l} [0,0.5] \rightarrow 0 \\ [0.5,8] \rightarrow \frac{40 \times X - 20}{3} \\ [8,14.5] \rightarrow 100 \\ [14.5,19] \rightarrow -20 \times X + 380 \\ [19,20] \rightarrow 0 \end{array} \right.$	1	Básico	
Sólidos en suspensión	$\forall X \in \left\{ \begin{array}{l} [0,30] \rightarrow 100 \\ [30,120] \rightarrow \frac{1020 - 4 \times X}{9} \\ [120,450] \rightarrow \frac{450 - X}{5.5} \\ [450, \infty] \rightarrow 0 \end{array} \right.$	1	Básico	
pH	$\forall X \in \left\{ \begin{array}{l} [0,4.5] \rightarrow 0 \\ [4.5,6.5] \rightarrow 30 \times X - 135 \\ [6.5,7.5] \rightarrow 40 \times X - 200 \\ [7.5,10] \rightarrow 400 - 40 \times X \\ [10,12] \rightarrow 0 \end{array} \right.$	1	Básico	
Conductividad eléctrica	$\forall X \in \left\{ \begin{array}{l} [0,250] \rightarrow 100 \\ [250,1000] \rightarrow 120 - 0,08 \times X \\ [1000,2000] \rightarrow 80 - 0,04 \times X \\ [2000, \infty] \rightarrow 0 \end{array} \right.$	1	Básico	

Parámetro	Q_i	a_i	Tipo
DQO	$\frac{35000}{27 \times X + 300} - \frac{50}{3}$	3	Básico
DBO ₅	$\frac{7000}{9 \times X + 60} - \frac{50}{3}$	1	Básico
Coliformes totales	$\forall X \in \begin{cases} [1,10] \rightarrow 100 \\ [10,1300] \rightarrow 140 - 40,26 \times \log_{10} X \\ [1300, \infty] \rightarrow 0 \end{cases}$	1	Básico
Cloruros	$\forall X \in \begin{cases} [0,400] \rightarrow 100 - 0,1 \times X \\ [400,2000] \rightarrow 75 - 0,0375 \times X \\ [2000, \infty] \rightarrow 0 \end{cases}$	2	Complementario
Sulfatos	$\forall X \in \begin{cases} [0,1250] \rightarrow 100 - 0,08 \times X \\ [1250, \infty] \rightarrow 0 \end{cases}$	2	Complementario
Fosfatos totales	$\forall X \in \begin{cases} [0,3.75] \rightarrow \frac{1500 - 400 \times X}{15} \\ [3.75, \infty] \rightarrow 0 \end{cases}$	3	Básico
Calcio	$\forall X \in \begin{cases} [0,5] \rightarrow 50 \\ [5,200] \rightarrow 100 \\ [200,2000] \rightarrow \frac{2000 - X}{30} \\ [2000, \infty] \rightarrow 0 \end{cases}$	3	Complementario

Parámetro	Q_i	a_i	Tipo
Magnesio	$\forall X \in \begin{cases} [0,150] \rightarrow 100 - \frac{4 \times X}{15} \\ [150,1000] \rightarrow \frac{6}{85}(1000 - X) \\ [1000, \infty] \rightarrow 0 \end{cases}$	4	Complementario
Sodio	$\forall X \in \begin{cases} [0,200] \rightarrow 100 - 0,25 \times X \\ [200,1000] \rightarrow \frac{1000 - X}{16} \\ [1000, \infty] \rightarrow 0 \end{cases}$	4	Complementario
Nitratos	$\forall X \in \begin{cases} [0,250] \rightarrow 100 - 0,4 \times X \\ [250, \infty] \rightarrow 0 \end{cases}$	3	Básico
Detergentes	$\forall X \in \begin{cases} [0,1.25] \rightarrow 100 - 80 \times X \\ [1.25, \infty] \rightarrow 0 \end{cases}$	1	Complementario
Cianuros	$\forall X \in \begin{cases} [0,0.025] \rightarrow 100 - 4000 \times X \\ [0.025, \infty] \rightarrow 0 \end{cases}$	1	Complementario
Fenoles	$\forall X \in \begin{cases} [0,2] \rightarrow 100 - 20000 \times X \\ [2,50] \rightarrow 62,5 - 1250 \times X \\ [50, \infty] \rightarrow 0 \end{cases}$	1	Complementario
Cadmio	$\forall X \in \begin{cases} [0,10] \rightarrow 100 - 80 \times X \\ [1.25, \infty] \rightarrow 0 \end{cases}$	1	Complementario

Parámetro	Q_i	a_i	Tipo
Cobre	$\forall X \in \begin{cases} [0,0.01] \rightarrow 100 \\ [0.01,1] \rightarrow 101 - 101 \times X \\ [1,\infty] \rightarrow 0 \end{cases}$	2	Complementario
Cromo hexavalente	$\forall X \in \begin{cases} [0,0.125] \rightarrow 100 - 800 \times X \\ [0.125,\infty] \rightarrow 0 \end{cases}$	1	Complementario
Mercurio	$\forall X \in \begin{cases} [0,0.001] \rightarrow 100 - 100000 \times X \\ [0.001,\infty] \rightarrow 0 \end{cases}$	1	Complementario
Plomo	$\forall X \in \begin{cases} [0,0.2] \rightarrow 100 - 500 \times X \\ [0.2,\infty] \rightarrow 0 \end{cases}$	1	Complementario
Zinc	$\forall X \in \begin{cases} [0,5] \rightarrow 100 - 20 \times X \\ [5,\infty] \rightarrow 0 \end{cases}$	1	Complementario

A partir del cálculo del ICG, se obtienen valores numéricos comprendidos entre 0 y 100 que reflejan la calidad del agua en un determinado punto de muestreo y tiempo. Estos valores son fácilmente traducibles a un concepto general de calidad del recurso según la siguiente escala:



La expresión de la calidad de un agua mediante un valor comprendido en esta simple escala numérica, permite, por un lado, la visión rápida de la calidad del agua, y por otro, la comprensión rápida para personas profanas en la materia. Todo ello unido a un código de colores como el que se muestra, hace posible un rápido conocimiento sobre la calidad del agua.

CAPÍTULO III:
ESTUDIO HIDROGEOQUÍMICO DE LA CUENCA DEL
RÍO EBRO (PERIODO 1981-2005)

III. ESTUDIO HIDROGEOQUÍMICO DE LA CUENCA DEL RÍO EBRO (PERÍODO 1981-2005).

III.1. INTRODUCCIÓN.

Antes de realizar el estudio de tendencias de la calidad de las aguas del Río Ebro durante los últimos 25 años, en el presente capítulo se realiza un estudio hidrogeoquímico de la Cuenca. Con ello se pretende dar una visión general de la misma antes de proceder al estudio detallado de las tendencias de calidad de las aguas.

Dada la gran cantidad de resultados analíticos generados durante el período de estudio (1981-2005) (147.203 datos analíticos, correspondientes a 9.845 muestras tomadas en 36 estaciones de muestreo) no se ha considerado conveniente su inclusión en la presente memoria, si bien si se facilitan en formato digital en un CD anexo adjunto de la misma, y que constituye en Anexo I de la presente Memoria.

A partir de los datos hidrogeoquímicos obtenidos de las estaciones de la red COCA seleccionadas para la realización del presente estudio, se han calculado los parámetros estadísticos básicos (número de datos, media, mediana, valores máximos y mínimos, desviación estándar y desviación estándar relativa) para los 34 parámetros analíticos determinados en cada una de las 36 estaciones de muestreo. Dichas tablas, en las que se ha incluido además el valor de la pendiente y del test-t, que serán comentadas en el siguiente capítulo, se encuentran recogidas en el Anexo II de la presente Memoria.

Como paso preliminar, se realiza una descripción estadística elemental de los resultados, y posteriormente un estudio estadístico multivariante (Estudio de Correlaciones, Análisis de Componentes Principales y Análisis Clúster), el cual tiene por objeto desvelar cuáles son los principales factores que definen la variabilidad del sistema, así como la variación espacial del mismo.

A continuación se muestran los resultados obtenidos en cada caso.

III.2. DESCRIPCIÓN ESTADÍSTICA ELEMENTAL.

III.2.1. Introducción.

Con objeto de poder realizar una caracterización físico-química de la totalidad de la Cuenca y las distintas subcuencas consideradas, a partir de los datos medios incluidos en el Anexo I, se han elaborado tablas resumen para los distintos grupos de parámetros y subcuencas que se han establecido, así como diferentes representaciones gráficas.

III.2.2. Parámetros no específicos.

En la **TABLA 27** y **TABLA 28** aparecen recogidos los valores medios de los distintos parámetros en cada una de las estaciones y un resumen para toda la cuenca y cada una de las subcuencas consideradas.

En las **FIGURA 62** a **FIGURA 67** se muestran los valores medios del caudal, pH y conductividad eléctrica para las distintas subcuencas y estaciones durante el período estudiado (1981-2005).

Se observa como el caudal es mayor en la subcuenca Ebro (tronco), debido a que es la que recoge todas las aguas de la cuenca, aumentando conforme nos acercamos a la desembocadura en el Mar Mediterráneo, salvo en las estaciones finales, donde se observa un descenso del caudal debido a los embalses de regulación situados en la zona final del río (Figura 64).

Las subcuencas del Aragón, Gallego y Segre-Cinca presentan valores similares de caudal, siendo la del Río Jalón, la que menos cantidad de agua aporta al total de la cuenca (Figura 63).

Como se observa en la **FIGURA 65**, el valor del pH es muy similar en cada una de las cinco subcuencas principales de la cuenca del Ebro. No ocurre lo mismo con la conductividad eléctrica, que varía notablemente entre las subcuencas (Figura 66 y Figura 67), siendo las de los Ríos Gallego y Jalón las más elevadas, debido a una mayor presencia iónica en disolución, y las de Aragón y Segre-Cinca las más baja. En el tronco del Río Ebro se observan conductividades medias debido a los efectos de mezcla de las distintas aguas.

Las coliformes totales y temperaturas del agua y el aire son muy similares en todas las cuencas y estaciones, al igual que los sólidos en suspensión, aunque en el caso de los sólidos en suspensión se observa una mayor presencia en la subcuenca del Jalón con respecto al resto de la Cuenca. En general, se observan numerosos valores extremos en el caso de los sólidos en suspensión debido a las distintas avenidas producidas tras las fuertes lluvias.

TABLA 27. VALORES MEDIOS CORRESPONDIENTES A LOS PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS DURANTE EL PERIODO 1981-2005. TOTALIDAD DE LA CUENCA.

Estación	Caudal en superficie (m ³ /s)	Temperatura del aire (°C)	Temperatura del agua (°C)	pH	Conductividad eléctrica a 20°C (µS/cm)	Materias en suspensión (mg/L)	Coliformes totales a 20°C (NMP/100mL)
A01	6,4	15,0	9,6	8,11	221	18	4669
A02	17,5	17,1	12,2	8,11	297	7	867
A03	49,4	17,5	13,6	8,03	349	14	5374
A04	48,8	15,2	13,7	8,02	415	52	207395
E01	45,1	14,2	12,7	7,98	320	8	2759
E02	50,4	14,7	15,6	7,94	469	9	7654
E03	73,6	14,3	14,9	7,78	498	13	14852
E04	95,8	14,6	14,3	7,91	648	26	25762
E05	176,7	15,5	14,0	7,86	765	31	342252
E06	157,3	15,7	14,6	7,94	833	48	26218
E07	173,5	16,3	14,7	7,92	1132	63	34249
E08	72,8	17,9	15,3	7,82	1266	64	60784
E09	191,1	17,9	16,1	7,98	1344	94	14807
E10	203,2	17,8	15,7	7,84	967	4	1269
E11	294,9	19,0	15,3	7,80	878	6	3719
E12	356,6	19,8	16,9	7,93	915	11	15796
E13	266,5	20,6	17,4	8,00	923	9	93550
G01	27,1	15,2	11,3	8,08	288	39	3838
G02	-	14,3	13,0	7,84	559	24	7088
G03	-	13,5	13,4	7,81	1580	15	16987
G04	16,0	17,3	16,1	7,70	1775	75	84478
J01	4,3	17,1	14,4	8,22	1119	187	14417
J02	6,1	16,2	13,1	7,99	1203	83	338856
J03	3,3	15,0	14,4	7,88	1131	108	19328
C01	31,9	18,2	12,6	8,01	258	3	10243
C02	47,6	17,6	13,9	8,01	684	17	4523
C03	-	15,9	14,0	8,15	800	23	9790
C04	56,6	17,0	14,7	7,99	919	68	30508
S01	14,7	17,1	11,3	8,17	188	15	7492
S02	25,7	17,9	11,5	8,02	204	42	36691
S03	25,7	18,1	12,5	8,01	285	18	6410
S04	20,3	17,2	14,1	7,96	618	14	11251
S05	21,7	17,6	14,8	7,98	554	11	19685
S06	54,9	17,3	14,2	7,88	520	51	30324
S07	-	16,7	14,8	7,76	749	26	20872
S08	70,7	16,3	14,9	7,86	590	29	15398

TABLA 28. DESCRIPCIÓN ESTADÍSTICA ELEMENTAL CORRESPONDIENTE A LOS PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS DURANTE EL PERÍODO 1981-2005 EN LA CHE Y DISTINTAS SUBCUENCAS CONSIDERADAS.

	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD
C. H. EBRO						
Q	96,7	34,0	ND	2052,0	161,2	167%
TAI	16,7	16,5	-6,0	40,5	8,2	49%
TAG	14,2	13,6	ND	33,5	5,9	42%
pH	7,94	8,00	6,20	9,90	0,3	4%
CE	736	625	90	3839	478,4	65%
SS	37	9	ND	5200	168,3	456%
Col	43304	5000	ND	28000000	559350,5	1292%
C. H. ARAGÓN						
Q	29,0	9,6	0,1	1197,2	67,0	231%
TAI	16,2	15,7	-2,0	36,5	8,0	49%
TAG	12,3	11,0	ND	27,2	5,9	48%
pH	8,07	8,10	7,20	8,60	0,3	3%
CE	322	307	117	1132	101,4	31%
SS	23	5	ND	3680	175,0	770%
Col	56308	1000	ND	10000000	705424,2	1253%
C. H. EBRO (TRONCO)						
Q	177,9	102,0	ND	2052,0	204,0	115%
TAI	16,8	16,7	-4,2	40,5	8,0	48%
TAG	15,2	14,7	1,3	31,3	6,0	40%
pH	7,90	7,90	6,20	9,90	0,3	4%
CE	840	746	94	2738	425,5	51%
SS	30	9	ND	5200	151,0	511%
Col	45667	6000	ND	28000000	654865,1	1434%
C. H. GALLEGO						
Q	24,5	16,9	0,5	207,0	25,2	103%
TAI	15,3	15,0	-6,0	40,2	8,2	54%
TAG	13,5	13,3	1,5	33,5	6,1	45%
pH	7,86	7,80	6,60	9,40	0,3	4%
CE	1051	691	164	3839	788,1	75%
SS	46	13	ND	2150	145,6	319%
Col	30339	3250	ND	999999	116005,6	382%
C. H. JALÓN						
Q	4,6	3,4	ND	69,0	5,1	111%
TAI	16,0	15,8	-0,6	38,0	8,1	50%
TAG	13,9	13,6	3,0	28,2	4,9	35%
pH	8,02	8,00	6,80	8,80	0,3	4%
CE	1153	1148	164	2220	317,8	28%
SS	155	58	2	4840	369,8	239%
Col	134406	9000	ND	3200000	430024,1	320%
C. H. SEGRE-CINCA						
Q	40,5	25,5	ND	420,4	44,9	111%
TAI	17,3	17,5	-5,0	38,9	8,3	48%
TAG	13,8	13,4	1,3	28,1	5,6	41%
pH	7,95	8,00	6,60	9,10	0,3	4%
CE	547	512	90	1861	285,3	52%
SS	28	10	ND	3500	117,9	424%
Col	17049	4300	ND	500000	36108,0	212%

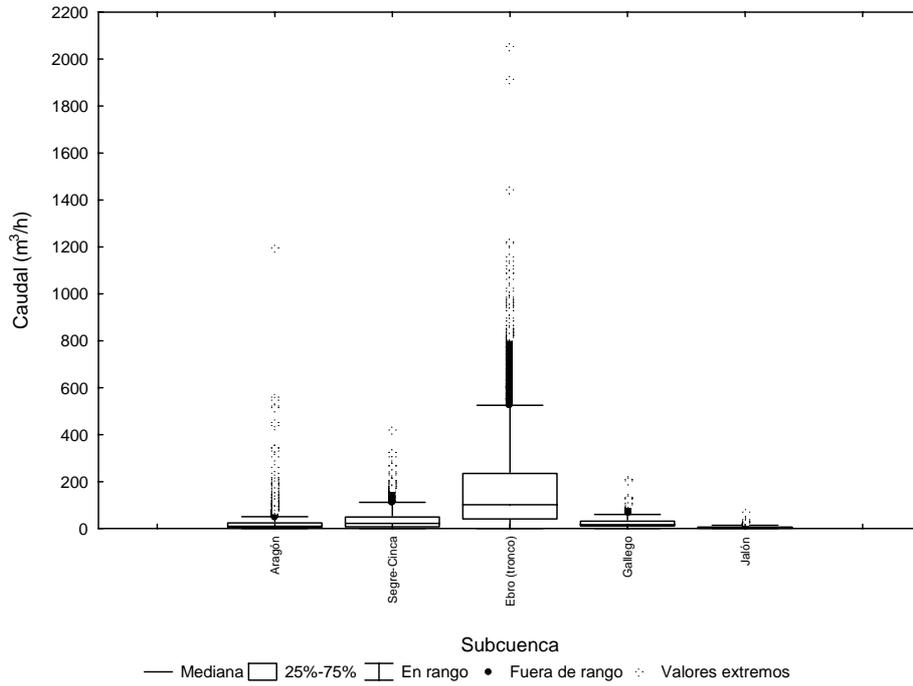


FIGURA 62. DIAGRAMA DE CAJAS PARA EL CAUDAL EN CADA UNA DE LAS SUBCUENCAS.

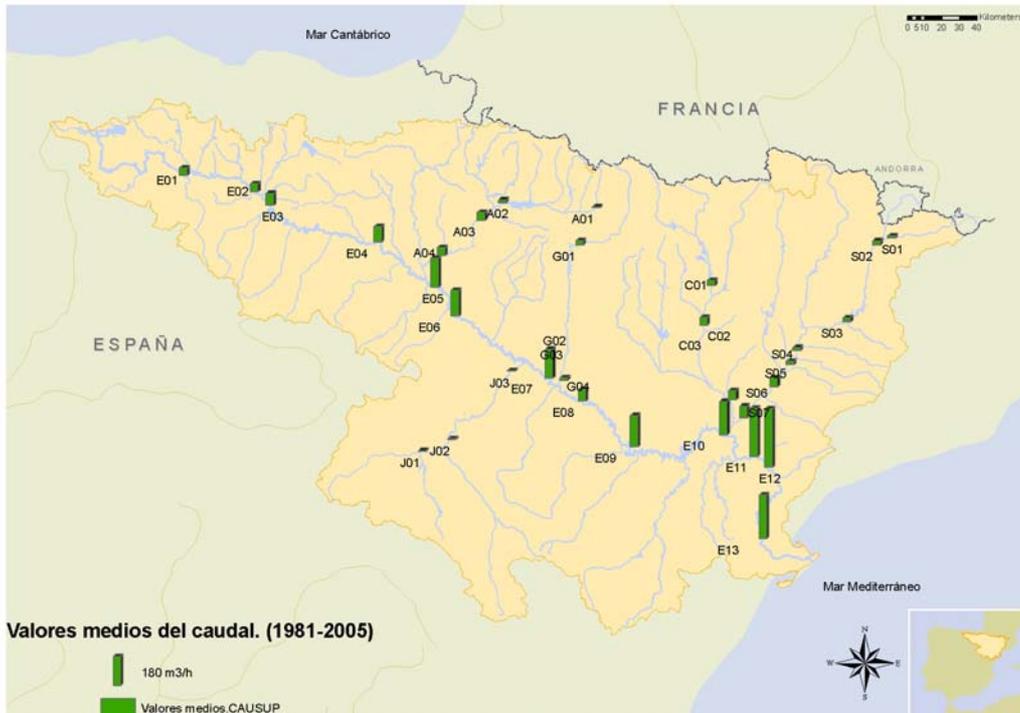


FIGURA 63. VALORES MEDIOS DEL CAUDAL EN CADA UNA DE LAS ESTACIONES.

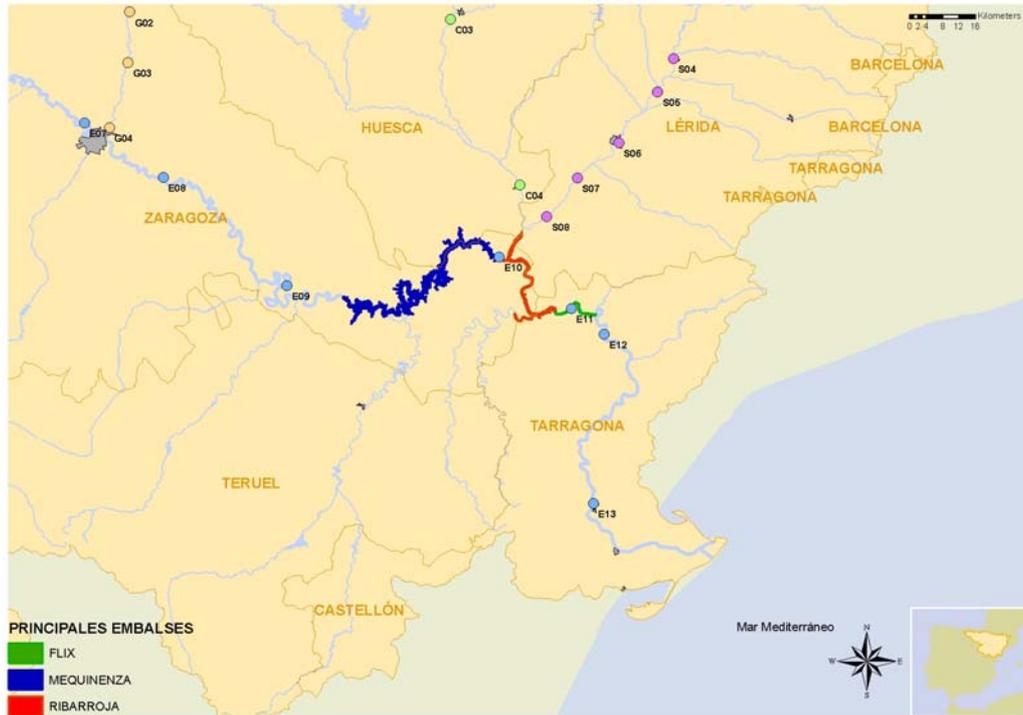


FIGURA 64. LOCALIZACIÓN DE LOS PRINCIPALES EMBALSES DE REGULACIÓN SITUADOS EN EL TRAMO FINAL DEL RÍO EBRO.

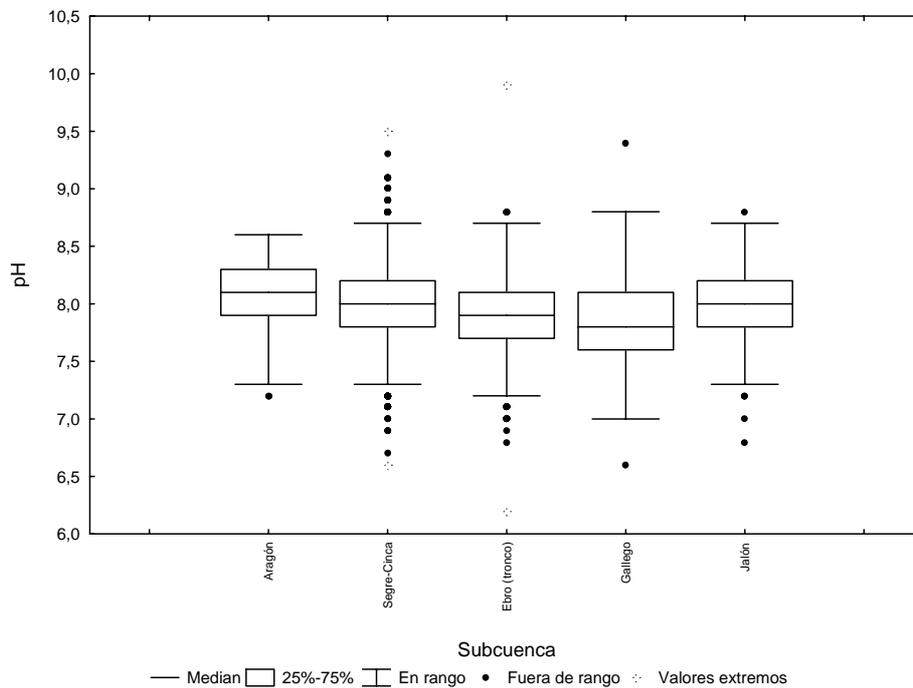


FIGURA 65. DIAGRAMA DE CAJAS PARA EL PH EN CADA UNA DE LAS SUBCUENCAS.

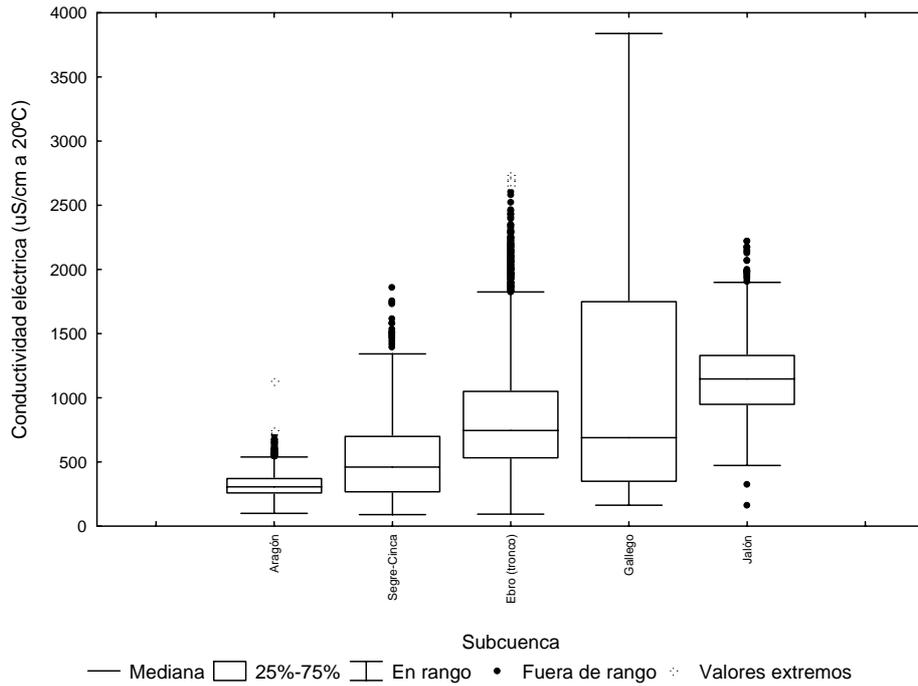


FIGURA 66. DIAGRAMA DE CAJAS PARA LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN CADA UNA DE LAS SUBCUENCAS.

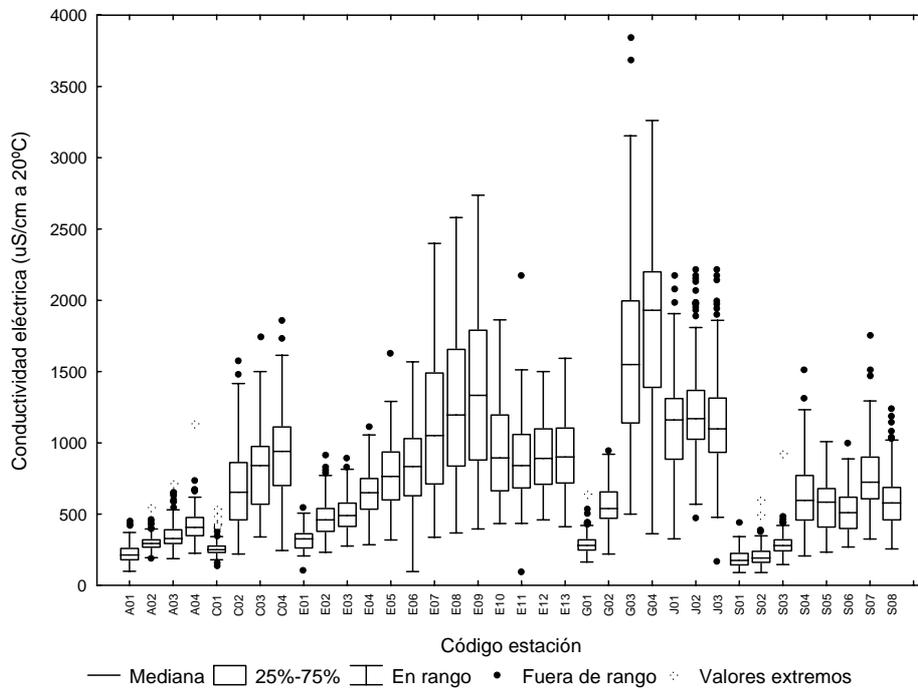


FIGURA 67. V DIAGRAMA DE CAJAS PARA LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN CADA UNA DE LAS ESTACIONES.

III.2.3. Componentes mayoritarios

En la **TABLA 29** y **TABLA 30** aparecen recogidos los valores medios de los distintos parámetros en cada una de las estaciones y un resumen para toda la Cuenca y cada una de las subcuencas consideradas de los valores de los componentes mayoritarios.

TABLA 29. VALORES MEDIOS CORRESPONDIENTES A LOS COMPONENTES MAYORITARIOS DURANTE EL PERIODO 1981-2005. TOTALIDAD DE LA CUENCA.

Estación	Calcio (mg/L)	Magnesio (mg/L)	Sodio (mg/L)	Potasio (mg/L)	Cloruro (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Alcalinidad (mg/L CO3Ca)
A01	45,6	6,7	3,3	0,62	5,6	12,6	123,5
A02	51,8	7,2	8,5	0,86	12,8	17,7	139,5
A03	56,4	8,8	19,3	1,25	13,6	44,4	145,8
A04	62,0	11,4	27,9	1,49	27,9	51,0	159,4
E01	56,3	8,3	6,0	1,47	12,0	25,1	139,9
E02	67,1	9,2	29,6	1,81	38,9	57,6	149,4
E03	71,2	9,5	33,3	2,36	42,6	62,6	158,7
E04	79,0	11,2	58,1	2,93	77,7	95,1	153,3
E05	87,5	14,4	68,5	3,51	97,5	105,8	172,0
E06	93,0	16,7	82,2	3,55	116,8	120,7	177,4
E07	117,6	25,8	120,0	3,88	167,5	207,9	199,1
E08	134,3	26,0	132,2	4,73	186,0	247,9	201,2
E09	139,2	33,0	154,6	4,68	223,3	321,2	188,1
E10	106,6	22,8	89,5	3,75	117,8	196,7	160,8
E11	97,7	22,1	75,7	3,25	98,2	175,7	160,6
E12	104,8	22,1	81,6	3,44	118,2	190,5	161,0
E13	105,5	23,3	83,2	3,49	119,1	195,1	164,9
G01	45,4	8,1	9,4	6,19	14,6	28,9	118,5
G02	84,1	16,3	22,2	7,35	33,9	133,4	143,5
G03	148,0	27,3	185,2	7,04	264,7	328,2	164,1
G04	164,0	33,5	219,4	7,18	316,8	351,4	212,2
J01	118,6	46,1	72,8	4,77	125,9	237,7	234,7
J02	150,7	51,0	72,6	4,06	114,5	329,4	242,6
J03	142,9	40,1	96,6	4,52	143,7	286,2	220,1
C01	44,5	7,3	4,5	0,69	6,6	27,2	111,2
C02	62,5	13,5	84,0	1,27	122,5	86,2	127,7
C03	64,4	12,4	113,1	1,32	160,9	85,2	137,1
C04	90,3	26,3	106,0	2,71	130,4	197,4	169,0
S01	36,0	4,1	5,6	1,38	6,8	14,5	88,6
S02	39,5	3,7	7,2	1,89	9,2	17,3	93,0
S03	49,8	6,6	7,2	1,46	10,3	35,3	113,1
S04	88,3	18,0	29,1	2,15	40,0	154,3	136,8
S05	84,8	13,1	26,9	2,18	34,5	127,0	135,9
S06	75,1	14,3	24,5	2,12	28,3	117,7	130,7
S07	105,4	25,1	54,4	3,94	55,9	222,1	170,0
S08	82,9	17,2	31,8	2,67	35,9	145,8	139,0

TABLA 30. DESCRIPCIÓN ESTADÍSTICA ELEMENTAL CORRESPONDIENTE A LOS PARÁMETROS MAYORITARIOS DURANTE EL PERÍODO 1981-2005 EN LA CHE Y DISTINTAS SUBCUENCAS CONSIDERADAS.

	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD
C. H. EBRO						
Ca	92,0	88,2	23,1	248,0	36,4	40%
Mg	18,3	15,3	1,0	99,7	12,2	67%
Na	67,9	50,7	ND	534,6	60,2	89%
K	3,14	2,80	ND	43,00	2,14	68%
Cl	92,9	67,2	ND	804,0	85,2	92%
SO4	140,8	112,7	1,0	5218,0	140,6	100%
Alc	162,6	162,0	8,5	582,0	38,7	24%
C. H. ARAGÓN						
Ca	54,0	54,5	26,1	100,2	10,6	20%
Mg	8,5	7,3	1,2	35,3	4,2	49%
Na	14,7	9,0	ND	136,3	15,4	104%
K	1,06	1,00	ND	3,40	0,55	52%
Cl	15,4	12,5	ND	145,0	13,0	85%
SO4	31,0	20,8	1,0	252,0	28,3	91%
Alc	142,1	145,0	72,5	197,5	23,3	16%
C. H. EBRO (TRONCO)						
Ca	96,9	92,2	27,3	242,0	30,7	32%
Mg	18,5	16,7	1,2	77,8	10,4	56%
Na	78,4	67,0	1,5	335,0	55,1	70%
K	3,29	3,10	ND	26,30	1,58	48%
Cl	110,5	92,7	2,2	450,0	77,3	70%
SO4	151,3	125,0	8,2	660,0	101,4	67%
Alc	169,9	169,0	8,5	582,0	31,2	18%
C. H. GALLEGO						
Ca	109,7	90,2	32,0	248,0	62,1	57%
Mg	21,2	17,4	2,4	99,7	13,8	65%
Na	110,0	39,6	3,5	534,6	119,9	109%
K	6,89	6,30	0,50	18,30	3,82	56%
Cl	154,4	56,6	3,6	804,0	170,7	111%
SO4	208,0	155,6	11,5	598,0	172,4	83%
Alc	160,6	157,5	75,0	350,0	48,4	30%
C. H. JALÓN						
Ca	138,7	136,3	48,1	232,0	40,8	29%
Mg	45,7	46,2	10,9	99,7	16,2	35%
Na	81,4	75,9	9,7	237,6	36,7	45%
K	4,42	3,90	2,40	43,00	3,88	88%
Cl	127,6	121,0	52,5	302,5	49,6	39%
SO4	187,9	117,5	1,0	5218,0	378,4	201%
Alc	232,1	235,5	153,5	329,0	36,9	16%
C. H. SEGRE-CINCA						
Ca	72,6	66,9	23,1	163,0	27,4	38%
Mg	14,0	12,2	1,0	63,2	8,9	64%
Na	35,5	25,2	1,5	178,2	37,6	106%
K	2,04	1,90	ND	7,80	1,11	54%
Cl	44,1	29,5	2,7	260,0	48,5	110%
SO4	110,9	94,7	3,3	603,0	83,1	75%
Alc	131,9	130,0	42,5	265,0	31,0	23%

La FIGURA 68 se muestra una comparativa, en meq/L, de las concentraciones iónicas medias de los componentes mayoritarios a nivel de Cuenca y en cada una de las subcuencas. En ella se observa como la subcuenca del Jalón es la que presenta una mayor concentración iónica, frente a la del río Aragón, que es la que presenta la menor concentración iónica, seguida de la del Segre-Cinca. En las estaciones del río Gallego se observa una elevada concentración de ClNa con respecto al resto de la Cuenca.

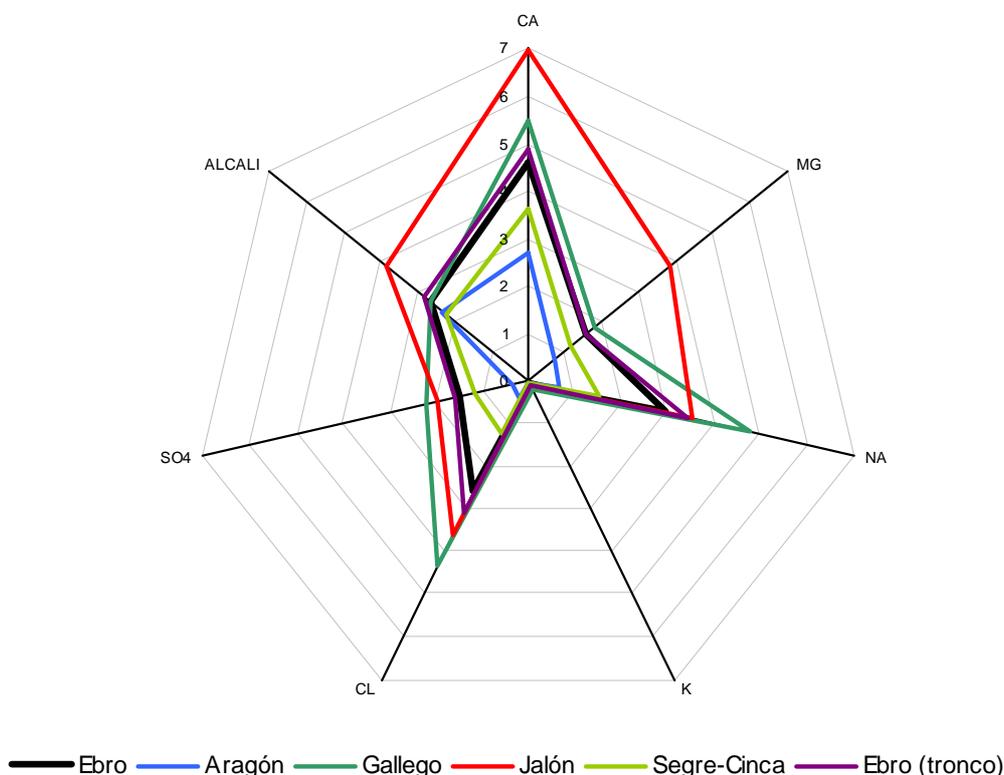


FIGURA 68. REPRESENTACIÓN GRÁFICA COMPARATIVA DE LOS LA CONCENTRACIÓN MEDIA DE LOS DISTINTOS COMPONENTES MAYORITARIOS EN CADA UNA DE LAS SUBCUENCAS (meq/L).

En la FIGURA 69 se representan, mediante un diagrama de Piper, los valores medios de los distintos análisis iónicos en las diferentes subcuencas y el la globalidad de la cuenca. En la TABLA 31 se muestran los resultados obtenidos, donde destaca la subcuenca del río Aragón que se define como bicarbonatada cálcica, siendo la de menor concentración iónica, frente al resto

de las aguas de la cuenca que presentan una composición más variable, aunque en todos los casos sulfatadas, siendo sulfatada y/o bicarbonatada y/o clorurada cálcica, magnésica o sódica la del Río Jalón, con la mayor carga iónica en disolución de la Cuenca.

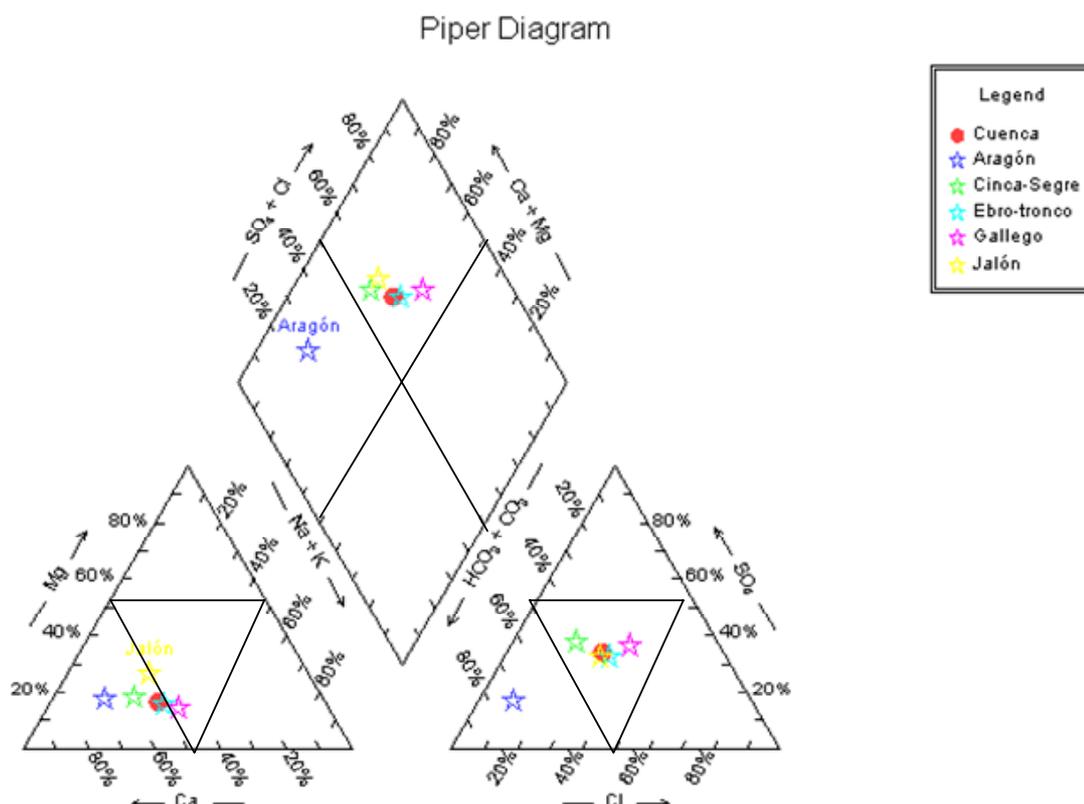


FIGURA 69. DIAGRAMA DE PIPER DE LOS VALORES MEDIOS DE CADA SUBCUENCA.

TABLA 31. CLASIFICACIÓN DE LAS DISTINTAS SUBCUENCAS EN FUNCIÓN DE SUS CONCENTRACIONES IÓNICAS MEDIAS.

Cuenca/Subcuenca	Clasificación
Aragón	Bicarbonatada cálcica
Ebro-tronco	Sulfatada y/o clorurada cálcica
Gallego	Sulfatada y/o bicarbonatada y/o clorurada cálcica, magnésica o sódica
Jalón	Sulfatada y/o bicarbonatada y/o clorurada cálcica, magnésica o sódica
Segre-Cinca	Sulfatada y/o clorurada cálcica
Cuenca Ebro	Sulfatada y/o clorurada cálcica

Como se deduce a partir de los datos de clasificación de las aguas obtenidos, las aguas de la cuenca del Ebro son aguas sulfatadas en general, y en particular en la subcuenca del Río Jalón y la zona central de la cuenca del Ebro (en las proximidades de Zaragoza), tal y como se observa en la FIGURA 70.

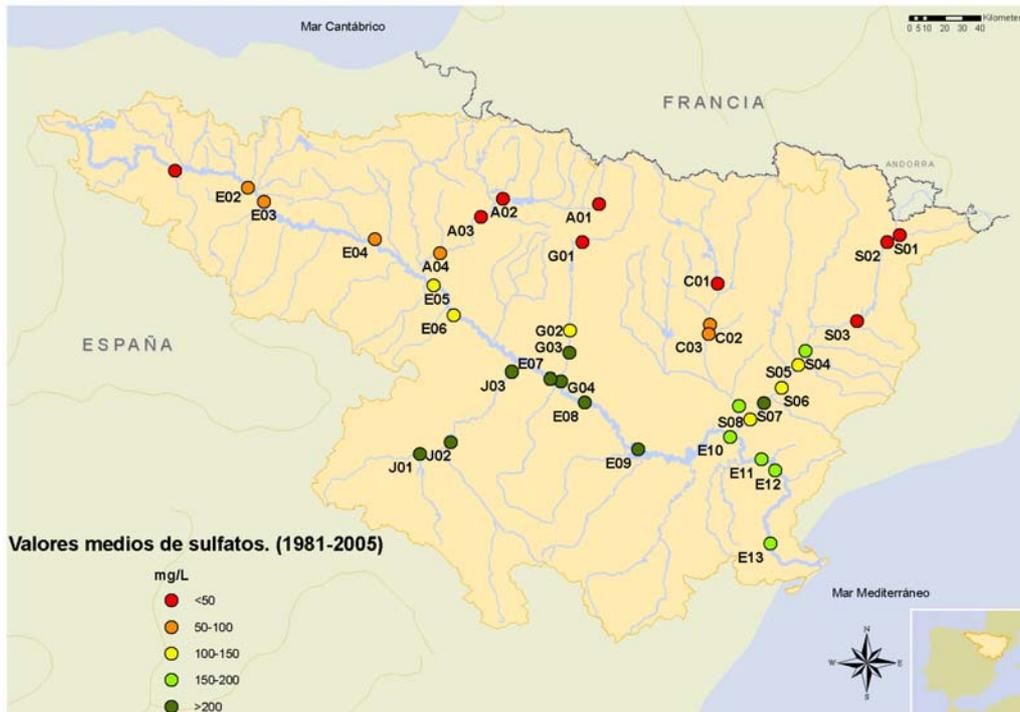


FIGURA 70. VALORES DE MEDIOS DE SULFATOS (1981-2005) EN LAS DISTINTAS ESTACIONES.

III.2.4. Componentes minoritarios y trazas metálicas

En la TABLA 32 y TABLA 33 aparecen recogidos los valores medios de los distintos parámetros minoritarios y trazas metálicas en cada una de las estaciones y un resumen para toda la cuenca y cada una de las subcuencas consideradas.

Como puede observarse se trata en todos los casos de concentraciones muy bajas y similares en todas las estaciones (FIGURA 71 y FIGURA 72, ejemplos para el caso del hierro y el plomo respectivamente), y para todos los elementos estudiados, lo que no dan lugar a pensar en problemas de contaminación por metales en la Cuenca.

De forma genérica cabe destacar que no son numerosos los resultados analíticos de que se dispone sobre metales, y cuando existen son prácticamente en

todos los casos de las estaciones situadas en el tronco del Ebro, sin que exista continuidad temporal de los mismos.

TABLA 32. VALORES MEDIOS CORRESPONDIENTES A LOS COMPONENTES MINORITARIOS Y TRAZAS INORGÁNICOS (METALES) DURANTE EL PERIODO 1981-2005. TOTALIDAD DE LA CUENCA.

Estación	Hierro disuelto (mg/L)	Manganeso (mg/L)	Arsénico (mg/L)	Mercurio (mg/L)	Cadmio (mg/L)	Cobre (mg/L)	Cromo total (mg/L)	Plomo (mg/L)	Zinc (mg/L)
A01	0,03	0,0042	0,00050	0,000015	0,000070	0,0007	0,0005	0,00092	0,019
A02	0,04	0,0109	0,00008	0,000010	0,000061	0,0006	0,0007	0,00047	0,019
A03	0,08	0,0198	0,00011	0,000025	0,000093	0,0023	0,0024	0,00052	0,025
A04	0,08	0,0175	0,00015	0,000021	0,000106	0,0024	0,0012	0,00119	0,034
E01	0,08	0,0238	0,00058	0,000059	0,000052	0,0020	0,0003	0,00128	0,019
E02	0,06	0,0109	0,00043	0,000224	0,000125	0,0027	0,0013	0,00121	0,035
E03	0,07	0,0136	0,00049	0,000034	0,000130	0,0027	0,0014	0,00217	0,032
E04	0,10	0,0222	0,00087	0,000071	0,000234	0,0030	0,0014	0,00179	0,035
E05	0,10	0,0223	0,00060	0,000019	0,000245	0,0024	0,0019	0,00150	0,035
E06	0,11	0,0216	0,00038	0,000044	0,000101	0,0040	0,0013	0,00188	0,037
E07	0,14	0,0243	0,00054	0,000012	0,000048	0,0039	0,0013	0,00293	0,043
E08	0,12	0,0216	0,00329	0,000076	0,000193	0,0027	0,0021	0,00314	0,046
E09	0,10	0,0239	0,00093	0,000017	0,000133	0,0046	0,0011	0,00502	0,034
E10	0,03	0,0226	0,00176	0,000020	0,000115	0,0021	0,0010	0,00351	0,028
E11	0,05	0,0153	0,00395	0,000039	0,000120	0,0023	0,0026	0,00234	0,040
E12	0,05	0,0154	0,00071	0,000034	0,000198	0,0028	0,0011	0,00248	0,030
E13	0,05	0,0182	0,00069	0,000057	0,000268	0,0034	0,0021	0,00256	0,028
G01	0,12	0,0359	0,00022	0,000015	0,000063	0,0017	0,0039	0,00137	0,025
G02	0,13	0,0194	0,00034	0,000020	0,000099	0,0031	0,0022	0,00183	0,024
G03	0,11	0,0236	0,00064	0,000021	0,000139	0,0028	0,0044	0,00551	0,030
G04	0,15	0,1085	0,00100	0,000020	0,000102	0,0056	0,0010	0,00504	0,049
J01	0,13	0,0437	0,00034	0,000013	0,000096	0,0029	0,0007	0,00446	0,036
J02	0,13	0,0392	0,00126	0,000010	0,000080	0,0028	0,0016	0,00618	0,025
J03	0,15	0,0276	0,00057	0,000050	0,000081	0,0030	0,0016	0,00453	0,042
C01	0,01	0,0062	0,00088	0,000020	0,000073	0,0026	0,0007	0,00049	0,025
C02	0,07	0,3246	0,00016	0,000021	0,000060	0,0021	0,0014	0,00132	0,016
C03	0,13	0,0201	0,00997	0,000037	0,002313	0,0023	0,0044	0,00304	0,025
C04	0,15	0,0457	0,00115	0,000018	0,000088	0,0049	0,0008	0,00351	0,051
S01	0,05	0,0082	0,00134	0,000023	0,000052	0,0025	0,0005	0,00053	0,019
S02	0,08	0,0114	0,00165	0,000024	0,000062	0,0020	0,0006	0,00053	0,020
S03	0,05	0,0172	0,00098	0,000019	0,000189	0,0019	0,0019	0,00043	0,025
S04	0,06	0,0158	0,00097	0,000040	0,000081	0,0022	0,0020	0,00143	0,028
S05	0,05	0,0126	0,00062	0,000030	0,000207	0,0028	0,0017	0,00166	0,029
S06	0,07	0,0156	0,00041	0,000030	0,000091	0,0050	0,0017	0,00284	0,037
S07	0,08	0,0227	0,00821	0,000023	0,000405	0,0031	0,0017	0,00305	0,031
S08	0,07	0,0203	0,00188	0,000040	0,000103	0,0022	0,0008	0,00137	0,030

TABLA 33. DESCRIPCIÓN ESTADÍSTICA ELEMENTAL CORRESPONDIENTE A LOS PARÁMETROS MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES DURANTE EL PERÍODO 1981-2005 EN LA CHE Y DISTINTAS SUBCUENCAS CONSIDERADAS.

	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD
C. H. EBRO						
Fe	0,08	0,07	ND	1,40	0,11	132%
Mn	0,0231	0,0100	ND	6,8000	0,1483	641%
As	0,00124	ND	ND	0,50000	0,01696	1369%
Hg	0,000056	ND	ND	0,055000	0,001082	1949%
Cd	0,000194	ND	ND	0,100000	0,001939	1002%
Cu	0,0031	0,0010	ND	0,2100	0,0068	220%
Cr	0,0016	ND	ND	0,0950	0,0053	323%
Pb	0,00238	ND	ND	0,10000	0,00669	281%
Zn	0,035	0,021	ND	0,436	0,041	120%
C. H. ARAGÓN						
Fe	0,06	0,04	ND	0,64	0,07	130%
Mn	0,0138	0,0100	ND	0,1570	0,0205	148%
As	0,00019	ND	ND	0,01000	0,00092	480%
Hg	0,000018	ND	ND	0,000340	0,000051	276%
Cd	0,000085	ND	ND	0,001500	0,000221	260%
Cu	0,0016	ND	ND	0,0102	0,0031	195%
Cr	0,0013	ND	ND	0,0245	0,0037	287%
Pb	0,00079	ND	ND	0,01000	0,00190	240%
Zn	0,025	0,020	ND	0,122	0,029	117%
C. H. EBRO (TRONCO)						
Fe	0,08	0,07	ND	1,40	0,11	134%
Mn	0,0187	0,0100	ND	0,5500	0,0250	134%
As	0,00092	ND	ND	0,50000	0,01215	1325%
Hg	0,000069	ND	ND	0,055000	0,001298	1889%
Cd	0,000157	ND	ND	0,010000	0,000442	282%
Cu	0,0032	ND	ND	0,2100	0,0071	225%
Cr	0,0015	ND	ND	0,0725	0,0048	324%
Pb	0,00232	ND	ND	0,09000	0,00652	281%
Zn	0,035	0,020	ND	0,436	0,043	122%
C. H. GALLEGO						
Fe	0,13	0,09	ND	0,66	0,13	104%
Mn	0,0508	0,0214	ND	0,3800	0,0681	134%
As	0,00059	0,00040	ND	0,01000	0,00126	214%
Hg	0,000019	ND	ND	0,000250	0,000046	247%
Cd	0,000098	ND	ND	0,000800	0,000164	166%
Cu	0,0032	0,0010	ND	0,0200	0,0051	159%
Cr	0,0033	0,0010	ND	0,0910	0,0087	263%
Pb	0,00411	0,00150	ND	0,07000	0,01019	248%
Zn	0,031	0,020	ND	0,400	0,045	146%

**TABLA 33. DESCRIPCIÓN ESTADÍSTICA ELEMENTAL CORRESPONDIENTE A LOS PARÁMETROS
 MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES DURANTE EL PERÍODO 1981-2005 EN LA CHE Y
 DISTINTAS SUBCUENCAS CONSIDERADAS. (CONT.)**

	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD
C. H. JALÓN						
Fe	0,14	0,10	ND	0,83	0,14	104%
Mn	0,0361	0,0300	ND	0,1630	0,0322	89%
As	0,00070	0,00040	ND	0,03000	0,00276	395%
Hg	0,000025	ND	ND	0,001000	0,000117	469%
Cd	0,000085	ND	ND	0,000500	0,000144	170%
Cu	0,0029	0,0016	ND	0,0400	0,0044	152%
Cr	0,0014	0,0005	ND	0,0220	0,0033	229%
Pb	0,00495	0,00150	ND	0,10000	0,01284	259%
Zn	0,036	0,030	ND	0,256	0,037	101%
C. H. SEGRE-CINCA						
Fe	0,07	0,05	ND	0,74	0,08	124%
Mn	0,0380	0,0100	ND	6,8000	0,3709	976%
As	0,00310	ND	ND	0,50000	0,03261	1050%
Hg	0,000028	ND	ND	0,002000	0,000118	413%
Cd	0,000369	ND	ND	0,100000	0,004184	1135%
Cu	0,0032	0,0010	ND	0,1300	0,0073	229%
Cr	0,0018	ND	ND	0,0950	0,0062	336%
Pb	0,00187	ND	ND	0,04000	0,00359	192%
Zn	0,034	0,023	ND	0,355	0,037	111%
C. H. EBRO (TRONCO)						
Fe	0,08	0,07	ND	1,40	0,11	134%
Mn	0,0187	0,0100	ND	0,5500	0,0250	134%
As	0,00092	ND	ND	0,50000	0,01215	1325%
Hg	0,000069	ND	ND	0,055000	0,001298	1889%
Cd	0,000157	ND	ND	0,010000	0,000442	282%
Cu	0,0032	ND	ND	0,2100	0,0071	225%
Cr	0,0015	ND	ND	0,0725	0,0048	324%
Pb	0,00232	ND	ND	0,09000	0,00652	281%
Zn	0,035	0,020	ND	0,436	0,043	122%

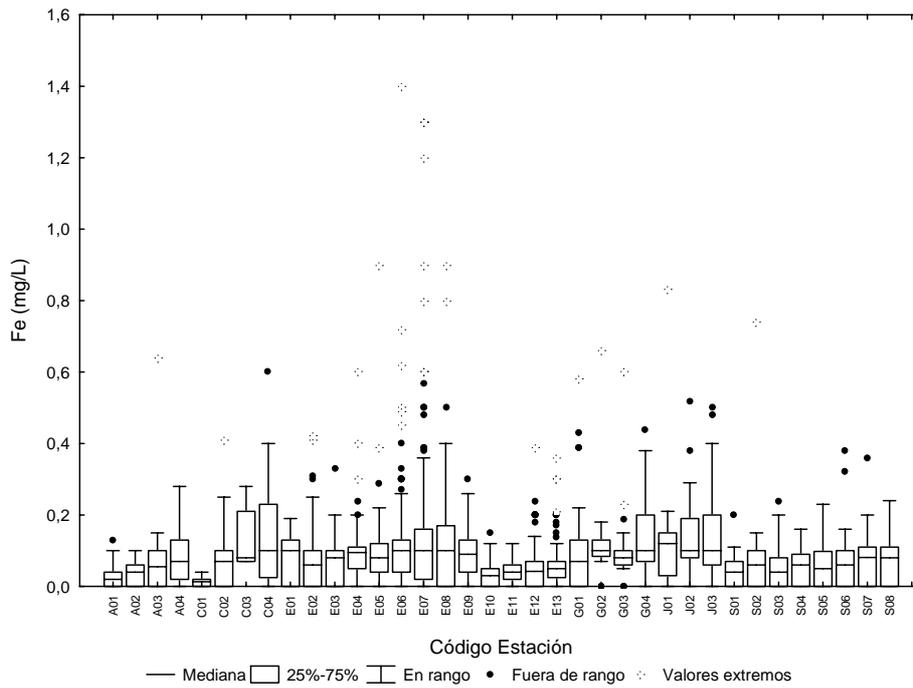


FIGURA 71. DIAGRAMA DE CAJAS PARA EL HIERRO EN CADA UNA DE LAS ESTACIONES.

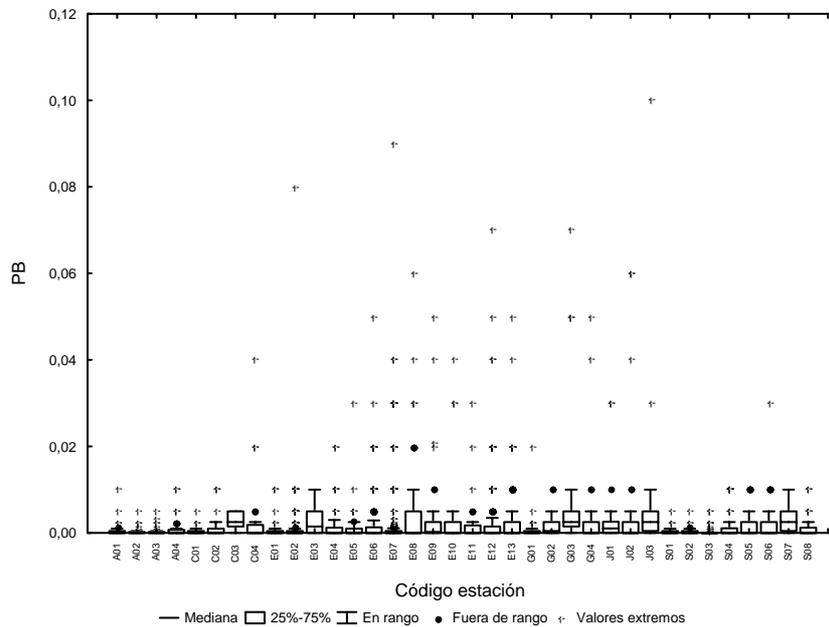


FIGURA 72. DIAGRAMA DE CAJAS PARA EL PLOMO EN CADA UNA DE LAS ESTACIONES.

III.2.5. Componentes minoritarios y trazas aniones

En la **TABLA 34** y **TABLA 35** aparecen recogidos los valores medios de los distintos parámetros minoritarios y trazas aniones en cada una de las estaciones y un resumen para toda la Cuenca y cada una de las subcuencas consideradas.

La **FIGURA 73** muestra la concentración media de *nitratos* en cada una de las distintas subcuencas, observándose claras variaciones entre ellas, con mayores concentraciones en las subcuencas de los ríos Gallego y Jalón, situadas ambas a los márgenes de la ciudad de Zaragoza. No obstante, las mayores concentraciones medias se dan en las estaciones de la zona central del Río Ebro, entorno a la ciudad de Zaragoza, si bien en la **FIGURA 73** quedan diluidas con el resto de las estaciones situadas en esta subcuencas.

La **FIGURA 75** muestra la distribución geográfica de las concentraciones medias de nitratos, donde se observa claramente como las mayores concentraciones medias por estación se dan en la zona central de la Cuenca (J03, E07, E08 y E09), seguidas por las estaciones anteriores y posteriores sobre el tronco del Ebro (E04 - E06, E10, E13), el río Jalón (J01 y J02) y la zona final del río Gallego (G03). La presencia de estas concentraciones más elevadas de nitratos se deben principalmente a dos causas: una primera el uso abusivo de estos en agricultura, desde donde alcanzan los causes fluviales por escorrentía, y una segunda, la contaminación por aguas residuales, ya que se localiza claramente con la zona de mayor densidad de población de toda la cuenca.

Destacan también los fluoruros, que presentan concentraciones similares en todas las subcuencas, con excepción de la del río Jalón, la única situada en el margen derecha de la cuenca, y que presentan concentraciones superiores a la media (**FIGURA 76**).

El resto de aniones (cianuros, fosfatos y amonio) no presentan variaciones significativas entra las distintas subcuencas.

TABLA 34. VALORES MEDIOS CORRESPONDIENTES A LOS COMPONENTES MINORITARIOS TRAZAS INORGÁNICOS (ANIONES) DURANTE EL PERIODO 1981-2005. TOTALIDAD DE LA CUENCA.

Estación	Fluoruros (mg/L)	Cianuros (mg/L)	Nitratos (mg/L)	Fosfatos (mg/L)	Amonio total (mg/L)
A01	0,04	0,0048	1,8	0,089	0,071
A02	0,05	0,0009	2,1	0,066	0,092
A03	0,06	0,0045	4,1	0,108	0,231
A04	0,09	0,0035	8,1	0,213	0,127
E01	0,07	0,0010	4,3	0,137	0,105
E02	0,08	0,0056	7,5	0,176	0,213
E03	0,11	0,0060	9,2	0,538	0,554
E04	0,11	0,0032	10,4	0,648	0,219
E05	0,11	0,0035	11,5	0,475	0,166
E06	0,12	0,0017	12,5	0,485	0,171
E07	0,17	0,0010	19,1	0,491	0,175
E08	0,17	0,0034	17,5	0,907	0,603
E09	0,19	0,0023	15,3	0,399	0,218
E10	0,16	0,0040	10,6	0,230	0,297
E11	0,16	0,0046	9,4	0,278	0,224
E12	0,22	0,0024	9,9	0,450	0,207
E13	0,21	0,0014	10,4	0,448	0,283
G01	0,07	0,0048	3,8	0,152	0,112
G02	0,10	0,0020	6,2	0,103	0,149
G03	0,16	0,0040	12,0	0,163	0,200
G04	0,13	0,0098	13,1	0,504	0,652
J01	0,23	0,0019	10,6	0,195	0,162
J02	0,28	0,0014	14,4	0,786	0,422
J03	0,28	0,0046	19,2	0,416	0,154
C01	0,07	0,0012	1,3	0,063	0,106
C02	0,11	0,0010	2,7	0,103	0,205
C03	0,10	0,0046	3,4	0,089	0,099
C04	0,24	0,0042	9,5	0,434	0,342
S01	0,10	0,0046	2,4	0,242	0,118
S02	0,09	0,0070	3,3	0,650	0,258
S03	0,09	0,0026	3,9	0,222	0,121
S04	0,16	0,0011	9,9	0,466	0,229
S05	0,14	0,0015	7,2	0,337	0,146
S06	0,20	0,0014	8,7	0,596	0,622
S07	0,22	0,0040	9,0	1,498	1,404
S08	0,20	0,0019	9,4	0,789	0,589

**TABLA 35. DESCRIPCIÓN ESTADÍSTICA ELEMENTAL CORRESPONDIENTE A LOS PARÁMETROS
 MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES DURANTE EL PERÍODO 1981-2005 EN LA CHE Y
 DISTINTAS SUBCUENCAS CONSIDERADAS.**

	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD
C. H. EBRO						
F	0,15	0,13	ND	1,41	0,09	60%
CN	0,0034	ND	ND	0,3600	0,0126	370%
NO3	10,1	9,5	ND	64,6	6,6	65%
PO4	0,426	0,250	ND	19,000	0,643	151%
NH4	0,266	0,110	ND	14,710	0,572	215%
C. H. ARAGÓN						
F	0,06	0,05	0,01	0,30	0,04	62%
CN	0,0040	0,0035	ND	0,1600	0,0117	295%
NO3	4,0	2,6	ND	18,2	3,6	89%
PO4	0,119	0,065	ND	2,380	0,209	176%
NH4	0,131	0,065	ND	1,420	0,208	159%
C. H. EBRO (TRONCO)						
F	0,15	0,14	ND	1,17	0,08	54%
CN	0,0031	ND	ND	0,2100	0,0113	368%
NO3	11,8	11,1	ND	44,4	6,2	53%
PO4	0,460	0,300	ND	10,900	0,550	120%
NH4	0,257	0,130	ND	14,710	0,520	203%
C. H. GALLEGO						
F	0,13	0,12	ND	0,44	0,07	52%
CN	0,0062	0,0050	ND	0,2500	0,0200	325%
NO3	8,9	7,1	0,3	33,2	6,7	75%
PO4	0,242	0,130	ND	3,290	0,404	167%
NH4	0,297	0,090	ND	4,400	0,602	202%
C. H. JALÓN						
F	0,27	0,26	0,01	1,41	0,16	59%
CN	0,0037	0,0035	ND	0,0700	0,0077	209%
NO3	15,2	13,9	1,4	64,6	7,6	50%
PO4	0,481	0,270	ND	19,000	1,567	325%
NH4	0,212	0,070	ND	5,370	0,430	203%
C. H. SEGRE-CINCA						
F	0,15	0,12	0,01	0,83	0,09	59%
CN	0,0031	ND	ND	0,3600	0,0138	440%
NO3	6,6	5,0	ND	46,5	5,4	82%
PO4	0,457	0,250	ND	10,590	0,665	146%
NH4	0,337	0,100	ND	9,800	0,757	225%
C. H. EBRO (TRONCO)						
F	0,15	0,14	ND	1,17	0,08	54%
CN	0,0031	ND	ND	0,2100	0,0113	368%
NO3	11,8	11,1	ND	44,4	6,2	53%
PO4	0,460	0,300	ND	10,900	0,550	120%
NH4	0,257	0,130	ND	14,710	0,520	203%

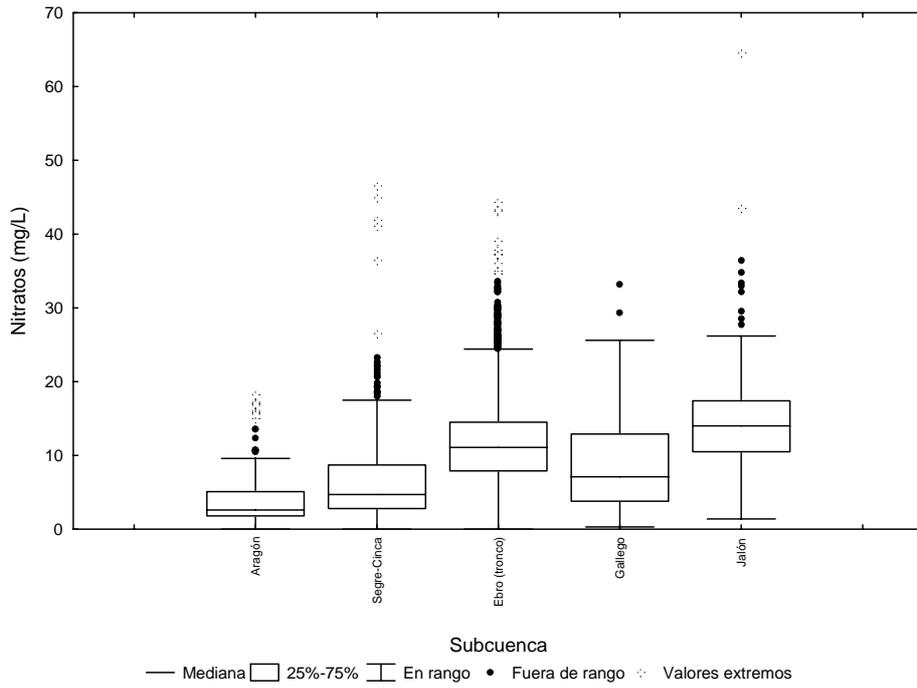


FIGURA 73. DIAGRAMA DE CAJAS PARA LOS NITRATOS EN CADA UNA DE LAS SUBCUENCAS.

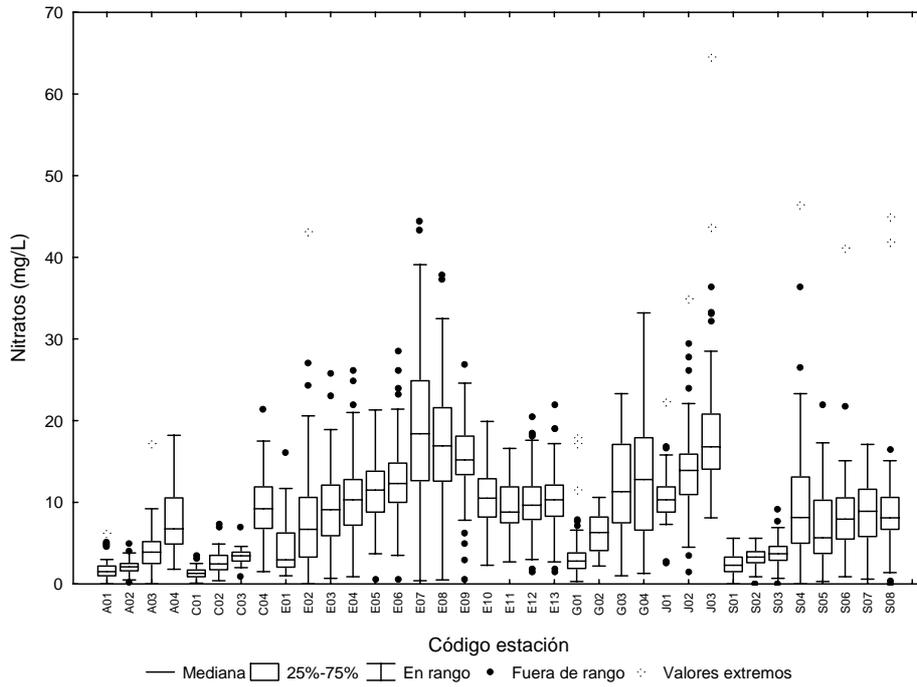


FIGURA 74. DIAGRAMA DE CAJAS PARA LOS NITRATOS EN CADA UNA DE LAS ESTACIONES.

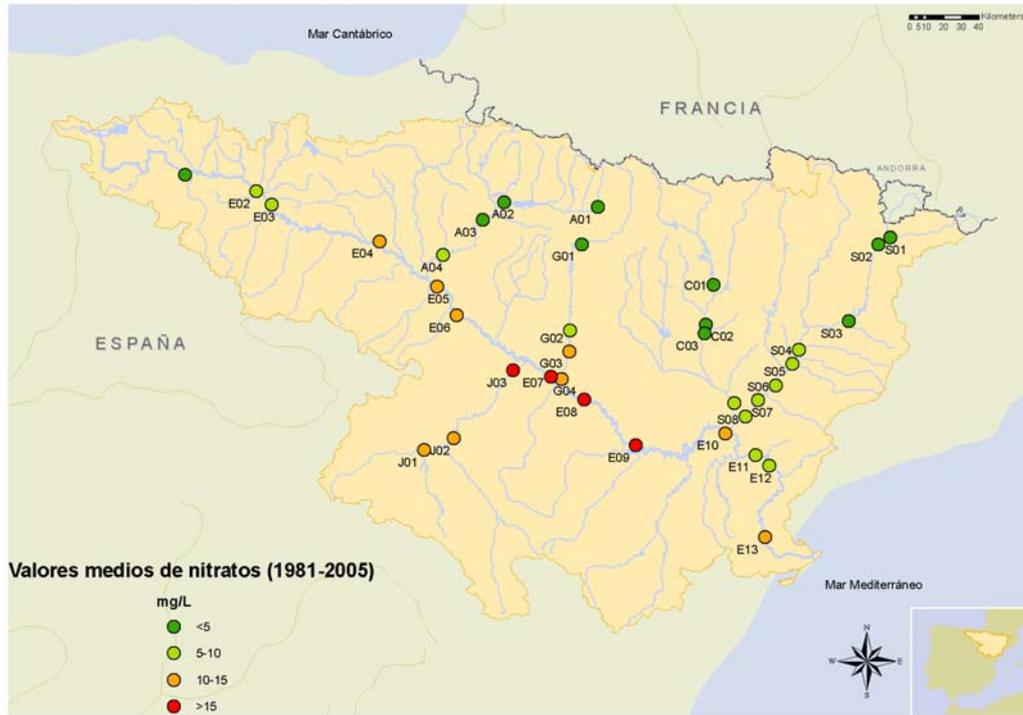


FIGURA 75. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LAS CONCENTRACIONES MEDIAS DE NITRATOS (1981-2005)

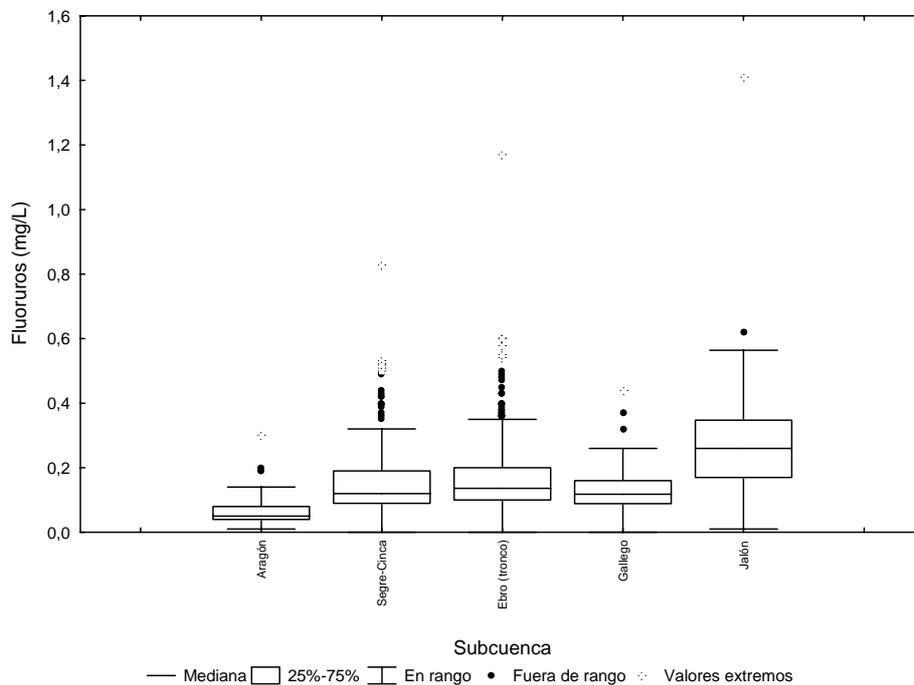


FIGURA 76. DIAGRAMA DE CAJAS PARA LOS FLUORUROS EN CADA UNA DE LAS SUBCUENCAS.

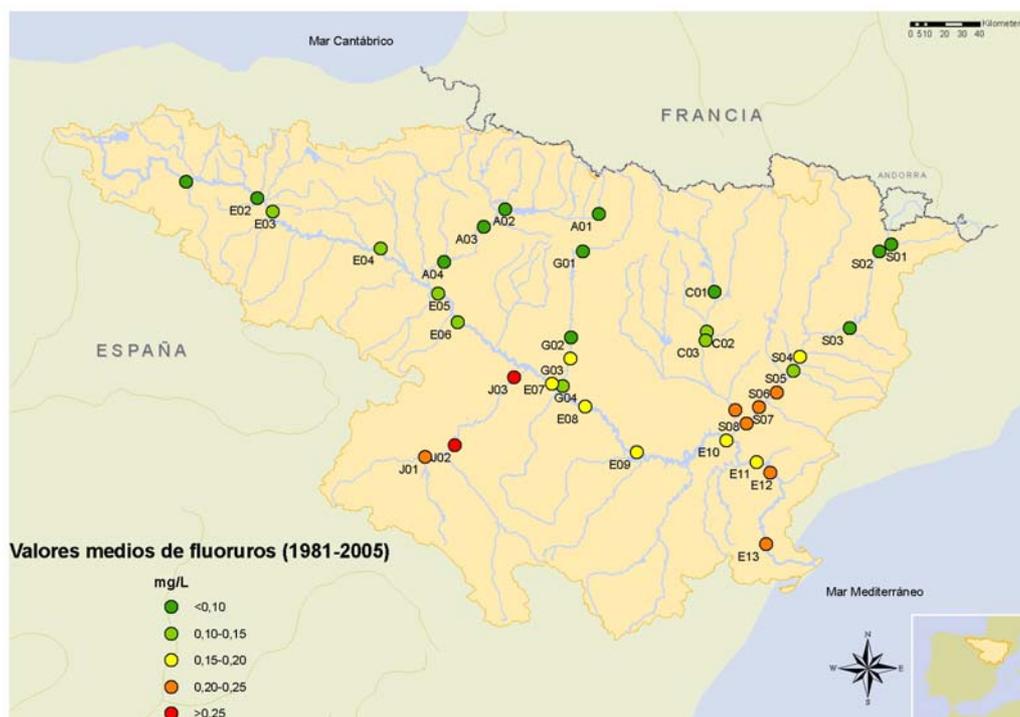


FIGURA 77. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LAS CONCENTRACIONES MEDIAS DE FLUORUROS (1981-2005)

III.2.6. Componentes minoritarios y trazas orgánicas (indicadores).

En la TABLA 36 y TABLA 37 aparecen recogidos los valores medios de los distintos parámetros minoritarios orgánicos indicadores en cada una de las estaciones y un resumen para toda la Cuenca y cada una de las subcuencas consideradas.

La FIGURA 78 muestra la concentración media de materia orgánica en cada una de las distintas subcuencas estudiadas. Como puede observarse se obtienen valores muy homogéneos (5-20 mg/L O₂) a lo largo de toda la cuenca, al igual que ocurre con la DBO₅, y muy especialmente con el oxígeno disuelto. Si se observan importantes desviaciones puntuales de la media, especialmente en los valores de materia orgánica y DBO₅, que pueden deberse a episodios de contaminación puntual.

A nivel de cuenca destaca destacar la estación G04 por presentar valores más elevados que el resto de contaminación orgánica (FIGURA 79 y FIGURA 80), especialmente de DBO₅, y que son debidos probablemente a la existencia de un vertido procedente de una industria papelera situadas aguas arriba del punto de muestreo, la cual aporta una importante carga orgánica a este cauce de una forma

continuada, haciendo que los parámetros indicadores de la contaminación orgánica presentes valores más elevados que los del resto de la cuenca.

Se observa una clara correlación negativa entre la DBO_5 y materia orgánica con el oxígeno disuelto, según cabría esperar, disminuyendo la concentración de oxígeno disuelto conforme aumenta la contaminación por materia orgánica en las aguas.

TABLA 36. VALORES MEDIOS CORRESPONDIENTES A LOS COMPONENTES MINORITARIOS TRAZAS ORGÁNICOS (INDICADORES) DURANTE EL PERIODO 1981-2005. TOTALIDAD DE LA CUENCA.

Estación	DBO5 (mg/L O2)	Oxígeno disuelto (mg/L O2)	Materia orgánica U.V. (mg/L O2)
A01	3,1	10,9	3,5
A02	3,0	10,9	7,2
A03	4,5	10,1	10,0
A04	4,0	10,2	10,6
E01	3,7	10,0	11,4
E02	5,1	9,0	16,7
E03	9,2	7,8	18,9
E04	6,8	9,1	15,7
E05	5,3	9,1	13,9
E06	6,1	9,8	14,2
E07	7,7	10,0	14,5
E08	12,0	0,0	16,3
E09	9,5	10,3	15,1
E10	4,5	8,0	10,6
E11	4,0	7,5	9,5
E12	4,0	9,4	9,7
E13	4,6	9,5	9,4
G01	3,3	10,5	6,2
G02	3,8	9,6	8,7
G03	4,0	9,1	8,5
G04	32,8	6,6	21,6
J01	6,2	10,1	9,6
J02	5,8	9,2	11,4
J03	5,3	9,8	12,2
C01	2,5	9,8	3,2
C02	3,7	10,3	6,5
C03	3,1	9,9	6,5
C04	6,4	9,7	11,1
S01	4,3	10,7	10,2
S02	8,3	10,6	10,3
S03	4,0	10,7	7,8
S04	4,1	10,4	7,2
S05	5,2	10,2	7,0
S06	6,9	9,4	8,3
S07	9,8	8,7	11,4
S08	7,0	9,3	9,3

TABLA 37. DESCRIPCIÓN ESTADÍSTICA ELEMENTAL CORRESPONDIENTE A LOS PARÁMETROS MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES DURANTE EL PERÍODO 1981-2005 EN LA CHE Y DISTINTAS SUBCUENCAS CONSIDERADAS.

	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD
C. H. EBRO						
DBO5	6,4	4,3	ND	285,0	9,6	151%
O2	9,5	9,7	ND	20,4	2,2	23%
MO	10,6	9,5	1,0	51,2	5,3	51%
C. H. ARAGÓN						
DBO5	3,7	3,1	0,2	76,0	3,2	88%
O2	10,5	10,6	5,8	16,0	1,6	15%
MO	7,8	7,4	1,0	29,2	4,4	56%
C. H. GALLEGO						
DBO5	12,0	4,1	ND	285,0	22,7	189%
O2	8,9	9,3	ND	15,7	2,7	31%
MO	9,9	7,8	1,0	30,0	6,9	69%
C. H. JALÓN						
DBO5	5,7	4,4	0,6	268,0	10,7	186%
O2	9,7	9,7	1,2	17,2	1,8	18%
MO	11,0	10,5	3,7	30,0	4,4	40%
C. H. SEGRE-CINCA						
DBO5	5,7	4,5	ND	115,0	5,9	103%
O2	9,9	9,9	ND	16,5	1,8	18%
MO	8,1	7,4	1,0	39,0	4,0	49%
C. H. EBRO (TRONCO)						
DBO5	6,3	4,8	0,3	116,0	6,0	95%
O2	9,1	9,3	0,9	20,4	2,3	26%
MO	13,5	12,8	2,9	51,2	4,8	35%

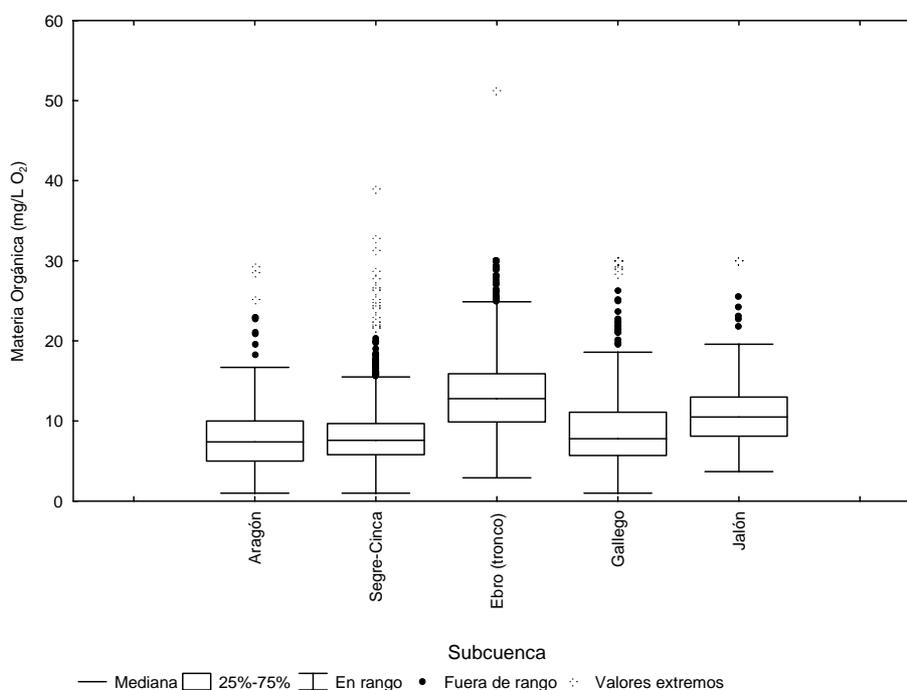


FIGURA 78. DIAGRAMA DE CAJAS PARA LA MATERIA ORGÁNICA EN CADA UNA DE LAS SUBCUENCAS.

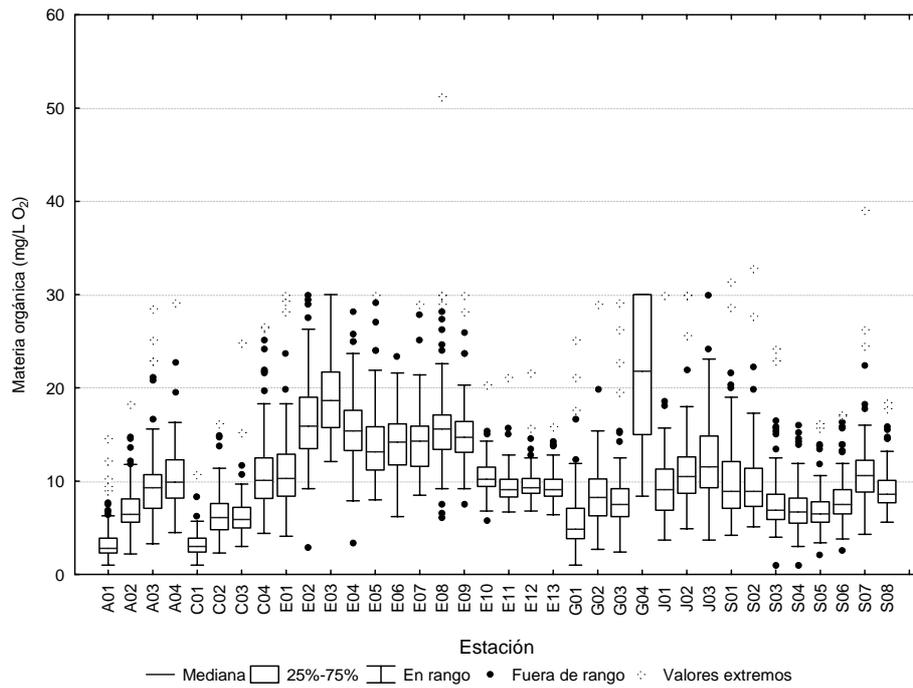


FIGURA 79. DIAGRAMA DE CAJAS PARA LA MATERIA ORGÁNICA EN CADA UNA DE LAS ESTACIONES.

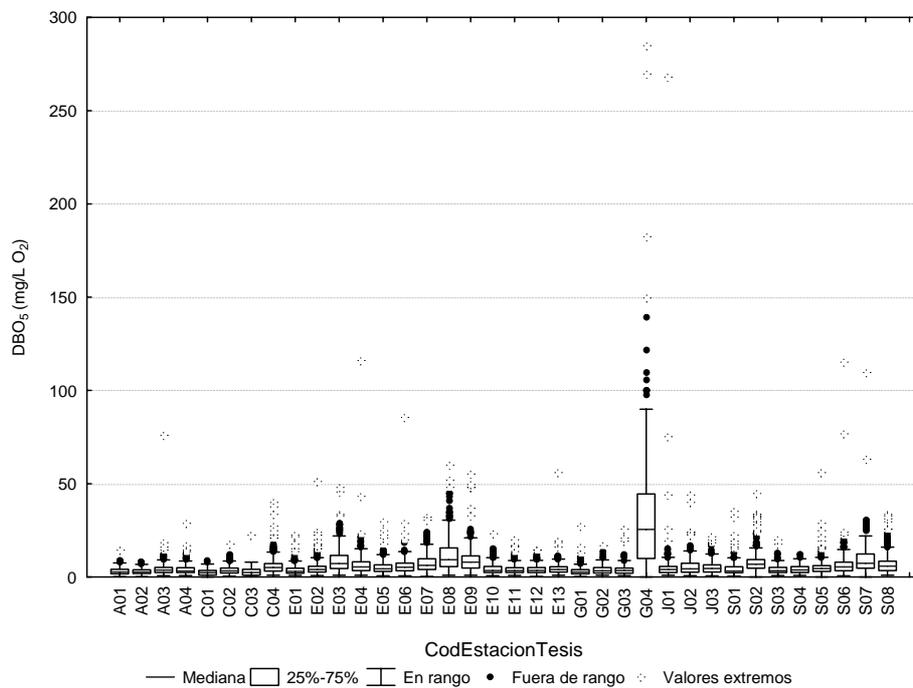


FIGURA 80. DIAGRAMA DE CAJAS PARA LA DBO₅ EN CADA UNA DE LAS ESTACIONES.

III.2.7. Componentes minoritarios y trazas orgánicas (específicos).

En la **TABLA 38** y **TABLA 39** aparecen recogidos los valores medios de los distintos parámetros minoritarios orgánicos específicos en cada una de las estaciones y un resumen para toda la Cuenca y cada una de las subcuencas consideradas.

Al igual que en el epígrafe anterior, los valores medios de los parámetros específicos orgánicos son similares a lo largo de todas las estaciones estudiadas, si bien es reseñable el hecho de presentar unas desviaciones estándar relativas muy elevadas en todos los casos.

Destaca tan sólo la estación G04 que presenta elevadas concentraciones de fenol y detergentes, al margen de materia orgánica y DBO₅ ya estudiados (**FIGURA 81**), y debido a la probable en gran medida a la influencia de un vertido de la industria papelera situada aguas arriba, al margen de otras industrias.

El resto de estaciones presenta concentraciones medias y desviaciones similares en toda la Cuenca.

TABLA 38. VALORES MEDIOS CORRESPONDIENTES A LOS COMPONENTES MINORITARIOS TRAZAS ORGÁNICOS (COMPUESTOS ORGÁNICOS ESPECÍFICOS) DURANTE EL PERIODO 1981-2005. TOTALIDAD DE LA CUENCA.

Estación	Detergentes (mg/L L.A.S.)	Fenoles (mg/L C ₆ H ₅ OH)	Hidrocarburos disueltos (mg/L)
A01	0,038	0,0008	0,014
A02	0,035	0,0012	0,015
A03	0,044	0,0080	0,096
A04	0,039	0,0016	0,056
E01	0,056	0,0010	0,046
E02	0,052	0,0019	0,075
E03	0,057	0,0053	0,048
E04	0,065	0,0021	0,071
E05	0,049	0,0017	0,061
E06	0,039	0,0016	0,074
E07	0,036	0,0015	0,059
E08	0,081	0,0054	0,086
E09	0,048	0,0041	0,092
E10	0,044	0,0013	0,138
E11	0,041	0,0012	0,080
E12	0,046	0,0016	0,097
E13	0,055	0,0013	0,063
G01	0,069	0,0005	0,068
G02	0,025	0,0007	0,046
G03	0,030	0,0007	0,046
G04	0,136	0,0359	0,071
J01	0,023	0,0011	0,064
J02	0,054	0,0021	0,029
J03	0,038	0,0025	0,018
C01	0,028	0,0019	0,034
C02	0,050	0,0013	0,085
C03	0,048	0,0025	0,025
C04	0,046	0,0014	0,051
S01	0,036	0,0007	0,531
S02	0,060	0,0011	0,138
S03	0,042	0,0012	0,068
S04	0,045	0,0014	0,087
S05	0,046	0,0021	0,148
S06	0,043	0,0016	0,254
S07	0,080	0,0022	0,114
S08	0,047	0,0025	0,054

TABLA 39. DESCRIPCIÓN ESTADÍSTICA ELEMENTAL CORRESPONDIENTE A LOS PARÁMETROS MINORITARIOS-ORGÁNICOS-ESPECÍFICOS DURANTE EL PERÍODO 1981-2005 EN LA CHE Y DISTINTAS SUBCUENCAS CONSIDERADAS.

	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD
C. H. EBRO						
Det	0,050	0,040	ND	2,120	0,100	199%
Fen	0,0024	0,0010	ND	0,3300	0,0088	368%
Hid	0,077	0,005	ND	3,000	0,189	245%
C. H. ARAGÓN						
Det	0,039	0,013	ND	0,610	0,068	175%
Fen	0,0030	ND	ND	0,0990	0,0107	355%
Hid	0,053	0,000	ND	0,640	0,131	246%
C. H. EBRO (TRONCO)						
Det	0,051	0,040	ND	2,120	0,093	183%
Fen	0,0022	0,0010	ND	0,0470	0,0041	184%
Hid	0,074	0,005	ND	2,600	0,158	214%
C. H. GALLEGO						
Det	0,070	0,040	ND	1,840	0,209	297%
Fen	0,0110	ND	ND	0,3300	0,0431	392%
Hid	0,057	0,005	ND	0,420	0,105	182%
C. H. JALÓN						
Det	0,040	0,030	ND	0,420	0,056	139%
Fen	0,0019	ND	ND	0,0190	0,0036	184%
Hid	0,035	ND	ND	0,370	0,075	214%
C. H. SEGRE-CINCA						
Det	0,047	0,030	ND	0,870	0,089	189%
Fen	0,0016	ND	ND	0,0250	0,0031	191%
Hid	0,105	0,005	ND	3,000	0,299	286%

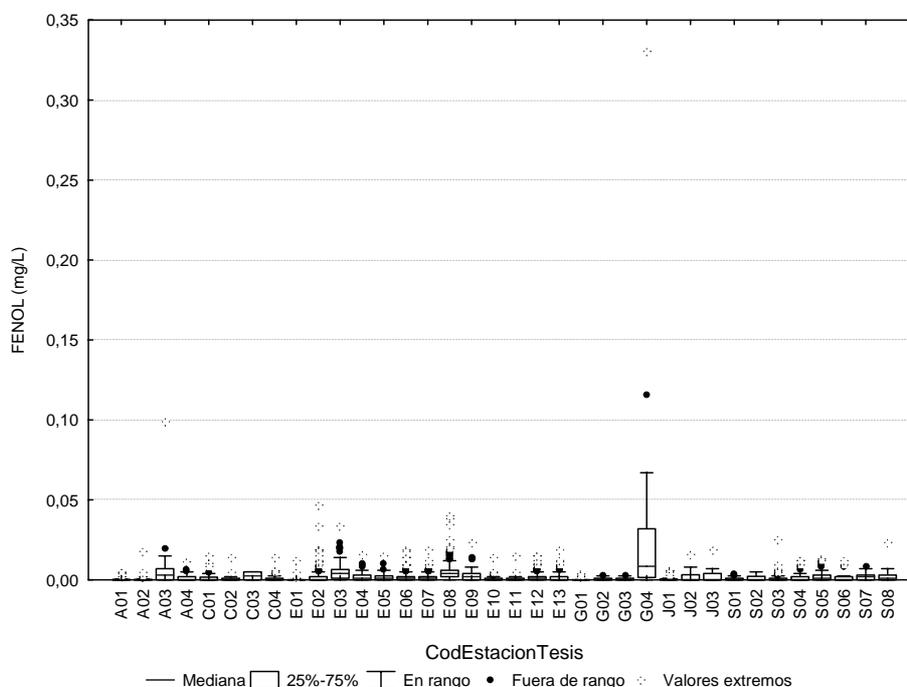


FIGURA 81 . DIAGRAMA DE CAJAS PARA EL FENOL EN CADA UNA DE LAS ESTACIONES.

III.2.8. Índice de calidad general.

La **TABLA 40** y **TABLA 41** aparecen recogidos los valores medios de los Índices de Calidad General de cada una de las estaciones y un resumen para toda la cuenca y cada una de las subcuencas consideradas.

La **FIGURA 82** muestra los valores medios del ICG en cada una de las subcuencas durante el periodo 1981-2005, donde se puede observar como la subcuenca que mejor calidad general presenta es la del río Aragón (ICG medio >80), si bien a nivel de estaciones (**Figura 83** y **Figura 84**), son las situadas en el Pirineo y sus inmediaciones (A01, A02, A03, G01, C01 y S01) las que presentan la máxima calidad. Por el contrario la mínima calidad, y por tanto el ICG más bajo se detecta en el propio Río Ebro, aguas abajo de Zaragoza (E08 y E09), la zona con mayor densidad de población de la Cuenca.

Así los mayores problemas de calidad que se observan están situados aguas abajo de la ciudad de Zaragoza, principal aglomeración humana de la Cuenca, junto con el punto G04 sobre el Río Gallego, situado en la misma zona, pero que al mismo tiempo recibe vertidos de una industria papelera, entre otras.

Según la información facilitada por la CHE, la ciudad de Zaragoza depura sus aguas mediante dos EDAR, por lo que el impacto de esta población y su área metropolitana sobre la calidad de las aguas se debe más a vertidos puntuales domésticos de aguas no incluidas en el sistema de alcantarillado público, así como vertidos industriales incontrolados y fuentes de contaminación difusa.

Por el contrario escasas las E.D.A.R para la depuración de los vertidos realizados al Río Gallego, y de ahí que presente la contaminación más elevada de la Cuenca, y por tanto su bajo ICG, si bien se encuentran actualmente en distintas fases (construcción, adjudicación o estudio) varias EDAR con objeto de solventar este problema, por lo que el valor del ICG deberá aumentar en los próximos años en este punto, a medida que comiencen a ponerse en funcionamiento estas EDARs.

TABLA 40. VALORES MEDIOS Y DESCRIPTIVOS DEL ICG EN LAS DISTINTAS ESTACIONES DE MUESTREO DURANTE EL PERÍODO 1981-2005.

Estación	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD
A01	84	85	63	96	6,9	8,3%
A02	84	85	67	96	5,5	6,6%
A03	80	81	59	94	7,0	8,7%
A04	80	80	57	93	7,8	9,8%
E01	82	83	-	96	8,3	10,1%
E02	68	69	43	92	8,6	12,6%
E03	70	70	40	90	9,7	13,8%
E04	67	68	45	84	7,1	10,5%
E05	70	70	42	90	9,5	13,6%
E06	61	61	41	88	7,4	12,1%
E07	57	57	25	86	9,9	17,3%
E08	40	41	-	61	8,5	21,1%
E09	45	43	20	77	12,3	27,6%
E10	70	71,5	35	90	10,1	14,3%
E11	71	71	47	89	9,0	12,7%
E12	65	65	48	90	7,1	10,9%
E13	65	63	38	85	9,2	14,2%
G01	83	84	60	96	7,0	8,4%
G02	78	79	52	90	6,5	8,3%
G03	66	66	42	88	7,9	12,1%
G04	50	49	-	82	13,5	27,0%
J01	64	64	41	86	8,5	13,2%
J02	64	65	-	89	10,4	16,1%
J03	67	67	43	88	9,0	13,4%
C01	86	87	-	98	7,6	8,8%
C02	76	77	54	95	8,2	10,7%
C03	72	73	30	89	9,0	12,5%
C04	68	68,5	45	89	9,2	13,5%
S01	81	82	59	95	7,4	9,2%
S02	77	78	56	94	7,1	9,3%
S03	81	82	61	94	7,4	9,1%
S04	75	73	52	95	9,0	12,1%
S05	74	75	53	94	8,9	12,0%
S06	76	77	52	93	8,7	11,5%
S07	70	69	40	90	8,8	12,5%
S08	74	75	-	95	9,9	13,3%

TABLA 41. DESCRIPCIÓN ESTADÍSTICA ELEMENTAL CORRESPONDIENTE AL ICG EN LA C.H. DEL EBRO Y DISTINTAS SUBCUENCAS CONSIDERADAS, DURANTE EL PERIODO 1981-2005.

Cuenca	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD
Ebro	71	72	20	98	13,7	19%
Aragón	82	83	57	96	7,1	9%
Ebro (tronco)	64	65	20	96	14,0	22%
Gallego	69	73	23	96	16,3	24%
Jalón	65	65	32	89	9,5	15%
Segre-Cinca	76	77	30	98	9,7	13%

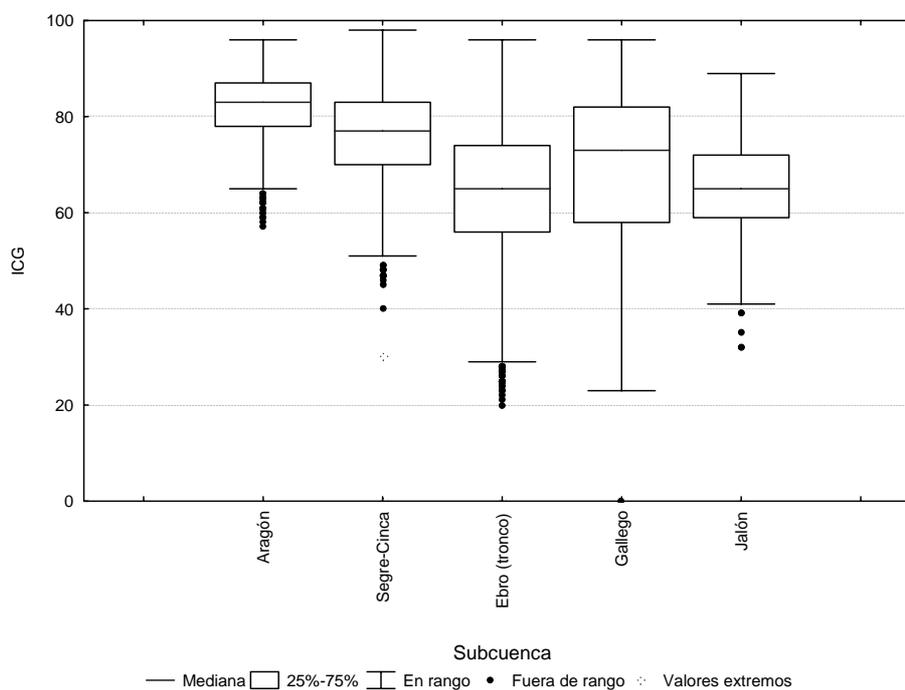


FIGURA 82. DIAGRAMA DE CAJAS PARA EL ICG EN CADA UNA DE LAS SUBCUENCAS.

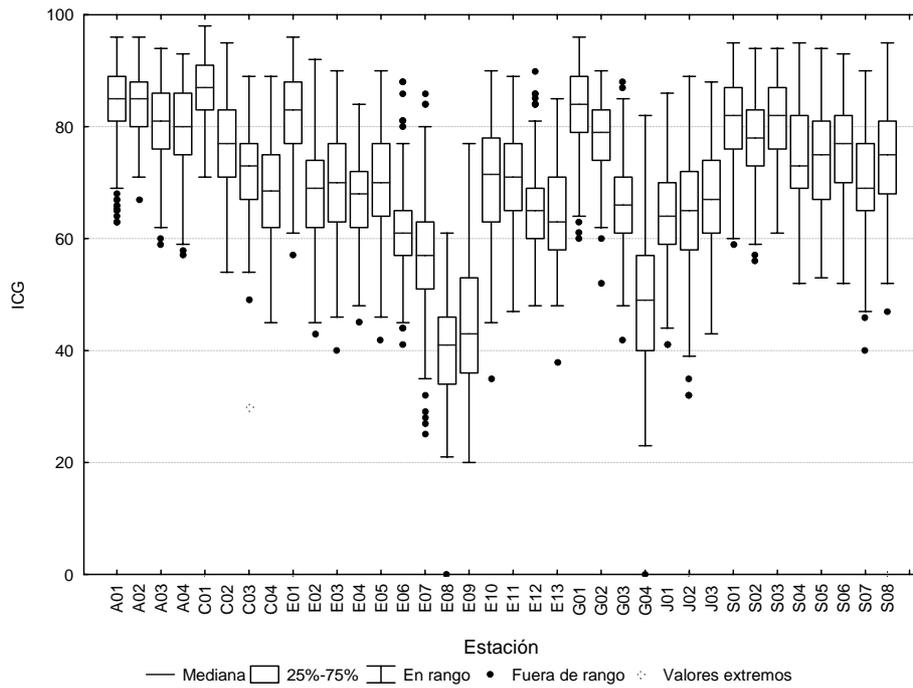


FIGURA 83. DIAGRAMA DE CAJAS PARA EL ICG EN CADA UNA DE LAS ESTACIONES.

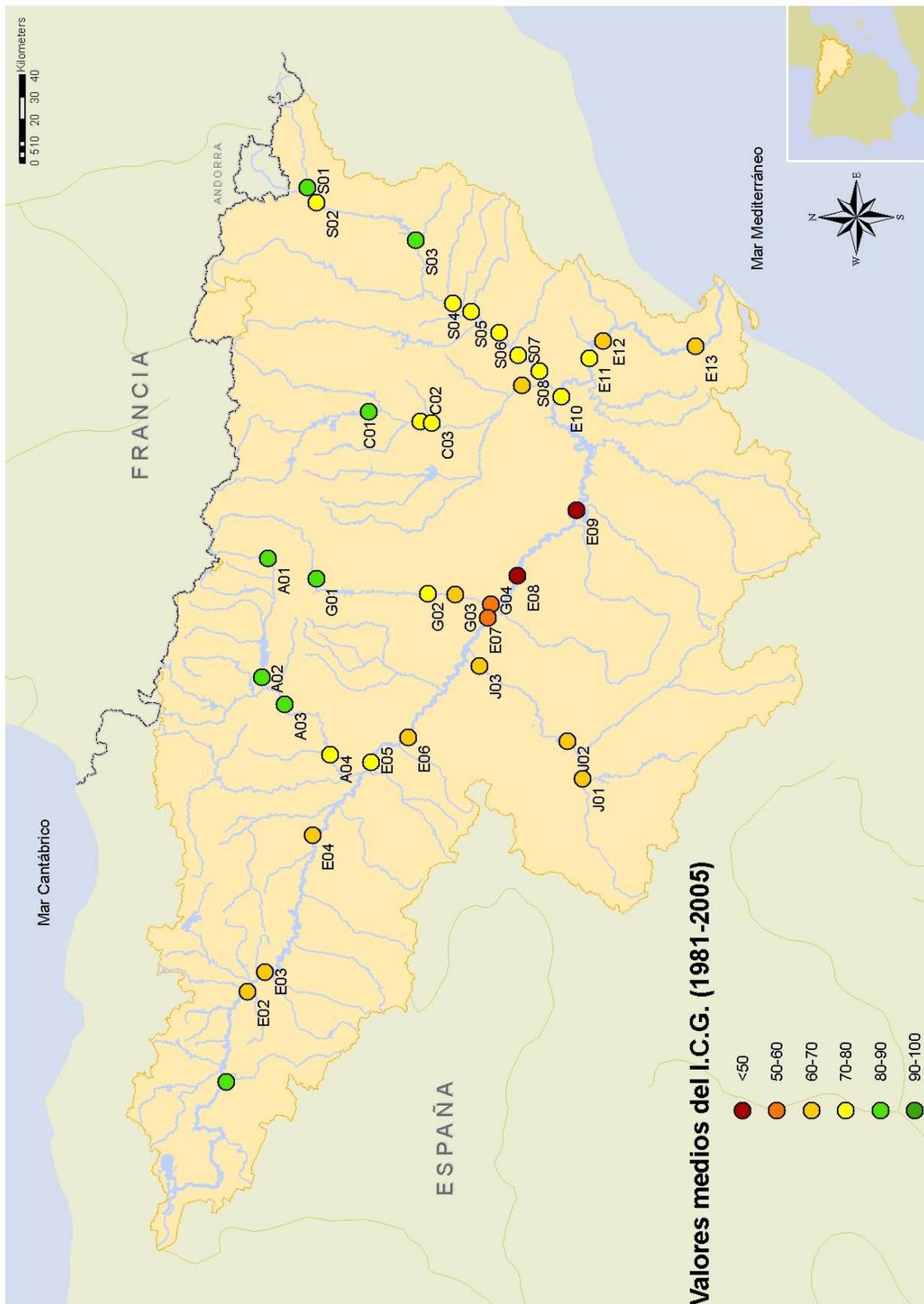


FIGURA 84. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DEL ICG MEDIO 1981-2005

III.2.9. Resumen y conclusiones por subcuencas.

Según los datos hidrogeoquímicos recopilados para la realización del presente estudio (Anexo I), la cuenca hidrográfica del Río Ebro presenta, en general, aguas de una buena calidad global, siendo ésta mejor en los nacimientos y tramos altos de los ríos, para irse cargando de sustancias salinas a través de su discurrir por los distintos terrenos por los que fluye, sin que se lleguen a alcanzar grandes concentraciones salinas. La zona de peor calidad de la cuenca se sitúa aproximadamente en el centro geográfico de la misma, entorno a la ciudad de Zaragoza, coincidiendo ésta con la zona de mayor densidad de población e industrias de todo su territorio. Esto coincide con el tramo medio del Río Ebro, que mejora su calidad en puntos posteriores a Zaragoza.

Al margen del estudio global realizado para la totalidad de las 36 estaciones utilizadas en el presente trabajo de investigación, se han realizado los mismos estudios para cada una de las cinco subcuencas en las que se engloban tales estaciones (Aragón, Jalón, Gallego, Segre-Cinca, Ebro-tronco).

A continuación se ofrece una descripción hidroquímica más detallada de los principales afluentes presentes en la cuenca, y que son objeto de estudio en el presente trabajo:

La subcuenca del **Río Aragón** presenta aguas de una elevada calidad en todos los puntos, si bien se observa una ligera disminución de la la misma desde cabecera hasta su desembocadura, oscilando el ICG entre 86 y 82 respectivamente.

No existen prácticamente observaciones reseñables, salvo un elevado valor de *coliformes totales* en el punto A04 con 250000 NPM/ 100mL, y la tendencia a acumular *sólidos en suspensión totales* a lo largo del cauce, pasando de aguas con 10 mg/L en cabecera a 60 mg/L en la zona final del río.

A lo largo del **Río Ebro (tronco)** se han estudiado trece estaciones de calidad de agua, observándose de forma general una disminución progresiva de la calidad de las aguas desde cabecera (E01), con un *ICG* medio de 82, hasta la Presa de Pina

(E08), estación en la que se observan los peores índices de calidad (40), y a partir de la cual hay una progresiva mejora hasta la estación de Ribarroja (E11), que obtiene un valor medio del ICG de 71, para disminuir algo la calidad en las dos últimas estaciones localizadas sobre el Río, disminuyendo el ICG hasta 65 en E13. Tanto *conductividad eléctrica* como los *principales iones* en disolución presentan el mismo perfil, posiblemente muy favorecido por el notable aumento del caudal que se produce en las estaciones E10, E11 y E12, procedente principalmente de las aguas de la subcuenca de los ríos Segre-Cinca, que producen un efecto de dilución sobre las aguas del Río Ebro.

El resto de los parámetros analizados se mantienen en valores similares a lo largo de toda la cuenca, o presentan el mismo perfil que el de los iones, con un aumento de la concentración en la zona central de la Cuenca, entorno a la ciudad de Zaragoza, para una posterior dilución.

El **Río Gallego** en su nacimiento en el Pirineo aragonés se puede categorizar como un río de alta montaña, con todas las características que ello conlleva, pero que a lo largo de su curso, y hasta su desembocadura en el Río Ebro, cercana a la ciudad de Zaragoza, va cambiando considerablemente su calidad, destacando principalmente dos factores: uno natural (aumento salino) y otro antropogénico (aumento de contaminación urbana).

Existe un gran aumento de las *sales disueltas* a lo largo del cauce, lo que provoca *conductividades* de 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 20°C en G01 que aumentan hasta 1800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 20°C en G04, con variaciones similares de los principales iones como *calcio* (45 – 160 mg/L), *sulfatos* (30 – 350 mg/L), *alcalinidad* (120 – 220 mg/L), *cloruros* (15 – 310 mg/L), *sodio* (10 – 220 mg/L).

En lo referente a la contaminación de origen urbano, aunque se aprecia en todos los puntos de muestro, resulta especialmente significativo el aumento que se detecta en el último punto G04, donde se observa un notable aumento de la concentración de la demanda biológica de oxígeno, la oxidabilidad, los detergentes, los fenoles y el amonio.

La combinación de ambos factores provoca una disminución significativa del ICG a lo largo del río, que pasa de valores entorno a 85 en el punto G01 hasta los 55 que presenta en G04, siendo ésta la estación que presenta el ICG promedio más bajo de todas las estudiadas.

El **Río Jalón** es el único de los afluentes del Río Ebro estudiados que se sitúa en la margen derecha de este, y sobre el que se han situado 3 estaciones de control. Este afluente presenta las estaciones con menor caudal de todas las estudiadas junto con las estaciones situadas en la cabecera del río Aragón.

Las aguas que fluyen por el río Jalón no sufren variaciones importantes en cuanto a su calidad, a raíz de los datos obtenidos en las tres estaciones de muestreo, si bien esta podría calificarse, en términos generales, de admisible, con valores promedio del ICG entorno a 65 en todos los casos.

Esta calidad del agua, se debe principalmente a la propia naturaleza de la misma, ya que por disolución a partir de los terrenos por los que fluye, se pueden encontrar elevadas cantidades de sales, que hacen que los valores de conductividad eléctrica se sitúen entorno a 1200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 20°C, especialmente bicarbonatos (230 mg/L), sulfatos (300 mg/L), calcio (140 mg/L) y magnesio (45 mg/L), sodio (80 mg/L) y cloruros (125 mg/L).

No se aprecian signos de degradación de la calidad del agua a lo largo de la subcuenca en lo referente a contaminación por aguas residuales, aunque sí aumenta muy ligeramente el valor promedio de la materia orgánica a lo largo de la misma. Sí es objeto de reseña la elevada concentración media de coliformes totales que se detecta sistemáticamente en el punto J02, con un valor muy superior (350000 NPM/100 mL) al resto de la cuenca (25000 NPM/100 mL).

Se observa también una cierta influencia de la agricultura en la zona mediante el aumento de la concentración de nitratos a lo largo del cauce, debido muy probablemente a los vertidos difusos que se producen en la zona a través de las aguas de escorrentía superficial procedentes de los campos agrícolas cercanos. Esta concentración de nitratos pasa de valores entorno a 10 mg/L en J01 a 20 mg/L en J03.

Al mismo tiempo se detecta una disminución del pH a lo largo de la cuenca, reduciéndose este en 0,3 unidades.

Es de destacar también la existencia de las concentraciones más elevadas en hierro (0,14 mg/L), fluoruro (0,26 mg/L), sólidos en suspensión (100 mg/L) y plomo (0,055 mg/L) de las registradas en todos los puntos de muestreo.

El **Río Segre-Cinca** es el mayor afluente del Ebro, y sobre el se han estudiado 7 puntos de muestreo con objeto de caracterizar su calidad y observar sus variaciones. A lo largo de su cauce, no se observan variaciones significativas en cuanto a la calidad de las aguas, pasando el ICG de valores entorno a 83 en S01 a 77 en S04, con el valor más bajo en el punto S07.

Los iones van aumentando a lo largo de los cuatro primeros puntos, para sufrir una ligera disminución en las estaciones S05 y S06, con un posterior aumento significativo en S07, y una posterior dilución en S08.

En cuanto al resto de parámetros, destacar un aumento significativo del amonio en S07, y del arsénico en el mismo punto.

En cuanto a su principal afluente, también estudiado, el Río Cinca, se observa un moderado aumento de la concentración salina a lo largo del cauce, que van desde los 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 20°C en el tramo alto del río hasta los 900 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 20°C cerca de su desembocadura, con el paralelo aumento de la concentración de los iones en disolución.

Variación reseñable es la que sufren los sólidos en suspensión, que son prácticamente despreciables en la zona inicial de alta montaña, con 5 mg/L, para pasar a 115 mg/L en la desembocadura.

En el punto C03 se detecta una elevada concentración de metales, especialmente de As, Cd, Cr y Pb, si bien esta disminuye sensiblemente aguas abajo, en el punto C04.

III.3. ANÁLISIS DE CORRELACIONES.

En la **TABLA 42** se muestran los coeficientes de correlación entre los distintos parámetros estudiados a nivel de todos los puntos de muestreo situados en la cuenca del Ebro para el presente trabajo. Son numerosas las correlaciones encontradas a nivel de significación $p < 0,05$, si bien son pocas las que presentan una cierta importancia desde el punto de vista cuantitativo.

A raíz de estos datos se observa una elevada correlación entre las especies iónicas mayoritarias de un agua: *cloruros* (0,94), *sodio* (0,94), *calcio* (0,91), *magnesio* (0,81), *alcalinidad* (0,70), *sulfatos* (0,70), *nitratos* (0,64) y la *conductividad eléctrica* del agua. Tal correlación es positiva en todos los casos, y denota una elevada variabilidad natural de las aguas, ya que estos iones provienen principalmente de la disolución de las rocas y terrenos por los que fluyen las aguas. Al mismo tiempo se dan elevadas correlaciones entre estos iones entre si, así, merece la pena destacar:

- Alcalinidad con calcio (0,78), magnesio (0,72), nitratos (0,68), sodio (0,60) y cloruros (0,59).
- Calcio con cloruros (0,82), sulfatos (0,73) y nitratos (0,69).
- Cloruros con sodio (0,98), calcio (0,82), magnesio (0,71) y potasio (0,60).
- Nitratos con calcio (0,69), sodio (0,59) y magnesio (0,56).
- Fluoruros con magnesio (0,54), calcio (0,50) y sodio (0,41).
- Potasio con cloruros (0,60).

DBO5 y MO presentan una cierta correlación positiva (0,52) que indicaría una contaminación por aguas residuales, al igual que con los fenoles (0,67 y 0,04 respectivamente).

No se observa correlación cuantitativamente significativa de ningún parámetro con el caudal de agua circulante.

Los elementos metálicos no presentan correlaciones significativas ni entre ellos ni con otros parámetros.

TABLA 42. COEFICIENTES DE CORRELACIÓN ENTRE LOS DISTINTOS PARÁMETROS ANALIZADOS. CUENCA DEL EBRO.

	Q	TAI	TAG	pH	CE	SS	Col	Ca	Mg	Na	K	Cl
Q	1,00	-0,09	-0,11	-0,05	0,03	0,02	-0,02	0,05	-0,05	0,00	-0,03	0,01
TAI	-0,09	1,00	0,84	-0,02	0,10	0,02	0,03	0,06	0,13	0,17	0,03	0,16
TAG	-0,11	0,84	1,00	-0,13	0,28	0,03	0,04	0,18	0,21	0,30	0,12	0,29
pH	-0,05	-0,02	-0,13	1,00	-0,17	-0,03	-0,01	-0,13	-0,05	-0,14	-0,14	-0,16
CE	0,03	0,10	0,28	-0,17	1,00	0,08	0,04	0,91	0,81	0,94	0,62	0,94
SS	0,02	0,02	0,03	-0,03	0,08	1,00	0,09	0,27	0,38	0,13	0,21	0,15
Col	-0,02	0,03	0,04	-0,01	0,04	0,09	1,00	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04
Ca	0,05	0,06	0,18	-0,13	0,91	0,27	0,03	1,00	0,80	0,81	0,58	0,82
Mg	-0,05	0,13	0,21	-0,05	0,81	0,38	0,03	0,80	1,00	0,70	0,54	0,71
Na	0,00	0,17	0,30	-0,14	0,94	0,13	0,04	0,81	0,70	1,00	0,60	0,98
K	-0,03	0,03	0,12	-0,14	0,62	0,21	0,04	0,58	0,54	0,60	1,00	0,60
Cl	0,01	0,16	0,29	-0,16	0,94	0,15	0,04	0,82	0,71	0,98	0,60	1,00
SO4	0,04	0,16	0,24	-0,08	0,70	0,11	0,03	0,73	0,68	0,65	0,46	0,65
Alc	0,01	-0,09	0,02	0,01	0,70	0,39	0,02	0,78	0,72	0,60	0,43	0,59
Fe	0,00	-0,01	0,02	0,05	0,15	0,46	0,04	0,12	0,15	0,15	0,16	0,15
Mn	0,03	0,04	0,03	0,02	0,03	0,04	0,01	0,02	0,03	0,03	0,01	0,03
As	0,04	-0,03	-0,03	-0,02	-0,02	0,00	0,00	-0,01	0,01	-0,02	-0,02	-0,02
Hg	-0,01	0,02	0,02	0,02	-0,01	0,02	0,00	-0,02	-0,01	0,00	0,01	0,00
Cd	0,05	-0,09	0,00	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	-0,01	0,01	-0,01	0,02
Cu	-0,05	0,01	0,07	-0,07	0,09	0,04	0,01	0,10	0,12	0,12	0,11	0,12
Cr	0,04	-0,02	-0,02	0,14	0,04	0,05	-0,01	0,01	0,00	0,01	-0,01	0,00
Pb	0,01	-0,01	0,04	-0,08	0,17	0,07	0,01	0,20	0,23	0,18	0,04	0,18
Zn	0,00	0,02	0,02	0,07	0,08	0,06	0,00	0,09	0,04	0,10	0,04	0,09
F	0,11	0,10	0,14	0,01	0,48	0,14	0,02	0,50	0,54	0,41	0,32	0,40
CN	-0,04	0,00	0,02	-0,02	0,03	0,00	0,00	-0,02	-0,02	0,03	0,01	0,02
NO3	0,06	-0,06	0,03	-0,10	0,64	0,25	0,02	0,69	0,56	0,59	0,41	0,59
PO4	-0,01	0,00	0,04	-0,23	0,16	0,17	0,01	0,21	0,18	0,15	0,20	0,15
NH4	-0,05	-0,03	0,01	-0,21	0,14	-0,03	0,09	0,15	0,17	0,13	0,18	0,12
DBO5	-0,03	0,01	0,08	-0,17	0,33	0,33	0,04	0,23	0,19	0,34	0,26	0,31
O2	0,04	-0,37	-0,55	0,44	-0,32	-0,03	-0,04	-0,22	-0,16	-0,28	-0,22	-0,26
MO	0,14	0,00	0,17	-0,23	0,26	0,32	0,05	0,06	-0,03	0,13	0,06	0,14
Det	-0,02	-0,02	-0,01	-0,10	0,06	-0,05	0,04	0,03	0,04	0,08	0,08	0,08
Fen	-0,08	0,00	0,02	0,01	0,17	0,03	0,01	0,11	0,12	0,22	0,22	0,19
Hid	0,03	-0,08	-0,08	-0,09	-0,07	-0,13	0,00	-0,02	-0,03	-0,05	-0,05	-0,06

*En negrita aparecen las correlaciones significativas a $p < 0,05$, y sombreadas aquellas mayores de 0,70.

TABLA 42. COEFICIENTES DE CORRELACIÓN ENTRE LOS DISTINTOS PARÁMETROS ANALIZADOS. CUENCA DEL EBRO. (CONT.)

	SO ₄	Alc	Fe	Mn	As	Hg	Cd	Cu	Cr	Pb	Zn	F
Q	0,04	0,01	0,00	0,03	0,04	-0,01	0,05	-0,05	0,04	0,01	0,00	0,11
TAI	0,16	-0,09	-0,01	0,04	-0,03	0,02	-0,09	0,01	-0,02	-0,01	0,02	0,10
TAG	0,24	0,02	0,02	0,03	-0,03	0,02	0,00	0,07	-0,02	0,04	0,02	0,14
pH	-0,08	0,01	0,05	0,02	-0,02	0,02	0,02	-0,07	0,14	-0,08	0,07	0,01
CE	0,70	0,70	0,15	0,03	-0,02	-0,01	0,02	0,09	0,04	0,17	0,08	0,48
SS	0,11	0,39	0,46	0,04	0,00	0,02	0,01	0,04	0,05	0,07	0,06	0,14
Col	0,03	0,02	0,04	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	-0,01	0,01	0,00	0,02
Ca	0,73	0,78	0,12	0,02	-0,01	-0,02	0,02	0,10	0,01	0,20	0,09	0,50
Mg	0,68	0,72	0,15	0,03	0,01	-0,01	-0,01	0,12	0,00	0,23	0,04	0,54
Na	0,65	0,60	0,15	0,03	-0,02	0,00	0,01	0,12	0,01	0,18	0,10	0,41
K	0,46	0,43	0,16	0,01	-0,02	0,01	-0,01	0,11	-0,01	0,04	0,04	0,32
Cl	0,65	0,59	0,15	0,03	-0,02	0,00	0,02	0,12	0,00	0,18	0,09	0,40
SO ₄	1,00	0,48	0,08	0,02	0,00	-0,01	0,02	0,08	0,01	0,17	0,05	0,43
Alc	0,48	1,00	0,22	0,01	-0,04	-0,03	-0,01	0,09	0,02	0,18	0,11	0,35
Fe	0,08	0,22	1,00	0,11	-0,03	0,00	-0,01	0,15	0,11	0,10	0,21	0,06
Mn	0,02	0,01	0,11	1,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,03	0,03	0,02	0,01
As	0,00	-0,04	-0,03	0,00	1,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	-0,04	0,02
Hg	-0,01	-0,03	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00
Cd	0,02	-0,01	-0,01	0,00	0,02	0,00	1,00	0,01	0,05	0,08	-0,05	0,03
Cu	0,08	0,09	0,15	0,03	0,00	0,02	0,01	1,00	0,02	0,25	0,10	0,07
Cr	0,01	0,02	0,11	0,00	0,01	0,01	0,05	0,02	1,00	0,00	0,14	0,03
Pb	0,17	0,18	0,10	0,03	0,00	0,00	0,08	0,25	0,00	1,00	0,07	0,12
Zn	0,05	0,11	0,21	0,02	-0,04	0,01	-0,05	0,10	0,14	0,07	1,00	0,10
F	0,43	0,35	0,06	0,01	0,02	0,00	0,03	0,07	0,03	0,12	0,10	1,00
CN	0,00	-0,03	0,02	0,01	0,20	0,00	0,01	0,00	0,03	-0,01	-0,03	-0,01
NO ₃	0,46	0,68	0,17	-0,01	-0,08	-0,02	-0,01	0,10	0,01	0,13	0,14	0,31
PO ₄	0,19	0,20	0,11	0,01	0,00	0,00	-0,06	0,03	-0,11	0,03	0,00	0,11
NH ₄	0,14	0,16	0,06	0,03	-0,03	0,04	0,02	0,16	-0,04	0,15	0,00	0,06
DBO ₅	0,20	0,24	0,16	0,04	0,00	0,00	-0,05	0,12	0,01	0,07	0,07	0,06
O ₂	-0,19	-0,14	-0,03	-0,03	0,00	-0,01	0,00	-0,04	0,04	-0,08	-0,02	-0,04
MO	0,09	0,17	0,37	0,33	0,02	-0,03	-0,06	0,14	0,01	0,02	0,13	-0,08
Det	0,04	0,03	-0,04	-0,01	0,12	0,00	-0,01	0,01	-0,06	0,04	-0,05	0,03
Fen	0,12	0,19	0,03	0,02	-0,01	0,01	0,01	0,06	-0,01	0,07	0,02	0,03
Hid	-0,04	-0,01	0,00	0,00	-0,04	0,04	0,01	0,08	-0,10	0,06	-0,03	-0,02

*En negrita aparecen las correlaciones significativas a $p < 0,05$, y sombreadas aquellas mayores de 0,70.

TABLA 42. COEFICIENTES DE CORRELACIÓN ENTRE LOS DISTINTOS PARÁMETROS ANALIZADOS. CUENCA DEL EBRO. (CONT.)

	CN	NO3	PO4	NH4	DBO5	O2	MO	Det	Fen	Hid
Q	-0,04	0,06	-0,01	-0,05	-0,03	0,04	0,14	-0,02	-0,08	0,03
TAI	0,00	-0,06	0,00	-0,03	0,01	-0,37	0,00	-0,02	0,00	-0,08
TAG	0,02	0,03	0,04	0,01	0,08	-0,55	0,17	-0,01	0,02	-0,08
pH	-0,02	-0,10	-0,23	-0,21	-0,17	0,44	-0,23	-0,10	0,01	-0,09
CE	0,03	0,64	0,16	0,14	0,33	-0,32	0,26	0,06	0,17	-0,07
SS	0,00	0,25	0,17	-0,03	0,33	-0,03	0,32	-0,05	0,03	-0,13
Col	0,00	0,02	0,01	0,09	0,04	-0,04	0,05	0,04	0,01	0,00
Ca	-0,02	0,69	0,21	0,15	0,23	-0,22	0,06	0,03	0,11	-0,02
Mg	-0,02	0,56	0,18	0,17	0,19	-0,16	-0,03	0,04	0,12	-0,03
Na	0,03	0,59	0,15	0,13	0,34	-0,28	0,13	0,08	0,22	-0,05
K	0,01	0,41	0,20	0,18	0,26	-0,22	0,06	0,08	0,22	-0,05
Cl	0,02	0,59	0,15	0,12	0,31	-0,26	0,14	0,08	0,19	-0,06
SO4	0,00	0,46	0,19	0,14	0,20	-0,19	0,09	0,04	0,12	-0,04
Alc	-0,03	0,68	0,20	0,16	0,24	-0,14	0,17	0,03	0,19	-0,01
Fe	0,02	0,17	0,11	0,06	0,16	-0,03	0,37	-0,04	0,03	0,00
Mn	0,01	-0,01	0,01	0,03	0,04	-0,03	0,33	-0,01	0,02	0,00
As	0,20	-0,08	0,00	-0,03	0,00	0,00	0,02	0,12	-0,01	-0,04
Hg	0,00	-0,02	0,00	0,04	0,00	-0,01	-0,03	0,00	0,01	0,04
Cd	0,01	-0,01	-0,06	0,02	-0,05	0,00	-0,06	-0,01	0,01	0,01
Cu	0,00	0,10	0,03	0,16	0,12	-0,04	0,14	0,01	0,06	0,08
Cr	0,03	0,01	-0,11	-0,04	0,01	0,04	0,01	-0,06	-0,01	-0,10
Pb	-0,01	0,13	0,03	0,15	0,07	-0,08	0,02	0,04	0,07	0,06
Zn	-0,03	0,14	0,00	0,00	0,07	-0,02	0,13	-0,05	0,02	-0,03
F	-0,01	0,31	0,11	0,06	0,06	-0,04	-0,08	0,03	0,03	-0,02
CN	1,00	-0,06	-0,06	0,01	0,14	-0,07	0,07	0,15	0,21	-0,03
NO3	-0,06	1,00	0,14	0,06	0,13	-0,08	0,25	0,00	0,04	0,02
PO4	-0,06	0,14	1,00	0,27	0,23	-0,20	0,10	0,13	0,04	0,05
NH4	0,01	0,06	0,27	1,00	0,27	-0,20	0,15	0,25	0,09	0,02
DBO5	0,14	0,13	0,23	0,27	1,00	-0,22	0,52	0,25	0,67	0,02
O2	-0,07	-0,08	-0,20	-0,20	-0,22	1,00	-0,26	-0,13	-0,15	0,05
MO	0,07	0,25	0,10	0,15	0,52	-0,26	1,00	0,04	0,04	0,03
Det	0,15	0,00	0,13	0,25	0,25	-0,13	0,04	1,00	0,31	-0,02
Fen	0,21	0,04	0,04	0,09	0,67	-0,15	0,04	0,31	1,00	0,01
Hid	-0,03	0,02	0,05	0,02	0,02	0,05	0,03	-0,02	0,01	1,00

*En negrita aparecen las correlaciones significativas a $p < 0,05$, y sombreadas aquellas mayores de 0,70.

III.4. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES.

III.4.1. Estudio de la totalidad de la Cuenca.

El análisis de Componentes Principales de los datos muestra un agrupamiento de las variables en cuatro componentes principales, cuyos factores se muestran en la **TABLA 43**, que explican el 34,5% de la varianza del sistema. De los cuatro componentes principales, tan sólo los dos primeros presentan un significado claro, siendo éste menos preciso en el resto de los casos:

- **PC1:** explica la variabilidad natural del sistema (18,1%), mediante la variación de las concentraciones de los iones mayoritarios en disolución, procedentes de la disolución de los terrenos por los que fluyen los ríos (Variables: Ca, Na, Cl⁻, Mg, SO₄⁼, alcalinidad, NO₃⁻, K, conductividad eléctrica, F⁻). Las mayores cargas de este factor se producen por las estaciones situadas en el centro de la cuenca, como son las del tramo final del Río Gallego (G03 y G04), el Río Jalón (J01 y J03), y el Río Ebro aguas abajo de la desembocadura de los anteriores (E08).
- **PC2:** define los cambios climáticos que sufre el sistema, mediante las variaciones de la temperatura del propio agua y la del ambiente. Presenta una gran aportación de la concentración de oxígeno disuelto, función inversamente proporcional a la temperatura del agua, entre otros factores, debido a la solubilidad de este gas en el medio acuoso (Variables: temperatura del agua, temperatura del aire y oxígeno disuelto). Define un 6,9% de la variabilidad total. Las cargas más importantes se dan en las estaciones G04 y J02.
- **PC3:** muestra una ligera componente de contaminación por aguas residuales ya que las principales aportaciones a esta componente vienen definidas de la mano de parámetros como detergentes, demanda biológica de oxígeno y fenoles (Variables: detergentes, DBO₅, fenoles, amonio, y en menor medida fosfatos y cianuros). Define un 5,2% de la variabilidad total. Las mayores cargas se producen nuevamente en la estación G04, junto con E13, G01 y J01, estaciones distantes entre sí, lo que indica casos de contaminación puntuales y diseminados por la cuenca.

- **PC4:** define la variabilidad (4,3%) de algunos de los elementos metálicos en disolución: hierro, zinc y cobre (Variables: Fe, Zn, Cu). Las principales cargas vienen dadas por estaciones situadas en la zona central del Río Ebro (E06, E07 y E08), con alta densidad de población e industria, y en J01 y C02.

TABLA 43. FACTORES DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES PARA LA CUENCA DEL EBRO.

Parámetro	PC1	PC2	PC3	PC4
Autovalor	6,17	2,35	1,77	1,45
%Variabilidad	18,13	6,91	5,22	4,27
% Var. Acumul.	18,13	25,04	30,26	34,53
Q	0,02	0,10	-0,03	0,04
TAI	0,03	-0,84	-0,12	-0,05
TAG	0,11	-0,92	-0,03	0,01
pH	-0,03	0,30	-0,39	-0,02
CE	0,54	-0,31	0,18	0,13
SS	0,04	-0,01	0,15	0,27
Col	0,03	-0,02	0,09	0,03
Ca	0,93	-0,02	0,01	0,01
Mg	0,86	-0,03	-0,01	0,01
Na	0,88	-0,11	0,08	0,01
K	0,61	-0,01	0,14	-0,07
Cl	0,88	-0,12	0,07	0,01
SO4	0,76	-0,09	0,00	-0,03
Alc	0,75	0,11	0,06	0,12
Fe	0,13	0,05	0,02	0,61
Mn	0,00	-0,02	0,02	0,21
As	-0,01	0,02	0,04	-0,02
Hg	-0,02	-0,02	0,01	0,04
Cd	0,00	0,01	-0,01	0,01
Cu	0,08	0,01	0,11	0,43
Cr	-0,01	0,01	-0,14	0,34
Pb	0,18	0,03	0,08	0,32
Zn	0,07	0,00	-0,10	0,56
F	0,49	-0,02	-0,11	0,04
CN	-0,04	0,01	0,31	-0,04
NO3	0,72	0,07	-0,05	0,12
PO4	0,23	0,01	0,35	-0,06
NH4	0,14	0,04	0,49	0,01
DBO5	0,12	-0,11	0,59	0,24
O2	-0,10	0,71	-0,33	-0,06
MO	0,00	-0,16	0,13	0,35
Det	0,04	0,07	0,60	-0,21
Fen	0,12	0,07	0,55	-0,01
Hid	-0,02	0,05	0,05	0,03
Estaciones	J03, G03, J01, G04, E08	G04, J02	G04, E13, G01, J01	E06, E07, E08, C02, J01

En la FIGURA 85 se representan gráficamente los distintos parámetros en los nuevos ejes de coordenadas PC1 y PC2. Se observa a la derecha un grupo de

parámetros que se corresponden con los que definen la variabilidad del sistema, y que está compuesto por la conductividad eléctrica y los iones mayoritarios en disolución. Aparece también abajo un grupo de parámetros formados por las temperaturas del agua y del aire, y en contraposición en la parte superior el oxígeno disuelto, cuya concentración es inversamente proporcional a las temperaturas. El resto de parámetros aparece agrupado entorno a los ejes de coordenadas (FIGURA 86).

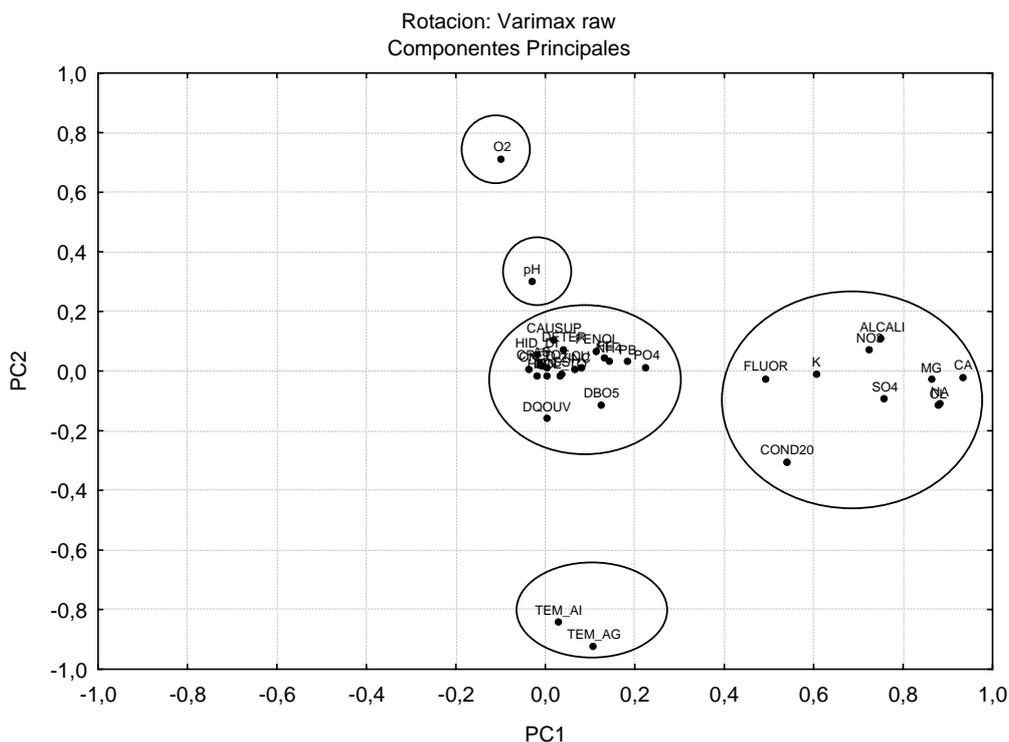


FIGURA 85. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS DISTINTOS PARÁMETROS EN LOS NUEVOS EJES DE COORDENADAS PC1 Y PC2. CUENCA DEL EBRO

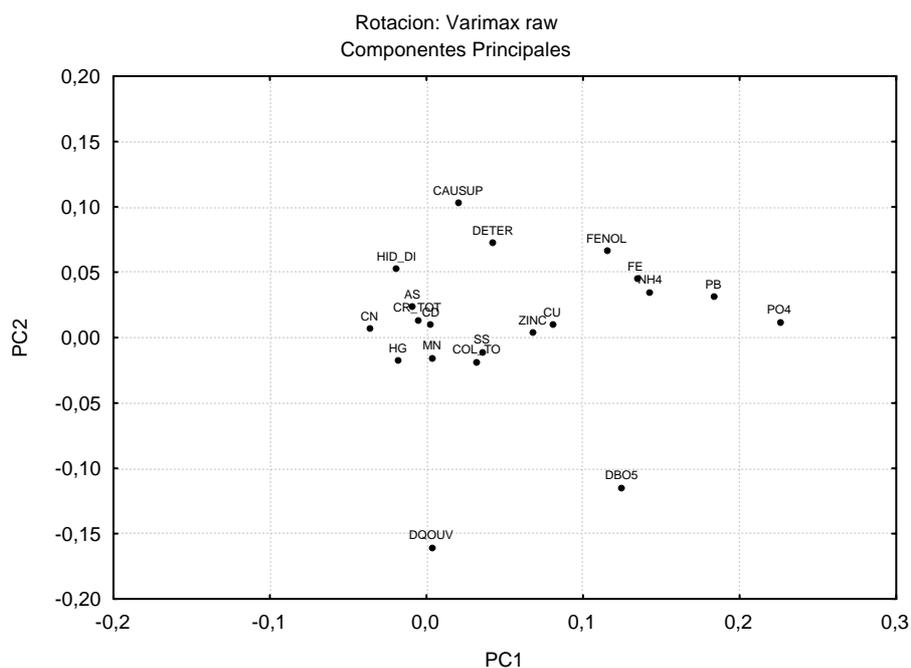


FIGURA 86. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS DISTINTOS PARÁMETROS EN LOS NUEVOS EJES DE COORDENADAS PC1 Y PC2. CUENCA DEL EBRO (ZOOM)

III.4.2. Estudio de las distintas subcuencas.

Se ha realizado el estudio de Componentes Principales para cada una de las cinco subcuencas estudiadas en el presente trabajo (Aragón, Ebro-tronco, Segre-Cinca, Jalón, Gallego), obteniéndose resultados muy similares a los mostrados anteriormente a nivel de toda la cuenca. Tan sólo se han detectado algunas variaciones que se detallan a continuación.

En la subcuenca del **Río Aragón (TABLA 44)**, la PC2, que explica un 8,3% de la variabilidad del sistema, está definida por la concentración de los distintos elementos metálicos, y el amonio en disolución (**FIGURA 87**): Fe (0,84), Mn (0,79), Pb (0,64), Zn (0,61), Hg (0,58), Cu (0,51), Cromo total (0,31) y Cd (0,29), tal y como se muestra en la **FIGURA 87**. PC3 desvela la influencia del oxígeno y las temperaturas, mientras que PC4 y PC5 están definidos por parámetros metálicos (As) y de contaminación orgánica (DBO₅, detergentes y fenoles).

PC1 presenta la mayor carga de las estación situada en la zona final del río (A04), ya que en esta el agua fluye ya concentrada en componentes mayoritarios que

ha ido solubilizando a su paso por los distintos terrenos recorridos. El resto de PC no presenta una clara contribución, salvo la mínima influencia de la estación A02.

TABLA 44. FACTORES DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES PARA LA SUBCUENCA DEL RÍO ARAGÓN.

Parámetro	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Autovalor	6,02	2,83	2,56	2,35	1,91
%Variabilidad	17,70	8,32	7,54	6,90	5,61
% Var. Acumul.	17,70	26,02	33,56	40,46	46,07
Q	0,02	-0,01	-0,23	0,02	0,27
TAI	-0,03	-0,01	0,85	0,03	0,01
TAG	0,12	0,02	0,93	0,00	0,01
pH	-0,04	0,08	-0,21	0,11	-0,22
CE	0,48	0,04	0,29	0,01	0,01
SS	0,00	0,01	0,00	0,02	0,19
Col	0,23	-0,01	0,03	0,00	0,14
Ca	0,72	0,10	-0,15	0,11	0,00
Mg	0,65	0,03	-0,06	0,00	0,03
Na	0,87	0,09	0,13	0,00	0,03
K	0,64	0,05	0,11	-0,11	0,47
Cl	0,85	0,00	0,10	0,00	0,01
SO4	0,83	0,11	0,11	-0,02	0,01
Alc	0,60	0,13	-0,20	0,10	-0,02
Fe	0,15	0,84	0,03	0,04	0,13
Mn	0,14	0,79	0,07	0,07	0,28
As	-0,04	0,05	0,01	-0,88	-0,06
Hg	-0,04	0,58	-0,08	-0,17	-0,06
Cd	-0,01	0,29	-0,10	-0,12	-0,22
Cu	0,12	0,51	0,02	0,07	0,01
Cr	0,01	0,31	-0,13	-0,03	-0,23
Pb	0,08	0,64	0,00	0,01	-0,15
Zn	0,29	0,61	-0,03	0,05	-0,16
F	0,47	0,11	-0,19	-0,08	-0,06
CN	-0,05	-0,06	0,02	-0,88	-0,04
NO3	0,76	0,22	0,06	0,11	-0,05
PO4	0,38	-0,03	0,16	0,06	0,09
NH4	0,16	0,40	0,19	0,05	0,08
DBO5	0,05	0,08	0,00	0,00	0,84
O2	-0,10	-0,05	-0,80	0,07	0,00
MO	0,14	0,13	0,19	-0,02	0,15
Det	0,02	-0,08	-0,01	-0,83	0,19
Fen	-0,01	0,13	-0,01	-0,05	0,76
Hid	0,00	-0,02	-0,12	0,05	0,07
Estaciones	A04	A04, A01, A03	A04, A01, A03	A04, A01, A03	A04, A01, A03

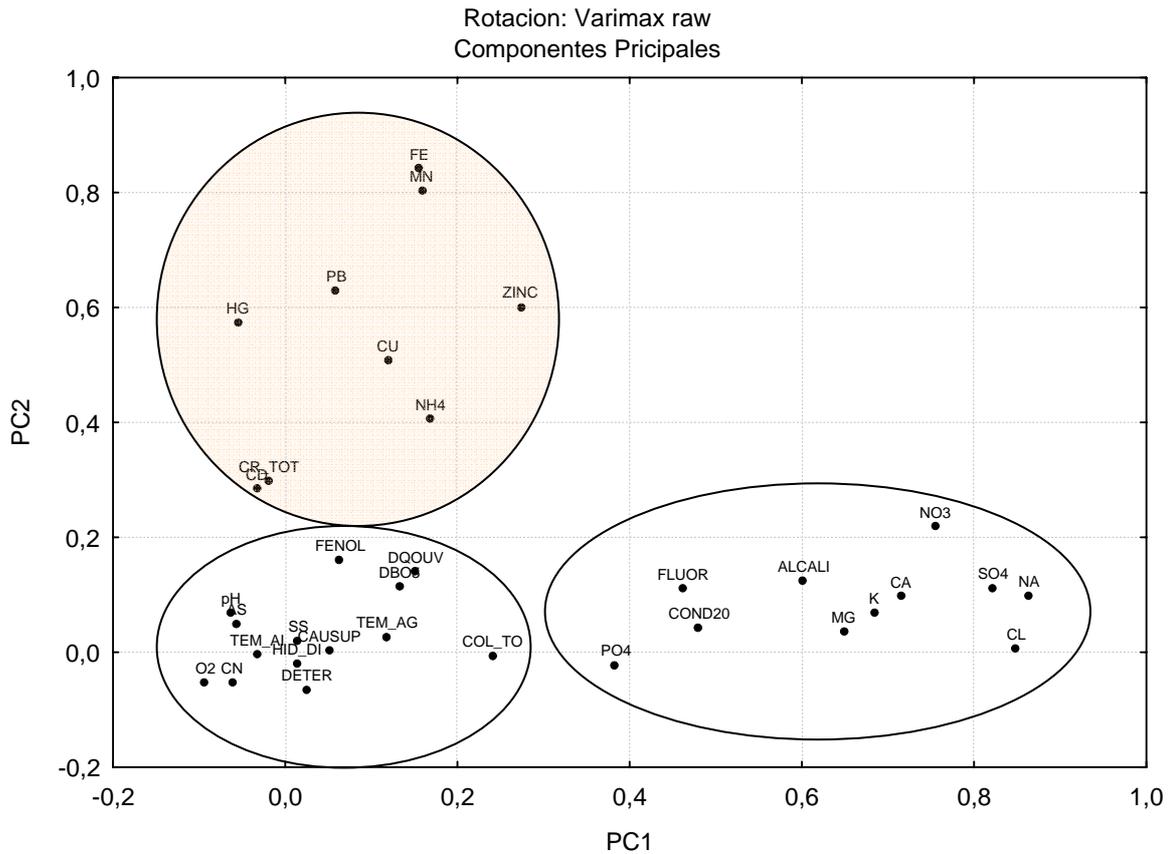


FIGURA 87. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS DISTINTOS PARÁMETROS EN LOS NUEVOS EJES DE COORDENADAS PC1 Y PC2. SUBCUENCA DEL RÍO ARAGÓN.

En la subcuenca del **Río Ebro-tronco** también se encuentran diferencias en los PC obtenidos con respecto a la globalidad de la cuenca (**TABLA 45**). Como es posible observar en la **FIGURA 88**, el PC3 define claramente la contaminación orgánica que se produce en este río a través de las aportaciones de los principales indicadores de este tipo de contaminación monitorizado en sus aguas: amonio (0,65), fosfatos (0,53), detergentes (0,53), DBO₅ (0,41), fenoles (0,30) y materia orgánica (0,22).

La principal carga que presenta el PC1 es debida a las estaciones situadas aguas debajo de Zaragoza (E08 y E09), mientras que en el caso del PC2 son dos grupos de estaciones distantes en la cuenca (E02-E03, E11-E13). PC3 y PC4 presentan las principales cargas de las estaciones E13, E06 y E07.

Tabla 45. FACTORES DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES PARA LA SUBCUENCA DEL EBRO-TRONCO.

Parámetro	PC1	PC2	PC3	PC4
Autovalor	7,07	2,37	2,09	1,76
%Variabilidad	20,81	6,97	6,14	5,17
% Var. Acumul.	20,81	27,78	33,92	39,09
Q	-0,03	-0,29	-0,19	0,01
TAI	0,16	0,87	-0,07	0,00
TAG	0,17	0,92	0,01	0,03
pH	0,01	-0,18	-0,57	0,10
CE	0,72	0,24	0,00	0,05
SS	0,00	0,01	0,07	0,31
Col	0,01	0,03	0,13	0,06
Ca	0,95	-0,03	0,03	0,00
Mg	0,90	0,10	-0,03	0,03
Na	0,94	0,13	0,05	0,04
K	0,70	0,06	0,20	-0,01
Cl	0,94	0,12	0,04	0,03
SO4	0,94	0,14	-0,02	-0,02
Alc	0,71	-0,25	0,06	0,16
Fe	0,08	-0,04	-0,01	0,78
Mn	0,10	0,07	0,02	0,74
As	-0,01	0,00	0,01	-0,03
Hg	-0,03	0,05	0,02	0,01
Cd	0,00	-0,02	-0,11	0,04
Cu	0,08	0,06	0,10	0,33
Cr	0,01	0,02	-0,24	0,24
Pb	0,14	0,00	0,14	0,26
Zn	0,03	0,04	-0,11	0,43
F	0,55	0,15	-0,18	0,01
CN	-0,09	0,09	0,05	0,00
NO3	0,71	-0,29	0,04	0,10
PO4	0,21	-0,04	0,53	0,13
NH4	0,11	-0,04	0,65	0,05
DBO5	0,16	0,04	0,41	0,32
O2	-0,03	-0,58	-0,42	0,04
MO	-0,14	-0,03	0,22	0,30
Det	0,00	-0,10	0,53	-0,12
Fen	0,09	-0,04	0,30	0,09
Hid	-0,01	-0,09	0,10	0,00
Estaciones	E08, E09	E13, E02, E03, E11	E13, E06, E07	E13, E06, E07

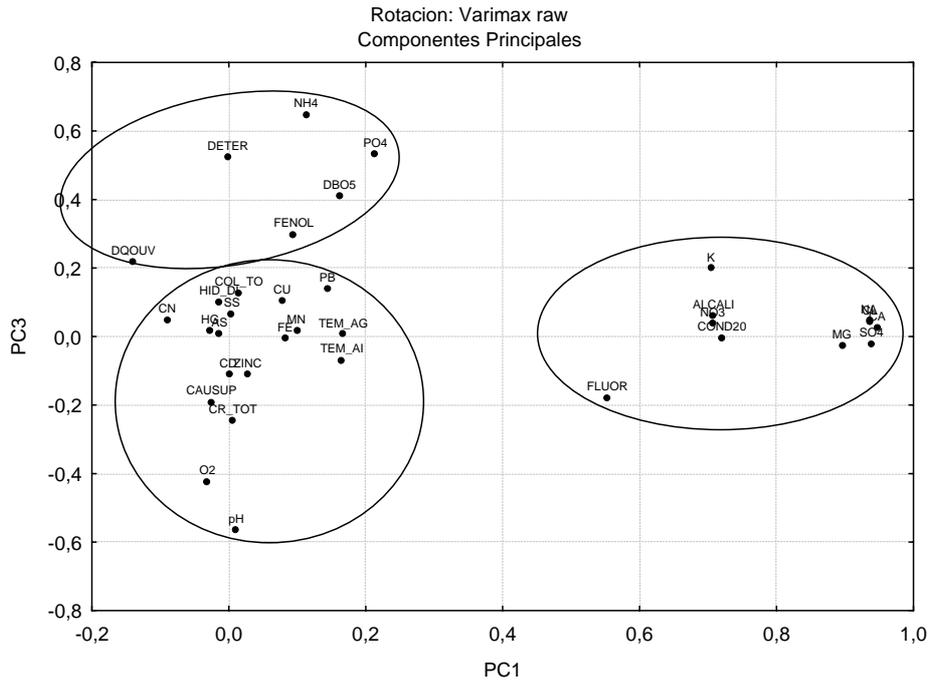


FIGURA 88. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS DISTINTOS PARÁMETROS EN LOS NUEVOS EJES DE COORDENADAS PC1 Y PC3. SUBCUENCA DEL RÍO EBRO-TRONCO.

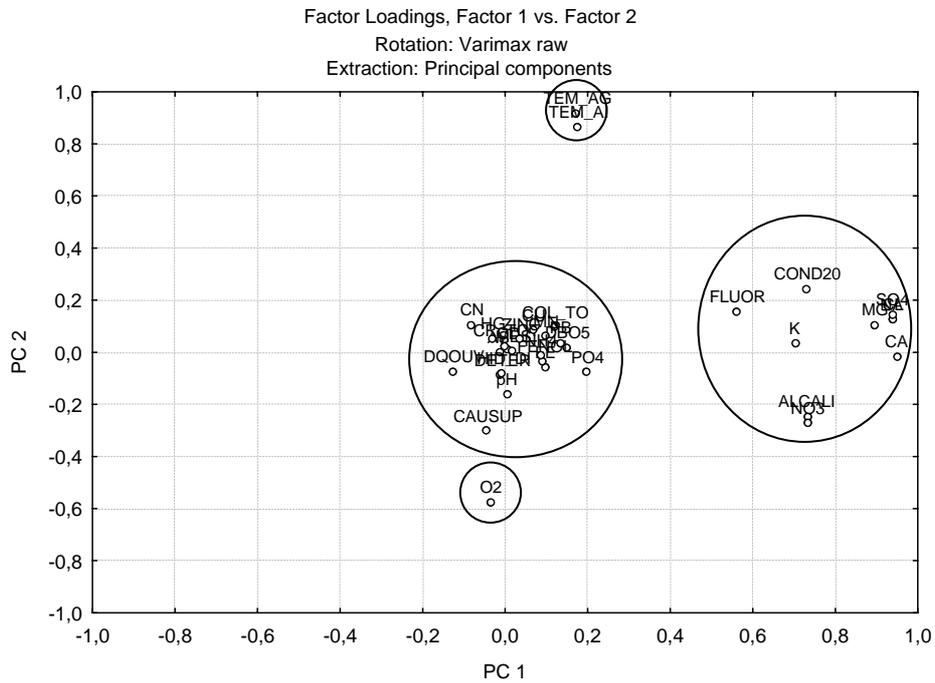


FIGURA 89. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS DISTINTOS PARÁMETROS EN LOS NUEVOS EJES DE COORDENADAS PC1 Y PC2. SUBCUENCA DEL RÍO EBRO-TRONCO.

El análisis de Componentes Principales de las estaciones situadas sobre el **Río Gallego**, muestra un PC1 similar al detallado para toda la cuenca (**TABLA 46**), pero presenta discrepancias en los siguientes PCs. En la **FIGURA 90** se muestra la representación gráfica de PC2 vs. PC3, donde puede observarse como PC2 queda definido por las condiciones ambientales, como ocurre a nivel de cuenca, pero también por pH (-0,58), conductividad eléctrica (0,58), y en menor medida de la contaminación orgánica a través de la materia orgánica (0,27) y la DBO₅ (0,41). PC3 se define a partir de las concentraciones de numerosas especies metálicas: Mn (0,74), Cu (0,70), As (0,69), Fe (0,66) y Pb (0,51), junto con las coliformes totales (0,55) e hidrocarburos disueltos (0,54).

PC1 presenta sus principales cargas debidas a las estaciones G03 y G04, situadas en la zona inferior del río, y cargadas de componentes mayoritarios. En PC2 y PC4 estas cargas son debidas principalmente a G04, como estación más contaminada de la Cuenca.

Tabla 46. FACTORES DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES PARA LA SUBCUENCA DEL GALLEGO.

Parámetro	PC1	PC2	PC3	PC4
Autovalor	7,51	2,98	2,61	2,31
%Variabilidad	22,08	8,77	7,67	6,79
% Var. Acumul.	22,08	30,85	38,52	45,31
Q	-0,02	-0,23	0,00	-0,01
TAI	0,01	0,71	0,00	-0,08
TAG	0,11	0,85	0,00	-0,07
pH	-0,17	-0,58	-0,03	0,08
CE	0,37	0,58	0,00	0,15
SS	0,01	0,04	-0,01	0,03
Col	0,25	0,08	0,55	-0,10
Ca	0,93	0,12	0,04	-0,02
Mg	0,86	0,06	0,16	0,10
Na	0,91	0,06	0,09	0,19
K	0,24	-0,16	0,02	0,26
Cl	0,91	0,09	0,07	0,12
SO4	0,95	0,11	0,04	0,01
Alc	0,66	0,10	0,20	0,33
Fe	0,02	-0,02	0,66	0,02
Mn	0,23	0,08	0,74	0,13
As	0,04	0,03	0,69	0,11
Hg	-0,01	0,01	-0,15	0,00
Cd	0,16	-0,07	0,24	-0,10
Cu	0,20	-0,02	0,70	0,10
Cr	-0,08	-0,07	0,02	0,01
Pb	0,27	-0,09	0,51	-0,15
Zn	0,23	0,00	0,25	-0,02
F	0,39	-0,15	-0,11	0,40
CN	0,03	0,06	0,23	0,69
NO3	0,84	0,05	-0,01	-0,11
PO4	0,37	0,11	0,18	0,12
NH4	0,30	0,17	0,34	0,03
DBO5	0,19	0,41	0,03	0,48
O2	-0,20	-0,89	-0,04	-0,11
MO	0,07	0,27	-0,02	0,00
Det	0,11	0,04	-0,06	0,80
Fen	0,15	-0,04	0,07	0,85
Hid	-0,06	0,00	0,54	0,00
Estaciones	G03, G04	G04	G01, G02, G03, G04	G04

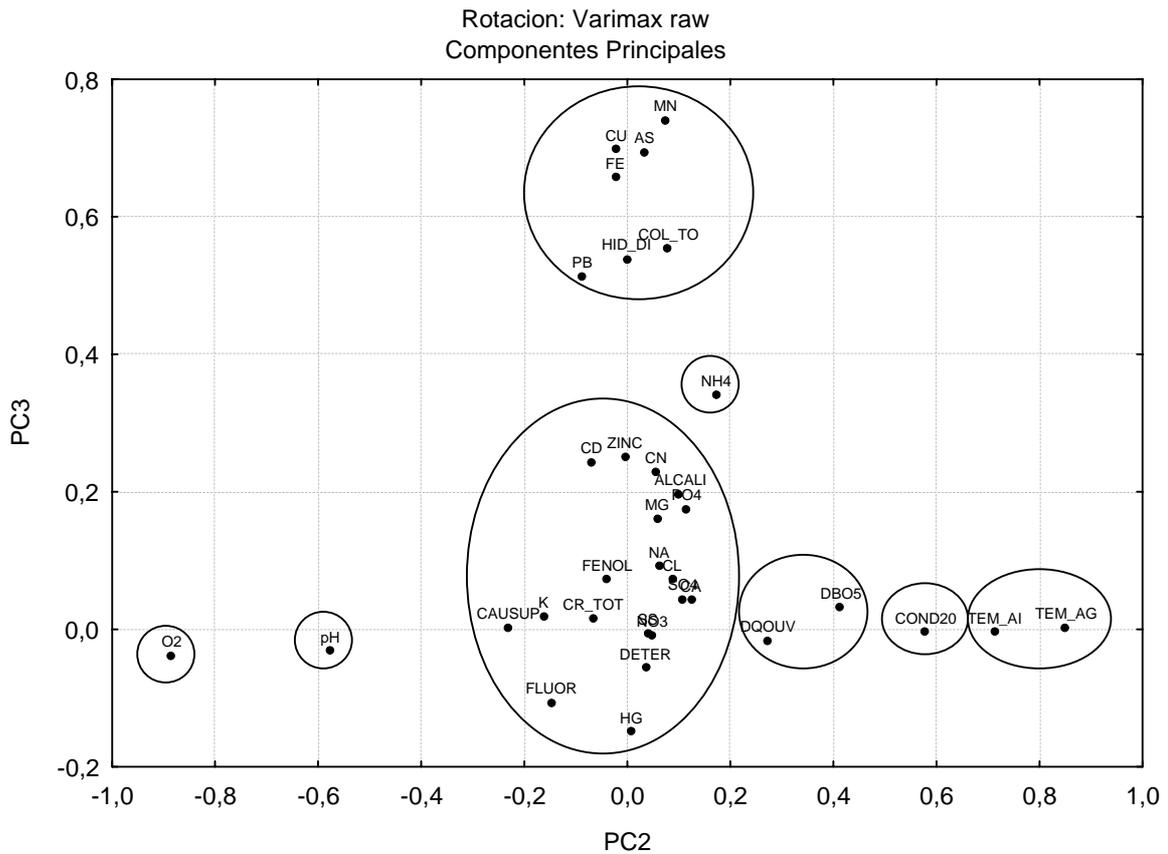


FIGURA 90. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS DISTINTOS PARÁMETROS EN LOS NUEVOS EJES DE COORDENADAS PC2 Y PC3. SUBCUENCA DEL RÍO GALLEGO.

El estudio realizado sobre la subcuenca del río **Jalón** (TABLA 47) muestra resultados similares a los obtenidos para la totalidad de la cuenca, con la única salvedad de un PC4 muy marcado por los parámetros orgánicos como amonio (0,55), detergentes (0,49), coliformes totales (0,38), fenoles (0,37) y DBO₅ (-0,34). Las principales cargas sobre cada factor se especifican en la TABLA 47, si bien, debido al bajo número de estaciones (3), no es significativo.

TABLA 47. FACTORES DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES PARA LA SUBCUENCA DEL JALÓN.

Parámetro	PC1	PC2	PC3	PC4
Autovalor	4,33	2,47	2,03	1,86
%Variabilidad	12,75	7,28	5,98	5,47
% Var. Acumul.	12,75	20,03	26,01	31,48
Q	-0,25	0,12	-0,02	0,13
TAI	-0,13	-0,77	-0,02	-0,01
TAG	-0,01	-0,87	-0,03	-0,01
pH	-0,10	0,32	0,04	-0,11
CE	0,52	0,01	-0,02	0,01
SS	0,19	-0,12	0,37	-0,42
Col	0,02	-0,12	0,34	0,38
Ca	0,81	0,21	-0,04	0,19
Mg	0,75	0,15	0,05	0,26
Na	0,78	-0,26	0,00	-0,13
K	0,29	0,05	-0,05	-0,10
Cl	0,78	-0,21	-0,03	-0,16
SO4	0,09	0,01	0,12	0,26
Alc	0,76	0,21	0,03	0,15
Fe	-0,09	0,06	0,70	-0,04
Mn	-0,03	0,07	0,79	0,15
As	0,05	0,06	-0,12	0,12
Hg	0,05	-0,02	0,13	-0,28
Cd	0,06	0,14	0,05	0,11
Cu	0,18	-0,09	0,27	0,28
Cr	-0,02	0,01	0,15	-0,26
Pb	0,16	-0,01	0,03	0,39
Zn	0,08	0,03	0,39	-0,12
F	0,21	0,27	0,16	0,15
CN	-0,05	0,11	0,04	-0,06
NO3	0,53	-0,06	-0,04	-0,24
PO4	0,05	0,07	-0,04	0,22
NH4	0,27	-0,23	0,26	0,55
DBO5	0,12	-0,18	0,41	-0,34
O2	-0,09	0,66	0,00	-0,22
MO	-0,04	-0,22	0,17	0,06
Det	0,28	-0,10	0,06	0,49
Fen	0,27	-0,13	0,15	0,37
Hid	-0,13	0,00	-0,09	0,19
Estaciones	J02, J03	J02, J03	J01, J02, J03	J01, J02

El conjunto **Segre-Cinca** muestra también diferencias en el PC3 con respecto a conjunto de la cuenca (Tabla 48), tal y como puede observarse en la **FIGURA 91**, con una importante contribución a este PC de la DBO₅ (0,65), los fosfatos (0,56), el pH (-0,53) y el amonio (0,50) en primera instancia, y en menor medida, el potasio (0,36), los sólidos en suspensión (0,25) y la materia orgánica (0,22), indicando una clara componente de contaminación orgánica en el medio. Se observa también una ligera aportación de NaCl.

El PC4 muestra la contribución de los elementos metálicos mediante el zinc (0,61), el cobre (0,48), el hierro (0,45) y el plomo (0,37).

PC1 se muestra muy influenciado por la carga de S03 y S07, mientras que PC2 lo hace por las estaciones altas del río Segre (S02, S03, S04), y S07 y C04. S06 muestra una clara influencia sobre PC3 y PC4, además de S07 y C04 respectivamente.

TABLA 48. FACTORES DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES PARA LA SUBCUENCA DEL SEGRE-CINCA.

Parámetro	PC1	PC2	PC3	PC4
Autovalor	5,94	2,32	1,91	1,63
%Variabilidad	17,47	6,83	5,61	4,79
% Var. Acumul.	17,47	24,30	29,91	34,70
Q	-0,07	0,02	0,08	0,16
TAI	-0,06	-0,86	-0,12	-0,04
TAG	0,07	-0,95	-0,03	0,01
pH	0,00	0,19	-0,53	0,04
CE	0,48	-0,26	0,03	0,16
SS	-0,03	-0,02	0,35	0,25
Col	0,06	-0,04	0,15	0,28
Ca	0,88	-0,01	0,09	-0,04
Mg	0,90	-0,01	0,07	0,03
Na	0,73	-0,06	-0,24	0,09
K	0,62	0,00	0,36	-0,22
Cl	0,66	-0,07	-0,26	0,09
SO4	0,91	-0,06	0,07	0,02
Alc	0,84	0,06	0,11	0,00
Fe	0,19	-0,05	-0,06	0,45
Mn	-0,01	-0,02	-0,04	0,04
As	-0,01	0,04	0,05	0,03
Hg	-0,04	0,05	-0,09	0,15
Cd	0,01	-0,01	0,00	0,01
Cu	0,01	0,02	0,15	0,48
Cr	0,03	0,02	-0,06	0,22
Pb	0,23	0,03	-0,07	0,37
Zn	0,10	0,02	-0,04	0,61
F	0,54	-0,02	0,00	0,19
CN	-0,05	0,03	0,01	0,16
NO3	0,61	0,00	-0,02	0,17
PO4	0,40	0,02	0,56	-0,31
NH4	0,34	0,11	0,50	-0,08
DBO5	0,05	0,02	0,65	0,21
O2	-0,08	0,73	-0,33	-0,04
MO	0,03	-0,11	0,22	0,28
Det	0,11	-0,05	0,14	-0,35
Fen	0,07	-0,04	0,14	0,09
Hid	-0,01	0,03	0,09	0,06
Estaciones	S03, S07	S02-S04, S07, C04	S06, S07	C04, S06

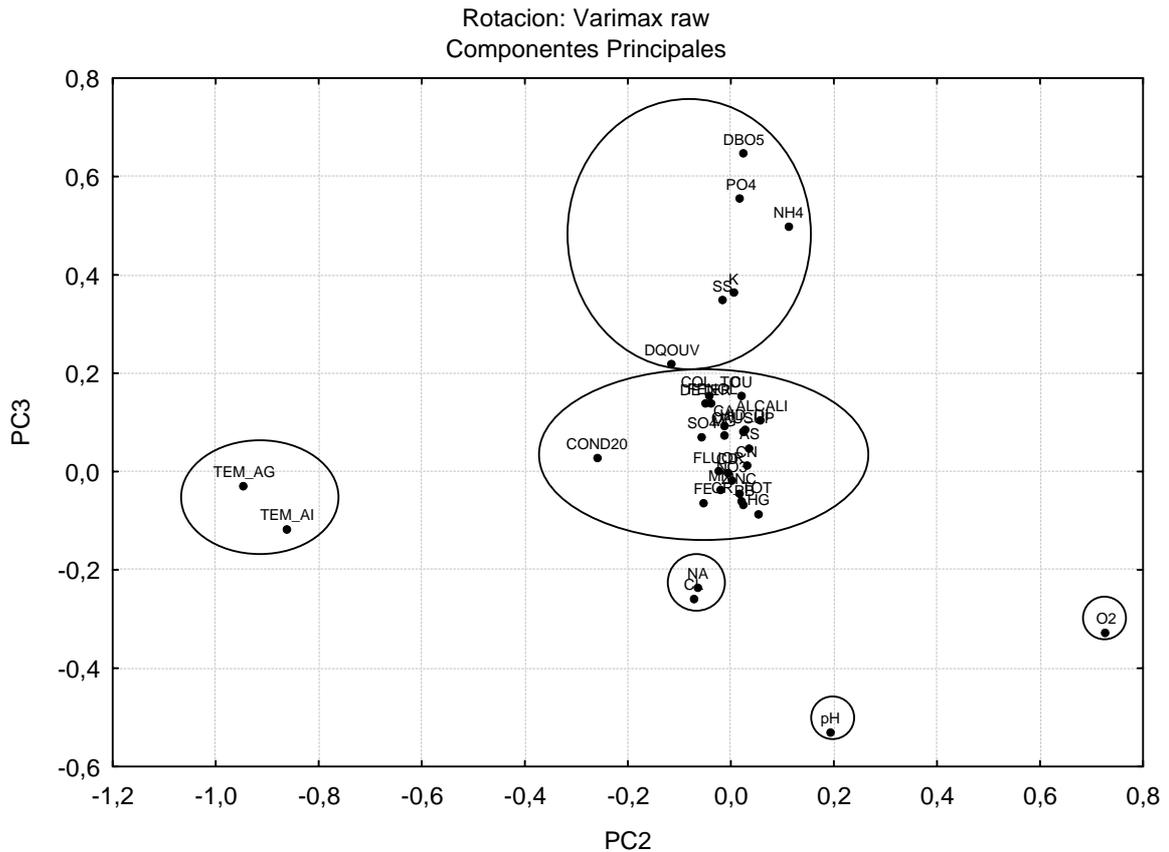


FIGURA 91. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS DISTINTOS PARÁMETROS EN LOS NUEVOS EJES DE COORDENADAS PC2 Y PC3. SUBCUENCA DEL RÍO SEGRE-CINCA.

III.5. ANÁLISIS CLUSTER.

El Análisis Cluster de los datos muestra como las 36 estaciones estudiadas pueden ser agrupadas en seis grupos, tal como se observa en el dendrograma correspondiente (FIGURA 92), realizando tal agrupamiento a una $Dlink/Dmax \cdot 100$ de 50%. Según puede observarse en la FIGURA 93, donde se muestra la distribución geográfica de estos cluster en la cuenca, las estaciones englobadas en el cluster I se corresponden con estaciones situadas en el Pirineo, principalmente, en las cabeceras de los ríos Segre, Cinca, Aragón, Gallego y Ebro, con aguas muy limpias y de alta calidad, mientras que la estación perteneciente al cluster VI es la del río Gallego en Zaragoza, siendo ésta la que presenta una calidad más baja de todas las estudiadas. En medio se sitúan todo el resto de estaciones, en orden decreciente de calidad.

Existen tres grandes clusters (I, II y IV), ya que el resto (III, V y VI) están formados por una sola estación cada uno.

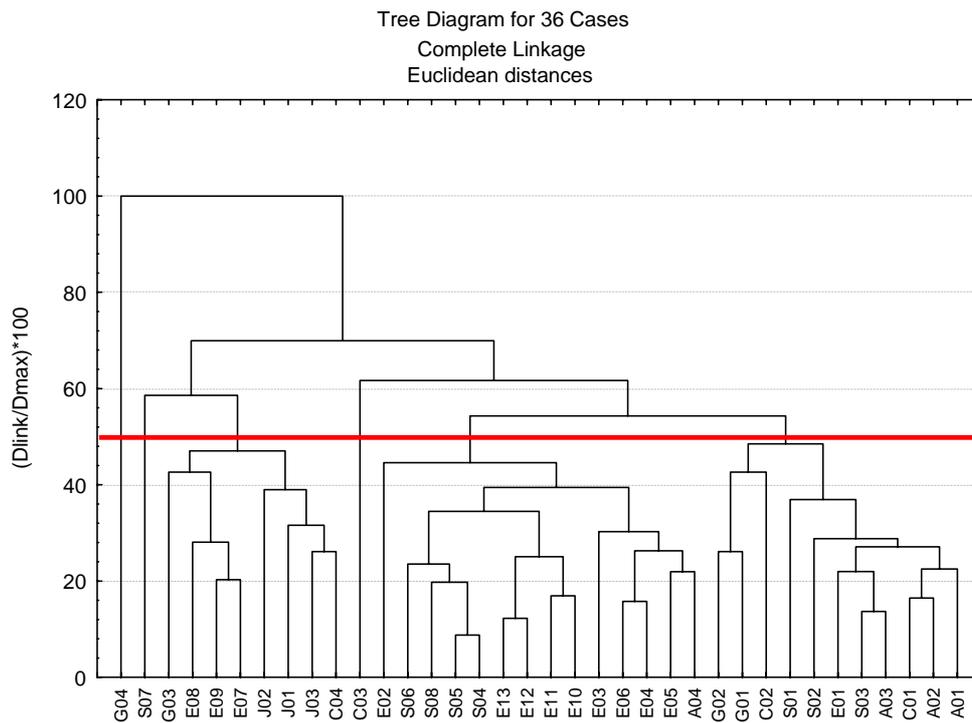


FIGURA 92. ANÁLISIS CLUSTER DE LAS ESTACIONES SITUADAS EN LA CUENCA DEL RÍO EBRO.

A la vista de la distribución que presentan los cluster en la **FIGURA 93** se observa como a medida que se avanza por los distintos ríos, desde su nacimiento hasta su desembocadura, las estaciones van pasando del cluster I al II, III, etc., salvo en el caso del Río Jalón, donde todas sus estaciones se engloban dentro del cuarto cluster, y en los ríos Segre y Ebro, donde tras una serie de estaciones se retorna a cluster que engloban estaciones de mayor calidad de aguas.

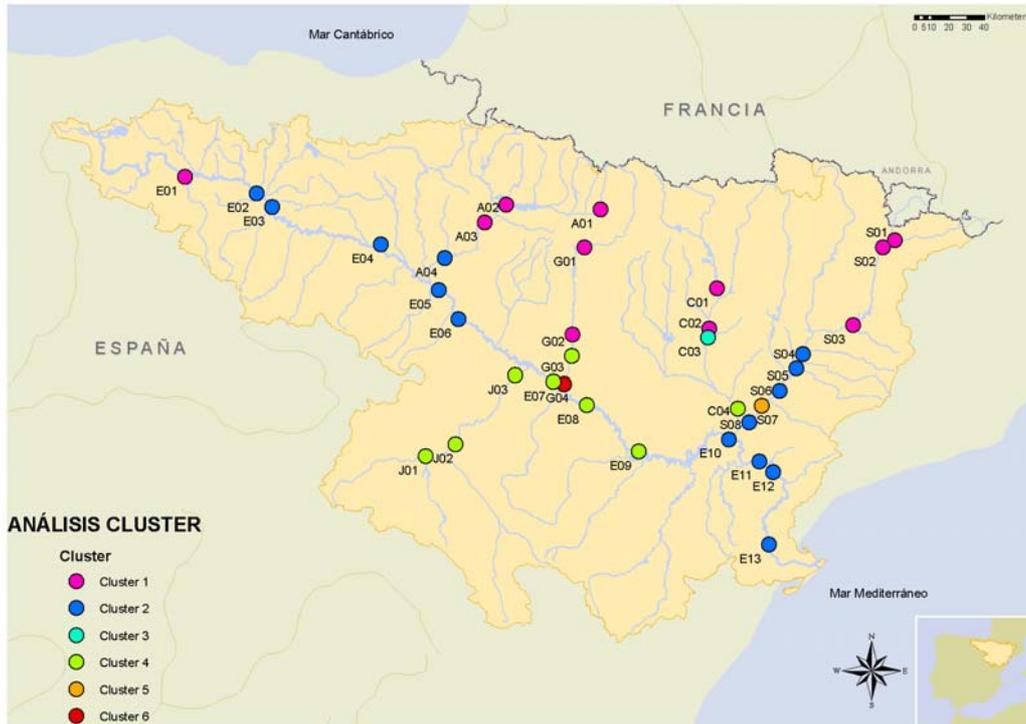


FIGURA 93. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LOS CLUSTERS.

El Río Aragón presenta sus estaciones en los clusters I y II, mostrándose así como el afluente con mayor calidad de los cinco estudiados.

Se observa una elevada calidad (cluster I) para el Río Gallego en la gran mayoría de su cauce, si bien ésta disminuye radicalmente en el tramo final del río, cerca de Zaragoza y su área metropolitana, ya que la estación G03 se engloba dentro del cuarto cluster, y la estación situada más cerca de la desembocadura, como es G04, forma por sí sola el último cluster, el de más baja calidad, con un ICG medio 50.

El Río Segre muestra también una disminución progresiva de la calidad de sus aguas, si bien se observa una ligera mejoría en su tramo final. así, las estaciones S01, S02 y S03 pertenecen al primer cluster, S04, S05, S06 y S08 al segundo, mientras la estación S07 se engloba dentro del quinto cluster. Una disminución progresiva de la calidad de la calidad de sus aguas presenta el Río Cinca.

El Río Jalón presenta todas sus estaciones muy similares, y englobadas en el quinto cluster.

El Río Ebro muestra una alta calidad en su primera estación, englobada dentro del primer cluster, y el resto manteniendo una semejanza en el segundo cluster. Tan sólo destacan las estaciones E07, E08 y E09 en el cuarto cluster. Si se realiza el análisis cluster tan sólo sobre las 13 estaciones situadas en el tronco del Río Ebro, se obtienen los resultados mostrados en la Figura 94 y cuya distribución geográfica se puede observar en la FIGURA 95. Las tres estaciones de cabecera (E01, E02 y E03) forman un cluster debido a la alta calidad de sus aguas, que disminuye a través de su discurrir por la cuenca, hasta su mínima calidad definida en este caso por el cluster III (E06, E07, E08 y E09), para retornar a partir de la estación E10 a una calidad intermedia que se perdió en E06.

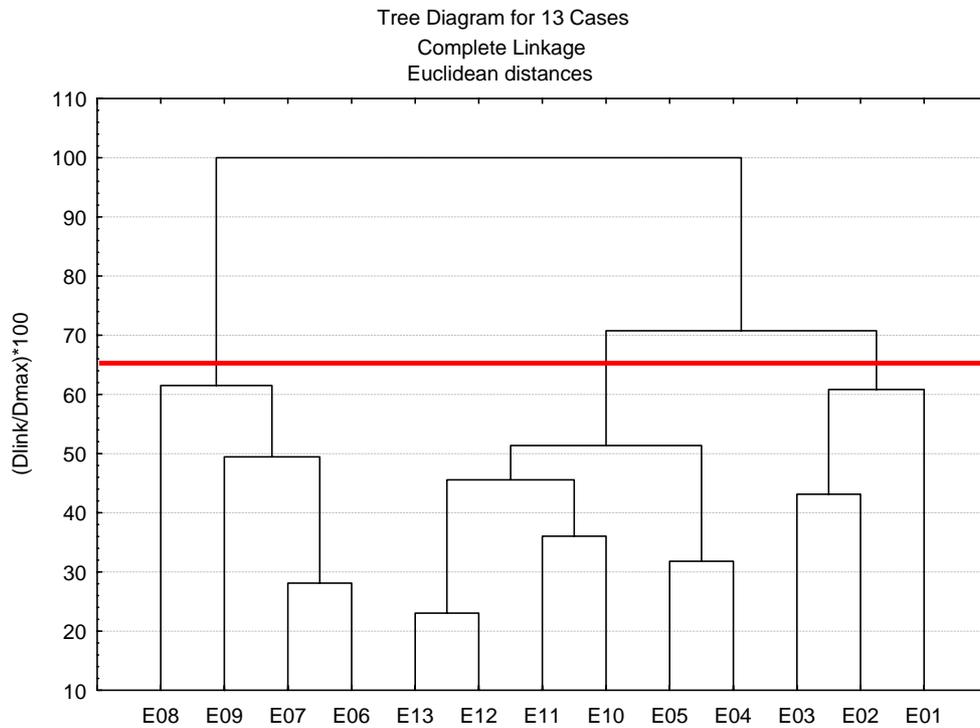


FIGURA 94. ANÁLISIS CLUSTER DE LAS ESTACIONES SITUADAS EN LA CUENCA DEL RÍO EBRO (TRONCO)

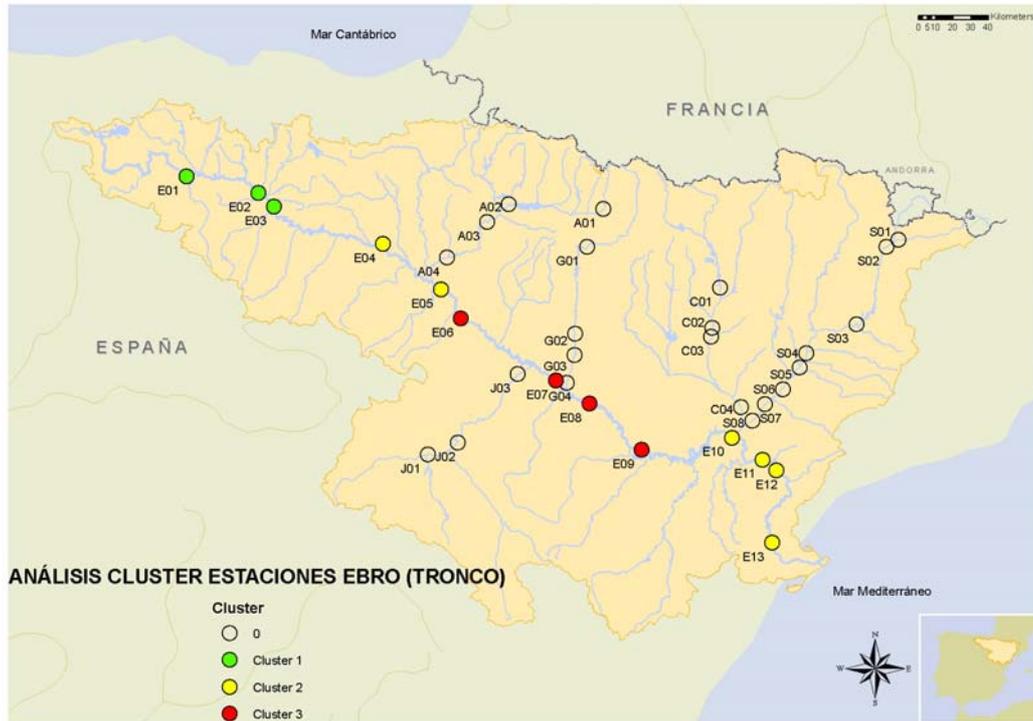


FIGURA 95. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LOS CLUSTERS DE LA ESTACIONES DEL RÍO EBRO (TRONCO).

III.6. RESUMEN Y CONCLUSIONES.

Según los datos hidrogeoquímicos mostrados y el análisis estadístico multivariante realizado, se puede concluir que la mayor parte de la variabilidad espacial que presenta el sistema es debido a la componente natural del terreno por el que fluyen estas aguas, y especialmente a la disolución de las rocas por las que va pasando, que aportan iones en disolución, si bien existe también una componente antropogénica. Así, las aguas de la cuenca del Río Ebro, son principalmente sulfatadas, especialmente en la zona sur-oeste de la cuenca, cálcica y magnésicas.

De una forma general, se observa como la calidad de las aguas de los ríos estudiados va disminuyendo a medida que sus aguas van fluyendo por los mismos. Así las mayores calidades se dan en los nacimientos, mientras que la zona de menor calidad se sitúa entorno al centro de la cuenca, en los alrededores de la ciudad de Zaragoza, coincidiendo con la zona de mayor densidad de población e industrial, siendo el Río Ebro el único de los estudiados en el que la calidad de sus aguas mejora en el tramo final.

El Río Aragón destaca por la acumulación de sólidos en suspensión que se produce a lo largo de su cauce, mientras que el Río Gallego lo hace por el fuerte deterioro que se produce en su tramo final (G04) antes de su desembocadura en el Río Ebro. El Río Jalón es el que presenta un menor caudal de todos los estudiados, aumentando la concentración de nitratos a medida que fluye, y disminuyendo el pH, al mismo tiempo que presenta las mayores concentraciones puntuales de hierro, fluoruros, sólidos en suspensión y plomo.

El Río Segre presenta su peor calidad en la estación S07, con elevadas concentraciones de amonio y arsénico, mientras que su principal afluente, el Río Cinca, muestra un importante aumento de los sólidos en suspensión a lo largo de su cauce, y elevadas concentraciones de arsénico, cadmio, cromo y plomo.

El análisis de correlaciones muestra la existencia de estas entre la conductividad eléctrica y los iones mayoritarios en disolución, mientras que el análisis de componentes principales desvela como el PC1 viene definido por estos iones en disolución en la totalidad de la cuenca.

En lo referente a la variabilidad espacial a lo largo y ancho de la cuenca, el análisis cluster muestra 6 tipos de estaciones, de las cuales 3 están compuestas por una única estación, y las otras tres se pueden clasificar como estaciones de montaña (cluster I), situadas en la zona pirenaica, estaciones de la zona central de la cuenca (cluster IV), con bajos índices de calidad general y que coincide con la zona de mayor densidad de población e industrial de la Cuenca, y un grupo intermedio (cluster II) que engloba un gran número de estaciones.

A nivel de subcuencas, destacar en la del Río Aragón una significativa carga de las concentraciones de los elementos metálicos a la hora de explicar la variabilidad del sistema, una cierta componente antropogénica en el Río Gallego, que se hace más notable en la subcuenca del Segre-Cinca y muy marcada en el tronco del Ebro.

Referente a la calidad general de las aguas, el río Aragón es el que presenta un menor deterioro de las mismas en toda su cuenca, en el que no se detecta componente antropogénica significativa. Por el contrario, la zona más deteriorada desde el punto de vista de la calidad de las aguas, se sitúa en el centro de la cuenca, coincidiendo con la zona de mayor densidad de población, como es la ciudad de Zaragoza. Esta zona se encuentra delimitada por las estaciones G03 y G04 sobre el

Río Gallego, aún con un bajo porcentaje de EDAR's en sus márgenes, y E08 y E09 sobre el Río Ebro y aguas abajo de Zaragoza. Posteriormente, el Río Ebro recupera calidad mediante la dilución de sus aguas con aportes provenientes de nuevos afluentes.

CAPÍTULO IV:

**ANÁLISIS DE TENDENCIAS DE SERIES TEMPORALES
DE CALIDAD DE AGUAS. APLICACIÓN AL ESTUDIO DE
LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO EBRO EN EL
PERIODO 1981-2005**

IV. ANÁLISIS DE TENDENCIAS DE SERIES TEMPORALES DE CALIDAD DE AGUAS. APLICACIÓN AL ESTUDIO DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO EBRO EN EL PERIODO 1981-2005.

IV.1. INTRODUCCIÓN

Se describen a continuación los resultados del estudio de tendencias realizado sobre los datos analíticos estudiados en el capítulo anterior, con objeto de conocer la evolución en el tiempo de la calidad de las aguas de la cuenca hidrográfica del Río Ebro, y disponer del suficiente conocimiento de las mismas como para poder actuar en un futuro cercano con medidas que permitan mejorar, o al menos mantener su calidad para los distintos usos requeridos.

El estudio realizado contempla, durante el período indicado, 33 parámetros analíticos, más el ICG calculado para cada muestra, en cada una de las 36 estaciones de muestreo situadas a lo largo de la Cuenca Hidrográfica del Ebro, lo que supone un total de 1260 tendencias analizadas, sobre un total de 147.203 analíticas.

En primer lugar se realiza un estudio de tendencias mediante el *método paramétrico de la pendiente de regresión lineal*, y posteriormente se realiza este mismo estudio mediante *métodos no-paramétricos* (Correlación de Spearman, Test estacional de Mann-Kendall y Pendiente de Sen), así como una *comparación entre ambos*. Finalmente se realiza una *aplicación práctica del estudio de tendencias no-paramétricas*, realizando un estudio secuencial de tendencias con variaciones de cinco años, con objeto de conocer la variación de las tendencias de los distintos parámetros estudiados en el tiempo.

Junto con cada una de las tendencias calculadas por ambos métodos, se calcula el *valor-p* según el *test-t*, con objeto de detectar aquellas tendencias que sean realmente significativas ($\text{valor-p} < 0,05$) de forma estadísticas, rechazando así la hipótesis nula. Al mismo tiempo, se calculan en cada caso las variaciones anuales, considerándose significativas las superiores al 5% y destacables las superiores al 3%.

IV.2. MÉTODO PARAMÉTRICO.

IV.2.1. Detección de tendencias.

IV.2.1.1. Consideraciones generales.

En primer lugar se ha realizado un estudio de tendencias, durante el periodo 1981-2005, por el método paramétrico de la pendiente de regresión lineal y el test-t, obteniéndose para cada estación y parámetro los datos detallados en el Anexo II.

De forma general, en un 0,48% de los casos no fue posible completar el estudio de tendencias por falta de datos. De las tendencias estudiadas, el 58,7% no rechazan la hipótesis nula (H_0), y por tanto no presentan tendencias; el restante 40,8% presentan algún tipo de tendencia, siendo en un 63,2% positiva, o hacia un incremento del parámetro, y en un 36,8% negativa o hacia un decremento del mismo, tal y como se refleja en la FIGURA 96.

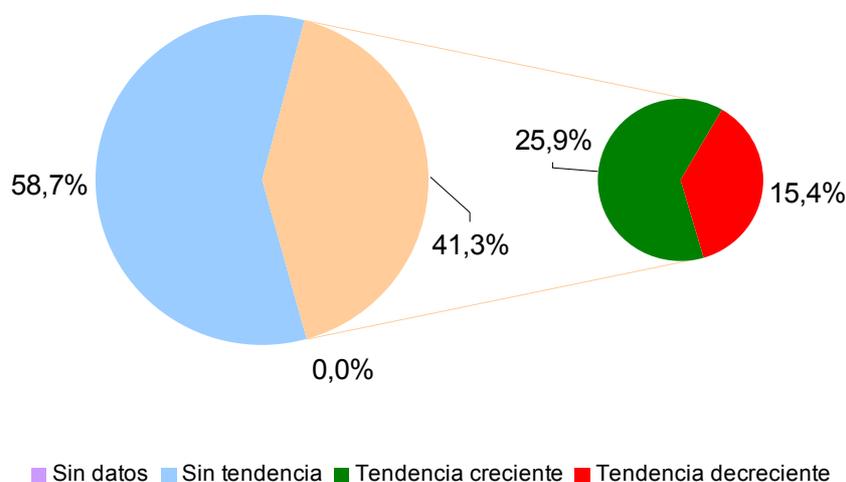


FIGURA 96. RESULTADOS DEL ESTUDIO DE TENDENCIAS PARAMÉTRICAS EN EL PERIODO 1981-2005.

IV.2.1.2. Tendencias por subcuencas y estaciones.

Al estudiar cada una de las subcuencas por separado (TABLA 49), se observan dos grupos, uno primero formado con las de los ríos Aragón, Segre-Cinca y el tronco

del Ebro, las cuales muestran tendencia en un 45% de los casos analizados, y un segundo grupo formado por las subcuencas de los ríos Gallego y Jalón, para los cuales es sólo en un 30% de los casos. En cuanto a la relación de tendencias positivas-negativas, son similares a lo largo de todas las subcuencas, destacando la del río Jalón, por ser la que más porcentaje de tendencias positivas presenta, con un 74,3%, y el Segre-Cinca, con un 41,7%.

TABLA 49. RESUMEN DE TENDENCIAS POR SUBCUENCA

Subcuenca	Sin datos	Sin tendencia	Con tendencia	Tendencia positiva	Tendencia negativa
Aragón	0,0%	54,3%	45,7%	70,3%	29,7%
Ebro Tronco	1,4%	70,7%	27,9%	61,5%	38,5%
Gallego	0,0%	66,7%	33,3%	74,3%	25,7%
Jalón	0,7%	56,4%	42,9%	58,3%	41,7%
Segre-Cinca	0,2%	56,7%	43,1%	63,8%	36,2%

Las estaciones que han sufrido menos cambios en sus características hidrogeoquímicas durante los últimos 25 años que comprende el presente estudio han sido C03, G03 y J02, en las que más del 75% de sus parámetros no presentan tendencias durante este periodo. En la **TABLA 50** se muestra un resumen de las tendencias detectadas desglosado por estaciones de muestro.

En general, el número de tendencias positivas son muy superiores a las negativas registradas en cada estación, destacando los casos de las estaciones G01 y J02, en las que este porcentaje se sitúa en torno al 90% de tendencias positivas. Por el contrario, C03 y G04, son las estaciones en las que existe un mayor porcentaje de tendencias negativas, lo cual significa una mejora de la calidad general, situándose este porcentaje entorno al 70%.

TABLA 50. RESUMEN DE TENDENCIAS POR ESTACIÓN

Estación	Sin datos	Sin tendencia	Con tendencia	Tendencia positiva	Tendencia negativa
A01	0,0%	54,3%	45,7%	75,0%	25,0%
A02	0,0%	42,9%	57,1%	75,0%	25,0%
A03	0,0%	51,4%	48,6%	64,7%	35,3%
A04	0,0%	68,6%	31,4%	63,6%	36,4%
C01	0,0%	54,3%	45,7%	62,5%	37,5%
C02	2,9%	52,9%	47,1%	62,5%	37,5%
C03	2,9%	79,4%	20,6%	28,6%	71,4%
C04	0,0%	62,9%	37,1%	53,8%	46,2%
E01	0,0%	62,9%	37,1%	61,5%	38,5%
E02	0,0%	37,1%	62,9%	63,6%	36,4%
E03	0,0%	51,4%	48,6%	58,8%	41,2%
E04	0,0%	68,6%	31,4%	72,7%	27,3%
E05	0,0%	74,3%	25,7%	66,7%	33,3%
E06	0,0%	42,9%	57,1%	70,0%	30,0%
E07	0,0%	48,6%	51,4%	66,7%	33,3%
E08	2,9%	61,8%	38,2%	53,8%	46,2%
E09	0,0%	60,0%	40,0%	71,4%	28,6%
E10	0,0%	65,7%	34,3%	75,0%	25,0%
E11	0,0%	62,9%	37,1%	46,2%	53,8%
E12	0,0%	42,9%	57,1%	65,0%	35,0%
E13	0,0%	60,0%	40,0%	57,1%	42,9%
G01	0,0%	68,6%	31,4%	90,9%	9,1%
G02	2,9%	64,7%	35,3%	66,7%	33,3%
G03	2,9%	79,4%	20,6%	42,9%	57,1%
G04	0,0%	74,3%	25,7%	33,3%	66,7%
J01	0,0%	68,6%	31,4%	63,6%	36,4%
J02	0,0%	77,1%	22,9%	87,5%	12,5%
J03	0,0%	54,3%	45,7%	75,0%	25,0%
S01	0,0%	54,3%	45,7%	56,3%	43,8%
S02	0,0%	54,3%	45,7%	62,5%	37,5%
S03	0,0%	54,3%	45,7%	50,0%	50,0%
S04	0,0%	48,6%	51,4%	61,1%	38,9%
S05	0,0%	57,1%	42,9%	60,0%	40,0%
S06	0,0%	51,4%	48,6%	64,7%	35,3%
S07	2,9%	55,9%	44,1%	53,3%	46,7%
S08	0,0%	57,1%	42,9%	66,7%	33,3%

IV.2.1.3. Tendencias por parámetro.

Al estudiar las tendencias paramétricas detectadas en base a cada uno de los distintos parámetros analíticos analizados, se observa como los parámetros con un

menor número de tendencias, y por tanto más estables en el tiempo son *calcio, cobre, magnesio, fenoles, sólidos en suspensión, coliformes totales e hidrocarburos disueltos*, para los cuales más del 80% de las estaciones no presentan tendencia durante 1981-2005, si bien el más estable es la temperatura del agua que lo hace en un 94% de las estaciones (TABLA 51).

Por el contrario, *pH* con un 94%, *fosfatos* con un 89% y *cadmio*, con un 83% de las estaciones, son los parámetros que presentan, cuantitativamente, un mayor número de tendencias, seguidos de la *conductividad eléctrica* que varía en un 78% de los casos.

Desde el punto de vista del signo de la tendencia, en el caso del pH, la variación producida es ascendente y por tanto hacia una basificación de la cuenca, en el 100% de los casos, mientras que por el contrario, en el caso de los *fosfatos* es descendente, o hacia una disminución de la cantidad de fosfatos en agua, también en la totalidad de los casos.

El *cadmio* presenta mayoritariamente (83%) tendencias positivas en el estudio cualitativo realizado, al igual que la *conductividad eléctrica* (100%), lo que indica una progresiva salinización de las aguas de la cuenca del Ebro.

Se observan también una serie de parámetros para los cuales no se detectan altos porcentajes de tendencias, si bien en todos los casos detectados, estas son positivas (*Fe, Hg, Zn, nitratos y oxígeno disuelto*) o negativas (*caudal, coliformes totales, fosfatos, amonio, detergentes e hidrocarburos disueltos*).

TABLA 51. RESUMEN DE TENDENCIAS POR PARÁMETRO. CUENCA DEL EBRO.

	Sin datos	Sin tendencia	Con tendencia	Tendencia positiva	Tendencia negativa
	%	%	%	%	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS					
Q	13,9%	75,0%	11,1%	0,0%	100,0%
TAI	0,0%	72,2%	27,8%	80,0%	20,0%
TAG	0,0%	94,4%	5,6%	100,0%	0,0%
pH	0,0%	5,6%	94,4%	100,0%	0,0%
CE	0,0%	22,2%	77,8%	100,0%	0,0%
SS	0,0%	80,6%	19,4%	71,4%	28,6%
Col	0,0%	80,6%	19,4%	0,0%	100,0%
COMPONENTES MAYORITARIOS					
Ca	0,0%	88,9%	11,1%	100,0%	0,0%
Mg	0,0%	86,1%	13,9%	60,0%	40,0%
Na	0,0%	75,0%	25,0%	77,8%	22,2%
K	0,0%	50,0%	50,0%	16,7%	83,3%
Cl	0,0%	75,0%	25,0%	44,4%	55,6%
SO4	0,0%	75,0%	25,0%	100,0%	0,0%
Alc	0,0%	58,3%	41,7%	93,3%	6,7%
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES					
Fe	0,0%	41,7%	58,3%	100,0%	0,0%
Mn	0,0%	86,1%	13,9%	60,0%	40,0%
As	0,0%	52,8%	47,2%	82,4%	17,6%
Hg	0,0%	58,3%	41,7%	100,0%	0,0%
Cd	0,0%	16,7%	83,3%	96,7%	3,3%
Cu	0,0%	86,1%	13,9%	60,0%	40,0%
Cr	0,0%	36,1%	63,9%	95,7%	4,3%
Pb	0,0%	69,4%	30,6%	90,9%	9,1%
Zn	0,0%	61,1%	38,9%	100,0%	0,0%
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES					
F	0,0%	69,4%	30,6%	90,9%	9,1%
CN	0,0%	30,6%	69,4%	76,0%	24,0%
NO3	0,0%	77,8%	22,2%	100,0%	0,0%
PO4	0,0%	11,1%	88,9%	0,0%	100,0%
NH4	0,0%	69,4%	30,6%	0,0%	100,0%
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES					
DBO5	0,0%	50,0%	50,0%	16,7%	83,3%
O2	2,8%	44,4%	52,8%	89,5%	10,5%
MO	0,0%	75,0%	25,0%	11,1%	88,9%
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS					
Det	0,0%	33,3%	66,7%	40,0%	60,0%
Fen	0,0%	86,1%	13,9%	0,0%	100,0%
Hid	0,0%	80,6%	19,4%	0,0%	100,0%
ICG	0,0%	11,1%	88,9%	0,0%	100,0%

El ICG presenta a nivel de cuenca un elevado porcentaje de tendencias, todas ellas negativas, o hacia una disminución de la calidad de las aguas.

En resumen, las tendencias de los distintos parámetros en las cinco subcuencas estudiadas, son similares a los resultados obtenidos para toda la cuenca en la mayoría de los casos, destacando el caso de la *conductividad eléctrica* (FIGURA 97) y el *flúor* (FIGURA 98), que presentan un mayor número de tendencias ascendentes en el tronco del Ebro, con respecto al resto de subcuencas.

Es de destacar también una estabilización de los valores de hierro en las cuencas de los ríos Jalón y Gallego, frente al resto y, una tendencia más marcada al aumento de la concentración de *mercurio* en estos mismos ríos, respecto a la globalidad de la Cuenca.

Menos significativos, pero a destacar, son las tendencias positivas de *amonio* en las subcuencas del Jalón y Ebro, y los *nitratos* en la del Segre-Cinca.

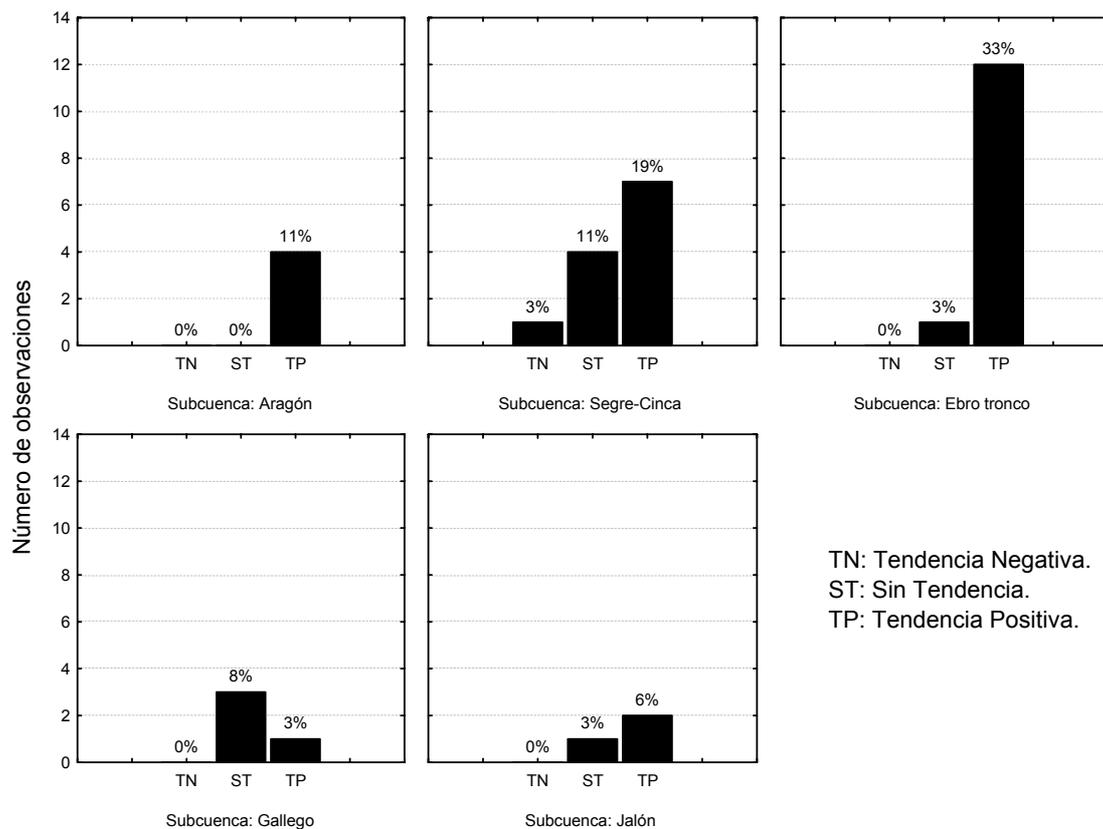


FIGURA 97. TENDENCIAS DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN LAS DISTINTAS SUBCUENCAS.

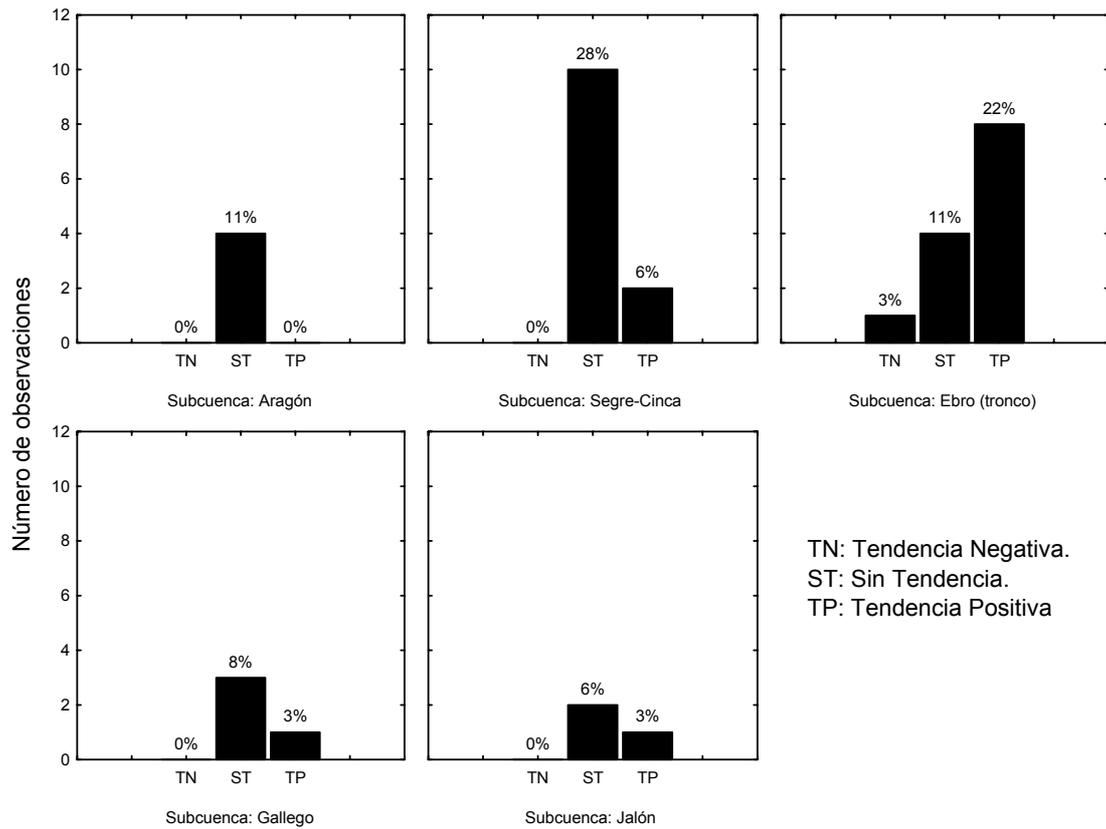


FIGURA 98. TENDENCIAS DEL FLÚOR EN LAS DISTINTAS SUBCUENCAS

Se han detectado casos en los que no parecen lógicos los resultados obtenidos mediante este método para la detección de tendencias, como es el caso de la detectada para el ión *cianuro* en la estación A01. Como puede observarse en la representación de Box & Jenkins (FIGURA 99) de la evolución de este componente en la estación citada, si excluimos los valores correspondientes al año 1981, se observa un aumento de la concentración de cianuro en las aguas, especialmente en los últimos cinco años, no obstante el estudio de tendencias mediante el test de la pendiente de regresión lineal, da como resultado una tendencia decreciente. Esto se debe a que el laboratorio ha reportado un valor de 0,16 mg/L de cianuro para la muestra tomada en agosto de 1981, y ese único valor, muy superior a la media, tiene suficiente peso estadístico para forzar una predicción hacia una disminución de la concentración, cuando aparentemente esto no sería correcto. Algo similar ocurre con *plomo*, *arsénico* y *mercurio*.

Casos como este demuestran la baja robustez que presenta el método paramétrico a la hora de trabajar con conjuntos de datos que presenten gran cantidad de dispersión, y que pueden llegar a dar resultados ilógicos.

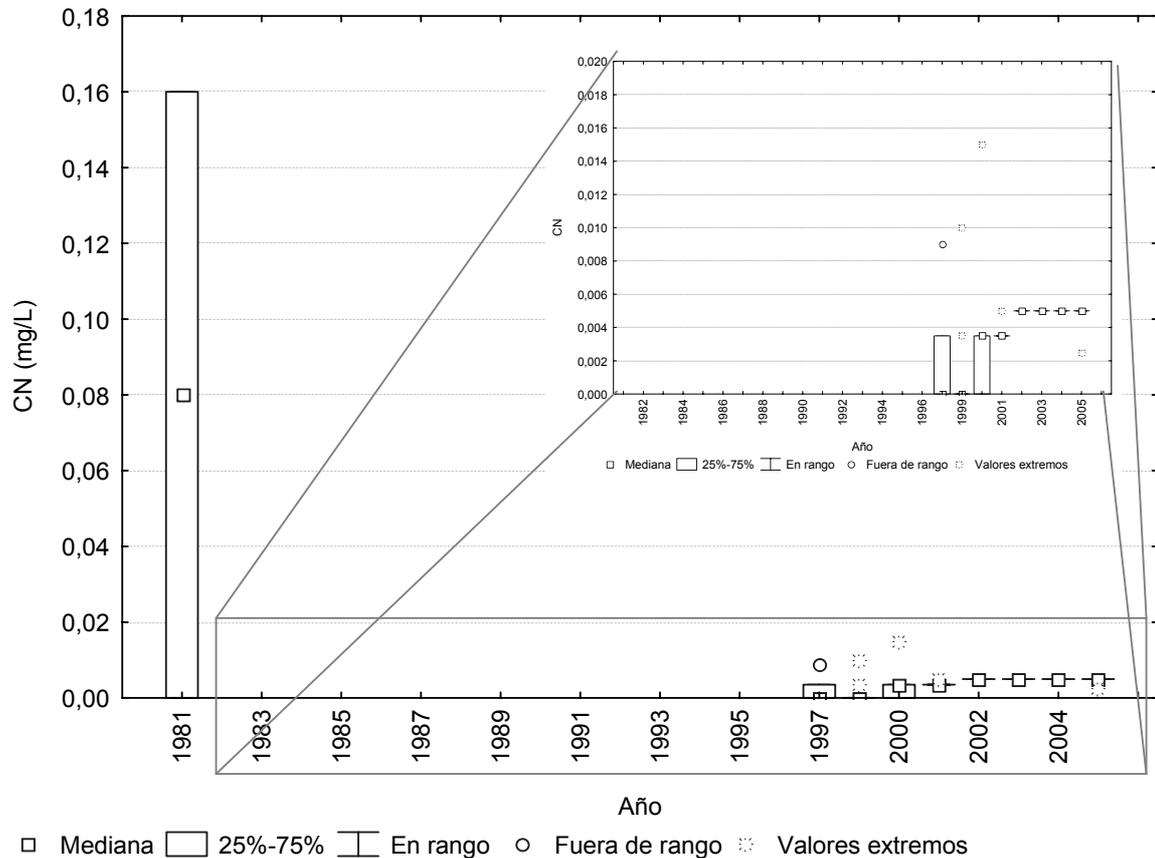


FIGURA 99. VARIACIÓN ANUAL DE LA CONCENTRACIÓN DE CIANURO EN LA ESTACIÓN A01.

IV.2.2. Cuantificación de tendencias.

IV.2.2.1. Consideraciones generales.

La cuantificación de las tendencias detectadas mediante el método paramétrico utilizado, se realiza a partir del valor de la pendiente de regresión lineal, en aquellos casos en los que se halla detectado una tendencia. En la **TABLA 52**, se resumen los datos de tendencias obtenidos para toda la cuenca del Río Ebro, descritos para cada parámetro y estación en el Anexo II.

Se ha normalizado la variación anual de cada una de las tendencias con objeto de obtener una referencia numérica sobre el significado de cada una de ellas. Así la

mayor variación se observa en el caso del *arsénico*, con una variación anual promedio de su concentración del -36% anual, seguido de un aumento del 20,5% anual de los *sólidos en suspensión*, una disminución del -14,4% de los *hidrocarburos disueltos*, y de un -13,3% del *cadmio*.

En el caso de los *fosfatos*, uno de los parámetros con mayor número de tendencias negativas a lo largo de la Cuenca, presenta una variación anual promedio del -6,2%, que se ve claramente reflejada en la **TABLA 52**, donde se representan los resultados descriptivos anuales para este parámetro en la cuenca del Río Ebro.

Un caso similar, en cuanto a la cantidad de tendencias monotónicas detectadas, es el del *pH*, si bien cuando se cuantifica el valor medio de estas tendencias la variación observada es de un 0,2% anual, que aunque baja, sí merece ser tenida en cuenta ya que esta variación durante los 25 años del presente estudio supone un aumento medio del pH en la cuenca de 0,5 unidades de pH, con la consiguiente basificación de las aguas.

Los *detergentes* presentan tendendecia en el 67% de las estaciones estudiadas, siendo esta negativa en todos los casos detectada, con una variación anual del -7,9%, lo que implica una disminución importante de la presencia de estos contaminantes en las aguas de la cuenca del Ebro.

Al mismo tiempo existen otros parámetros que presentan importantes variaciones anuales (*sólidos en suspensión*, *arsénico*, *cadmio*, *hidrocarburos disueltos*, etc.), si bien estas tendencias no han sido detectadas en un número significativo de estaciones, de ahí su menor relevancia.

TABLA 52. RESUMEN DE TENDENCIAS PARAMÉTRICAS PARA LA CUENCA DEL RÍO EBRO.

	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD	%Variación anual
	Ud./mes	Ud./mes	Ud./mes	Ud./mes		%	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS							
Q	-2,4	-1,8	-4,8	-1,3	1,6	-63,9	-2,6
TAI	0,12	0,17	-0,21	0,27	0,16	140,7	0,7
TAG	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	13,3	0,9
PH	0,019	0,018	0,008	0,033	0,005	27,7	0,2
CE	6	5	1	20	4	69,1	0,8
SS	7	2	0	21	9	131,7	20,5
Col	-784	-577	-1780	-147	572	-72,9	-1,8
COMPONENTES MAYORITARIOS							
Ca	1,0	0,7	0,3	2,4	1,0	92,9	1,1
Mg	0,2	0,1	-0,2	1,1	0,5	242,1	1,2
Na	0,5485	0,3242	-0,1097	2,0882	0,6971	127,1	0,8
K	0,003	-0,024	-0,069	0,237	0,086	2697,6	0,1
Cl	0,37	-0,16	-1,41	2,85	1,23	329,9	0,4
SO4	1,8	1,2	0,2	7,7	2,4	129,0	1,3
Alc	0,8	0,8	-2,6	2,7	1,1	138,8	0,5
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES							
Fe	0,0041	0,0037	0,0011	0,0089	0,0020	48,9	4,9
Mn	0,001	0,001	0,001	0,003	0,001	51,976	5,1
As	-0,000448	0,000048	-0,007481	0,000156	0,001826	-407,3	-36,0
Hg	0,0000021	0,0000024	0,0000000	0,0000036	0,0000008	40,6	3,8
Cd	-0,000026	0,000013	-0,001211	0,000036	0,000224	-870,0	-13,3
Cu	-0,00002	0,00010	-0,00034	0,00019	0,00021	-1362,3	-0,5
Cr	0,00005	0,00014	-0,00279	0,00041	0,00063	1354,8	2,8
Pb	0,000019	0,000092	-0,000946	0,000239	0,000323	1737,8	0,8
Zn	0,0021	0,0023	0,0008	0,0031	0,0007	33,2	6,0
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES							
F	0,0027	0,0022	-0,0019	0,0090	0,0028	103,0	1,8
CN	-0,000051	0,000189	-0,001891	0,000465	0,000614	-1210,1	-1,5
NO3	0,172	0,161	0,032	0,317	0,108	62,9	1,7
PO4	-0,026	-0,021	-0,080	-0,003	0,018	-67,8	-6,2
NH4	-0,013	-0,009	-0,029	-0,006	0,009	-68,0	-5,1
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES							
DBO5	-0,24	-0,15	-1,21	0,14	0,31	-133,2	-3,7
O2	0,044	0,049	-0,041	0,082	0,033	75,2	0,5
MO	-0,28	-0,30	-0,55	0,31	0,25	-90,1	-2,6
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS							
Det	-0,0040	-0,0032	-0,0169	-0,0012	0,0030	-76,5	-7,9
Fen	-0,000047	-0,000090	-0,000251	0,000180	0,000197	-419,1	-2,0
Hid	-0,012	-0,010	-0,017	-0,008	0,004	-32,5	-14,4
ICG	-0,42	-0,43	-1,01	-0,13	0,18	-43,4	-0,6

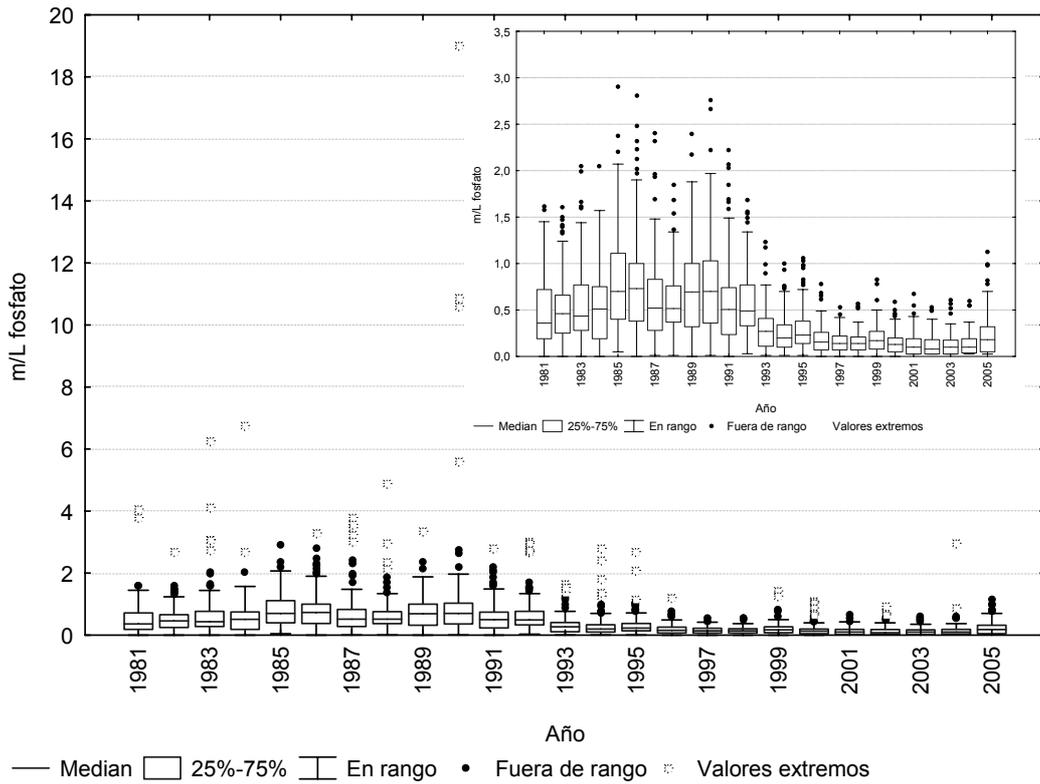


FIGURA 100. DIAGRAMA DE CAJAS PARA LA CONCENTRACIÓN MEDIA DE FOSFATOS EN LA CUENCA DEL EBRO.

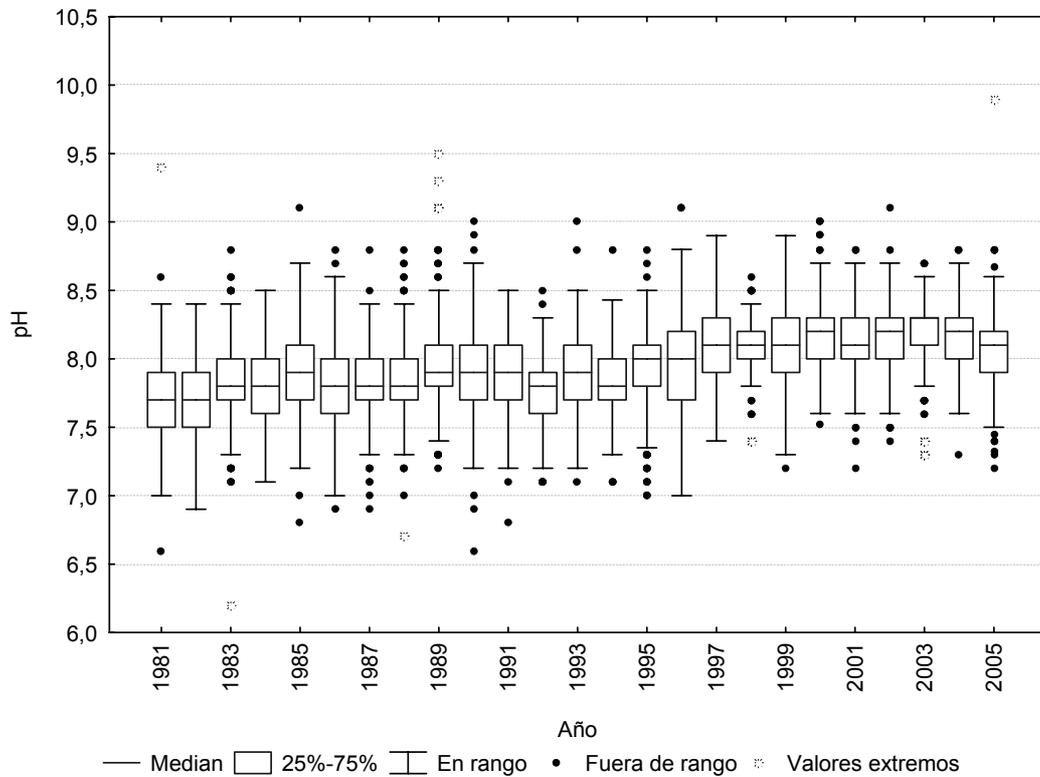


FIGURA 101. DIAGRAMA DE CAJAS PARA EL PH MEDIO EN LA CUENCA DEL EBRO.

IV.2.2.2. Estudio comparativo entre subcuencas.

Se ha realizado el mismo estudio de tendencias en cada una de las cinco subcuencas hidrográficas que componen la cuenca del Río Ebro estudiada, obteniéndose los resultados de se muestran en **TABLA 53** a **TABLA 54** Los campos en blanco pertenecen a aquellos parámetros sobre los que no se ha detectado tendencia alguna.

TABLA 53. RESUMEN DE TENDENCIAS PARAMÉTRICAS PARA LA SUBCUENCA DEL RÍO ARAGÓN

	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD	%Variación anual
	Ud./mes	Ud./mes	Ud./mes	Ud./mes		%	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS							
Q	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-	-	-6,2
TAI							
TAG							
pH	0,015	0,014	0,011	0,019	0,004	24,6	0,2
CE	3	3	2	4	1	32,4	1,1
SS							
Col	-379	-430	-560	-147	211	-55,7	-0,7
COMPONENTES MAYORITARIOS							
Ca	0,5	0,5	0,5	0,5	-	<0,1	0,9
Mg							
Na	0,1240	0,1240	0,0907	0,1573	0,0471	38,0	0,8
K	-0,022	-0,023	-0,028	-0,015	0,007	-30,5	-2,1
Cl							
SO4	0,8	0,8	0,2	1,4	0,8	109,4	2,5
ALCAL	1,0	0,8	0,7	1,9	0,6	53,6	0,7
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES							
Fe	0,0036	0,0027	0,0022	0,0060	0,0021	56,9	6,3
Mn	0,001	0,001	0,001	0,001	-	-	6,0
As	0,000020	0,000020	0,000017	0,000023	0,000003	15,7	10,4
Hg	0,0000024	0,0000024	0,0000012	0,0000036	0,0000010	40,8	13,1
Cd	0,000013	0,000013	0,000010	0,000016	0,000003	25,2	15,6
Cu							
Cr	0,00020	0,00014	0,00008	0,00038	0,00016	79,6	15,6
Pb	0,000090	0,000090	0,000087	0,000092	0,000004	4,2	11,3
Zn	0,0021	0,0022	0,0016	0,0024	0,0004	19,7	8,3
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES							
F							
CN	-0,000215	-0,000215	-0,000593	0,000164	0,000536	-249,7	-5,4
NO3	0,032	0,032	0,032	0,032	-	-	0,8
PO4	-0,011	-0,008	-0,019	-0,005	0,007	-68,2	-9,1
NH4							
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES							
DBO5	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-	-	-2,4
O2	0,043	0,043	0,041	0,046	0,003	7,3	0,4
MO							
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS							
Det	-0,0029	-0,0027	-0,0034	-0,0025	0,0004	-15,7	-7,3
Fen	0,000137	0,000137	0,000137	0,000137	-	-	4,5
Hid							
ICG	-0,37	-0,36	-0,48	-0,30	0,08	-21,7	-0,5

TABLA 54. RESUMEN DE TENDENCIAS PARAMÉTRICAS PARA LA SUBCUENCA DEL RÍO EBRO (TRONCO)

	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD	%Variación anual
	Ud./mes	Ud./mes	Ud./mes	Ud./mes		%	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS							
Q	-4,8	-4,8	-4,8	-4,8	-	-	-2,7
TAI	0,12	0,13	-0,15	0,25	0,16	135,6	0,7
TAG	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	13,3	0,8
pH	0,018	0,018	0,014	0,022	0,003	14,0	0,2
CE	6	8	2	10	3	45,9	0,8
SS	5	1	0	20	8	163,5	16,8
Col	-965	-965	-1354	-577	549	-56,9	-2,1
COMPONENTES MAYORITARIOS							
Ca							
Mg	0,0	0,1	-0,2	0,2	0,2	825,4	0,1
Na	0,6998	0,7546	0,3242	0,9657	0,2729	39,0	0,9
K	-0,027	-0,024	-0,038	-0,022	0,008	-28,2	-0,8
Cl	0,55	0,99	-0,33	1,00	0,77	138,5	0,5
SO4	1,3	1,2	0,8	1,7	0,5	35,4	0,8
ALCAL	0,7	0,6	0,5	1,0	0,2	30,5	0,4
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES							
Fe	0,0041	0,0038	0,0011	0,0064	0,0017	42,1	4,8
Mn	0,0012	0,0010	0,0005	0,0022	0,0006	52,452	6,3
As	-0,000300	-0,000113	-0,000846	0,000058	0,000480	-159,8	-32,5
Hg	0,0000018	0,0000024	0,0000000	0,0000024	0,0000012	66,7	2,6
Cd	0,000017	0,000015	0,000004	0,000034	0,000009	50,4	10,8
Cu	0,00007	0,00010	-0,00012	0,00019	0,00013	203,1	2,1
Cr	0,00017	0,00018	0,00006	0,00029	0,00006	36,5	11,5
Pb	0,000122	0,000122	0,000089	0,000156	0,000048	38,9	5,3
Zn	0,0019	0,0023	0,0008	0,0030	0,0009	46,8	5,5
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES							
F	0,0020	0,0019	-0,0019	0,0051	0,0020	101,4	1,3
CN	0,000095	0,000220	-0,000662	0,000279	0,000336	355,1	3,1
NO3	0,090	0,090	0,090	0,090	-	-	0,8
PO4	-0,030	-0,032	-0,054	-0,010	0,014	-44,8	-6,6
NH4	-0,011	-0,009	-0,029	-0,006	0,009	-77,6	-4,4
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES							
DBO5	-0,08	-0,15	-0,29	0,14	0,20	-246,4	-1,3
O2	0,036	0,058	-0,038	0,067	0,050	139,9	0,4
MO	0,31	0,31	0,31	0,31	0,00	0,0	2,3
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS							
Det	-0,0032	-0,0031	-0,0049	-0,0012	0,0010	-32,3	-6,4
Fen	-0,000093	-0,000151	-0,000251	0,000180	0,000194	-208,7	-4,2
Hid	-0,012	-0,011	-0,017	-0,008	0,004	-33,0	-16,2
ICG	-0,55	-0,53	-1,01	-0,29	0,21	-37,1	-0,9

TABLA 55. RESUMEN DE TENDENCIAS PARAMÉTRICAS PARA LA SUBCUENCA DEL RÍO GALLEGO

	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD	%Variación anual
	Ud./mes	Ud./mes	Ud./mes	Ud./mes		%	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS							
Q							
TAI	0,17	0,17	0,17	0,17	-	-	1,1
TAG							
pH	0,016	0,017	0,008	0,022	0,006	36,0	0,2
CE	4	4	3	5	1	25,4	0,4
SS							
Col							
COMPONENTES MAYORITARIOS							
Ca							
Mg							
Na							
K	0,234	0,234	0,232	0,237	0,004	1,6	3,4
Cl	1,00	1,00	1,00	1,00	-	-	0,7
SO4							
ALCAL	-2,6	-2,6	-2,6	-2,6	-	-	-1,6
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES							
Fe							
Mn							
As	0,000058	0,000067	0,000040	0,000068	0,000016	27,2	9,9
Hg	0,0000024	0,0000024	0,0000024	0,0000024	-	-	12,9
Cd	0,000014	0,000011	0,000009	0,000022	0,000007	48,1	14,1
Cu							
Cr	0,00041	0,00041	0,00041	0,00041	-	-	12,6
Pb	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-	-	-23,1
Zn	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020	-	-	6,4
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES							
F							
CN	-0,000402	0,000329	-0,001891	0,000356	0,001290	-321,0	-6,5
NO3							
PO4	-0,019	-0,009	-0,039	-0,008	0,017	-93,7	-7,7
NH4	-0,013	-0,013	-0,013	-0,013	-	-	-4,3
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES							
DBO5	-0,48	-0,14	-1,21	-0,09	0,63	-131,5	-4,0
O2	0,049	0,049	0,049	0,049	-	-	0,6
MO							
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS							
Det	-0,0169	-0,0169	-0,0169	-0,0169	-	-	-24,0
Fen							
Hid							
ICG	-0,26	-0,26	-0,35	-0,16	0,08	-31,6	-0,4

TABLA 56. RESUMEN DE TENDENCIAS PARAMÉTRICAS PARA LA SUBCUENCA DEL RÍO JALÓN

	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD	%Variación anual
	Ud./mes	Ud./mes	Ud./mes	Ud./mes		%	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS							
Q							
TAI	0,16	0,16	0,16	0,16	-	-	1,0
TAG							
pH	0,014	0,012	0,009	0,020	0,006	40,7	0,2
CE	13	13	6	20	10	78,8	1,1
SS	21	21	21	21	-	-	18,5
Col							
COMPONENTES MAYORITARIOS							
Ca	2,4	2,4	2,4	2,4	-	-	1,7
Mg	1,1	1,1	1,1	1,1	-	-	2,4
Na							
K	0,038	0,038	0,038	0,038	-	-	0,9
Cl							
SO4	7,7	7,7	7,7	7,7	-	-	2,7
ALCAL	2,7	2,7	2,7	2,7	-	-	1,2
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES							
Fe							
Mn	0,003	0,003	0,003	0,003	-	-	7,383
As	0,000056	0,000056	0,000048	0,000064	0,000012	20,9	8,0
Hg	0,0000018	0,0000018	0,0000012	0,0000024	0,0000008	47,1	7,2
Cd	0,000014	0,000012	0,000012	0,000018	0,000003	23,2	16,6
Cu	-0,00034	-0,00034	-0,00034	-0,00034	-	-	-11,8
Cr	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	-	-	8,3
Pb							
Zn	0,0024	0,0024	0,0024	0,0024	-	-	6,7
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES							
F	0,0090	0,0090	0,0090	0,0090	-	-	3,3
CN	-0,000053	-0,000053	-0,000412	0,000306	0,000508	-956,5	-1,5
NO3							
PO4	-0,015	-0,015	-0,016	-0,014	0,002	-9,9	-3,1
NH4	-0,015	-0,015	-0,024	-0,007	0,012	-79,1	-7,2
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES							
DBO5	-0,56	-0,56	-0,56	-0,56	-	-	-9,7
O2	0,033	0,033	0,028	0,039	0,008	22,8	0,3
MO							
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS							
Det							
Fen							
Hid							
ICG	-0,52	-0,52	-0,57	-0,46	0,08	-15,3	-0,8

TABLA 57. RESUMEN DE TENDENCIAS PARAMÉTRICAS PARA LA SUBCUENCA DEL RÍO SEGRE-CINCA

	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD	%Variación anual
	Ud./mes	Ud./mes	Ud./mes	Ud./mes		%	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS							
Q	-1,6	-1,6	-1,9	-1,3	0,4	-22,9	-4,4
TAI	0,08	0,19	-0,21	0,27	0,26	312,6	0,5
TAG							
pH	0,023	0,024	0,014	0,033	0,005	22,0	0,3
CE	5	3	1	11	4	76,5	1,0
SS							
Col	-1211	-1211	-1780	-642	805	-66,4	-7,4
COMPONENTES MAYORITARIOS							
Ca	0,6	0,6	0,3	1,0	0,5	76,0	0,9
Mg	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-	-	-0,8
Na	0,6298	-0,0891	-0,1097	2,0882	1,2630	200,5	1,9
K	-0,034	-0,032	-0,069	-0,015	0,017	-49,9	-1,7
Cl	0,14	-0,27	-1,41	2,85	1,60	1151,3	0,3
SO4	1,2	0,2	0,2	3,1	1,7	141,3	1,1
ALCAL	1,0	1,0	0,5	1,4	0,3	31,6	0,8
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES							
Fe	0,0043	0,0037	0,0011	0,0089	0,0024	56,7	6,5
Mn	0,001	0,001	0,001	0,001	-	-	2,7
As	-0,001178	0,000061	-0,007481	0,000156	0,003088	-262,2	-39,1
Hg	0,0000018	0,0000018	0,0000012	0,0000024	0,0000008	47,1	6,4
Cd	-0,000108	0,000012	-0,001211	0,000036	0,000388	-359,2	-30,2
Cu							
Cr	-0,00028	0,00011	-0,00279	0,00025	0,00111	-399,5	-15,8
Pb	0,000121	0,000094	0,000081	0,000239	0,0000060	50,0	6,7
Zn	0,0022	0,0021	0,0013	0,0031	0,0009	40,1	6,5
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES							
F	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	-	-	1,7
CN	-0,000017	0,000189	-0,001723	0,000465	0,000626	-3629,2	-0,5
NO3	0,210	0,238	0,082	0,317	0,098	46,6	3,3
PO4	-0,029	-0,021	-0,080	-0,003	0,023	-79,0	-6,6
NH4	-0,019	-0,019	-0,029	-0,008	0,015	-80,3	-5,7
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES							
DBO5	-0,22	-0,15	-0,63	0,04	0,21	-93,7	-3,9
O2	0,048	0,057	-0,041	0,082	0,035	72,4	0,5
MO	-0,35	-0,30	-0,55	-0,21	0,13	-35,9	-4,2
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS							
Det	-0,0037	-0,0033	-0,0075	-0,0019	0,0017	-44,3	-8,0
Fen							
Hid	-0,009	-0,009	-0,009	-0,009	-	-	-7,4
ICG	-0,35	-0,40	-0,56	-0,13	0,14	-40,3	-0,5

Las mayores variaciones entre subcuencas se dan a nivel de metales. El *arsénico* presenta a nivel de toda la Cuenca una disminución anual de su concentración del -36%, si bien a nivel de cada subcuenca esta circunstancia sólo se da en Segre-Cinca y Ebro (tronco), ya que en el resto de las subcuencas presenta un aumento de concentración medio anual entorno al 10% (FIGURA 102. Se han eliminado los valores extremos para facilitar la visualización de los datos).

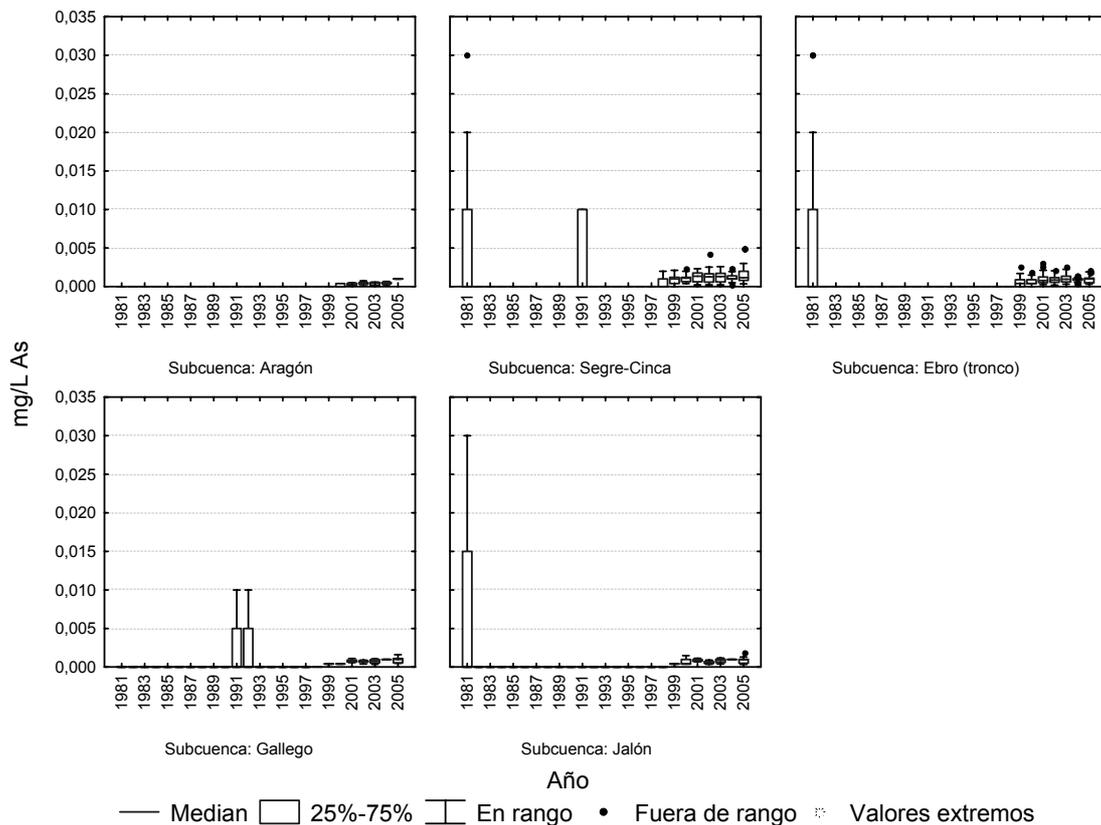


FIGURA 102. DIAGRAMA DE CAJAS PARA EL ARSÉNICO EN CADA SUBCUENCA.

El *mercurio* presenta una tendencia al alza en todas las subcuencas, y consecuentemente en la globalidad de la Cuenca, destacando especialmente los incrementos medios de las cuencas del Aragón y el Gallego, entorno al +13% anual (FIGURA 103). Resulta significativo que hasta el año 2000, la práctica totalidad de los valores analíticos reportados fueran “No Detectado” (ND), salvo determinados casos puntuales que no se muestran en la gráfica por considerarse valores extremos. Esto puede ser debido a un aumento real de la concentración de mercurio en las aguas, o a

un cambio de técnica analítica instrumental para la determinación de este elemento, que haya mejorado la sensibilidad analítica del laboratorio.

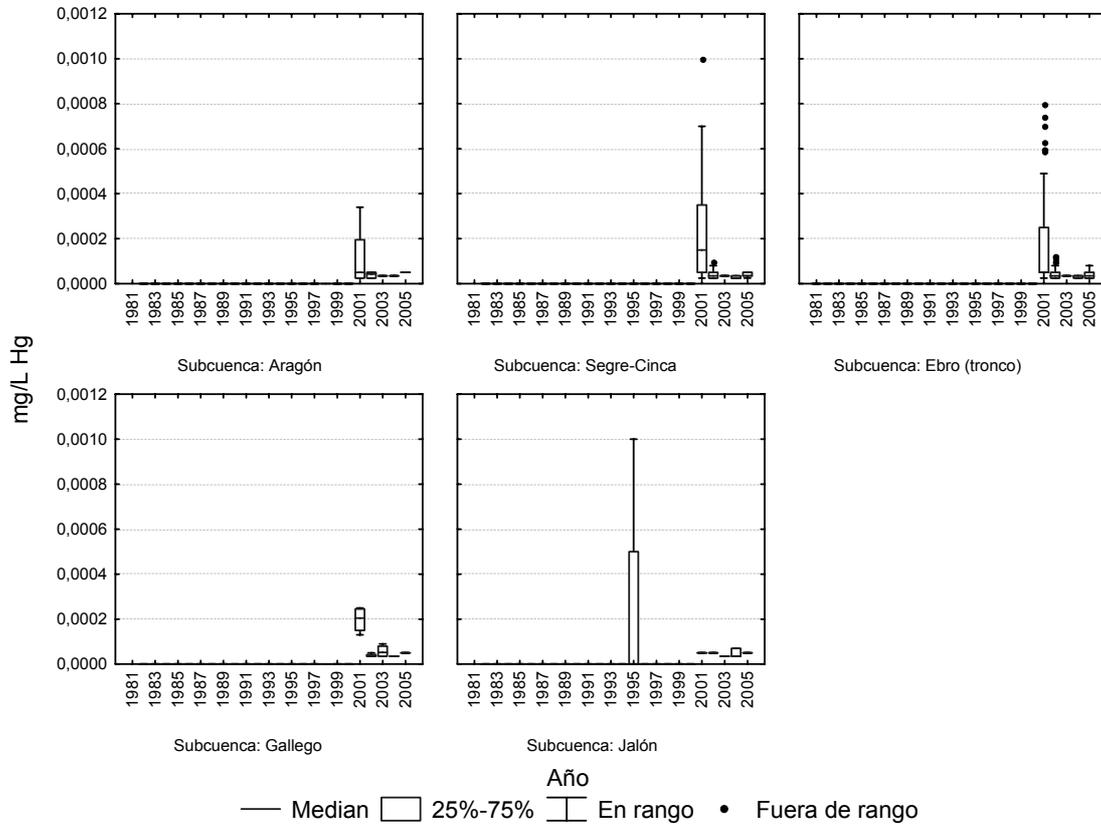


FIGURA 103. DIAGRAMA DE CAJAS PARA EL MERCURIO EN CADA SUBCUENCA.

Para el *cadmio*, la variación anual calculada por el método paramétrico a nivel de cuenca es del -13,3%, si bien a nivel de subcuenca, esta disminución de la concentración tan sólo se da en la del Segre-Cinca, con un -30,2%, ya que el resto de subcuencas presentan un aumento de la concentración de este metal entorno al +14%; caso similar al que ocurre con el *romo total*, donde esta subcuenca es la que ha disminuido su concentración de cromo durante el periodo estudiado.

El *plomo* tiene una ligera variación anual del 0,8% a nivel de cuenca, pero los datos de las distintas subcuencas (FIGURA 104) muestran grandes diferencias, entre -23,2% para la del Gallego, y el +8% para el resto, a excepción de la cuenca del Jalón donde no se ha detectado tendencia.

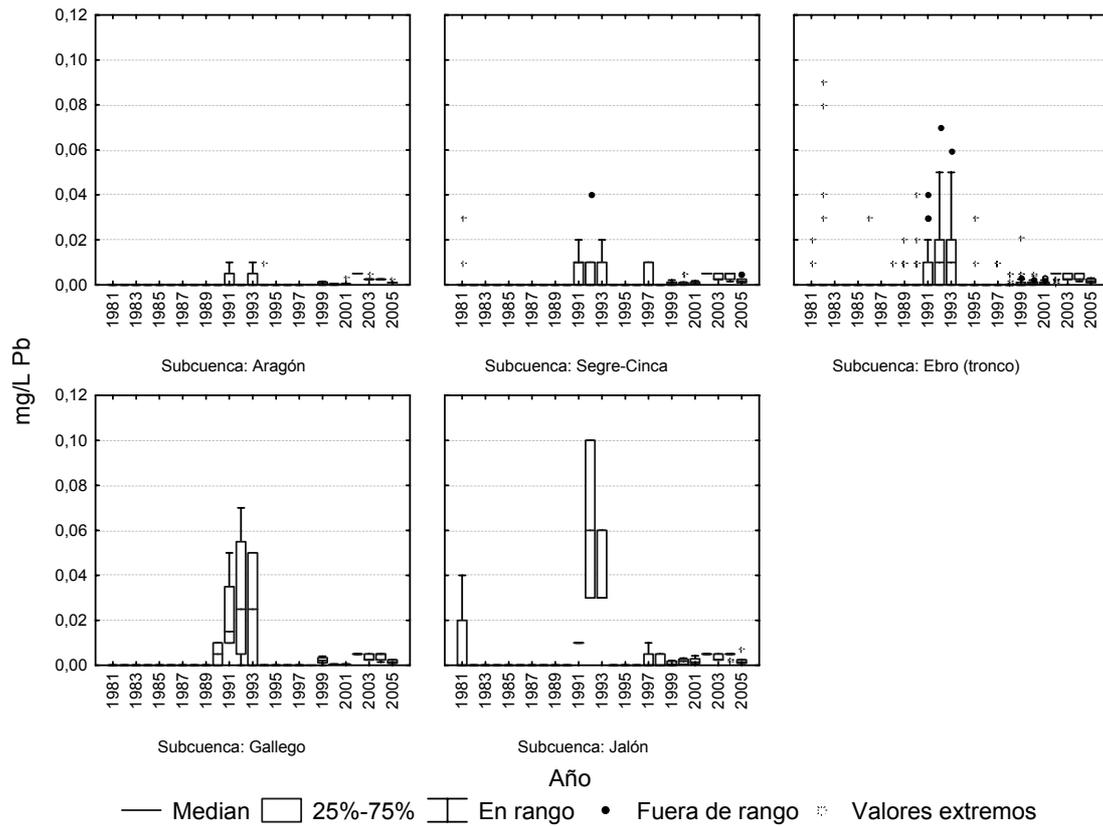


FIGURA 104. DIAGRAMA DE CAJAS PARA EL PLOMO EN CADA SUBCUENCA

Entre los parámetros específicos destaca el fuerte incremento detectado en la concentración de *sólidos en suspensión*, del 20% anual, debido a las cuencas del Jalón y el tronco del Ebro, ya que en el resto no se ha detectado tendencia alguna. *El resto de parámetros* de parámetros específicos no sufre variaciones significativas entre subcuencas.

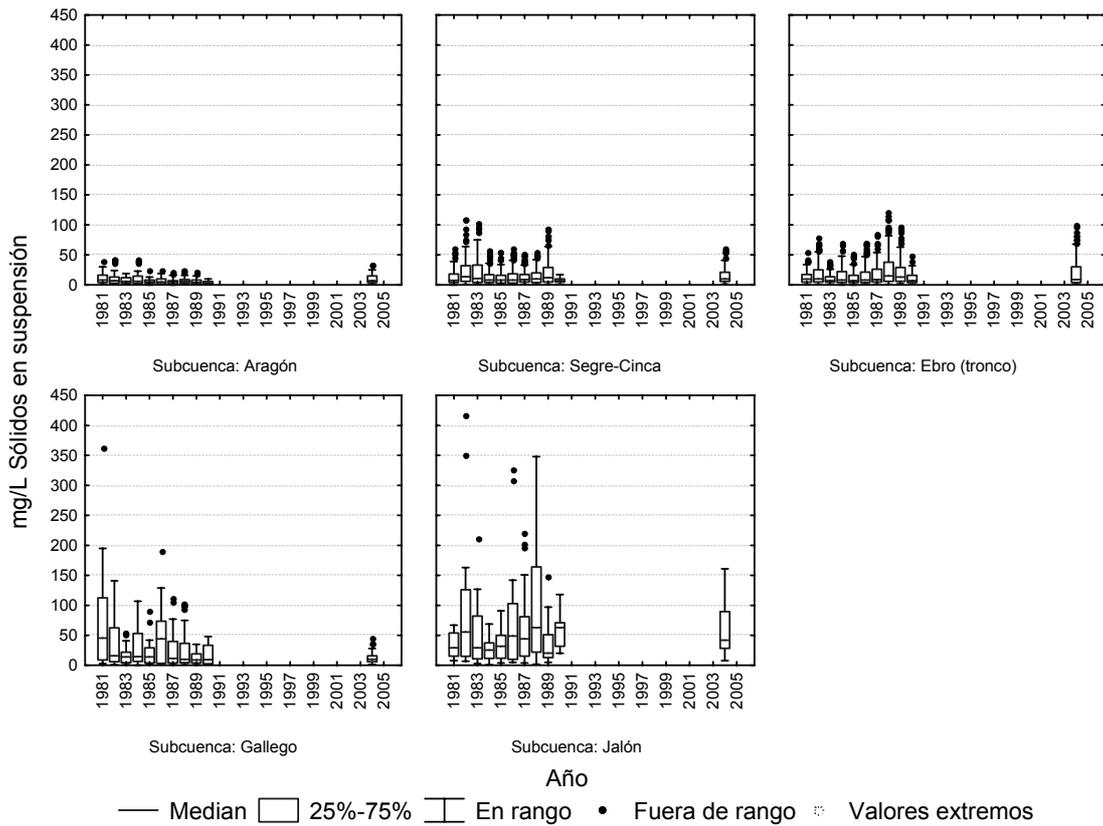


FIGURA 105. DIAGRAMA DE CAJAS PARA LOS SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN. MEDIAS ANUALES POR SUBCUENCA.

Las variaciones sufridas en *componentes orgánicos específicos*, y en especial los detergentes, tampoco son homogéneas, y entre ellas destaca. Así, los *detergentes* han visto reducida su concentración en las aguas de todas las subcuencas (-7,9% anual de media), pero muy especialmente en la del Río Gallego, con una variación anual del -24,0% (FIGURA 106).

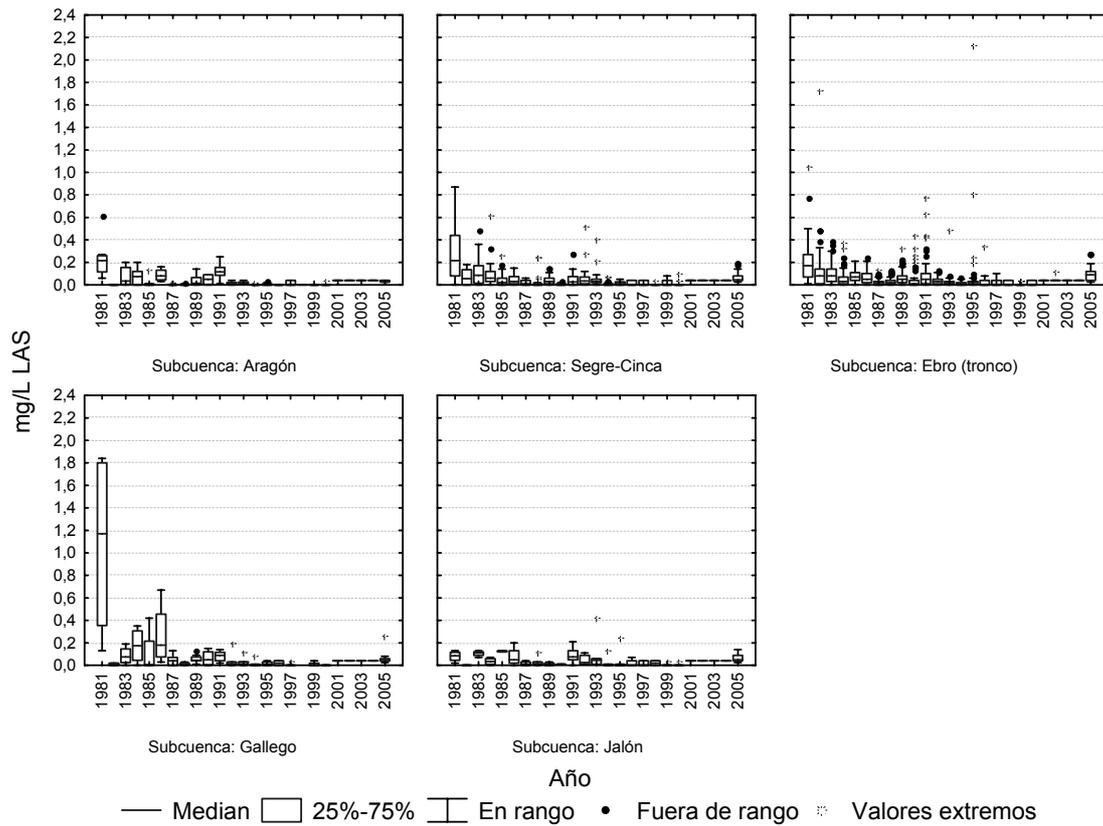


FIGURA 106. DIAGRAMA DE CAJAS PARA LOS DETERGENTES EN CADA SUBCUENCA

Los *componentes mayoritarios, componentes minoritarios aniones y los indicadores orgánicos* siguen patrones similares en toda la cuenca, sin que merezca la pena destacar nada.

El *ICG*, que disminuye de forma global un $-0,6\%$ anual en el período estudiado, se mantiene uniforme entre las diferentes subcuencas durante el período estudiado, con variaciones entre $-0,9\%$ y $-0,4\%$ anual (FIGURA 107).

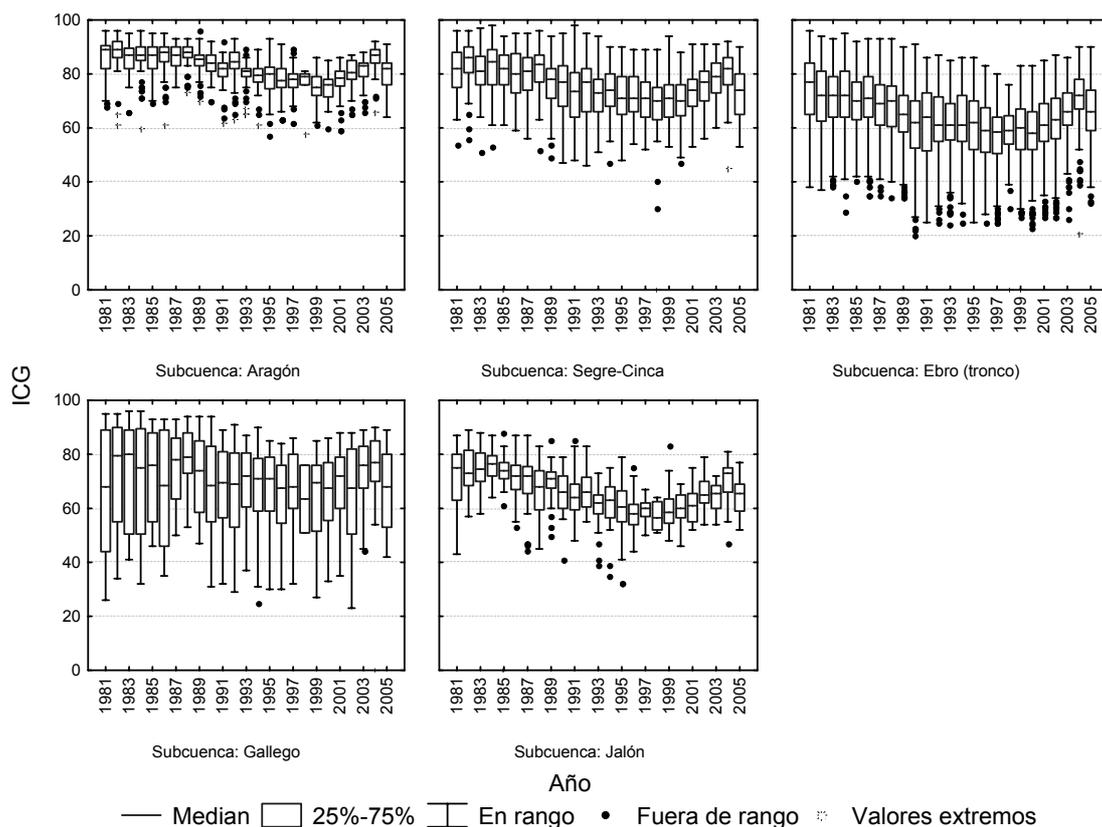


FIGURA 107. DIAGRAMA DE CAJAS PARA EL ICG EN CADA SUBCUENCA

IV.3. ESTUDIO DE CORRELACIÓN ESTACIONAL

Con objeto de conocer la posible variabilidad estacional de los distintos parámetros, y la influencia de ésta sobre el posterior análisis de tendencias no-paramétricas, se realiza un análisis de correlación de Spearman entre los datos analíticos obtenidos mensualmente y el mes del año en el que han sido tomados. Los resultados de este estudio se muestra en la **TABLA 58**. Se destacan en **negrita** aquellos valores para los que el test detecta correlación entre el parámetro y los meses del año.

**TABLA 58. RESULTADOS DEL TEST DE CORRELACIÓN DE SPEARMAN CON EL MES DEL AÑO.
 CUENCA DEL EBRO.**

Parámetro	N	Spearman	t(N-2)	p-valor
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS				
Q	6566	-0,130	-10,63	<0,01
TAI	9815	0,214	21,67	<0,01
TAG	9829	0,352	37,25	<0,01
PH	9836	-0,105	-10,49	<0,01
CE	9836	0,095	9,44	<0,01
SS	4029	0,055	3,50	<0,01
Col	3324	0,159	9,28	<0,01
COMPONENTES MAYORITARIOS				
Ca	3245	0,133	7,63	<0,01
Mg	3241	0,164	9,45	<0,01
Na	3244	0,258	15,21	<0,01
K	2546	0,251	13,08	<0,01
Cl	3467	0,216	13,02	<0,01
SO4	3348	0,193	11,37	<0,01
Alc	3399	0,006	0,38	0,71
C. MINORITARIOS-INORGANICOS-METALES				
Fe	2475	0,082	4,07	<0,01
Mn	2192	0,176	8,36	<0,01
As	2721	0,053	2,77	0,01
Hg	2795	0,033	1,74	0,08
Cd	2846	0,030	1,62	0,11
Cu	3005	0,104	5,76	<0,01
Cr	3014	0,002	0,09	0,93
Pb	2696	0,085	4,43	<0,01
Zn	3009	0,020	1,08	0,28
C. MINORITARIOS-INORGANICOS-ANIONES				
F	2966	0,093	5,10	<0,01
CN	3895	0,012	0,78	0,44
NO3	3521	0,033	1,97	0,05
PO4	3497	0,083	4,92	<0,01
NH4	3755	0,043	2,63	0,01
C. MINORITARIOS-ORGANICOS-INDICADORES				
DBO5	9764	0,005	0,53	0,60
O2	9264	-0,352	-36,14	<0,01
MO	3505	0,096	5,71	<0,01
C. MINORITARIOS-ORGANICOS-COMP. ESPECÍFICOS				
Det	3249	0,019	1,08	0,28
Fen	2252	0,063	2,98	<0,01
Hid	1057	0,025	0,81	0,42
ICG	9845	-0,024	-2,37	0,02

A partir de los resultados obtenidos en la **TABLA 58**, se deduce que la práctica mayoría de los parámetros analizados presentan cierta correlación, positiva o negativa, con el mes del año en el que se han tomado los resultados, matiz que

deberá ser tenido en cuenta a la hora de realizar el estudio no-paramétrico de las tendencias, si bien el grado de correlación es bajo o muy bajo.

La mayor correlación positiva, exceptuando el caso obvio de la temperatura del agua, corresponde a la concentración de **sodio**, que tal y como puede observarse en la **FIGURA 108**, aumenta en los meses estivales, mientras que el *oxígeno disuelto* presenta la mayor correlación negativa con los meses, con un descenso en los meses estivales, como consecuencia de su menor solubilidad en el agua conforme aumenta la temperatura de la misma, como corresponde a los gases.

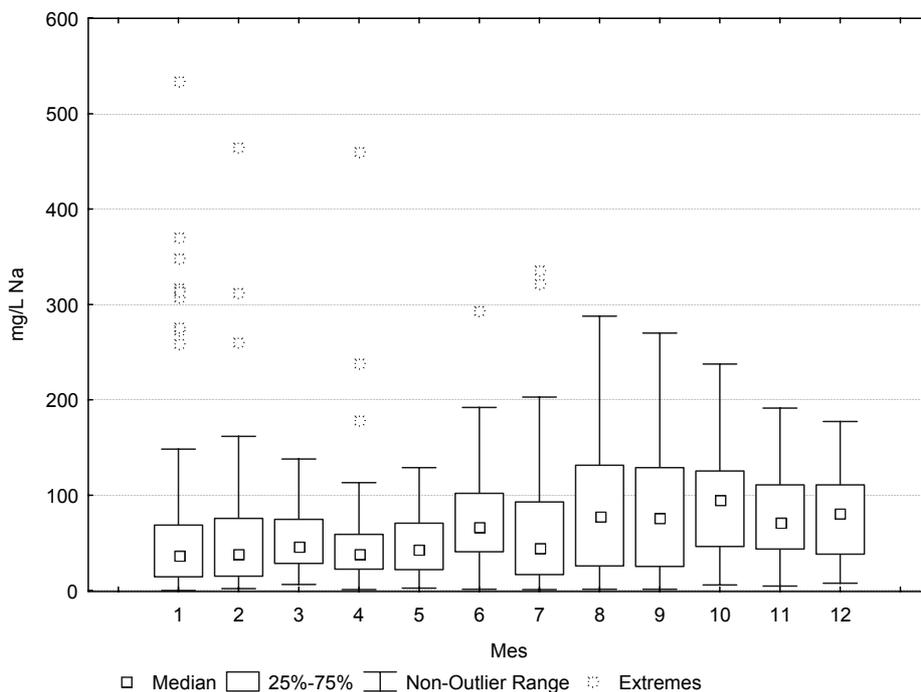


FIGURA 108. DIAGRAMA DE CAJAS PARA EL SODIO EN LA CUENCA DEL EBRO.

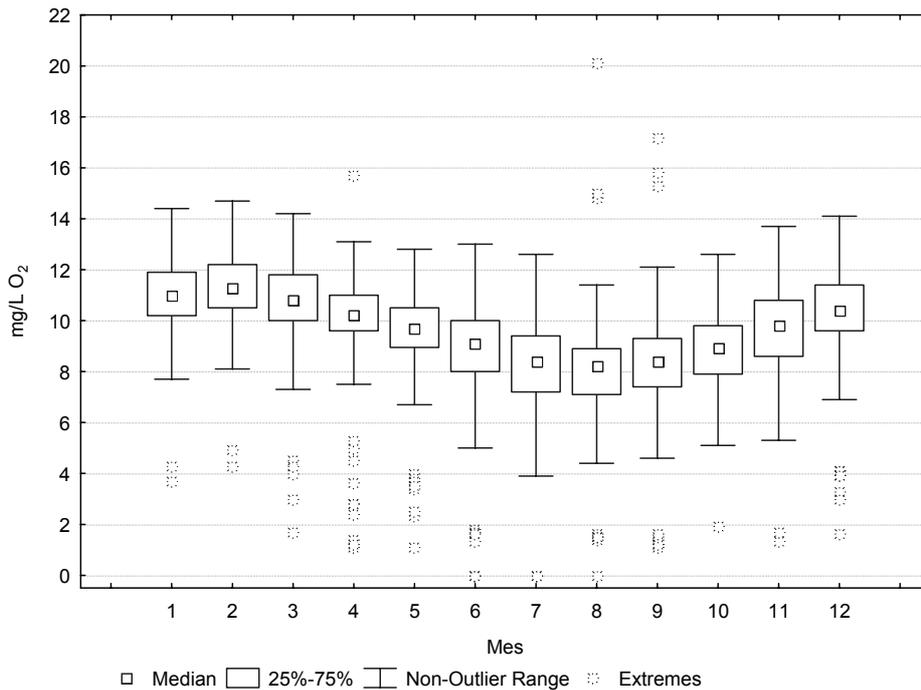


FIGURA 109. DIAGRAMA DE CAJAS PARA EL OXÍGENO DISUELTO EN LA CUENCA DEL EBRO.

Destacan también otros parámetros como el *potasio* (0,25), *cloruros* (0,21), *sulfatos* (0,19), *caudal* (0,13) o *calcio* (0,13) para los que se obtienen resultados significativos de correlación.

Este mismo test estadístico de Spearman se realiza para conocer la influencia de variables colaterales, como puede ser el caudal circulante por los ríos, en las variaciones de la concentración de los distintos analitos en el tiempo. En el caso de estudiar la correlación del caudal con el resto de parámetros mediante el test no-paramétrico de Spearman, se obtienen los resultados expuestos en la TABLA 59. En ella se muestra cómo la mayoría de los parámetros presenta una cierta correlación con el caudal del río, y podría deberse a la correlación que presenta el caudal con el mes del año en que se mida.

**TABLA 59. RESULTADOS DEL TEST DE CORRELACIÓN DE SPEARMAN CON EL CAUDAL.
 CUENCA DEL EBRO.**

Parámetro	N	Spearman	t(N-2)	p-valor
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS				
TAI	6557	-0,050	-4,03	<0,01
TAG	6557	-0,019	-1,51	0,13
PH	6559	-0,165	-13,54	<0,01
CE	6559	0,134	10,96	<0,01
SS	2979	0,096	5,28	<0,01
Col	2298	0,046	2,19	0,03
COMPONENTES MAYORITARIOS				
Ca	2243	0,223	10,84	<0,01
Mg	2239	0,134	6,40	<0,01
Na	2242	0,256	12,52	<0,01
K	1746	0,121	5,10	<0,01
Cl	2371	0,266	13,42	<0,01
SO4	2306	0,187	9,16	<0,01
Alc	2372	0,129	6,32	<0,01
C. MINORITARIOS-INORGANICOS-METALES				
Fe	1702	0,000	0,00	1,00
Mn	1556	0,041	1,60	0,11
As	1727	0,039	1,62	0,11
Hg	1828	0,050	2,15	0,03
Cd	1872	0,183	8,05	<0,01
Cu	1925	-0,043	-1,88	0,06
Cr	1939	0,060	2,65	0,01
Pb	1714	0,033	1,39	0,17
Zn	1927	0,011	0,49	0,62
C. MINORITARIOS-INORGANICOS-ANIONES				
F	1911	0,235	10,55	<0,01
CN	2558	-0,124	-6,33	<0,01
NO3	2386	0,247	12,43	<0,01
PO4	2366	0,151	7,44	<0,01
NH4	2549	0,045	2,28	0,02
C. MINORITARIOS-ORGANICOS-INDICADORES				
DBO5	6529	0,045	3,64	<0,01
O2	6296	-0,080	-6,35	<0,00
MO	2035	0,262	12,24	<0,01
C. MINORITARIOS-ORGANICOS-COMP. ESPECÍFICOS				
Det	2237	-0,003	-0,14	0,89
Fen	1652	-0,022	-0,89	0,37
Hid	734	-0,011	-0,31	0,76
ICG	6566	-0,163	-13,36	<0,01

Similar es el caso de la correlación que presentan los parámetros estudiado con la *temperatura del agua* (TABLA 60), siendo especialmente significativa la correlación existente entre la *temperatura del agua* y la *concentración de oxígeno disuelto* en la misma (FIGURA 110).

TABLA 60. RESULTADOS DEL TEST DE CORRELACIÓN DE SPEARMAN CON LA TEMPERATURA DEL AGUA. CUENCA DEL EBRO.

Parámetro	N	Spearman	t(N-2)	p-valor
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS				
Q	6557	-0,019	-1,51	0,13
TAI	9810	0,848	158,27	<0,01
PH	9826	-0,131	-13,11	<0,01
CE	9827	0,283	29,23	<0,01
SS	4029	0,171	11,00	<0,01
Col	3321	0,119	6,92	<0,01
COMPONENTES MAYORITARIOS				
Ca	3242	0,174	10,05	<0,01
Mg	3238	0,236	13,83	<0,01
Na	3241	0,298	17,74	<0,01
K	2544	0,203	10,46	<0,01
Cl	3464	0,276	16,88	<0,01
SO4	3345	0,294	17,76	<0,01
Alc	3396	0,005	0,28	0,78
C. MINORITARIOS-INORGANICOS-METALES				
Fe	2472	0,045	2,22	0,03
Mn	2188	0,159	7,53	<0,01
As	2713	0,051	2,67	0,01
Hg	2786	-0,009	-0,45	0,65
Cd	2841	0,030	1,62	0,11
Cu	3000	0,066	3,60	<0,01
Cr	3010	-0,015	-0,80	0,43
Pb	2692	0,049	2,52	0,01
Zn	3004	-0,007	-0,39	0,70
C. MINORITARIOS-INORGANICOS-ANIONES				
F	2963	0,174	9,63	<0,01
CN	3891	-0,076	-4,74	<0,01
NO3	3518	-0,008	-0,49	0,63
PO4	3494	0,048	2,85	<0,01
NH4	3751	0,005	0,30	0,77
C. MINORITARIOS-ORGANICOS-INDICADORES				
DBO5	9758	0,115	11,44	<0,01
O2	9260	-0,659	-84,20	<0,01
MO	3496	0,185	11,15	<0,01
C. MINORITARIOS-ORGANICOS-COMP. ESPECÍFICOS				
Det	3246	-0,056	-3,17	<0,01
Fen	2250	0,043	2,02	0,04
Hid	1054	-0,080	-2,61	0,01
ICG	9829	-0,247	-25,25	<0,01

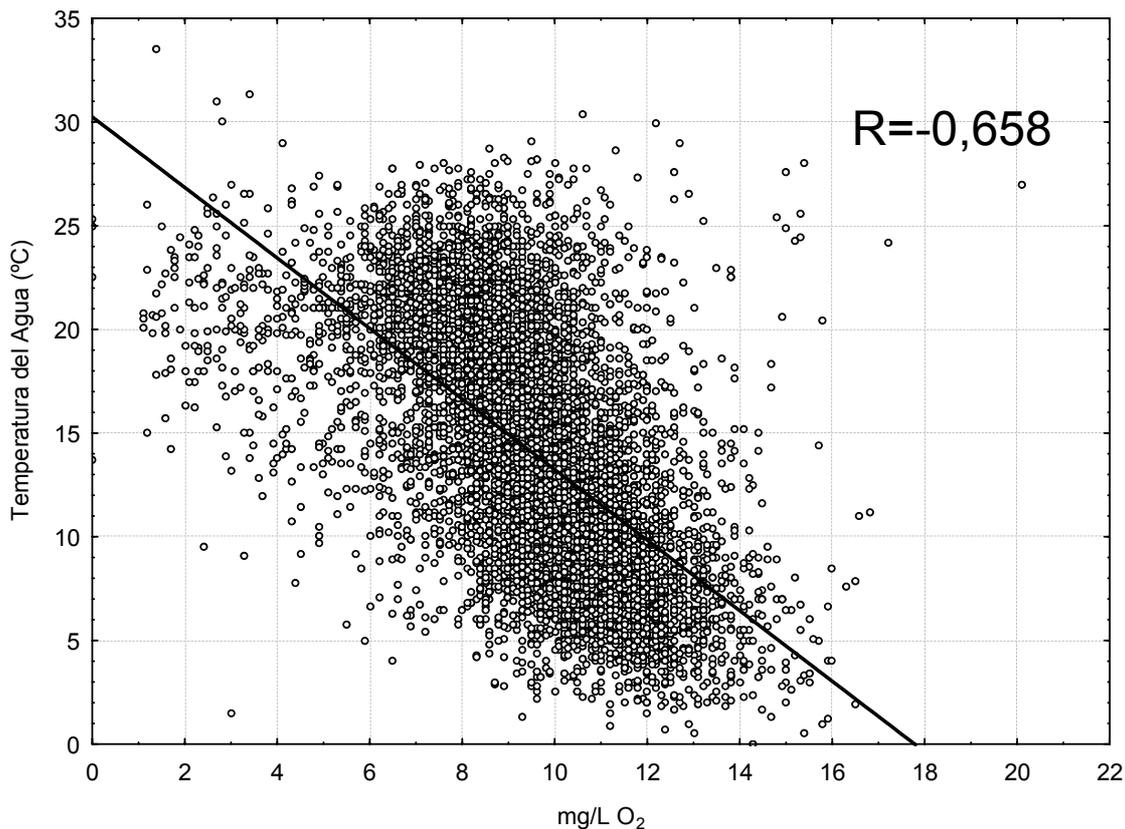


FIGURA 110 . CORRELACIÓN ENTRE LA TEMPERATURA DEL AGUA Y EL OXÍGENO DISUELTO. CUENCA DEL EBRO.

Como conclusión final del estudio de correlaciones no-paramétricas, se obtiene la clara existencia de correlaciones entre el mes del año y los resultados obtenidos para numerosos parámetros. Esta circunstancia deberá de ser considerada a la hora de realizar los cálculos del Test de Mann-Kendall en sus diferentes modalidades, siendo la más conveniente la estacional.

La variables colaterales estudiadas (caudal y temperatura) presentan también correlaciones con los datos analíticos manejados, si bien estas están claramente relacionadas con el mes del año considerado (0,35 y -0,13 respectivamente), por lo que no se tendrán en cuenta el valor del Test Estacional de Mann-Kendall.

IV.4. MÉTODOS NO-PARAMÉTRICOS.

A tenor de los errores detectados tras la utilización del método paramétrico para la detección y cuantificación de tendencias, vistos en el apartado IV.2.2, se ha realizado un estudio similar mediante los métodos no-paramétricos del Test de Mann-Kendall y la pendiente de Sen, con objeto de estudiar si dicho métodos mejoran la detección y cuantificación de tendencias en estos casos.

IV.4.1. Detección de tendencias. Test de Mann-Kendall.

IV.4.1.1. Consideraciones generales

El test de Mann-Kendall se ha utilizado para la detección de las tendencias seguidas por los distintos parámetros objeto del presente estudio durante el período 1981-2005 obteniéndose para cada una de las estaciones y parámetros los datos detallados en el **Anexo II**.

A modo de resumen, se puede indicar (**FIGURA 111**) que en el 27% de los casos estudiados, no se ha dispuesto de datos suficientes como para realizar el cálculo, y por tanto no se ha podido estudiar sus tendencias; en un 42% de los casos no se ha rechazado la hipótesis nula, y por tanto no se han detectado tendencias, al contrario que en el 31% restante, donde si se han detectado. De este 31% de tendencias detectadas, un 20% han sido crecientes y un 11% decrecientes.

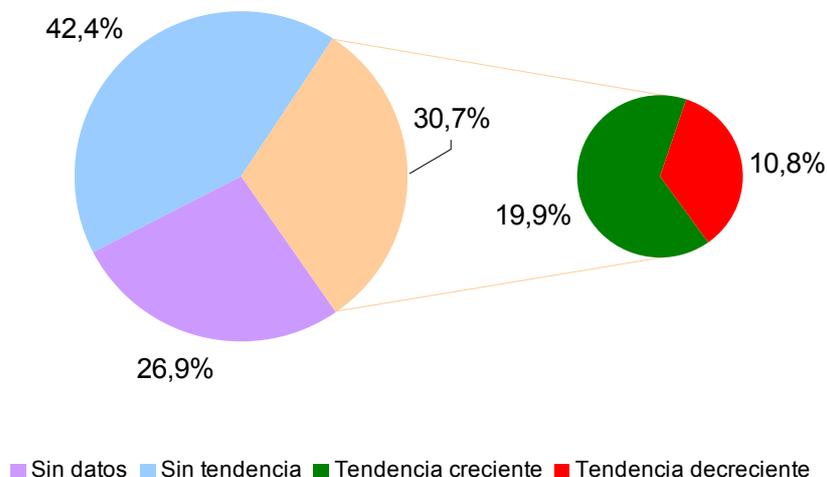


FIGURA 111. RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL CÁLCULO DE TENDENCIAS POR EL MÉTODO NO-PARAMÉTRICO DEL TEST ESTACIONAL DE MANN-KENDALL

Para la obtención de estos resultados resumidos, se han calculado las tendencias individuales de cada uno de los parámetros en cada una de las estaciones durante el período 1981-2005, y posteriormente se han calculado los correspondientes porcentajes mostrados en la FIGURA 111.

A continuación se desglosan estos datos obtenidos por subcuenca, estación y parámetro.

IV.4.1.2. Tendencias por subcuenca.

En la TABLA 61, se muestran, a modo de resumen, los resultados obtenidos tras la aplicación del test no-paramétrico de detección de tendencias estacional de Mann-Kendall, donde puede observarse como son numerosos los casos en los que no ha sido posible llevar a cabo la aplicación de esta herramienta matemática, debido a la falta de datos. La cuenca del Río Aragón es en la que más casos de esta incidencia se han dado, frente al tronco del Río Ebro, en el que tan sólo se ha dado en un 17% de los casos.

TABLA 61. RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS TRAS LA APLICACIÓN DEL TEST DE MANN-KENDALL EN LAS DIFERENTES SUBCUENCAS

Subcuenca	Sin datos	Sin tendencia	Con tendencia	Tendencia positiva	Tendencia negativa
Aragón	37,9%	35,7%	26,4%	67,6%	32,4%
Gallego	29,3%	48,6%	22,1%	54,8%	45,2%
Jalón	33,3%	43,8%	22,9%	70,8%	29,2%
Segre-Cinca	35,5%	39,3%	25,2%	59,4%	40,6%
Tronco Ebro	16,7%	43,3%	40,0%	69,2%	30,8%

Al margen de los casos en los que no ha sido posible estudiar la tendencia, las cinco subcuencas presentan porcentajes similares de casos en los que no se ha detectado tendencia y en los que sí se ha detectado, con la excepción de la subcuenca del Río Ebro (tronco), en la que si se da un incremento de casos en los que si se detecta tendencia, siendo también la subcuenca en la que más tendencias se han podido estudiar.

IV.4.1.3. Tendencias por estación.

De las 36 estaciones en las que se ha realizado el presente estudio, las dos estaciones situadas en cabecera del Río Cinca (C01 y C02), son las presentan un mayor número de parámetros con datos insuficientes para la realización del estudio no-paramétrico de tendencias (84,3% de los casos), según se detalla en la **TABLA 62** mientras que por el contrario, las estaciones E02, E06, E07, E12 y E13, situadas todas sobre el Río Ebro, presentan datos suficientes como para realizar este estudio en todos los parámetros.

TABLA 62. RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS TRAS LA APLICACIÓN DEL TEST DE MANN-KENDALL EN LAS DIFERENTES ESTACIONES.

Estación	Sin datos	Sin tendencia	Con tendencia	Tendencia positiva	Tendencia negativa
A01	66,7%	57,1%	42,9%	77,8%	22,2%
A02	66,7%	57,1%	42,9%	55,6%	44,4%
A03	66,7%	57,1%	42,9%	77,8%	22,2%
A04	45,8%	58,3%	41,7%	60,0%	40,0%
C01	84,2%	52,6%	47,4%	55,6%	44,4%
C02	84,2%	47,4%	52,6%	60,0%	40,0%
C03	20,7%	93,1%	6,9%	0,0%	100,0%
C04	40,0%	48,0%	52,0%	69,2%	30,8%
E01	52,2%	65,2%	34,8%	50,0%	50,0%
E02	0,0%	31,4%	68,6%	70,8%	29,2%
E03	20,7%	44,8%	55,2%	50,0%	50,0%
E04	40,0%	76,0%	24,0%	50,0%	50,0%
E05	45,8%	66,7%	33,3%	75,0%	25,0%
E06	0,0%	40,0%	60,0%	85,7%	14,3%
E07	0,0%	40,0%	60,0%	76,2%	23,8%
E08	9,4%	46,9%	53,1%	70,6%	29,4%
E09	52,2%	69,6%	30,4%	71,4%	28,6%
E10	45,8%	66,7%	33,3%	62,5%	37,5%
E11	45,8%	58,3%	41,7%	70,0%	30,0%
E12	0,0%	37,1%	62,9%	72,7%	27,3%
E13	0,0%	60,0%	40,0%	64,3%	35,7%
G01	66,7%	42,9%	57,1%	58,3%	41,7%
G02	59,1%	72,7%	27,3%	16,7%	83,3%
G03	25,0%	82,1%	17,9%	100,0%	0,0%
G04	25,0%	71,4%	28,6%	50,0%	50,0%
J01	45,8%	87,5%	12,5%	33,3%	66,7%
J02	45,8%	45,8%	54,2%	76,9%	23,1%
J03	59,1%	63,6%	36,4%	75,0%	25,0%
S01	66,7%	61,9%	38,1%	62,5%	37,5%
S02	59,1%	68,2%	31,8%	71,4%	28,6%
S03	45,8%	58,3%	41,7%	50,0%	50,0%
S04	52,2%	52,2%	47,8%	72,7%	27,3%
S05	52,2%	60,9%	39,1%	55,6%	44,4%
S06	59,1%	72,7%	27,3%	66,7%	33,3%
S07	66,7%	42,9%	57,1%	41,7%	58,3%
S08	52,2%	60,9%	39,1%	66,7%	33,3%

Entre los datos obtenidos de las tendencias estudiadas, destacar que como promedio, en el 60% de los parámetros estudiados en cada estación no se rechaza la hipótesis nula, y por tanto no se detecta tendencia, si bien destacan los casos de C03, J01, G03 y E06, donde este porcentaje aumenta hasta el 93%, 88%, 82% y 76%

respectivamente, así como E02 y E12, donde disminuye hasta el 31% y el 37% respectivamente.

Los casos de tendencias detectada promedio por estación se sitúan entorno al 40%, aunque se da mucha disparidad de resultados, que van desde el 69% de E02, hasta el 7% de C03.

En lo que se refiere al signo de las tendencias detectadas, no existe una uniformidad, variando desde el caso de la estación C03, donde todas las tendencias detectadas son decrecientes, hasta G03, que presenta el caso contrario, si bien como término medio, el 62% de las tendencias detectadas son crecientes, frente al 38% que son decrecientes.

IV.4.1.4. Tendencias por parámetro.

La TABLA 63 muestra un resumen de las tendencias de los distintos parámetros estudiados durante el periodo 1981-2005 para las 36 estaciones. A partir de estos datos se observa como se ha podido estudiar las tendencias para la totalidad de los componentes mayoritarios, casi todos los parámetros específicos, la DBO_5 y el ICG , mientras que por el contrario, han sido muy pocas las tendencias que se han podido estudiar en el caso de los *fenoles*, los *hidrocarburos disueltos* y los *metales*.

TABLA 63. RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS TRAS LA APLICACIÓN DEL TEST DE MANN-KENDALL EN LOS DISTINTOS PARÁMETROS ESTUDIADOS.

Estación	Sin datos	Sin tendencia	Con tendencia	Tendencia positiva	Tendencia negativa
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS					
Q	19%	69%	11%	0%	100%
TAI	0%	67%	33%	75%	25%
TAG	0%	53%	47%	94%	6%
pH	0%	6%	94%	100%	0%
CE	0%	42%	58%	100%	0%
SS	3%	78%	19%	71%	29%
Col	19%	58%	22%	0%	100%
COMPONENTES MAYORITARIOS					
Ca	0%	86%	14%	80%	20%
Mg	0%	86%	14%	40%	60%
Na	0%	75%	25%	78%	22%
K	0%	89%	11%	25%	75%
Cl	0%	81%	19%	43%	57%
SO4	0%	78%	22%	100%	0%
Alc	0%	72%	28%	100%	0%
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES					
Fe	75%	8%	17%	100%	0%
Mn	75%	6%	19%	100%	0%
As	75%	3%	22%	100%	0%
Hg	81%	3%	17%	100%	0%
Cd	81%	3%	17%	100%	0%
Cu	67%	17%	17%	100%	0%
Cr	75%	3%	22%	100%	0%
Pb	78%	6%	17%	100%	0%
Zn	69%	19%	11%	100%	0%
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES					
F	3%	33%	64%	96%	4%
CN	36%	3%	61%	100%	0%
NO3	3%	81%	17%	100%	0%
PO4	3%	8%	89%	0%	100%
NH4	33%	36%	31%	0%	100%
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES					
DBO5	0%	81%	19%	14%	86%
O2	3%	36%	61%	91%	9%
MO	0%	83%	17%	0%	100%
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS					
Det	31%	53%	17%	0%	100%
Fen	75%	14%	11%	0%	100%
Hid	81%	3%	17%	0%	100%
ICG	0%	25%	75%	0%	100%

Como ejemplos de estabilidad a lo largo del periodo estudiado, y por no presentar tendencia en la mayoría de los casos estudiados (más del 70% de los casos), destacan los *componentes mayoritarios*, los *sólidos en suspensión*, el *caudal*, el *manganeso* y los *nitratos*, mientras que por el contrario es alto el número de tendencias (más del 75% de los casos) detectadas para el *pH*, los *fosfatos* y el *ICG*.

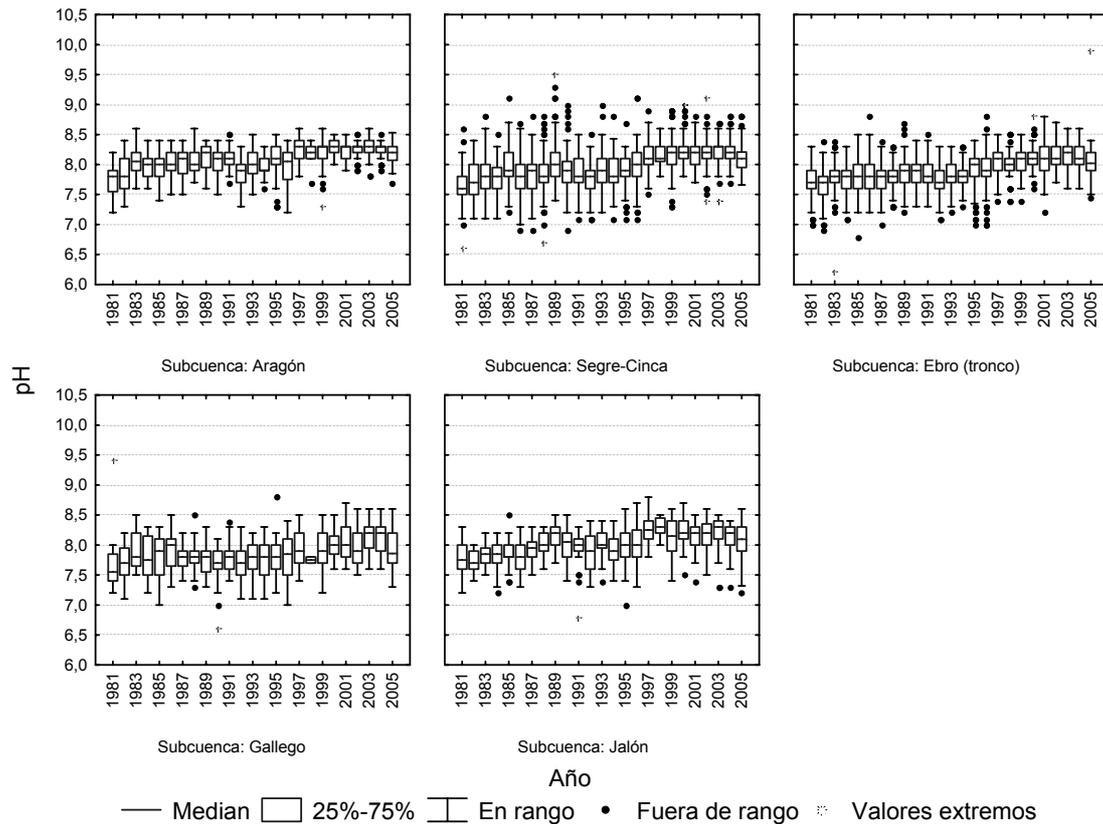


FIGURA 112. DIAGRAMA DE CAJAS DEL PH EN LAS DISTINTAS SUBCUENCAS (1981-2005)

El *pH* presenta tendencias en el 94% de los casos estudiados, y en todos ellos esta tendencia es creciente, lo que indica una clara basificación de las aguas de la cuenca. Estos resultados son similares a los obtenidos mediante el método de detección de tendencias paramétrico (IV.2.1.3)

En el caso de los *fosfatos* (Figura 113), donde el 89% de los casos estudiados presentaban tendencias, estas son decrecientes, o hacia una disminución de su concentración en la totalidad de los casos, similar también a los resultados obtenidos por el método paramétrico (IV.2.1.3).

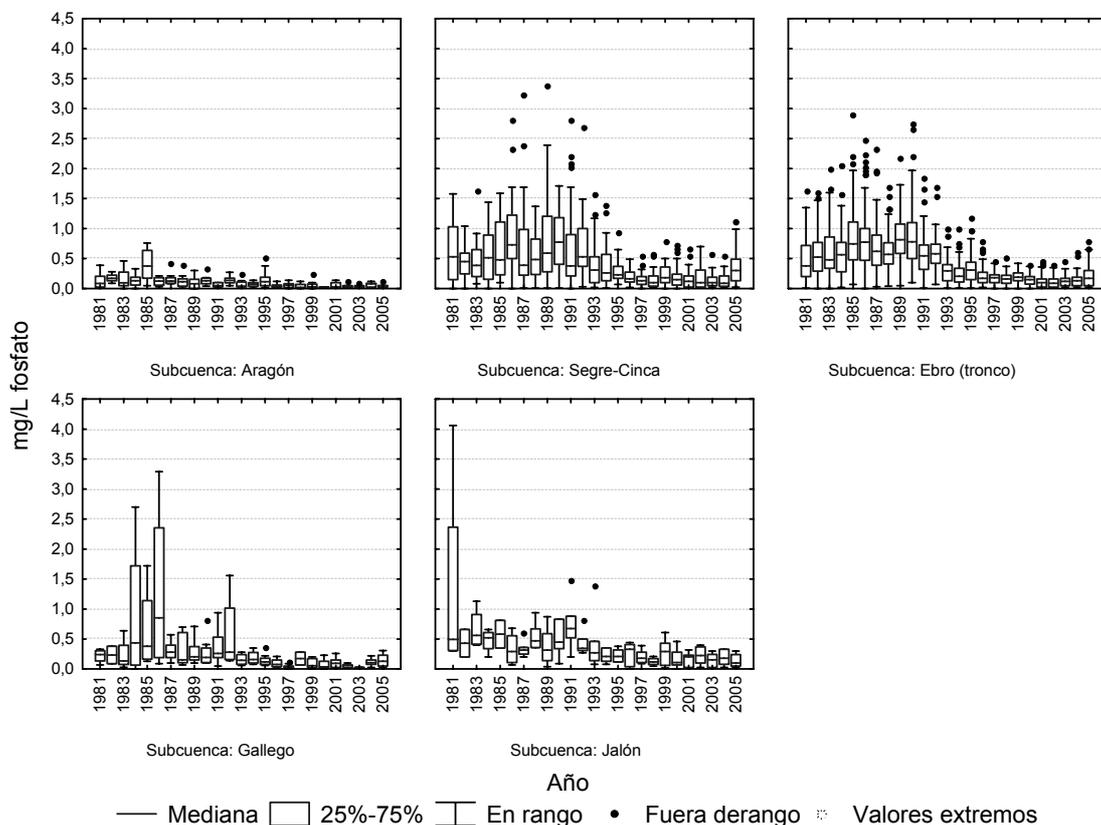


FIGURA 113. DIAGRAMAS DE CAJAS ANUALES SOBRE LA CONCENTRACIÓN DE FOSFATOS EN AGUAS LIMPIAS

Muy significativo resulta también el hecho de que la totalidad de las tendencias que se han podido estudiar en los *componentes metálicos* sean positivas, aunque estos resultados deben ser interpretados con cautela, debido a que no son muchos los casos en los que ha podido realizarse el estudio de tendencias para estos componentes.

En contraposición a lo ocurrido con los metales, aunque debiendo tomar la misma cautela se hallan los *componentes orgánicos específicos* (ejemplo en FIGURA 115), en la que la totalidad de tendencias detectadas han sido decrecientes, o lo que es lo mismo, hacia una disminución de su concentración en las aguas, muy posiblemente

debido a las mejoras que se han ido produciendo en lo referente a sistemas de purificación de aguas residuales a lo largo y ancho de la cuenca, lo que concuerda claramente con los resultados obtenidos para los componentes orgánicos indicadores donde una mejora de los sistemas de depuración implicaría tendencias decrecientes de *DBO₅* y *materia orgánica*, y crecientes de *oxígeno disuelto*, como así han sido detectadas, junto con la disminución de las concentraciones decrecientes de *fosfatos* y *amonio*.

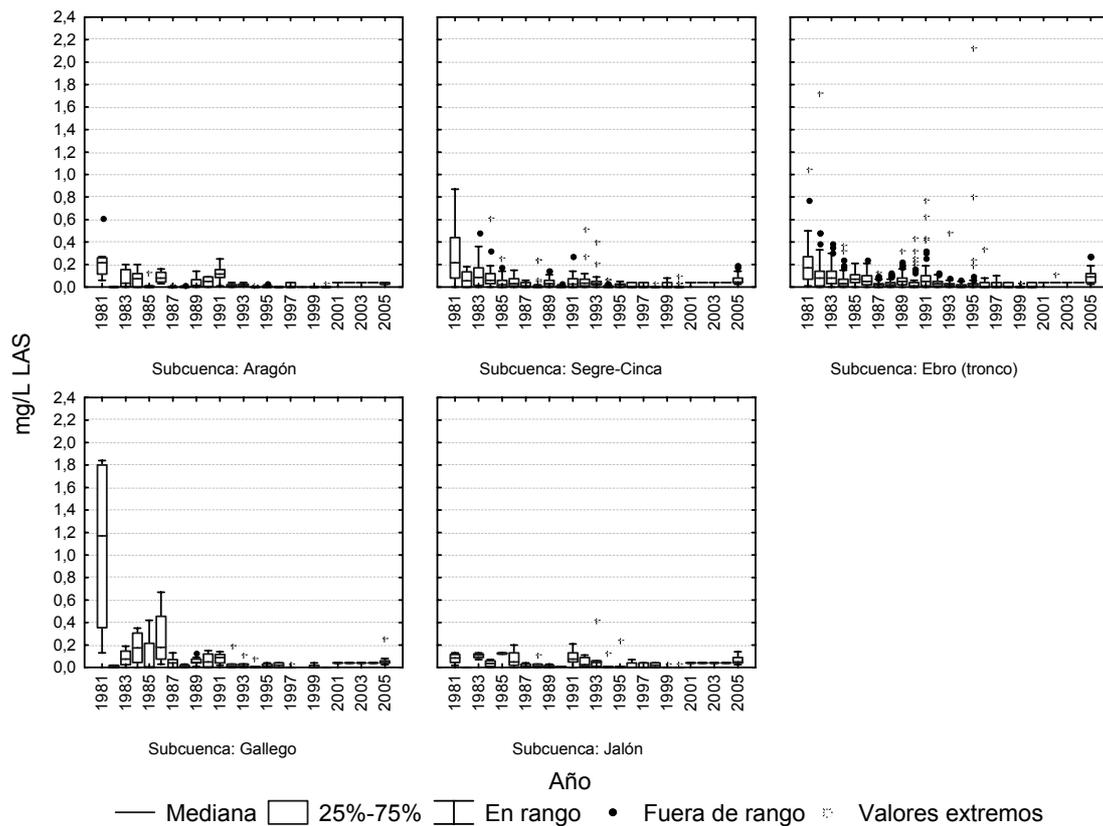


FIGURA 114. DIAGRAMAS DE CAJAS ANUALES SOBRE LA CONCENTRACIÓN DE DETERGENTES EN LAS DISTINTAS CUENCAS

La *conductividad eléctrica* es otro parámetro en el que se ha detectado un importante número de tendencias, crecientes en su totalidad, que indican un aumento de la salinidad más o menos generalizado en la cuenca, el cual, a raíz de los resultados obtenidos para los componentes mayoritarios ha de deberse al aumento detectado de las concentración de sulfatos, alcalinidad, así como sodio y calcio en menor proporción.

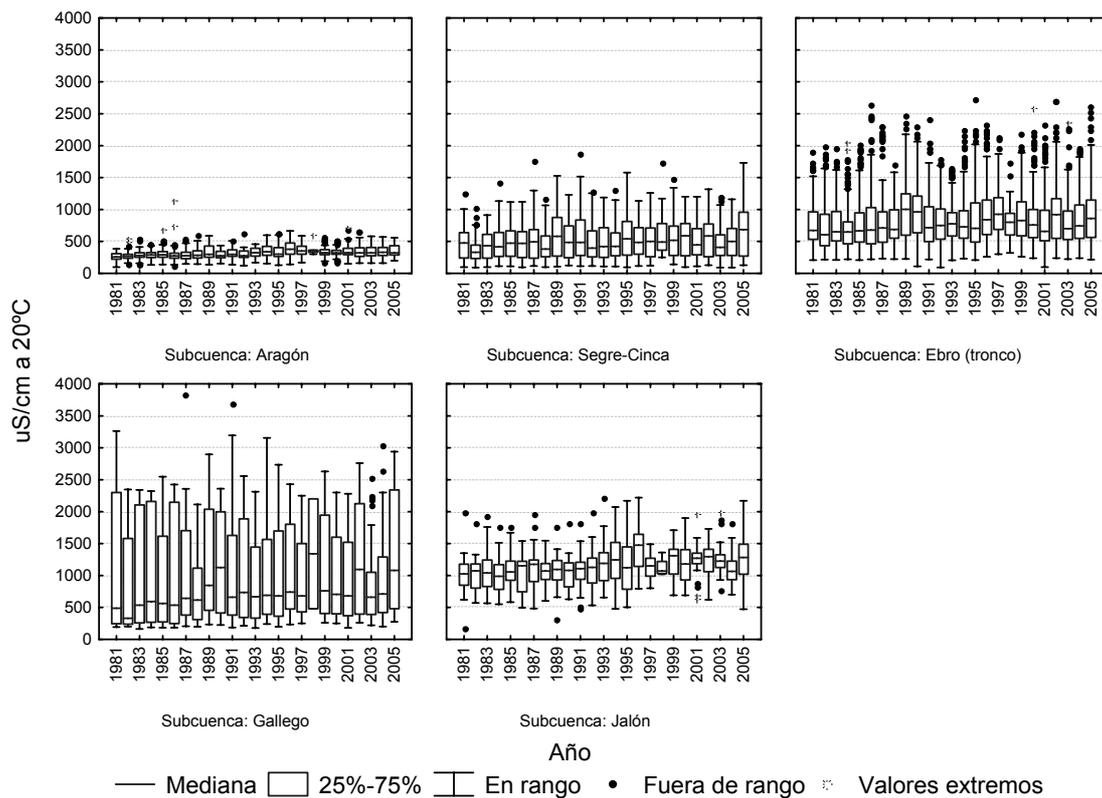


FIGURA 115. DIAGRAMAS DE CAJAS ANUALES SOBRE LA CONDUCTIVIDAD EN EN LAS DISTINTAS CUENCAS

En el apartado IV.2.1.3 se hizo referencia a posibles resultados erróneos en la detección de tendencias cuando se utilizaba el método paramétrico de la pendiente de regresión lineal, utilizando como ejemplo el caso de los cianuros en la estación A01. Mediante la utilización del test estacional de Mann-Kendall para la detección de tendencias, para este caso se rechaza la hipótesis nula, y se detecta una tendencia creciente, o hacia una concentración del analito en las aguas estudiadas, que resulta ser lo que a priori se deduce de la representación gráfica de esta serie temporal. Así, parece que este test no-paramétrico no se ve afectado por este tipo de datos como lo hacía el test paramétrico estudiado anteriormente.

IV.4.2. Cuantificación de tendencias.

IV.4.2.1. Cuenca del Río Ebro.

El método no-paramétrico de la pendiente de Sen permite la cuantificación de las tendencias detectadas en el apartado anterior mediante el test estacional de Mann-Kendall. En la **TABLA 64**, se resumen los datos de tendencias obtenidos para toda la cuenca del Río Ebro, descritos para cada parámetro y estación en el Anexo III. Los espacios en blanco corresponden a parámetros para los que no se ha detectado tendencia.

Se ha calculado el porcentaje de variación anual de cada una de las tendencias con objeto de obtener una referencia numérica sobre el significado de cada una de ellas. Así este valor se obtiene dividiendo la pendiente anual detectada entre el valor medio del parámetro a lo largo del período estudiado. Así la mayor variación se observa en el caso de los *fenoles*, con una variación anual promedio de su concentración del -12%, seguido de un aumento del 6,89% anual del *manganeso*, una disminución del -6,04% de los *hidrocarburos disueltos*.

En el caso de los *fosfatos*, uno de los parámetros con mayor número de tendencias negativas a lo largo de la cuenca, presenta una variación mensual promedio del -5,08%, similar a la obtenida mediante el método paramétrico, que se ve claramente reflejada en la **TABLA 64**, donde se representan los resultados descriptivos anuales para este parámetro en la cuenca del Río Ebro.

Un caso similar, en cuanto a la cantidad de tendencias monotónicas detectadas, es el del *pH*, para el que se obtiene una variación anual del 0,2%, idéntica a la obtenida mediante el método paramétrico utilizado con anterioridad.

TABLA 64. RESUMEN DE TENDENCIAS NO-PARAMÉTRICAS PARA LA CUENCA DEL RÍO EBRO.

	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD	%Variación anual
	Ud./mes	Ud./mes	Ud./mes	Ud./mes		%	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS							
Q	-1,2	-1,0	-2,3	-0,4	0,8	-71,7	-1,2
TAI	0,09	0,15	-0,21	0,26	0,14	163,3	0,5
TAG	0,1	0,1	<0,1	0,1	0,0	82,6	0,4
pH	0,018	0,019	0,004	0,032	0,005	29,4	0,2
CE	6	5	1	16	4	66,5	0,9
SS	1	<1	<1	3	1	127,6	2,7
Col	-361	-271	-1044	-119	310	-85,8	-0,8
COMPONENTES MAYORITARIOS							
Ca	0,1	0,3	-1,0	0,5	0,6	729,7	0,1
Mg	<0,1	-0,1	-0,2	0,1	0,1	-388,3	-0,2
Na	0,3082	0,1914	-1,1365	2,1229	0,8436	273,7	0,5
K	0,019	-0,027	-0,032	0,160	0,094	504,5	0,6
Cl	0,18	-0,27	-1,29	3,04	1,36	748,9	0,2
SO4	2,1	1,0	0,3	6,1	2,1	103,1	1,5
Alc	1,0	1,0	0,3	2,0	0,5	49,5	0,6
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES							
Fe	0,0046	0,0049	0,0012	0,0078	0,0021	45,8	5,6
Mn	0,002	0,001	0,000	0,003	0,001	55,480	6,9
As	0,000006	<0,000001	<0,000001	0,000048	0,000017	282,8	0,5
Hg	<0,0000001	<0,0000001	<0,0000001	<0,0000001	<0,0000001	-	<0,0
Cd	0,000005	0,000003	<0,000001	0,000014	0,000005	107,6	2,6
Cu	0,00002	<0,000001	<0,000001	0,00008	0,00003	209,0	0,5
Cr	0,00001	<0,000001	<0,000001	0,00007	0,00003	282,8	0,6
Pb	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001	186,6	0,2
Zn	0,0014	0,0013	0,0008	0,0021	0,0006	42,0	3,9
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES							
F	0,0030	0,0022	-0,0004	0,0075	0,0027	91,0	2,0
CN	0,000033	<0,000001	<0,000001	0,000313	0,000085	261,4	0,9
NO3	0,241	0,243	0,091	0,335	0,083	34,5	2,4
PO4	-0,022	-0,021	-0,063	-0,004	0,014	-65,4	-5,1
NH4	-0,008	-0,007	-0,020	0,000	0,007	-82,1	-3,1
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES							
DBO5	-0,31	-0,20	-0,81	0,15	0,39	-124,3	-4,9
O2	0,050	0,056	-0,041	0,094	0,032	63,5	0,5
MO	-0,41	-0,42	-0,72	-0,09	0,21	-52,8	-3,8
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS							
Det	-0,0026	-0,0023	-0,0058	-0,0008	0,0018	-69,1	-5,2
Fen	-0,000291	-0,000246	-0,000571	-0,000100	0,000203	-69,8	-12,3
Hid	-0,005	-0,005	-0,009	-0,003	0,002	-48,3	-6,0
ICG	-0,57	-0,53	-1,00	-0,30	0,17	-30,5	-0,8

IV.4.2.2. Subcuencas

Se ha realizado el mismo estudio de tendencias en cada una de las cinco subcuencas hidrográficas que componen la cuenca del Río Ebro estudiada, obteniéndose los resultados de se muestran en **TABLA 65** a **TABLA 66**.

TABLA 65. RESUMEN DE TENDENCIAS NO-PARAMÉTRICAS PARA LA SUBCUENCA DEL RÍO ARAGÓN.

	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD	%Variación anual
	Ud./mes	Ud./mes	Ud./mes	Ud./mes		%	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS							
Q	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	<0,1	<0,1	-1,1
TAI							
TAG	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	-231,9	-0,1
pH	0,014	0,014	0,010	0,017	0,003	22,4	0,2
CE	4	4	3	5	1	32,5	0,5
SS							
Col							
COMPONENTES MAYORITARIOS							
Ca	0,3	0,3	0,3	0,3	<0,1	15,7	0,3
Mg							
Na	0,3277	0,4240	0,0868	0,4722	0,2100	64,1	0,5
K	-0,025	-0,025	-0,025	-0,025	<0,001	<0,1	-0,8
Cl							
SO4	1,0	1,0	1,0	1,0	<0,1	3,9	0,7
Alc	2,0	2,0	2,0	2,0	<0,1	<0,1	1,2
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES							
Fe							
Mn							
As							
Hg							
Cd							
Cu							
Cr							
Pb							
Zn							
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES							
F	0,0010	0,0010	0,0006	0,0014	0,0004	39,1	0,7
CN	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001	-	0,0
NO3							
PO4	-0,007	-0,007	-0,010	-0,004	0,003	-45,7	-1,6
NH4	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	0,0
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES							
DBO5							
O2	0,060	0,060	0,053	0,066	0,009	15,6	0,6
MO	-0,28	-0,28	-0,28	-0,28	<0,01	<0,1	-2,5
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS							
Det							
Fen							
Hid							
ICG	-0,50	-0,49	-0,63	-0,40	0,09	-18,6	-0,7

TABLA 66. RESUMEN DE TENDENCIAS NO-PARAMÉTRICAS PARA LA SUBCUENCA DEL RÍO EBRO (TRONCO)

	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD	%Variación anual
	Ud./mes	Ud./mes	Ud./mes	Ud./mes		%	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS							
Q	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	<0,1	<0,1	-2,9
TAI	0,05	0,14	-0,11	0,17	0,14	258,1	0,3
TAG	0,1	0,1	0,0	0,1	<0,1	56,5	0,5
pH	0,019	0,019	0,014	0,022	0,003	15,3	0,2
CE	6	7	2	10	3	52,1	0,9
SS	1	1	0	2	1	105,7	2,5
Col	-441	-384	-1044	-137	322	-73,1	-1,2
COMPONENTES MAYORITARIOS							
Ca							
Mg	0,0	0,0	-0,2	0,1	0,2	-659,1	-0,1
Na	0,3471	0,3471	0,1801	0,5142	0,2362	68,0	0,7
K	-0,032	-0,032	-0,032	-0,032	<0,001	<0,1	-1,1
Cl	-0,10	-0,10	-0,34	0,13	0,33	-323,3	-0,2
SO4	1,2	0,9	0,7	2,0	0,7	59,1	0,9
Alc	0,7	0,6	0,3	1,2	0,4	63,1	0,5
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES							
Fe	0,0046	0,0048	0,0012	0,0078	0,0024	51,9	5,7
Mn	0,001	0,001	0,000	0,002	0,001	53,313	4,0
As	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001	-	<0,1
Hg	<0,0000001	<0,0000001	<0,0000001	<0,0000001	<0,0000001	-	<0,1
Cd	0,000005	0,000003	0,000000	0,000014	0,000005	107,6	1,9
Cu	0,00002	<0,00001	<0,00001	0,00008	0,00003	209,0	0,5
Cr	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	-	<0,1
Pb	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	186,618	0,2
Zn	0,0014	0,0013	0,0008	0,0021	0,0006	42,0	4,1
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES							
F	0,0021	0,0022	-0,0004	0,0050	0,0017	80,9	1,4
CN	0,000037	<0,000001	<0,000001	0,000206	0,000079	212,2	0,9
NO3							
PO4	-0,024	-0,024	-0,048	-0,005	0,013	-52,5	-6,6
NH4	-0,007	-0,006	-0,012	-0,004	0,003	-46,1	-2,6
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES							
DBO5	-0,03	-0,03	-0,20	0,15	0,25	-989,9	-0,4
O2	0,037	0,051	-0,041	0,076	0,040	108,1	0,4
MO							
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS							
Det	-0,0022	-0,0023	-0,0030	-0,0013	0,0008	-35,8	-4,6
Fen	-0,000197	-0,000200	-0,000292	-0,000100	0,000096	-48,6	-7,1
Hid	-0,004	-0,005	-0,006	-0,003	0,001	-30,8	-4,5
ICG	-0,62	-0,63	-1,00	-0,30	0,22	-36,2	-0,8

TABLA 67. RESUMEN DE TENDENCIAS NO-PARAMÉTRICAS PARA LA SUBCUENCA DEL RÍO GALLEGO.

	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD	%Variación anual
	Ud./mes	Ud./mes	Ud./mes	Ud./mes		%	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS							
Q	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	<0,1	<0,1	-0,4
TAI	0,16	0,16	0,16	0,16	<0,10	<0,1	1,0
TAG	0,1	0,1	0,1	0,1	<0,1	22,4	0,6
pH	0,014	0,016	0,004	0,019	0,007	49,2	0,2
CE	3	3	3	3	<1	<0,1	0,5
SS							
Col							
COMPONENTES MAYORITARIOS							
Ca							
Mg	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	<0,1	<0,1	-0,5
Na	0,1914	0,1914	0,1914	0,1914	<0,0001	<0,1	0,3
K	0,160	0,160	0,160	0,160	<0,001	<0,1	5,5
Cl	0,31	0,31	0,31	0,31	<0,01	<0,1	0,3
SO4							
Alc							
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES							
Fe							
Mn							
As	0,000048	0,000048	0,000048	0,000048	<0,000001	<0,1	3,7
Hg							
Cd							
Cu							
Cr	0,00007	0,00007	0,00007	0,00007	<0,00001	<0,1	4,6
Pb							
Zn							
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES							
F							
CN	0,000104	<0,000001	<0,000001	0,000313	0,000180	173,2	3,2
NO3							
PO4	-0,012	-0,010	-0,023	-0,004	0,010	-78,9	-2,9
NH4	-0,007	-0,007	-0,007	-0,007	<0,001	<0,1	-2,5
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES							
DBO5	-0,46	-0,46	-0,81	-0,10	0,50	-110,4	-8,0
O2	0,050	0,050	0,050	0,050	<0,001	<0,1	0,5
MO	-0,39	-0,39	-0,39	-0,39	<0,01	<0,1	-3,7
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS							
Det	-0,0058	-0,0058	-0,0058	-0,0058	<0,0001	<0,1	-11,9
Fen	-0,000571	-0,000571	-0,000571	-0,000571	<0,000001	<0,1	-27,2
Hid	-0,006	-0,006	-0,009	-0,003	0,004	-72,2	-7,3
ICG	-0,40	-0,40	-0,40	-0,40	<0,01	<0,1	-0,6

TABLA 68. RESUMEN DE TENDENCIAS NO-PARAMÉTRICAS PARA LA SUBCUENCA DEL RÍO JALÓN

	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD	%Variación anual
	Ud./mes	Ud./mes	Ud./mes	Ud./mes		%	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS							
Q							
TAI	0,15	0,15	0,15	0,15	<0,01	<0,1	0,9
TAG	0,1	0,1	0,1	0,1	<0,1	<0,1	0,6
pH	0,014	0,015	0,011	0,017	0,003	19,9	0,2
CE	10	10	5	16	8	75,4	1,5
SS	3	3	3	3	<1	<0,1	9,9
Col							
COMPONENTES MAYORITARIOS							
Ca							
Mg							
Na							
K							
Cl							
SO4	5,4	5,4	4,7	6,1	1,0	17,8	4,0
Alc	1,3	1,3	1,3	1,3	<0,1	<0,1	0,8
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES							
Fe	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	<0,0001	<0,1	6,1
Mn	0,003	0,003	0,003	0,003	<0,001	<0,001	12,8
As							
Hg							
Cd							
Cu							
Cr							
Pb							
Zn							
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES							
F	0,0075	0,0075	0,0074	0,0075	0,0001	0,8	5,1
CN	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001	-	<0,1
NO3							
PO4	-0,017	-0,013	-0,026	-0,012	0,007	-44,3	-4,0
NH4	-0,011	-0,011	-0,011	-0,011	<0,001	<0,1	-4,1
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES							
DBO5							
O2	0,054	0,054	0,054	0,054	<0,001	<0,1	0,6
MO	-0,52	-0,52	-0,52	-0,52	<0,01	<0,1	-4,9
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS							
Det							
Fen							
Hid							
ICG	-0,72	-0,72	-0,85	-0,58	0,19	-26,6	-1,0

**TABLA 69. RESUMEN DE TENDENCIAS NO-PARAMÉTRICAS PARA LA SUBCUENCA DEL RÍO
 SEGRE-CINCA**

	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD	%Variación anual
	Ud./mes	Ud./mes	Ud./mes	Ud./mes		%	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS							
Q	-2,3	-2,3	-2,3	-2,3	<0,1	<0,1	-2,1
TAI	0,09	0,12	-0,21	0,26	0,18	194,2	0,6
TAG	<0,1	0,1	<0,1	0,1	<0,1	108,7	0,2
pH	0,023	0,024	0,011	0,032	0,005	24,1	0,3
CE	7	8	1	12	5	76,0	0,9
SS	<1	<1	<1	<1	<1	-707,1	-0,1
Col	-122	-122	-124	-119	4	-2,9	-0,2
COMPONENTES MAYORITARIOS							
Ca	-0,1	0,3	-1,0	0,5	0,8	-1262,8	-0,1
Mg							
Na	0,3017	-0,0813	-1,1365	2,1229	1,6631	551,3	0,4
K	-0,029	-0,029	-0,029	-0,029	<0,001	<0,1	-0,8
Cl	0,29	-0,29	-1,29	3,04	1,89	647,0	0,3
SO4	0,3	0,3	0,3	0,3	<0,1	<0,1	0,2
Alc	0,9	0,9	0,5	1,4	0,4	38,7	0,5
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES							
Fe							
Mn							
As							
Hg							
Cd							
Cu							
Cr							
Pb							
Zn							
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES							
F	0,0075	0,0075	0,0075	0,0075	<0,0001	<0,1	4,9
CN	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001	-	<0,1
NO3	0,241	0,243	0,091	0,335	0,083	34,5	2,2
PO4	-0,027	-0,026	-0,063	-0,004	0,017	-63,7	-6,4
NH4	-0,011	-0,012	-0,020	-0,001	0,010	-92,6	-4,5
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES							
DBO5	-0,60	-0,60	-0,60	-0,60	<0,01	<0,01	-9,0
O2	0,057	0,059	-0,022	0,094	0,032	55,3	0,6
MO	-0,42	-0,45	-0,72	-0,09	0,32	-75,5	-3,6
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS							
Det	-0,0008	-0,0008	-0,0008	-0,0008	<0,0001	<0,1	-1,6
Fen							
Hid							
ICG	-0,54	-0,53	-0,74	-0,36	0,11	-21,4	-0,8

Se detecta de forma generalizada en todas las subcuencas una disminución de la concentración de *fosfatos* a lo largo del tiempo, confirmándose el carácter generalizado de la misma (FIGURA 113).

Destaca también la disminución significativa de todos los *componentes orgánicos específicos* en aquellas subcuencas en las que se dispone de datos suficientes para la realización del análisis de tendencias: Gallego y Ebro (tronco), con disminuciones superiores al 5% anual, para la mayoría de los casos.

Entre los *parámetros orgánicos indicadores*, se observa una disminución generalizada de la *materia orgánica*, entorno al -4%, acompañada de una disminución más significativa de la *demanda biológica de oxígeno* que llega a ser del -9,0% en la cuenca del Segre-Cinca. Al mismo tiempo el *oxígeno disuelto* aumenta su concentración media entorno al 0,6% anual en todas las subcuencas.

En el caso de los *aniones*, y al margen del fosfato ya mencionado, existe una disminución de la concentración de ión *amonio*, aunque esta no es regular a lo largo de las subcuencas, mientras que el resto de parámetros mantienen o aumentan su concentración, destacando el caso del *fluor* en la subcuenca Segre-Cinca, con una variación anual media del +4,9%.

Se dispone de pocos datos para evaluar las tendencias de los *metales* en la cuenca, restringiéndose los existentes a la subcuenca Ebro (tronco) prácticamente, si bien en todos los casos se detecta un aumento en las concentraciones, especialmente del *manganeso* (+4,0%), *zinc* (4,1%) y el *hierro* (+5,7%).

El resto de parámetros estudiados (*componentes mayoritarios y no específicos*), no presentan variaciones significativas, salvo quizás una disminución del caudal circulante en subcuencas como la del Río Aragón y el Segre-Cinca, del -1,1% y el -2,1% respectivamente.

El *ICG*, que disminuye de forma global un -0,8% anual en el período estudiado, se mantiene uniforme entre las diferentes subcuencas durante el período estudiado, con variaciones entre -1,0% y -0,6% anual (FIGURA 116).

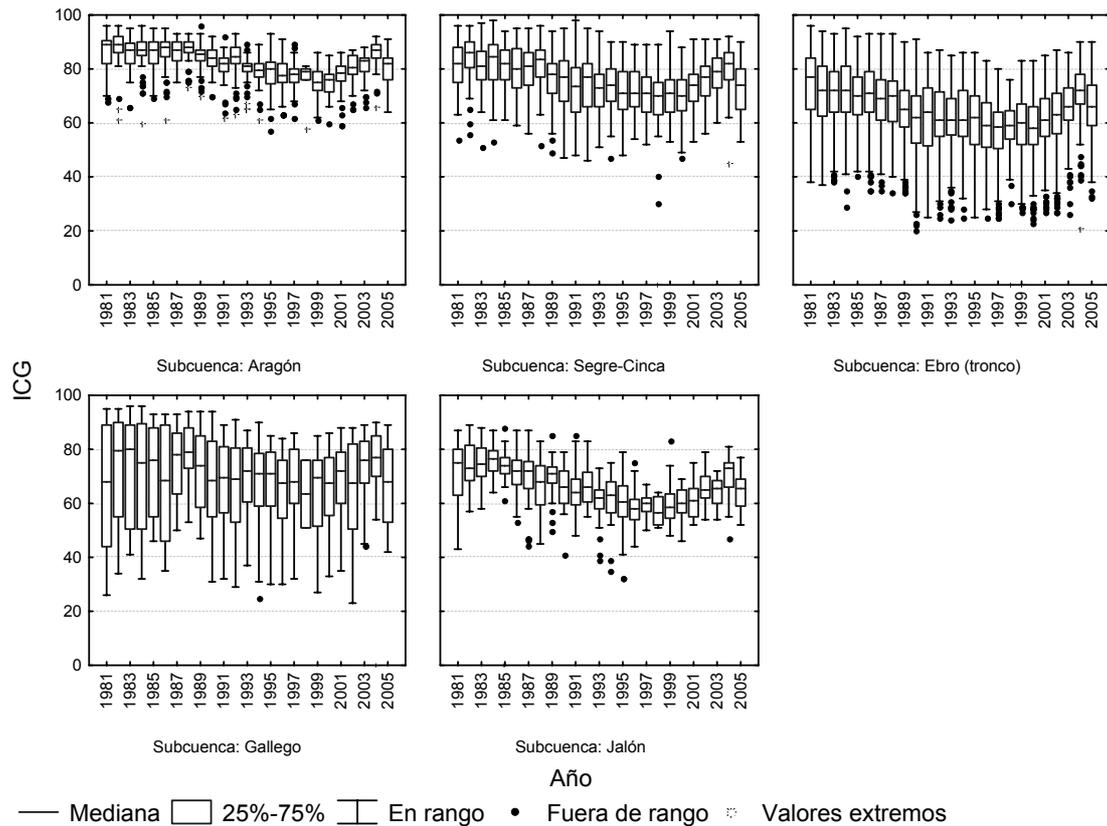


FIGURA 116. DIAGRAMAS DE CAJAS PARA EL ICG EN CADA SUBCUENCA

IV.5. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS POR LOS MÉTODOS PARAMÉTRICO Y NO-PARAMÉTRICO.

Una vez realizado el estudio de tendencias por los dos métodos anteriormente descritos en el presente apartado (paramétrico y no-paramétrico), se realiza un estudio comparativo de los resultados obtenidos en ambos casos, desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo, tal y como se detalla a continuación.

IV.5.1. Comparación cualitativa de las tendencias detectadas.

Al comparar los resultados obtenidos mediante la aplicación de técnicas paramétricas y no-paramétricas para la detección de tendencias, se obtiene como

primer dato que el 75% de las tendencias se detectan en el mismo sentido mediante la aplicación de ambos métodos.

Las mayores diferencias entre ambos métodos se dan en el *plomo* y el *arsénico*, seguidos de los *cianuros* y el *mercurio*, con un 75% de discrepancias entre ambos métodos estudiados, debido a la menor robustez del método paramétrico de la pendiente, tal y como se observó con anterioridad para el caso de los *cianuros* a modo de ejemplo (IV.2.1.3). Para ellos, el método paramétrico ofrece falsos positivos en la detección de tendencias, no ofrecidas por el método no-paramétrico.

Son muchos los parámetros que presentan un alto grado de similitud en los resultados obtenidos por ambos métodos, si bien cabe destacar que para ningún parámetro se produce una coincidencia plena en los resultados obtenidos.

Al estudiar estos mismos datos en cada una de las subcuencas se obtienen resultados similares en todas ellas (**TABLA 70**), con un 65% de resultados con diferencias inferiores al 10% entre ambos métodos. Destacar simplemente el caso de la subcuenca Segre-Cinca, donde se presentan las menores desviaciones entre métodos.

TABLA 70. PORCENTAJES DE VARIACIÓN ENTRE LOS RESULTADOS OBTENIDOS POR AMBOS MÉTODOS

Cuenca/Subcuenca	% parámetros con diferencia <10%	% parámetros con diferencia >10%
Ebro	65%	35%
Aragón	68%	32%
Ebro (tronco)	60%	40%
Gallego	56%	44%
Jalón	53%	47%
Segre-Cinca	76%	24%

En las subcuencas de los Ríos Aragón, Jalón y Gallego, son pocas las estaciones (<5) existentes, por lo que no resultan significativos los resultados obtenidos en estos cauces, si bien merece destacar una discrepancia del ICG en el 75% de las estaciones situadas en la subcuenca del Río Gallego.

Por el contrario, en el Río Segre-Cinca, *arsénico*, *cadmio*, *chromo* y *plomo* presentan resultados distintos en el 100% de los casos, así como *detergentes* y *cianuros*, en el 88% y 80% de los casos respectivamente. Por el contrario, *cobre*, *zinc*, *mercurio*, *pH* y *fosfatos*, presentan resultados 100% coincidentes por ambos métodos.

En el caso de la subcuenca del Río Ebro-tronco, *arsénico*, *mercurio* y *plomo* presentan discrepancias en un 85% de las estaciones, mientras que por el contrario, *pH*, *sulfatos*, *calcio*, *hierro*, *manganeso*, *cadmio*, *chromo*, *fosfatos*, y el *ICG*, son plenamente coincidentes.

Se han detectado siete casos en los que la tendencia detectada por los distintos métodos es completamente contrapuesta. De ellos, cabe descartar el caso de los *cianuros* en las estaciones A01, E11, G04, J03, S01 y S02, donde el método paramétrico detectó tendencias negativas, y el no-paramétrico positivas. En la Figura 99 se observa la variación anual de la concentración de cianuros a lo largo de 25 años (1981-2005) en la estación A01. En ella se puede observar como en el año 1981 hay un valor elevado de este analito, si bien durante el periodo 1982-1996, no hay variación, para aumentar progresivamente a partir de esa fecha. El método paramétrico se ve tremendamente influenciado por el valor anormal determinado en el año 1981, mientras que esto no es así en el caso del método no-paramétrico, que detecta el aumento de concentración que se observa en los últimos años.

IV.5.2. Comparación cuantitativa de las tendencias detectadas.

Se ha realizado una comparación entre las tendencias cuantificadas por métodos paramétricos, y aquellas cuantificadas por métodos no-paramétricos, y se ha calculado el ratio entre la pendiente paramétrica y la no-paramétrica (**TABLA 71**) con objeto de obtener un valor numérico que permita la comparación entre ambas.

De forma general se observa un alto grado de similitud entre las tendencias cuantificadas por ambos métodos: el 65% de las tendencias detectadas por ambos métodos presente menos de un 25% de variación entre ambas.

En el caso de los parámetros no específicos, son similares las tendencias detectadas por ambos métodos, sin que se observe con claridad un patrón definido que haga que una de los métodos ofrezca valores mayores que el otro de forma

sistemática. Destaca el caso de los *coliformes totales* en la estación C01, donde el método paramétrico detecta una variación anual (-1779 UFC/100mL/año) catorce veces superior a la detectada por el método no-paramétrico (-124 UFC/100mL/año), lo cual es debido a la presencia de valores muy elevados del parámetro en los primeros años (FIGURA 117), que afectan los resultados obtenidos por el test paramétrico, debido a su baja robustez ante estas situaciones. Una situación similar se da con el mismo parámetro en E09 y con los sólidos en suspensión en E08.

Los componentes mayoritarios presentan variaciones similares por ambos métodos, destacando, tan sólo, el caso de los *cloruros* en la estación E06, donde el método paramétrico detecta una pendiente (+1,00 ppm/año) siete veces mayor que el no paramétrico (+0,13 ppm/año).

El caso de los metales presenta diferencias con los anteriores, salvo en el caso del *hierro* y el *manganeso*, que son similares. Aunque son pocos los datos de los que se dispone, si es significativo que en todos ellos las variaciones anuales detectadas con el método paramétrico son superiores a las detectadas por el no-paramétrico, llegando a casos extremos como el del *cadmio* en E02, donde el paramétrico es del orden de diecisiete veces mayor, siendo la causa la misma que la anteriormente citada.

Los aniones presentan también valores similares por ambos métodos, salvo en el caso del *amonio*, donde el método paramétrico detecta aproximadamente el doble que el no-paramétrico en la mayoría de las estaciones disponibles.

El resto de parámetros siguen la misma tónica, salvo el ICG que presenta una variación anual más baja si se calcula mediante el método paramétrico.

TABLA 71. COMPARACIÓN TENDENCIA PARAMÉTRICA VS. NO-PARAMÉTRICA.

	A01	A02	A03	A04	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11	E12	E13	G01
Parámetros no específicos																		
Q				1,51														
TAI						1,36							1,57	1,46	0,83			1,03
TAG													0,91			1,87		
pH	1,03	1,18	1,05	0,97	1,04	1,06	1,07	0,95	1,20	0,89	0,97	0,96	0,91	0,89	1,02	1,04	0,96	1,12
CE	0,84	0,95	1,07	0,82	0,74	1,08	1,44		1,19	1,56				0,84	1,10	0,81	0,92	1,00
SS								0,84					5,13					
Col							1,21						3,02					
Componentes mayoritarios																		
Ca																		
Mg					0,94											1,18		
NA	1,04					1,80				1,88								
K		0,92				0,69												
Cl					0,98					7,56								
SO4			1,41			1,29				1,36							0,88	
Alc	0,96					0,58											0,89	
C. Minoritarios-Inorgánicos-Metales																		
Fe						0,80				0,82	1,12	0,76					0,95	
Mn					0,96	1,06				0,89	1,23	0,72					1,20	
As																		
Hg																		
Cd						17,88				8,38		4,86					1,82	3,57
Cu							1,21											
Cr																		
Pb																		
Zn										1,03	1,17							1,11
C. Minoritarios-Inorgánicos-Aniones																		
F						0,84			0,87	0,96	1,67			0,86	0,74			4,32
CN																		
NO3																		
PO4		1,37	1,17	1,87	3,01	1,46	1,62	1,33	1,37	1,43	1,25	1,21	0,88	0,86	1,14	1,21	1,35	
NH4							2,41								1,29	2,37		
C. Minoritarios-Orgánicos-Indicadores																		
DBO5											0,96	1,47						
O2	0,86	0,62				0,94	0,88				1,05					1,59		0,98
MO																		
C. Minoritarios-Orgánicos-Componentes Específicos																		
Det							1,04	2,69			1,53	1,73						
Fen							0,86				0,90	1,05						
Hid						2,34					1,80					2,94	3,93	
ICG	0,75	0,79	0,67	0,77	0,73	0,80	0,97		0,85	1,05	1,01	0,90		0,77	0,98	1,04	0,88	0,88

TABLA 71. COMPARACIÓN TENDENCIA PARAMÉTRICA VS. NO-PARAMÉTRICA. (CONT.)

	G02	G03	G04	J01	J02	J03	C01	C02	C03	C04	S01	S02	S03	S04	S05	S06	S07	S08
Parámetros no específicos																		
Q										0,59								
TAI					1,10			1,03		1,03				0,92				
TAG																		
pH	0,91	1,16	1,91	1,18	1,05	0,62	0,93			1,01	1,26	1,21	0,93	0,99	0,98	0,95	0,98	1,01
CE					1,18	1,27	0,87	0,87		0,80	1,01			1,00				
SS																		
Col							14,32											
Componentes mayoritarios																		
Ca																		-
Mg																		0,94
NA							1,10	0,98										
K											0,86							
Cl							0,99	0,94					1,06					1,09
SO4						1,27						0,92						
Alc							1,09	0,88		1,04								1,08
C. Minoritarios-Inorgánicos-Metales																		
Fe																		
Mn					0,92													
As		1,43																
Hg																		
Cd																		
Cu																		
Cr																		
Pb																		
Zn																		
C. Minoritarios-Inorgánicos-Aniones																		
F						1,19												
CN		1,14																
NO3								0,90		1,05				0,95	0,91	0,95		
PO4	0,84		1,68	1,17		0,63		1,25		0,97	0,95	0,97	1,15	1,26	1,11	1,32	1,28	1,34
NH4	1,93			2,18						1,51				2,10				
C. Minoritarios-Orgánicos-Indicadores																		
DBO5	1,44		1,49							1,05								
O2						0,52	0,89	1,89		0,87	0,81	0,86		0,85	0,82	0,85	0,94	0,92
MO										1,14				2,45			0,77	
C. Minoritarios-Orgánicos-Componentes Específicos																		
Det			2,91															8,98
Fen																		
Hid																		
ICG					0,79	0,67	0,57	0,77		0,99	0,74		0,59	0,76	0,65	0,69		0,84

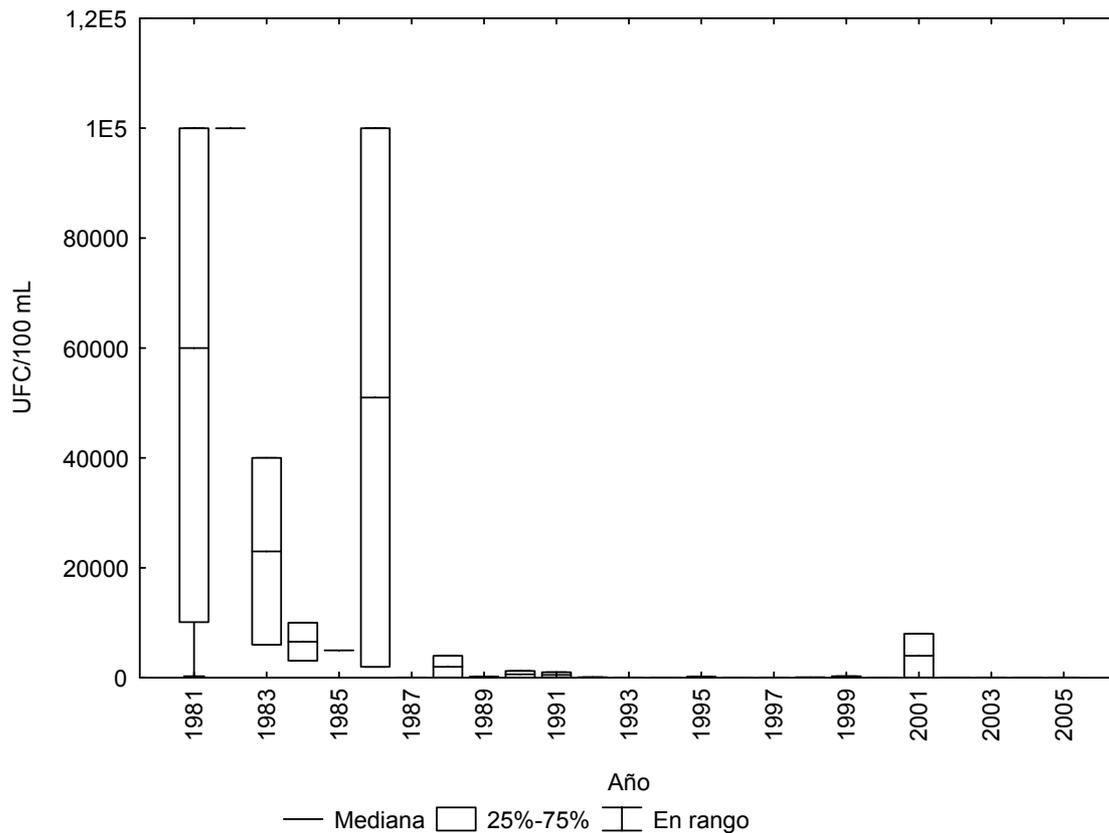


FIGURA 117. DIAGRAMA DE CAJAS ANUAL DE LA CONCENTRACIÓN DE COLIFORMES TOTALES EN LA ESTACIÓN C01 (1981-2005).

IV.6. APLICACIÓN SECUENCIAL DEL MÉTODO NO-PARAMÉTRICO EN DISTINTOS PERÍODOS DE TIEMPO.

IV.6.1. Ensayos preliminares para el diseño de la estrategia de cálculo.

Con objeto de obtener una visión más detallada de la evolución de la calidad del agua en la cuenca del Río Ebro durante el periodo estudiado (1981-2005) se ha realizado una aplicación secuencial del Test de Mann-Kendall estacional y la Pendiente de Sen a todas las estaciones y parámetros en distintos periodos de tiempo.

Para ello es necesario definir de manera preliminar la estrategia de cálculo, definiendo los distintos periodos en los que se va a realizar el cálculo. Previamente se ha establecido que la diferencia de tiempo entre los distintos estudios debe ser al menos de cinco años. Este periodo mínimo viene impuesto por el volumen de datos

disponible y en base a las recomendaciones de la bibliografía, para que los resultados obtenidos tengan significación estadística. También un periodo de cinco años es un tiempo suficiente y necesario para poder evaluar posibles cambios producidos en los ecosistemas acuáticos por nuevas fuentes de contaminación o al contrario, por la puesta en marcha de planes de corrección tomados para contrarrestar la excesiva presencia de determinadas sustancias.

Una vez establecido este periodo mínimo, se han realizado diferentes ensayos preliminares que básicamente pueden resumirse en dos tipos de diseño:

1. Cálculo en periodos independientes y sucesivos de cinco años:
 1. Periodo 1 (P1): 1981-1985
 2. Periodo 2 (P2): 1986-1990
 3. Periodo 3 (P3): 1991-1995
 4. Periodo 4 (P4): 1996-2001
 5. Periodo 5 (P5): 2001-2005
2. Cálculo en periodos acumulativos a partir de un periodo inicial de diez años:
 1. Periodo 1 (P1): 1981-1990
 2. Periodo 2 (P2): 1981-1995
 3. Periodo 3 (P3): 1981-2000
 4. Periodo 4 (P4): 1981-2005

Una vez realizado estos cálculos, se estudiara la evolución de las tendencias en cada uno de los periodos y se intentara definir cual de estos diseños conduce a una visión mas clara de lo que está ocurriendo en la cuenca durante el periodo estudiado.

IV.6.2. Análisis secuencial en periodos independientes.

Se ha realizado un estudio de tendencias secuencial de los datos de las 36 estaciones localizadas en la CHE durante el periodo 1981-2005. Dicho estudio se ha llevado a cabo dividiendo este periodo en cinco subperiodos, mostrados anteriormente.

Realizando el estudio de tendencias mediante esta metodología se obtiene una práctica ausencia de las mismas durante todos los subperiodos, estaciones y parámetros.

En la Tabla 72, donde se muestran los resultados obtenidos para el caso de los *fosfatos*, parámetro que presentaba una gran cantidad de tendencias negativas en el estudio global del periodo. Como puede observarse, si se estudian los datos en periodos de 5 años, son muy pocos los casos en los que se detecta una tendencia para el caso de los fosfatos.

TABLA 72. TENDENCIAS DE LAS DISTINTAS ESTACIONES PARA FOSFATOS EN PERIODOS DE 5 AÑOS.

Estación	1981-1985	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005
A01	-	-	-	-	-
A02	-	-	-	-	-
A03	-	-	-	-	-
A04	-	-	-	-	-
E01	-	-	-	-	-
E02	-	-	-	-	-
E03	-	-	-	-	-
E04	-	-	-	-	-
E05	▲	-	-	▼	-
E06	-	-	-	-	-
E07	-	-	-	-	-
E08	-	-	▼	-	-
E09	-	-	-	-	-
E10	-	-	-	-	-
E11	-	-	-	-	-
E12	-	-	-	-	-
E13	-	-	-	-	-
G01	-	-	-	-	-
G02	-	-	▼	-	-
G03	-	-	-	-	-
G04	-	-	-	-	-
J01	-	-	-	-	▼
J02	-	-	-	-	-
J03	-	-	▼	-	-
C01	-	-	-	-	-
C02	-	-	-	-	-
C03	-	-	-	-	▲
C04	-	-	▼	-	-
S01	-	-	-	-	-
S02	-	-	-	-	-
S03	-	-	-	-	-
S04	-	-	-	-	▲
S05	-	-	-	-	-
S06	-	-	-	-	-
S07	-	-	-	-	-
S08	-	-	-	-	-

▼ Tendencia negativa; - Sin tendencia. ▲ Tendencia positiva

Otro caso significativo es el del *ICG*. En la **TABLA 73** se muestran los resultados del mismo estudio para este, en cuyo caso se obtienen resultados similares a los fosfatos, siendo muy pocos en los casos en los que se detecta tendencia.

TABLA 73. TENDENCIAS DE LAS DISTINTAS ESTACIONES PARA ICG EN PERIODOS DE 5 AÑOS.

Estación	1981-1985	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005
A01	-	-	-	-	-
A02	-	-	-	-	-
A03	-	-	-	-	-
A04	▼	-	-	-	-
C01	-	-	-	-	-
C02	-	-	-	-	-
C03	-	-	-	-	-
C04	-	-	-	-	-
E01	-	▼	-	-	-
E02	-	▼	-	-	-
E03	-	-	-	-	-
E04	-	-	-	-	-
E05	-	▼	-	-	-
E06	-	▼	-	-	-
E07	-	-	-	-	-
E08	-	-	-	-	-
E09	-	-	-	-	-
E10	-	-	-	-	-
E11	-	-	-	-	-
E12	-	-	-	-	-
E13	-	-	-	-	-
G01	-	-	-	-	-
G02	-	-	-	-	-
G03	-	-	-	-	-
G04	-	-	-	-	-
J01	-	-	▼	-	-
J02	-	-	-	-	-
J03	-	-	-	-	-
S01	-	-	-	-	-
S02	-	-	-	-	-
S03	▼	-	-	-	-
S04	-	-	-	-	-
S05	-	-	-	-	-
S06	-	-	-	-	-
S07	-	-	-	-	-
S08	-	-	-	-	-

▼ Tendencia negativa; - Sin tendencia. ▲ Tendencia positiva

En la **FIGURA 118** se muestran los valores medios anuales del ICG para la estación E06 (1981-2005), para la cual se detecta tendencia negativa del ICG en el periodo 1981-2005, mientras que como se muestra en la **TABLA 73**, el estudio en cinco periodos sólo desvela tendencia negativa en el periodo 1986-1990. Si se observan cada uno de los cinco periodos de forma individual, no se observa disminución clara de los valores, salvo en el segundo periodo, tal y como indica el test estacional de Mann-Kendall, y quizás un ligero ascenso en el último periodo, pero que no es detectado por este test. Por el contrario, si se observa todo el periodo de 25 años de forma conjunta, parece existir un descenso de concentraciones progresivo en los 15 primeros años, una estabilización en los cinco siguientes, y un ligero aumento del ICG en los últimos cinco años (2001-2005).

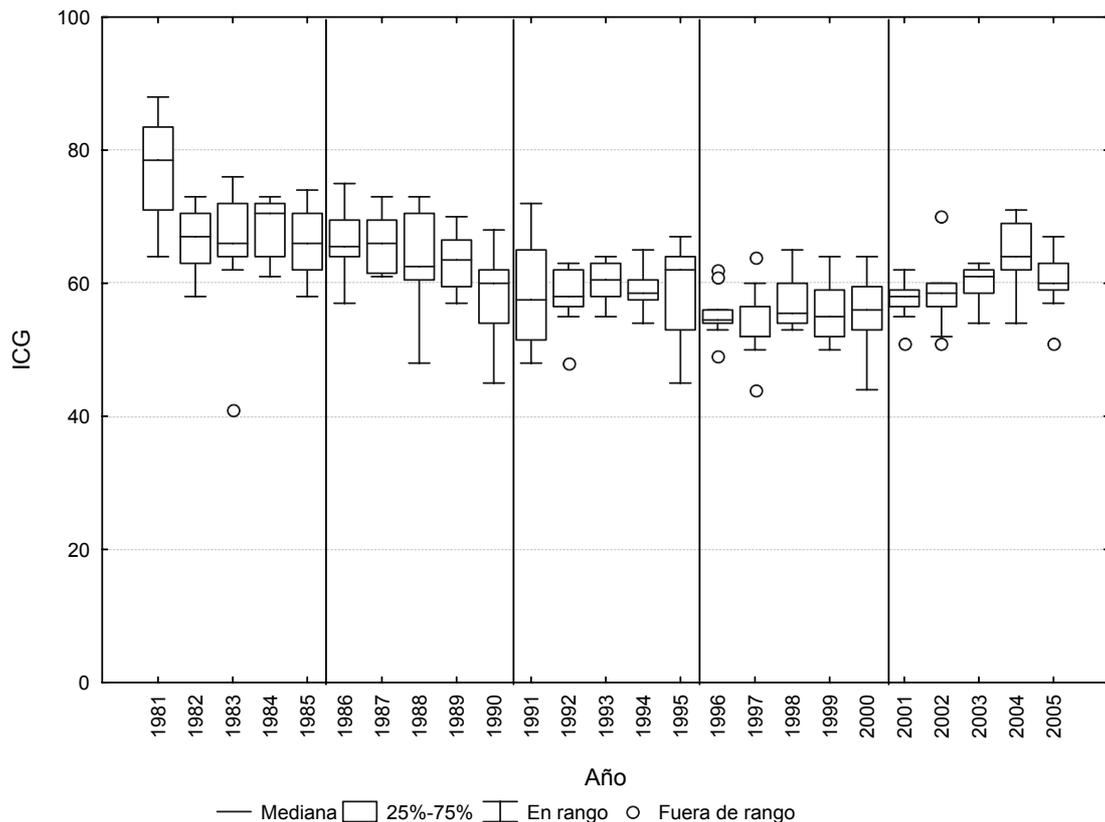


FIGURA 118. DIAGRAMA DE CAJAS PARA ICG EN EL PERIODO 1981-2005 PARA LA ESTACIÓN E06.

A la vista de los resultados obtenidos siguiendo esta metodología secuencial se concluye que la misma no se presenta como una opción útil para el estudio evolutivo de las tendencias de calidad de aguas, ya que en periodos tan cortos, la detección de tendencias se complica, teniendo que ser estas mucho más marcadas para su detección.

IV.6.3. Análisis secuencial en periodos acumulativos.

Una segunda opción consiste en realizar el estudio de tendencias no-paramétrico mediante el Test de Mann-Kendall estacional y la Pendiente de Sen a todas las estaciones y parámetros de forma acumulativa, tomando en periodos acumulados de 5 años, tras un periodo inicial de 10 años:

- Periodo 1 (P1): 1981-1990.
- Periodo 2 (P2): 1981-1995.
- Periodo 3 (P3): 1981-2000.
- Periodo 4 (P4): 1981-2005.

Una vez realizado estos cálculos, se estudia la evolución de las tendencias en estos cuatro periodos, con la intención de obtener una visión de lo que está ocurriendo en la cuenca durante el periodo estudiado.

En la **TABLA 74** se muestran las tendencias cualitativas del ICG en todas las estaciones durante los cuatro periodos estudiados. A raíz de estos datos se deduce que durante el periodo 1981-2005, la calidad de las aguas de la cuenca del Ebro tiene una clara tendencia a empeorar, con desviaciones puntuales, salvo el río Gallego, que parece que en los últimos años ha mantenido la calidad de sus aguas.

**TABLA 74. EVOLUCIÓN CUALITATIVA DE LAS TENDENCIAS DEL ICG EN EL PERIODO 1981-2005
 PARA LA ESTACIONES DE LA CUENCA DEL EBRO.**

Estación	P1	P2	P3	P4
A01	▼	▼	▼	▼
A02	▼	▼	▼	▼
A03	-	▼	▼	▼
A04	▼	▼	▼	▼
E01	▼	▼	▼	▼
E02	▼	▼	▼	▼
E03	-	▼	▼	▼
E04	▼	-	▼	-
E05	▼	▼	▼	▼
E06	▼	▼	▼	▼
E07	▼	▼	▼	▼
E08	▼	▼	▼	▼
E09	▼	▼	▼	-
E10	▼	▼	▼	▼
E11	-	▼	▼	▼
E12	▼	▼	▼	▼
E13	▼	▼	▼	▼
G01	▼	▼	▼	▼
G02	-	▼	▼	-
G03	-	▼	▼	-
G04	-	-	-	-
J01	-	▼	▼	-
J02	-	▼	▼	▼
J03	▼	▼	▼	▼
C01	-	▼	▼	▼
C02	▼	▼	▼	▼
C03			-	-
C04	▼	▼	▼	▼
S01	▼	▼	▼	▼
S02	-	-	▼	-
S03	▼	▼	▼	▼
S04	▼	▼	▼	▼
S05	▼	▼	▼	▼
S06	-	▼	▼	▼
S07	-	▼	▼	-
S08	-	▼	▼	▼

▼ Tendencia negativa; - Sin tendencia.

En la **TABLA 75** se realiza este mismo estudio, pero desde el punto de vista cuantitativo, mostrándose los valores de la Pendiente de Sen para cada caso. La

FIGURA 119 muestra gráficamente estos resultados mediante los valores medios por subcuenca y de la cuenca en su totalidad. Estas representaciones facilitan una rápida visión de los cambios que se producen en la velocidad de deterioro o recuperación de una masa de agua.

Los datos mostrados en la **FIGURA 119** indican que durante los quince primeros años del estudio (1981-1995) el deterioro de las aguas de la cuenca del Ebro, y en especial los ríos Segre-Cinca y Aragón, era cada vez más acusado. A partir de entonces, este deterioro se hace cada vez más lento en el tiempo, si bien según las tendencias detectadas en la **TABLA 74** siguen siendo negativas, o hacia el deterioro de la calidad de las aguas.

Por el contrario, las aguas del tronco del Ebro y el Río Jalón se mantuvieron en un deterioro constante durante los quince primeros años, para posteriormente ir frenando ese deterioro. En el Río Gallego, el deterioro ha ido disminuyendo durante todo el periodo de estudio.

**TABLA 75. EVOLUCIÓN CUANTITATIVA DE LAS TENDENCIAS DEL ICG EN EL PERIODO 1981-2005
 PARA LA ESTACIONES DE LA CUENCA DEL EBRO.**

Estación	P1	P2	P3	P4
A01	-0,50	-0,63	-0,56	-0,40
A02	-0,33	-0,67	-0,80	-0,50
A03	-0,33	-0,67	-0,75	-0,49
A04	-0,50	-0,80	-0,87	-0,63
C01	-0,19	-0,78	-0,61	-0,36
C02	-0,75	-1,00	-1,00	-0,62
C03		-8,92	-1,00	0,00
C04	-1,50	-1,25	-1,00	-0,50
E01	-0,64	-1,00	-0,93	-0,63
E02	-0,75	-1,33	-1,23	-0,73
E03	0,00	-0,25	-0,50	-0,30
E04	-0,50	0,00	-0,25	-0,04
E05	-1,00	-1,25	-1,07	-0,71
E06	-1,20	-0,90	-0,89	-0,50
E07	-1,79	-0,95	-0,83	-1,00
E08	-1,00	-1,14	-0,90	-0,50
E09	-1,17	-1,31	-1,17	-0,64
E10	-1,60	-1,35	-1,14	-0,71
E11	-1,00	-0,73	-0,81	-0,50
E12	-0,60	-0,79	-0,65	-0,30
E13	-1,75	-1,88	-1,50	-0,90
G01	-0,25	-0,75	-0,76	-0,40
G02	-2,33	-0,92	-0,68	-0,20
G03	-4,17	-1,43	-0,81	-0,25
G04	0,25	-0,61		-0,18
J01	-1,79	-1,00		-0,25
J02	-0,50	-1,13		-0,58
J03	-1,13	-1,17		-0,85
S01	-0,75	-0,79	-0,83	-0,54
S02	-0,30	-0,31	-0,43	-0,10
S03	-0,50	-0,80	-0,69	-0,41
S04	-0,75	-1,20	-1,05	-0,74
S05	-0,92	-0,88	-0,83	-0,64
S06	-1,00	-1,08	-1,00	-0,50
S07	-1,17	-0,82	-0,60	-0,20
S08	-1,11	-1,38	-1,02	-0,53

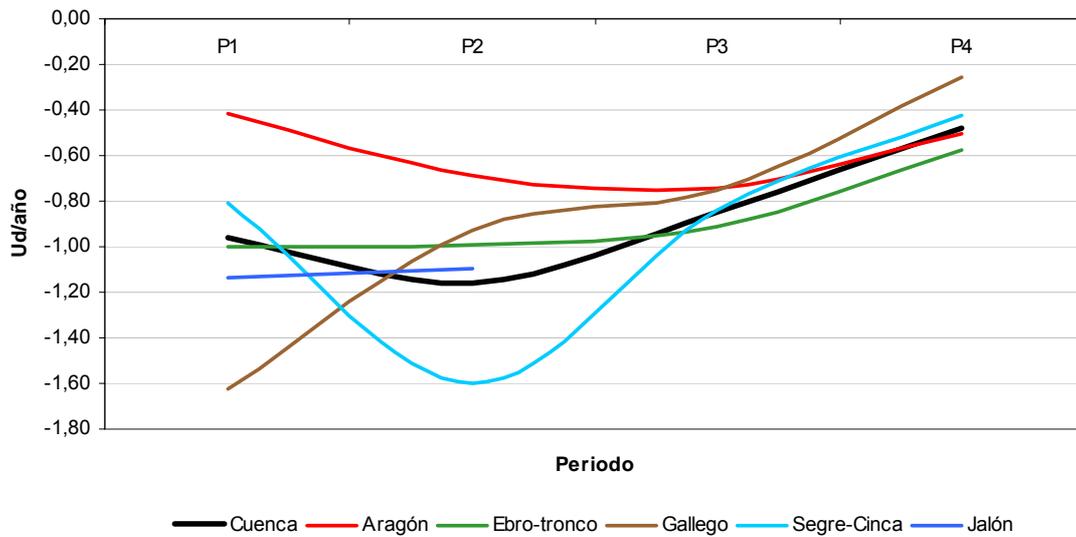


FIGURA 119. EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA PENDIENTE DE SEN MEDIA PARA EL ICG EN LA CUENCA DEL EBRO Y SUBCUENCA.

IV.6.3.1. Parámetros no específicos.

El *pH* ha sido el parámetro para el cual se han detectado el mayor número de tendencias a nivel de cuenca, y siempre hacia una basificación de las aguas, tal y como se describió en IV.4.1.4 y IV.4.2.1. El estudio secuencial (FIGURA 120) demuestra como esto ha sido así a lo largo del periodo estudiado (1981-2005), salvo en el periodo 1981-1995 para la subcuenca del Río Gallego. Este estudio también muestra como el grado de esta tendencia se va haciendo menor en cada quinquenio, con una tendencia general a disminuir la velocidad de gasificación de las aguas.

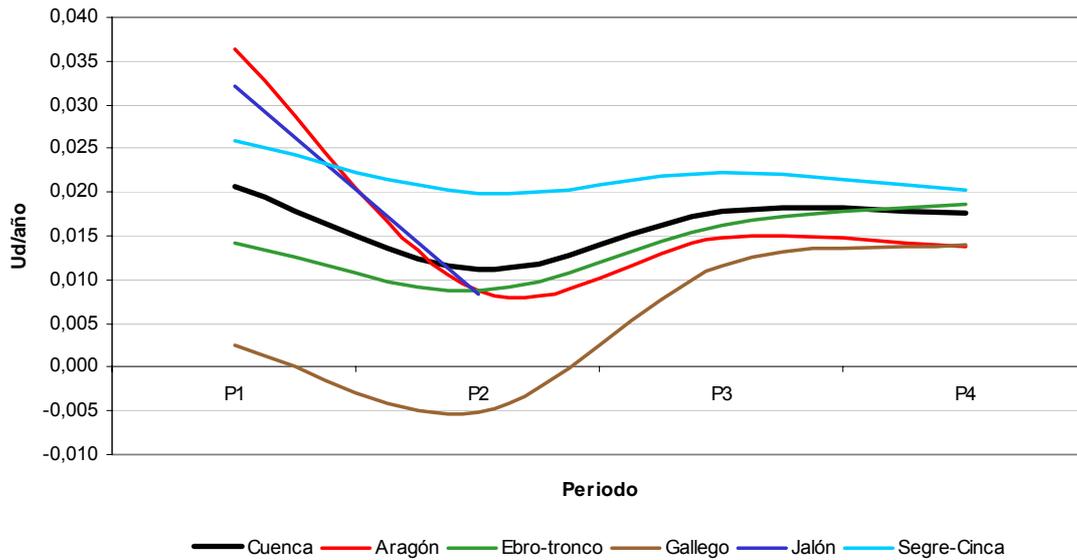


FIGURA 120. EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA PENDIENTE DE SEN MEDIA PARA EL PH EN LA CUENCA DEL EBRO Y SUBCUENCAS.

Significativo resulta también el caso de la *conductividad eléctrica* (FIGURA 121), la cual ha ido aumentando paulatinamente a lo largo de los años 1981-2005 en la práctica totalidad de la cuenca, con la excepción del Río Gallego, si bien las tendencias son tan bajas que no llegan a ser detectadas como tales por el test estacional de Mann-Kendall.

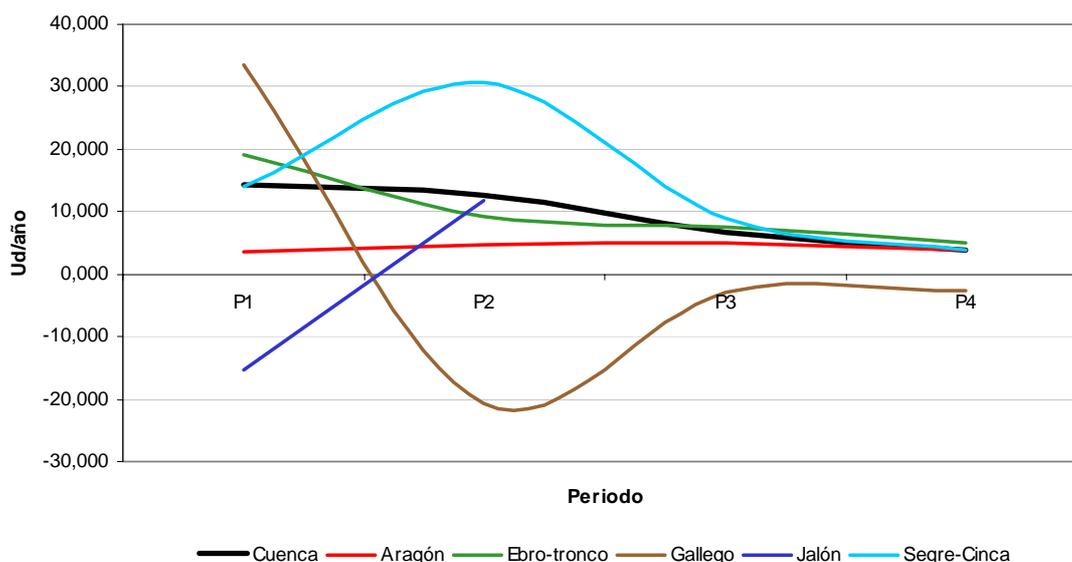


FIGURA 121. EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA PENDIENTE DE SEN MEDIA PARA LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN LA CUENCA DEL EBRO Y SUBCUENCAS.

El resto de parámetros no específicos no presenta variaciones significativas.

IV.6.3.2. Componentes mayoritarios.

Entre los componentes mayoritarios se detectó una estabilidad generalizada en la cuenca, con valores entorno al 80% de los casos en los que no se detectaba tendencia. El parámetro con más tendencias detectadas fue el de *alcalinidad*, con un 28% de las estaciones, en las que siempre era positiva esta tendencia.

El estudio secuencial (**FIGURA 122**) muestra como esta tendencia se ha mantenido a lo largo de todo el periodo estudiado (1981-2005), si bien cada vez va siendo menor el aumento de la alcalinidad en toda la cuenca, situándose actualmente en valores de estabilidad.

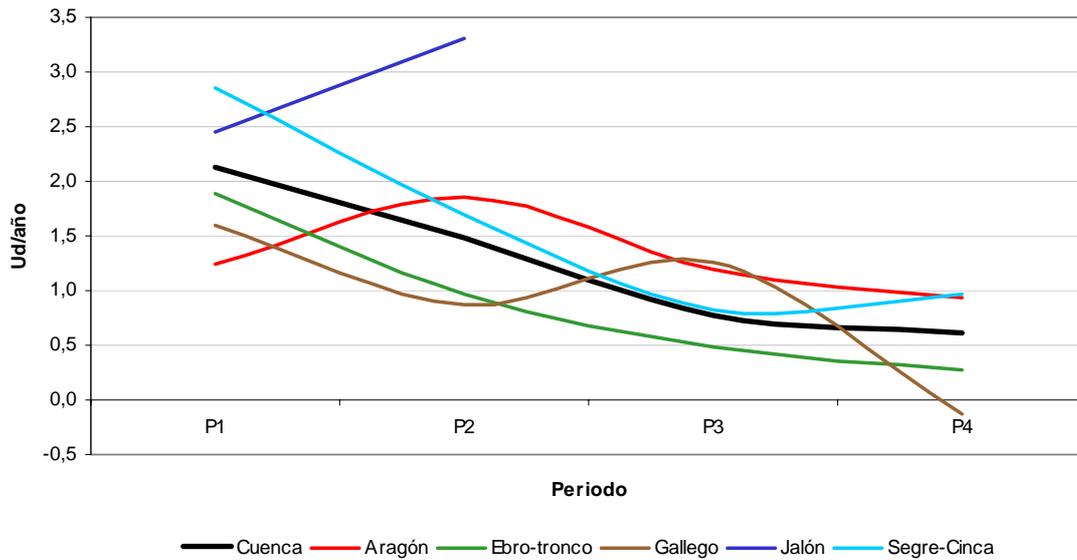


FIGURA 122. EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA PENDIENTE DE SEN MEDIA PARA LA ALCALINIDAD EN LA CUENCA DEL EBRO Y SUBCUENCAS.

El resto de parámetros presentan datos similares, sin mayor relevancia, coincidiendo con los datos obtenidos en el caso de la conductividad eléctrica, estudiado anteriormente, como cabría esperar.

IV.6.3.3. Componentes minoritarios inorgánicos metales.

Son pocos los datos existentes para realizar la evaluación de las tendencias de los compuestos metálicos en las aguas de la cuenca del Ebro, por lo que aún resulta más complejo realizar un estudio secuencial de las mismas. Se ha realizado este con los datos existentes a nivel de cuenca para el caso del *cadmio* (FIGURA 123) y *zinc* (Figura 124), a modo de ejemplo, y en ambos casos se observa una tendencia alcista de las concentraciones, pero sin que se pueda afirmar que existen datos suficientes como para llegar a conclusiones precisas.

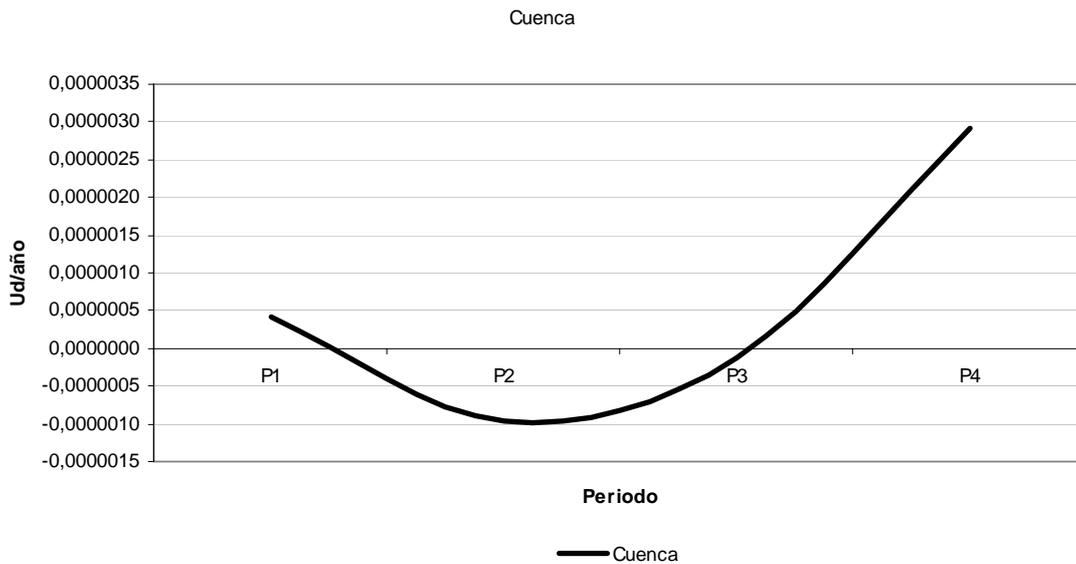


FIGURA 123. EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA PENDIENTE DE SEN MEDIA PARA EL CADMIO EN LA CUENCA DEL EBRO.

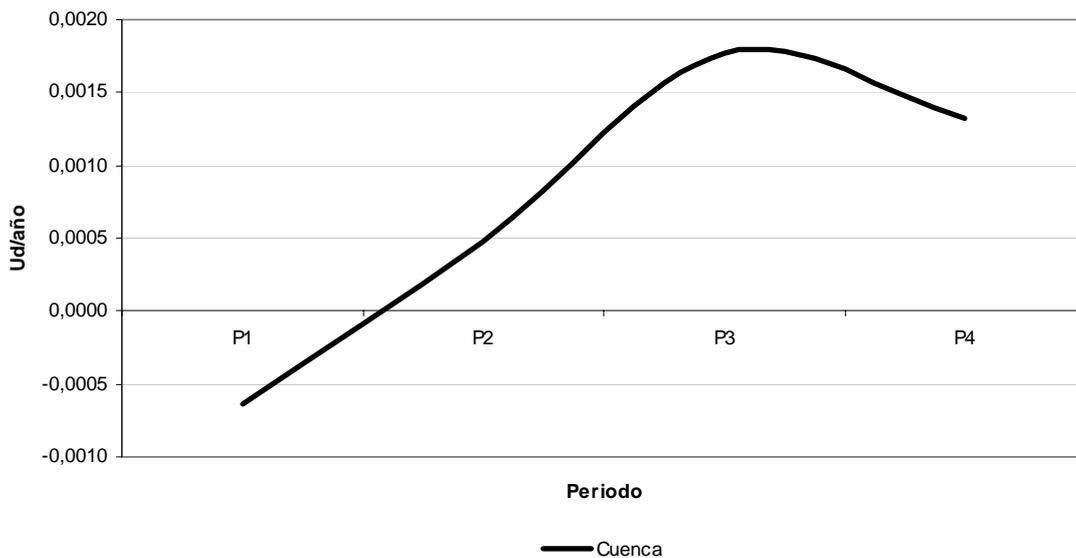


FIGURA 124. EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA PENDIENTE DE SEN MEDIA PARA EL ZN EN LA CUENCA DEL EBRO.

IV.6.3.4. Componentes minoritarios inorgánicos aniones.

El segundo parámetro en importancia en lo referente al número de tendencias detectado han sido los *fosfatos*, para los que se detectó una tendencia generalizada hacia la disminución de su concentración a nivel de Cuenca. Se ha realizado el estudio

secuencial de tendencias (Figura 125), y este desvela como no siempre ha sido así. En los primeros años del estudio 1981-1991 se observa una clara tendencia hacia el aumento de la concentración de fosfatos en la cuenca en general, y especialmente en las subcuencas del Segre-Cinca y el Ebro-tronco, mientras que el resto de subcuencas presentaba pequeñas disminuciones de las concentraciones de este anión en disolución. A partir del segundo periodo estudiado (1981-1995) y en los sucesivos, en todas las subcuencas se observa una disminución de la concentración, si bien en los últimos años es reducción es menor, debido posiblemente a la baja concentración de fosfatos existente actualmente en la cuenca, que hace difícil una mayor reducción (Figura 100).

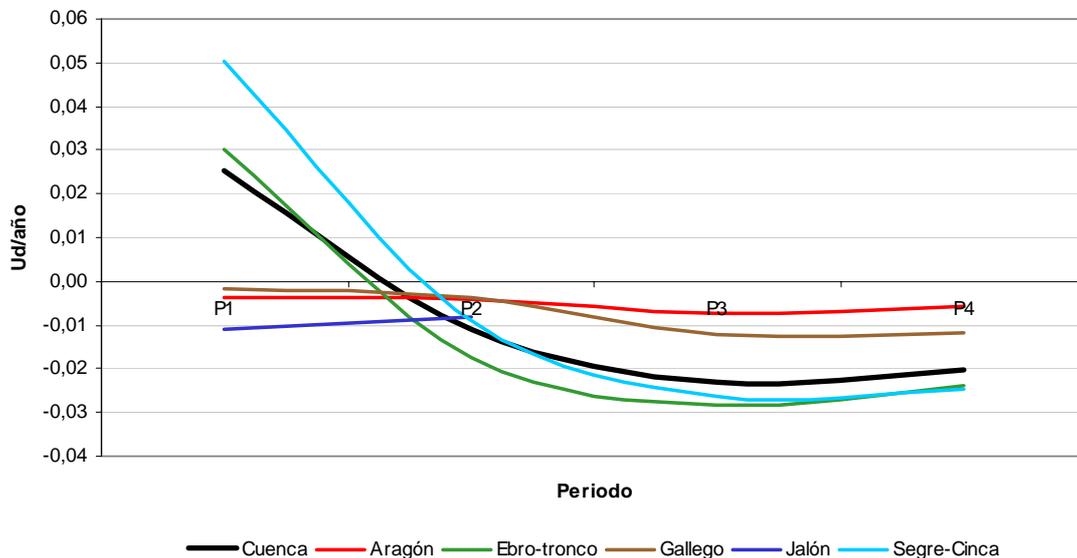


FIGURA 125. EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA PENDIENTE DE SEN MEDIA PARA LOS FOSFATOS EN LA CUENCA DEL EBRO Y SUBCUENCA.

En el caso del *amonio* se observa (FIGURA 126) una disminución de las tendencias con el tiempo, incluso una ligera inversión de las mismas en algunos casos, ya que actualmente la concentración de amonio en la cuenca permanece constante, si bien se ha frenado radicalmente su aumento, como ocurría en los años ochenta.

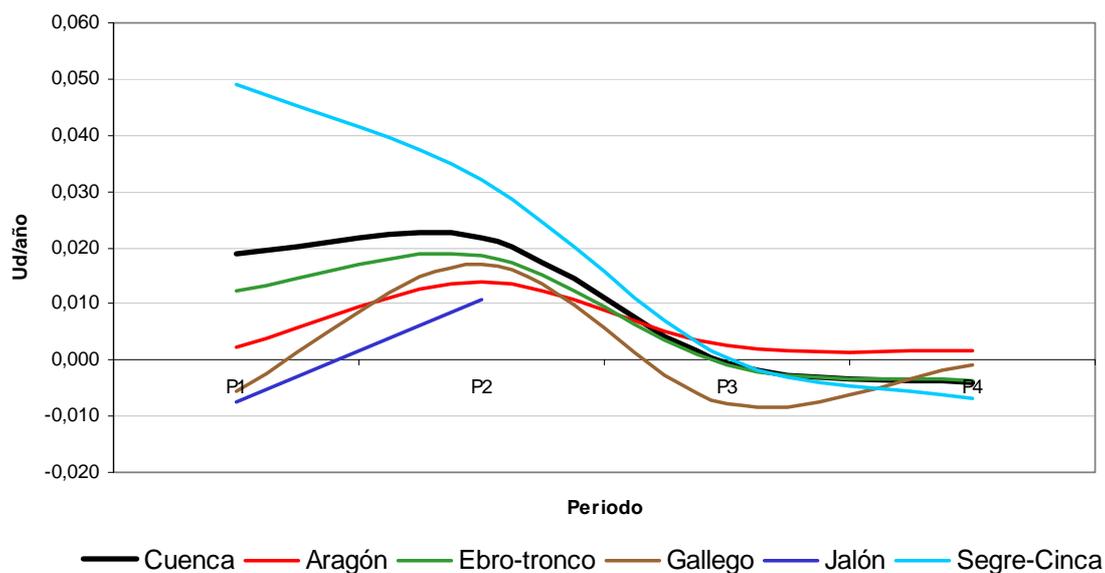


FIGURA 126. EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA PENDIENTE DE SEN MEDIA PARA EL AMONIO EN LA CUENCA DEL EBRO Y SUBCUENCAS.

Los *nitratos* son otro de los parámetros más característicos a la hora de estudiar la calidad de las aguas. En el presente estudio, se detectó tendencia tan sólo en el 17% de los casos estudiados, si bien en todos ellos la esta era positiva, tal y como se desprende también del estudio secuencial de las mismas efectuado (FIGURA 127); no obstante es de destacar como esta tendencia es cada vez menos acusada.

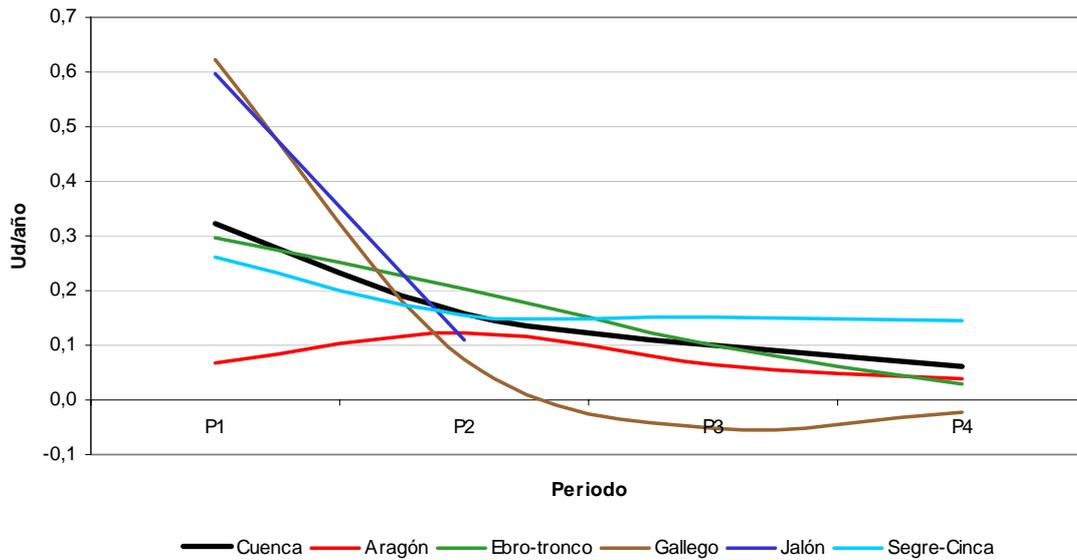


FIGURA 127. EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA PENDIENTE DE SEN MEDIA PARA LOS NITRATOS EN LA CUENCA DEL EBRO Y SUBCUENCAS.

IV.6.3.5. Componentes minoritarios orgánicos indicadores.

Entre los parámetros orgánicos indicadores estudiados, se detectó (IV.4.1.4) una significativa tendencia de la DBO_5 hacia la disminución de su concentración, sin embargo, el estudio de tendencias secuencial (FIGURA 128) muestra como esto no ha sido así durante todo el periodo estudiado. Como puede observarse en la FIGURA 128, la tendencia general de este parámetro ha sido siempre hacia un aumento de su concentración en toda la cuenca, si bien, en los 2 últimos quinquenios esta tendencia se ha reducido drásticamente, e incluso ha sido invertida en el último quinquenio, en el que existe una tendencia hacia la disminución de la concentración de DBO_5 en toda la cuenca. Esta clara inversión de las tendencias podría ser una consecuencia de la gran cantidad de EDARs que han sido puestas en funcionamiento a partir de 1991, con la entrada en vigor de la Directiva 91/271/CEE del Consejo sobre tratamiento de aguas residuales urbanas⁹⁸.

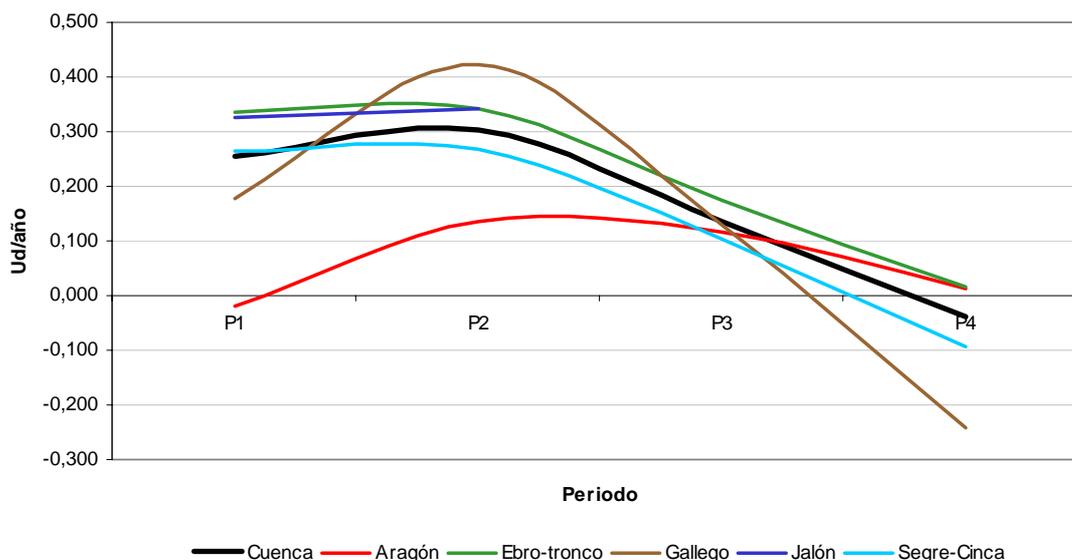


FIGURA 128. EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA PENDIENTE DE SEN MEDIA PARA LA DBO5 EN LA CUENCA DEL EBRO Y SUBCUENCA.

Un comportamiento similar presenta la *materia orgánica*, y completamente inverso el *oxígeno disuelto*, que aumenta progresivamente sus concentraciones en las aguas de la cuenca del Ebro.

IV.6.3.6. Componentes minoritarios orgánicos específicos.

De entre los parámetros orgánicos específicos, el que mayor número de tendencias ha presentado han sido los detergentes, con el 17% de los casos estudiados, todas ellas negativas. El estudio secuencial de las mismas (Figura 129) demuestra este hecho en toda la cuenca, si bien desvela como esta tendencia va disminuyendo a lo largo de los años, e incluso actualmente corre el peligro de invertirse y comenzar una concentración de estos compuestos en la cuenca del Ebro.

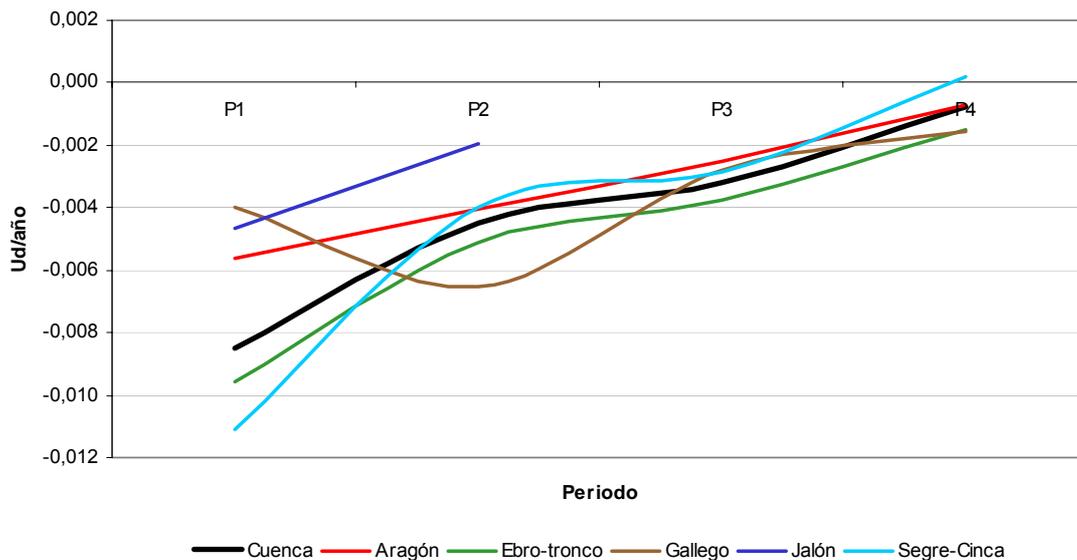


FIGURA 129. EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA PENDIENTE DE SEN MEDIA PARA LOS DETERGENTES EN LA CUENCA DEL EBRO Y SUBCUENCA.

IV.7. Estudio comparativo.

Con objeto de estudiar cuál es la metodología más adecuada para la realización de un estudio evolutivo de tendencias de calidad de aguas, se han estudiado dos alternativas, descritas en el apartado IV.6.1, obteniéndose los siguientes resultados:

- El estudio secuencial realizado en el apartado IV.6.2, no ofrece resultados concluyentes, ya que al realizar estudios de tendencias sobre cortos periodos de tiempo (5 años), estas han de ser muy pronunciadas para ser detectadas, por lo que no es aconsejable su utilización para la realización de este tipo de estudios.
- El método acumulativo muestra resultados concluyentes tras la representación de los resultados obtenidos, pudiendo observarse gráficamente con suma facilidad la evolución de las tendencias en el tiempo, siendo por tanto el método recomendado para la realización de estudios evolutivos de tendencias de calidad de aguas.

A tenor de estos datos, parece que periodos de cinco años son cortos para la detección de tendencias en este tipo de datos, no así periodos de 20 ó 25 años como se han estudiado anteriormente.

El estudio comparativo entre un periodo y ese mismo periodo ampliado en una serie de años, tal y como se ha realizado en el segundo diseño (acumulativo) parece ser la mejor opción a la hora de seguir la evolución de las tendencias de calidad de aguas, ya que el ratio entre las tendencias detectadas por una estación en cada periodo facilita un valor numérico rápidamente traducible para comprender si dicha tendencia va en aumento, o por el contrario en disminución.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA.

- ¹ Carson, R.L. 1962. *Silent Sprint*. Houghton Mifflin. Boston.
- ² Ternero, M; Pino, F; Pérez-Benito, D.; Valcarcel, M. 1980. "A new kinetic method for the determination of magnesium and its application to natural waters". *Microchemical Journal*, 25, 102-110.
- ³ Ternero, M.; Gracia, I. 1983. Determination of trace amounts of molybdenum in natural waters by solvent extraction-atomic absorption espectrometry alter chelating ion-exchange pre-concentration. *Analyst*, 108, 310-315.
- ⁴ Bello, M.A.; Callejón, M.; Jiménez, J.C.; Pablos, F.; Ternero, M. 1994. Determination of Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn in estuarine sediments by acid digestión and atomic absortion spectrometry. *Toxicological and Environmental Chemistry*, 44, 203-210.
- ⁵ Punta, A.; Barragán ,F.J.; Ternero, M.; Guiraum, A. 1990. Spectorfluorimetric determination of sulphide in natural and wastewaters with 1,2-naphthoquinone-4-sulphonate. *Analyst*, 115, 1499-1503.
- ⁶ Alonso, E.; Callejón, M.; Jiménez, J.C.; Ternero, M. 1998. A voltammetry Procedure with Médium Exchange for the Specitation of Heavy Metals in Wastewater of a Sewage Treatment Plant. *Electroanalysis*, 10 (13), 917-920.
- ⁷ Bouza, R.; de Pablos, F.; Ternero, M.; Brieva, C. 1999. Study of PAH's levels in waters of the Guadalquivir river. *Toxicological and Environmental Chemistry*, 71, 33-42.
- ⁸ González, M.A.; Ternero, M.; Usero, J.; Gracia, I. 1986. *Estudio preliminar de la cuenca alta del río Guadalete*. Actas del II Simposio sobre el agua en Andalucía, 347-359.
- ⁹ González, M.A.; Usero, J.; Ternero, M.; Gracia, I. 1987. Estudio de la calidad de las aguas de la cuenca alta del río Guadalete. *Tecnología del Agua*, 33, 86-95.
- ¹⁰ González, M.A.; Ternero, M.; Usero, J.; Gracia, I. 1990. Estudio de la calidad de las aguas de las cuencas media y baja del río Guadalete. *Tecnología del Agua*, 64, 51-60.

-
- ¹¹ González, M.A.; Usero, J.; Gracia, I.; Ternero, M. 1991. *Estudio hidroquímico y taxonómico de las cuencas media y baja del río Guadalete*. Actas del III Simposio sobre el Agua en Andalucía, II, 345-356.
- ¹² Enguix, A.; Ternero, M.; Jiménez, J.C.; Barragán, F.J.; Gomero, T. 1990. *Calidad de las aguas del río Guadaira. Estudio hidroquímico preliminar*. Actas del I Congreso Internacional de Química de la ANQUE, I, 119-128.
- ¹³ Enguix, A.; Ternero, M.; Jiménez, J.C.; Barragán, F.J. 1991. *Contaminación por elementos metálicos e índices estadísticos de calidad en la cuenca del río Guadaira*. Actas del III Simposio sobre el Agua en Andalucía, II, 319-330.
- ¹⁴ Enguix, A.; Ternero, M.; Jiménez, J.C.; Barragán, F. 1997. *La recuperación del río Guadaira. Necesidad de conseguir una conciencia medioambiental*. Actas del Congreso Nacional de Educación Ambiental 20 años después de Tbilisi, II, 605-606.
- ¹⁵ Enguix, A.; Ternero, M.; Jiménez, J.C.; Fernández, A.J.; Barragán, F.J. 2000. Assessment of metals in sediment in a tributary of Guadalquivir river (Spain). Heavy metals partitioning and relation between the water and sediment system. *Water, Air and Soil Pollution*, 121, 11-29.
- ¹⁶ Villalba, M.; Barragán, F.J.; Ternero, M.; Jiménez, J.C. 1995. Hydrochemical study of an aquifer system in an agricultural area in south west Spain. *Water Research*, 29 (5), 1361-1372.
- ¹⁷ Alonso, E.; Callejón, M.; Jiménez, J.C.; Ternero, M. 1997. Control de metales pesados en los procesos convencionales de depuración de aguas residuales urbanas. *Tecnoambiente*, 75, 33-36.
- ¹⁸ Alonso, E.; Callejón, M.; Jiménez, J.C.; Ternero, M. 1997. *Control de metales pesados en los procesos convencionales de depuración de aguas residuales urbanas. Análisis de especiación*. Actas del Congreso Nacional de Educación Ambiental 20 años después de Tbilisi, II, 607-610.
- ¹⁹ Alonso, E.; Callejón, M.; Jiménez, J.C.; Ternero, M. 2002. Heavy metal extractable fractions in sludge from wastewater treatment plants. *Chemosphere*, 47, 765-775.
- ²⁰ González, M.A.; Ternero, M.; Usero, J.; Gracia, I. 1989. Análisis estadístico multivariante de la calidad de las aguas de la cuenca alta del río Guadalete.

-
- ²¹ Enguix, A.; Ternero, M.; Jiménez, J.C.; Barragán, F.J. 1993. Estudio hidroquímico preliminar de la cuenca del río Guadaira por métodos estadísticos multivariantes. *Tecnología del Agua*, 114, 65-73.
- ²² Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. Diario Oficial de las Comunidades Europeas. L327 de 22 de diciembre de 2000.
- ²³ J. Grath, A. Scheidleder, S. Uhlig, K. Weber, M. Kralik, T. Keimel, D. Gruber (2001): *The EU Water Framework Directive: Statistical aspects of the identification of groundwater pollution trends, and aggregation of monitoring results. Final Report.* Austrian Federal Ministry of Agriculture and Forestry, Environmental Water Management (Ref.: 41.046/01-IV1/00 and GZ 16 2500/2-1/6/00), European Commission (Grant Agreement Ref.: Subv 99/130794), in kind contributions by project partners. Vienna.
- ²⁴ Covington, A.K.; Robinson, R.A.; Bates, R.C., 1966. The ionization constant of deuterium oxide from 5° to 50°. *Journal of Physical Chemistry*, 70, 3820-3824.
- ²⁵ Akabane; Nasasake; Kurosawa; Akira, 1958. Silicic acid solution, 1, System of SiO₂, NaOH, CaCl₂ and H₂O. *Chemical Society [Japan] Journal*, 61, 303.
- ²⁶ American Society for Testing and Materials, 1964. *Manual on industrial water and industrial waste water.* Philadelphia, 856.
- ²⁷ Greenwald, Isidor (1941). Dissociation of calcium and magnesium carbonates and bicarbonates. *Journal of Biological Chemistry*, v.141, 789-796.
- ²⁸ Kennedy, V.C.; Jones, B.F.; Zellweger, G.W. 1974. Filter pore-size effects on the analysis of Al, Fe, Mn and Ti in water. *Water Resources Research*, 10, 785-790.
- ²⁹ Wershaw, R.L. (1970). *Sources and behavior of mercury in surface waters. Mercury in the environment:* U.S. Geological Survey Professional Paper 713, 29-31.
- ³⁰ Hem, J.D. (1972). Chemistry and occurrence of cadmium and zinc in surface water and ground water. *Water Resources Research*, v 8, 661-679.
- ³¹ Horn, M.K.; Adams, J.A.S. (1966). Computer-derived geochemical balances and element abundances. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 30, 279-297.

-
- ³² Stevenson, F.J. (1972). *Nitrogen: element and geochemistry*. Fairbridge, R.W., ed., Encyclopedia of geochemistry and environmental sciences: New York, Van Nostrand Reinhold, 795-801.
- ³³ Catalán Lafuente, J.G., 1990. *Química del Agua*. Librería Editorial Bellisco, 2ª Ed. Madrid.
- ³⁴ U.S. Environmental Protection Agency, 1998. *Consumer Confidence Reports. Final Rule*. Federal Register 63:160:44512.
- ³⁵ McClelland, N.I., 1974, *Water Quality Index application in the Kansas river basin*. US Environmental Protection Agency, Kansas City, MO, EPA-907/9-74-001.
- ³⁶ Horton, R.K., 1965: An Index-Number System for rating water quality. *Journal of the Water Pollution Control Federation* 37(3):300-306.
- ³⁷ Landwehr, J.M., 1974. *Water Quality Indices Construction and Análisis*. Ph.D. Thesis. University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, USA.
- ³⁸ Ott, W.R., 1978. *Water Quality Indices: A survey of indices used in the United States*. U.S. Environmental Protection Agency Office of Research and Development, Washington, D.C.
- ³⁹ Ott, W.R., 1978. *Environmental Indices – Theory and Practice*. Ann Arbor Science, Ann Arbor, Michigan.
- ⁴⁰ Steinhart, C.; Schierow, I.; Chesters, G., 1981. *A review of Water Quality and Related Indices*. Great Lakes Environmental Planning Study Contribution No. 38, Water Resources Center, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin, USA.
- ⁴¹ Couillard, D.; Lefebvre, Y., 1985. Análisis of water quality indices. *J. Environ. Mgmt.*, 21, 161-179.
- ⁴² House, M.A.; Ellis, J.B., 1987. The development of water quality indices for operational management. *Water Sci. Technol.*, 19 (9), 145-154.
- ⁴³ Smith, D.G., 1990. A better water quality indexing system for rivers and streams. *Wat. Res.* 24 (10), 1237-1244.
- ⁴⁴ Harkins, R.D., 1974. An objective water quality index. *J. Water Poll. Control Fed.*, 46 (39), 588-591.

-
- ⁴⁵ Brown, R.M.; McClelland, N.I.; Deininger, R.A.; Tozer, R.G., 1970. A water quality index – Do we dare?. *Wat. Sewage Wks.*, 339-343.
- ⁴⁶ Huetting, R., 1991. *Correcting nacional income for environmental losses: a practical solution for a theoretical dilemma*. En Constanza, R. (ed.): *Ecological Economics. The Science and Management of Sustainability*, 194-213. New York: Columbia University Press.
- ⁴⁷ Beamonte, E.; Bermúdez, J.D.; Casino, A.; Veres, E., 2004. La calidad del agua en ciertas estaciones de control del Canal Júcar-Turia (periodo 1994-2001). *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros* (en prensa).
- ⁴⁸ Carter, J.T.; Rice, E.W.; Buchberger, S.G.; Lee, Y., 2000. Relationships between levels of heterotrophic bacteria and water quality parameters in drinking water distribution system. *Water Research* 34, 1495-1502.
- ⁴⁹ Graça, M.A.S., Coimbra, C.N., 1998. The elaboration of indices to assess biological water quality. A case study. *Water Research* 32, 380-392.
- ⁵⁰ Gutiérrez, M.; Borrego, P., 1999. Water quality assessment of the Río Conchos, Chihuahua, México. *Environment International*, 25, 573-583.
- ⁵¹ Isaji, C.; Integrated water quality management for drinking water of good quality. *Water Science & Technology*, 47, 15-23.
- ⁵² Kindler, J.; Roman, M.; Nalberczynski, A.; Tyszewsky, S.; Puslowska, D.; KlosTrebaczkiwicz, H.; Osuch-Pajdzinska, E; Gromiec, M., 1998. Balancing costs and water quality in meeting EU directives (the Upper/Middle Odra case study in Poland). *Water Policy* 1, 283-303.
- ⁵³ Kvam, P.H., 2003. Ranked set sampling base don binary water quality data with covariables. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*, 8, 271-279.
- ⁵⁴ Lau, J.; Butler, D.; Schütze, M., 2002. Is combined sewer overflow spill frequency/volume a good indicator of receiving water quality impact?. *Urban Water*, 4, 181-189.
- ⁵⁵ Marques, A.M.; Bueno, L., 2001. Using chemical and physical parameters to define the quality of Pardo river water (Botucatu-SP-Brazil). *Water Research* 35, 1609-1616.

-
- ⁵⁶ Moatar, F.; Miquel, J.; Poirel, A., 2001. A quality-control method for physical and chemical monitoring data. Application to dissolved oxygen levels in the river Loire. *Journal of Hydrology*, 252, 25-36.
- ⁵⁷ Mogheir, Y.; Singh, V.P., 2002. Application of Information Theory to groundwater quality monitoring networks. *Water Resources Management*, 16, 37-49.
- ⁵⁸ Montiel, F.; Cautelan, J.; Nguyen, B., 2002. A new real-time drinking water network mixing model for hte control and command centre of the city of Paris. *Water Science and Technology*, 45, 383-388.
- ⁵⁹ Nadebaum, P.; Chapman, M.; Ortisi, S.; Baker, A., 2003. Application of quality management systems for drinking water quality. *Water Supply*, 3, 359-364.
- ⁶⁰ Ortiz, O.; Martín, Y.; Medina, M.J.; Sagrado, S.; Bonet, E., 2001. Multivariate data analysis of quality parameters in drinking water. *Analyst*, 126, 91-96.
- ⁶¹ Prat, N.; Munné, A., 2000. Water use and quality and stream flow in a Mediterranean stream. *Water Research*, 34, 3876-3881.
- ⁶² Reimann, C.; Bjorwatn, K.; Frengstad, B.; Melaku,R.; Tekle-Haimanot, R.; Siewers, U., 2003. Drinking water quality in the Ethiopian section of the East Agrican Rift Valley I-data and hearth aspects. *The Science of the Total Environment*, 311, 65-80.
- ⁶³ Reinsenhofer, E.; Adami, G.; Barbieri, P., 1998. Using chemical and physical parameters to define the quality of karstic freshwaters (Timavo River, North-Eastern Italy): a chemometric approach. *Water Research*, 32, 1193-1203.
- ⁶⁴ Schroeder, F., 1997. Water quality in the Elbe estuary: significance of different processes for the oxygen déficit at Hamburg. *Environmental Modeling and Assessment*, 2, 73-82.
- ⁶⁵ Zilov, E.A., 2001. Reservoir water quality. *Water Resouces*, 28, 345-345.
- ⁶⁶ Steynberg, M.C., 2002. Drinking water quality assessment practices: an internacional prespective. *Water Supply*, 2, 43-49.
- ⁶⁷ Rocchini, R.; Swain, L.G., 1995. *The British Columbia Water Quality Index*. Water Quality Branch, EP Department, B.C., Ministry of Environmental, Land and Park, Victoria, B.C., Canada. 13 pp.

-
- ⁶⁸ Duna, G.W., 1995. *Trends in Water Quality Variables at the Alberta/Saskatchewan Boundary*. Prepared for the Committee on Water Quality, March 1995.
- ⁶⁹ Herbert, S., 1996. *Développement d'un indice de la qualité bactériologique et physico-chimique de l'eau por des rivières du Québec*. Report of the Ministère de l'Environnement et de la Faune, Québec, QC, Canada.
- ⁷⁰ Canadian Council of Minister of the Environment (CCME), 2001. *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life: CCME Water Quality Index 1.0*. Technical Report, Canadian Council of Ministers of the environment winnipeg, MB, Canada. <http://www.ccme.ca/sourcetotap/wqi.html>.
- ⁷¹ Canadian Council of Minister of the Environment (CCME), 2003, *Canadian Water Quality Guidelines for Protection of Aquatic Live Guidance for Site-Specific Application of Water Quality Guidelines in Canada and Procedures for Deriving Numerical Water Quality Objectives*. Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg, MB.
- ⁷² Canadian Council of Minister of the Environment (CCME), 2003. *CCME Water Quality Index Workshop*, November 24-25, Halifax, NS, Canada. Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg, MB.
- ⁷³ Cash, K.J.; Saffran, K.A.; Wright, C.R., 2001. *Application of Canadian Water Quality Index (CWQI) to PPWB Monitoring Program*. Technical Report, CCME, March 2001.
- ⁷⁴ Husain, T., 2001. *Canadian Water Quality Index Determination for Three EMAN Sites, in Ecological Monitoring and Assessment Network*, EC, 867 Lakeshore Road, Burlington, ON, Canada, L7R 4A6.
- ⁷⁵ Scharma, T.C., 2002. Canadian Water Quality Index Determination for Four Sites in the Mackenzie River Basin. *Ecological Monitoring and Assessment Network*, Burlington, ON, Canada, pp.58.
- ⁷⁶ Lumb, A.; Halliwell, D.; Sharma, T., 2002. *Canadian Water Quality Index (CWQI) to Monitor the Changes in Water Quality in the Mackenzie River-Great Bear*, in: Proceedings of the 29th Annual Aquatic Toxicity Workshop: OCT. 21-23. Whistler, B.C., Canada.

-
- ⁷⁷ Khan, A. Ali; Paterson, R.; Khan, H., 2003. *Modification and Application of the CCME WQI for the Communication of Drinking Water Quality Data in Newfoundland and Labrador*. Presented at 38th Central Symposium on Water Quality Research, Canadian Association on Water Quality (February 10-11), 867 Lakeshore Road, Burlington, ON, Canada.
- ⁷⁸ Paterson, R.; Khan, A. Ali; Khan, H., 2003. Proceedings of the 30th Annual Aquatic Toxicity Workshop, Sept.28 – Oct.1. Ottawa, ON, Canada.
- ⁷⁹ Sinha, D. K.; Saxena, Shilpi; Saxena, Ritesh, 2004. Water quality index for Ram Ganga river water at Moradabad. *Pollution Research*, 23 (3), 527-531.
- ⁸⁰ Sharma, Jyoti; Yadav, Anil Kumar, 2004. Assessment of under and surface water based on water quality index (WQI). *Oriental Journal of Chemistry*, 20(1), 155-160.
- ⁸¹ Srivastava, R. K.; Srivastava, Seema, 2003. Assessment of water quality of river Gaur at Jabalpur. *Indian Journal of Environmental Protection*, 23(3), 282-285.
- ⁸² Zaheer, Ahmed; Farooqui, Mazhar; Quadri, S. H.; Arif, Pathan M.; Farooqui, Maqdoom, 2003. Water quality index of ground water of Aurangabad city (Maharashtra). *Ultra Scientist of Physical Sciences* (2003), 15(3), 395-398.
- ⁸³ Pattajoshi, Pradip K.; Rout, Swoyam P., 2003. A study on evaluation of water quality index of Kerandi river. *Journal of Teaching and Research in Chemistry* (2003), 10(1), 56-63.
- ⁸⁴ Directiva del Consejo 75/440/CEE, de 16 de junio de 1975, relativa a la calidad requerida para las aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable en los Estados miembros. DOCE 194/L de 05-02-1976.
- ⁸⁵ Directiva del Consejo 79/869/CEE, de 9 de octubre de 1979, relativa a los métodos de medición y a la frecuencia de los muestreos y del análisis de las aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable en los Estados miembros. DOCE 271/L de 29-10-1979.
- ⁸⁶ Directiva 80/778/CEE del Consejo, de 15 de julio de 1980, relativa a la Calidad de las Aguas destinadas al Consumo Humano. DOCE 229/L, de 30-08-1980.
- ⁸⁷ Directiva 98/83/CE del Consejo, de 3 de noviembre de 1998, relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano. DOCE 330/L, de 05-12-1998.

-
- ⁸⁸ Directiva 76/160/CEE del Consejo, de 8 de Diciembre de 1975, relativa a la Calidad de las Aguas de Baño. DOCE 31/L, de 05-02-1976.
- ⁸⁹ Propuesta modificada de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a la calidad de las aguas de baño (presentada por la Comisión con arreglo al apartado 2 del artículo 250 del Tratado CE). COM/2004/0245 final – COD 2002/0254.
- ⁹⁰ Directiva 78/659/CEE del Consejo, de 18 de julio de 1978, relativa a la calidad de las aguas continentales que requieren protección o mejora para ser aptas para la vida de los peces.
- ⁹¹ Propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a la calidad de las aguas continentales que requieren protección o mejora para ser aptas para la vida de los peces. COM/2004/0019 final – COD 2004/0002.
- ⁹² Directiva 79/923/CEE del Consejo, de 30 de octubre de 1979, relativa a la calidad exigida a las aguas para cría de moluscos. DOCE 281/L, de 10-11-1979.
- ⁹³ Directiva 76/464/CEE del Consejo, de 4 de Mayo de 1976, relativa a la Contaminación causada por determinadas Sustancias Peligrosas vertidas en el Medio Acuático de la Comunidad. DOCE 129/L, de 18-05-1976.
- ⁹⁴ Directiva del Consejo 82/176/CEE, de 22 de marzo de 1982, relativa a los valores límite y objetivos de calidad para los vertidos de mercurio del sector de la electrolisis de los cloruros alcalinos. DOCE 81/L, de 27-03-82.
- ⁹⁵ Directiva del Consejo 83/513/CEE, de 26 de septiembre de 1983, relativa a los valores límite y objetivos de calidad para los vertidos de cadmio. DOCE 291/L, de 24-10-85.
- ⁹⁶ Directiva del Consejo 84/491/CEE, de 9 de octubre de 1984, relativa a los valores límite y objetivos de calidad para los vertidos de hexaclorociclohexano. DOCE 274/L, de 17-10-84.
- ⁹⁷ Directiva del Consejo 91/676/CEE, de 12 de diciembre de 1991, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura.
- ⁹⁸ Directiva del Consejo 91/271/CEE, de 21 de mayo de 1991, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas. DOCE 135/L, de 30-05-91.

-
- ⁹⁹ Directiva del Consejo 98/15/CE de la Comisión, de 27 de febrero de 1998, por la que se modifica la Directiva 91/271/CEE del Consejo en relación con determinados requisitos establecidos en su anexo I. DOCE 67/L, de 07-03-98.
- ¹⁰⁰ Propuesta de Directiva del Consejo por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. DOCE 73/L, de 16-03-97.
- ¹⁰¹ Propuesta modificada de Directiva del Consejo por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. DOCE 67/L, de 07-03-98.
- ¹⁰² Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de Octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. DOCE 327/L, de 22-12-00.
- ¹⁰³ *DECISIÓN No 2455/2001/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 20 de noviembre de 2001 por la que se aprueba la lista de sustancias prioritarias en el ámbito de la política de aguas, y por la que se modifica la Directiva 2000/60/CE.*
- ¹⁰⁴ Ley 29/1985, de 2 de Agosto, de Aguas. BOE 189, de 08-08-85.
- ¹⁰⁵ Real Decreto 2473/1985, de 27 de Diciembre, por el que se aprueba la tabla de vigencia a que se refiere el apartado 3 de la disposición derogatoria de la ley 29/1985, de 2 de agosto, de aguas. BOE 2, de 02-01-86.
- ¹⁰⁶ Real Decreto 849/1986, de 11 de Abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los títulos Preliminar, I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas. BOE 103, d3 30-04-86.
- ¹⁰⁷ Real Decreto 927/1988, de 29 de Julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica, en desarrollo de los títulos II y III de la Ley de Aguas. BOE 209, de 31-08-88.
- ¹⁰⁸ Real Decreto 531/1992, de 22 de Mayo, por el que se adoptan medidas administrativas especiales para la gestión de los recursos hidráulicos, al amparo del artículo 56 de la ley de aguas. BOE 127, de 27-05-92.
- ¹⁰⁹ Real Decreto 1315/1992, de 30 de Octubre, por el que se modifica parcialmente el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los títulos Preliminar, I,

-
- IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de Abril. BOE 288, de 01-12-92.
- ¹¹⁰ Real Decreto 419/1993, de 26 de Marzo, por el que se actualiza el importe de las sanciones establecidas en el artículo 109 de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de aguas, y que modifican determinados artículos del reglamento del dominio público hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de Abril. BOE 89, de 14-04-93.
- ¹¹¹ Ley 46/1999, de 13 de Diciembre, de modificación de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas. BOE 298, de 14-12-99.
- ¹¹² Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de Julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas. BOE 176, de 24-07-01.
- ¹¹³ Corrección de errores del texto refundido de la Ley de Aguas, aprobado por Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio. BOE 287, de 30-11-01.
- ¹¹⁴ Orden Ministerial de 4 de Septiembre de 1959, que reglamenta el vertido de aguas residuales. BOE de 10-09-59.
- ¹¹⁵ Orden de 23 de Diciembre de 1986 por la que se dictan las normas complementarias en relación con las autorizaciones de vertidos de aguas residuales. BOE 312, de 30-12-86.
- ¹¹⁶ Orden de 12 de Noviembre de 1987 sobre normas de emisión, objetivos de calidad y métodos de medición de referencia relativos a determinadas sustancias nocivas o peligrosas contenidas en los vertidos de aguas residuales. BOE 280, de 23-11-87.
- ¹¹⁷ Orden de 13 de Marzo de 1989 por la que se incluye en la de 12 de noviembre de 1987, la normativa aplicable a nuevas sustancias nocivas o peligrosas que pueden formar parte de determinados vertidos de aguas residuales. BOE 67, de 20-03-89.
- ¹¹⁸ Orden de 19 de Diciembre de 1989 por la que se dictan normas para la fijación en ciertos supuestos de valores de referencia intermedios y reducidos del coeficiente k, que determina la carga contaminante del canon de vertido de aguas residuales. BOE 307, de 23-12-89.
- ¹¹⁹ Orden de 27 de Febrero de 1991 por la que se modifica el anexo V de la Orden del 12-11-1987, relativa a normas de emisión, objetivos de calidad y métodos de

medición de referencia, para vertidos de determinadas sustancias peligrosas, en especial los correspondiente a hexaclorociclohexano. BOE 53, de 02-03-91.

¹²⁰ Orden de 28 de Junio de 1991 por la que se amplía el ámbito de aplicación de la Orden de 12 de noviembre de 1987 a cuatro sustancia nocivas o peligrosas que puedan formar parte de determinados vertidos. BOE 162, de 08-07-91.

¹²¹ Orden de 25 de Mayo de 1992, por la que se modifica la Orden de 12 de Noviembre de 1997, sobre normas de emisión, objetivos de calidad y métodos de medición de referencia relativos a determinadas sustancias nocivas o peligrosas contenidas en los vertidos de aguas residuales. BOE 129, de 29-05-92.

¹²² Decreto 93/1968, de 18 de Enero, sobre Prohibición del Uso de Detergentes no Biodegradables. *BOE 25, de 29-01-68*

¹²³ Decreto 3157/1968, de 26 de Diciembre, por el que se modifica el Decreto 93/1968, de 18 de Enero, sobre Prohibición del Uso de Detergentes no Biodegradables. *BOE 313, de 30-12-68.*

¹²⁴ Orden de 13 de Marzo de 1989 por la que se incluye en la de 12 de noviembre de 1987, la normativa aplicable a nuevas sustancias nocivas o peligrosas que pueden formar parte de determinados vertidos de aguas residuales. *BOE 67, de 20-03-89*

¹²⁵ Orden de 28 de Junio de 1991 por la que se amplía el ámbito de aplicación de la orden de 12 de noviembre de 1987 a cuatro sustancias nocivas o peligrosas que puedan formar parte de determinados vertidos. *BOE 162, de 08-07-91*

¹²⁶ Orden 28 de Julio de 1989 sobre La Prevención de la Contaminación producida por los residuos procedentes de la Industria de Dióxido de Titanio. (Traspone la Directiva del Consejo 78/176/CEE de 20 de Febrero; 82/883/CEE, de 3 de Diciembre y Directiva 83/29/CEE de 24 de Enero). *BOE 191, de 11-08-89*

¹²⁷ Real Decreto 261/1996, de 16 de Febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias. *BOE 61, de 11-03-96.*

¹²⁸ Ley 16/2002, de 1 de Julio, de prevención y control integrados de la contaminación. *BOE 157, de 02-07-02*

¹²⁹ Cox, D.R. Statistical análisis of time series: some recent developments. *Scandinavian Journal of Statistics*, 8, 93-108.

-
- ¹³⁰ Dagum, C.; Dagum, E.B., 1988. Trend. *Encyclopedia of Statistical Sciences*, 9, 321-324.
- ¹³¹ Granger, C.W.J., 1988. Models that generate trends. *Journal of Time Series Analysis*, 9, 329-344.
- ¹³² Sims, C.A., 1989. *Modelling trends*. ASA Proceedings of the Business, Economics and Statistics Section, 63-70.
- ¹³³ El-Shaarawi, A.H.; Niculescu, S.P., 1992. On Kendall's tau as a test of trend in time series data. *Environmetrics*, 3, 385-411.
- ¹³⁴ Harvey, A.C., 1989. *Forecasting, structural time series models and the Kalman filter*. Cambridge University Press, Cambridge.
- ¹³⁵ Brandley, J.V. *Distribution-free statistical test*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J. 1968.
- ¹³⁶ Sen, P.K. 1968. On a class of aligned rank order test in two-way layouts. *Annals of Mathematical Statistics* 39, 1115-1124.
- ¹³⁷ Mann, H.B. 1945. Non-parametric test against trend. *Econometrica* 13, 245-259.
- ¹³⁸ Kendall, M.G., 1975. *Rank Correlation Methods*. Charles Griffin, London, cuarta edición.
- ¹³⁹ Von Storch, H.; Navarra, A. (Eds.) 1995. *Analysis of Climate Variability*. Springer, New York.
- ¹⁴⁰ Sen, P.K. 1963. On the properties of U-statistics when the observations are not independent. Part I. Estimation of non-serial parameters in some stationary stochastic process. *Calcutta Statistical Association Bulletin* 12, 69-92.
- ¹⁴¹ Sen, P.K. 1965. Some non-parametric tests for m-dependent time series. *Journal of the American Statistical Association* 60. 134-147.
- ¹⁴² Lettenmaier, D.P. 1975. *Design of monitoring systems for detection of trends in stream quality*. C. W. Harris Hydraulics Laboratory, Department of Civil Engineering, University of Washington, Seattle, Wash. Technical Report. No.39, National Technical Information Service, Pb-272 814.
- ¹⁴³ Lettenmaier, D.P. 1976. Detection of trends in water quality data from records with dependent observations. *Water Resources Research* 12, 1037-1046.

-
- ¹⁴⁴ Montgomery, R.H.; Reckhow, K.H. 1984. Techniques for detecting trends in lake water quality. *Water Resources Bulletin* 20, 43-52.
- ¹⁴⁵ Langbein, W.B.; Dawdy, D.R. 1964. *Occurrence of dissolved solids in surface waters in the United States*. U.S. Geol. Surv. Prof. Pap. 501-D, D115-D117.
- ¹⁴⁶ Johnson, N.M; Likens, G.E.; Bormann, F.H.; Fisher, D.W.; Pierce, R.S. 1969. A working model for the variation in stream water chemistry at the Hubbard Brook Experimental Forest, New Hampshire. *Water Resources Research*, 5(6), 1353-1363.
- ¹⁴⁷ Borman, F.H.; Likens, G.E.; Siccama, T.G.; Pierce, R.S.; Easton, J.S. 1974. The export of nutrients and recovery of stable conditions following deforestation at Hubbard Brook. *Ecol. Monogr.*, 44, 255-277.
- ¹⁴⁸ Smith, R.A.; Hirsch, R.M.; Slack, J.R. 1982. *A study of trends in total phosphorus measurements at NASQAN stations*. U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2190. U.S. Geological Survey, Alexandria, Va.
- ¹⁴⁹ Harned, D.A.; Daniel III, C.C.; Crawford, J.K. 1981. Methods of discharge compensation as an aid to the evaluation of water quality trends. *Water Resources Research* 17, 1389-1400.
- ¹⁵⁰ Montgomery, P.H; Reckhow, K.H. 1984. Techniques for detecting trends in lake water quality. *Water Resources Bulletin*, 20 (1), 43-52.
- ¹⁵¹ Berryman, D.; Bobee, B.; Cluis, D.; Haemmerli, J. 1988. Nonparametric test for trend detection in water quality time series. *Water Resources Bulletin*, 24 (3), 545-556.
- ¹⁵² Esterby, S.R. 1996. Review of methods for the detection and estimation of trends with emphasis on water quality applications. *Hydrological Processes*, 10, 127-149.
- ¹⁵³ McLeod, A.I.; Hipel, K.W.; Comancho, F. 1983. Trend assessment of water quality time series. *Water Resources Bulletin*, 19 (4), 537-547.
- ¹⁵⁴ Hipel, K.W.; McLeod, A.I., 1983. *Time series modelling for water resources and environmental engineers*. Elsevier, Amsterdam (in press).

-
- ¹⁵⁵ Berthouex, P.M.; Hunter, W.G.; Pallesen, L., 1981. Wastewater Treatment: a review of statistical applications. *Envirometrics*, 81, Selected papers. Selection from USEPA-SIAM-SIMS Conference, Alexandria, Virginia, 77-99.
- ¹⁵⁶ Velleman, P.F., y Hoaglin, D.C., 1981. *Applications, Basics and Computing of Exploratory Data*. Duxbury Press, Boston.
- ¹⁵⁷ Oehlert, G.W. 1988. Interval estimates for diatom-inferred lake pH histories. *Can. J. Statis.*, 16, 51-60.
- ¹⁵⁸ Cleveland, W.S. 1985. *The elements of graphing data*. Wadsworth Advaced Books and Software. Monterey.
- ¹⁵⁹ Hensel, D.R., Hirsch, R.M. 1992. *Statistical methods in water resources*. Elsevier, Amsterdam.
- ¹⁶⁰ Hewlett-Packard, 1977. HP-29C Applications Book.
- ¹⁶¹ Cleveland, W.S. 1979. Robust locally weighted regression and smoothing scatterplots. *J. Am. Statistical Assoc.*, 74, 829-836.
- ¹⁶² Bodo, H.A., 1989. Robust graphical methods for diagnostic trend in irregularly spaced water quality time series. *Environmental Monitoring and Assessment*, 12, 407-428.
- ¹⁶³ Turkey, J.W., 1977. *Exploratory data analysis*. Addison-Wesley, Reading Massachusetts.
- ¹⁶⁴ Montgomery, D.C.; Peck, E.A. 1982. *Introduction to linear regression analysis*, John Wiley, New York.
- ¹⁶⁵ Snedecor, G.W. y Cochran, W.G. 1980. *Statistical Methods*, 7th ed. Iowa State University Press, Ames, Iowa.
- ¹⁶⁶ Smith, D.G.; Maasdam, R. 1994. New Zealand's national water quality network. 1. Design and physicochemical characterisation. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 28, 19-35.
- ¹⁶⁷ Hirsch, R.M., Snack, J.R., Smith, R. A., 1982. Techniques of trend analysis for monthly water quality data. *Water Resources Research* 18, 107-121.
- ¹⁶⁸ Page, E.S. 1961. Cumulative sum charts. *Technometrics* 3, 1-9.

-
- ¹⁶⁹ Page, E.S. 1963. Controlling the Standard deviation by cusums and warning lines. *Technometrics* 5, 307-315.
- ¹⁷⁰ Ewan, W.D. 1963. When and how to use Cu-Sum charts. *Technometrics* 5, 1-22.
- ¹⁷¹ Gibra, I.N. 1975. Recent developments in control chart techniques. *Journal of Quality Technology* 7, 183-192.
- ¹⁷² Wetherill, G.B. 1977. *Sampling inspection and Quality Control*. 2nd ed. Chapman and Hall. New York.
- ¹⁷³ Berthouex, P.M.; Hunter, W.G.; Pallesen, L. 1978. Monitoring sewage treatment plants: Some quality control aspects. *Journal of Quality Technology* 10, 139-149.
- ¹⁷⁴ Vardeman, S.; David, H.T. 1984. Statistics for quality and productivity. A new graduate-level statistics course. *The American Statistician* 38, 235-243.
- ¹⁷⁵ Guilbot, A.; Salleron, J.L.; Zumstein, J.F. 1986. Traitement des series chronologiques de qualité des eaux superficielles: détermination des heterogeneities et des tendances d'évolution. *Trib Cebedeau*, 508, 3-15.
- ¹⁷⁶ Canssande, C. 1989. *Analyse statistique des series chronologiques de qualité des eaux superficielles*. Rapport de stage pour l'Angece de Bassin Seine Normandie.
- ¹⁷⁷ Box, G.E.P.; Jenkins, G.M. 1970. *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. Holden-Day, San Francisco.
- ¹⁷⁸ Box, G.E.P.; Tiao, G.C. 1975. Intervention analysis with applications to economic and environmental problems. *J. Am. Stat. Assoc.*, 70, 70-79.
- ¹⁷⁹ D'Astous, F.; Hipel, K.W. Analyzing environmental time series. J. Environ. Eng. Div., *Am. Soc. Civ. Eng.*, 105, 979-992.
- ¹⁸⁰ Hipel, K.W.; Lennox, W.C.; Unny, T.E.; McLeod, A.I. 1975. Intervention analysis in water resources. *Water Resources Research*, 11 (6), 855-861.
- ¹⁸¹ Hirsch, R.M.; Alexander, R.B.; Smith, R.A. 1991. Selection of methods for the detection and estimation of trends in water quality. *Water Resources Research*, 27 (59), 803-813.
- ¹⁸² Hirsch, R.M.; Slack, J.R., 1984. Non-parametric trend test for seasonal data with serial dependence. *Water Resources Research*, 20 (6), 727-732.

-
- ¹⁸³ Lettenmaier, D.P.; Conquest, L.L.; Hughes, J.P. 1982. *Routine streams and rivers water quality trend monitoring review*. Tech. Rep., 75, 223 pp. Univ. of Wash., Seattle.
- ¹⁸⁴ Alexander, R.B.; Smith, R.A. 1988. Trenches in lead concentration in major U.S. rivers and their relation to historical changes in gasoline-lead consumption. *Water Resources Bulletin*, 24 (3), 545-556.
- ¹⁸⁵ Van Belle, G.; Hughes, J.P. 1984. Nonparametric tests for trend in water quality. *Water Resources Research*, 20 (1), 127-136.
- ¹⁸⁶ Zetterqvist, L. 1991. Statistical estimation and interpretation of trends in water quality time series. *Water Resources Research*, 27 (7), 1637-1648.
- ¹⁸⁷ Harcum, J.B.; Loftis, J.C.; Ward, R.C. 1992. Selecting trend tests for water quality series with serial correlation and missing values. *Water Resources Bulletin*, 28 (3), 469-478.
- ¹⁸⁸ Gilliom, R.J.; Hirsch, R.M.; Gilroy, E.J. 1984. Effect of censoring trace-level water-quality data on trend-detection capability. *Environmental Science and Technology*, 18, 530-535.
- ¹⁸⁹ Hughes, J.; Millard, S.P. 1988. Estimation of descriptive statistics for multiply censored water quality data. *Water Resources Research*, 24, 1997-2004.
- ¹⁹⁰ Millard, S.P.; Develer, S.J. 1988. Nonparametric statistical methods for comparing two sites based on data with multiple nondetect limits. *Water Resources Research*, 24, 2087-2098.
- ¹⁹¹ Helsel, D.R.; Cohn, T.A. 1988. Estimation of descriptive statistics for multiply censored water quality data. *Water Resources Research* 24, 1997-2004.
- ¹⁹² Porter, P.S.; Ward, R.C.; Bell, H.F. 1988. The detection limit. *Environmental Science & Technology*, 22, 856-861.
- ¹⁹³ Hellis, J.C.; Gilbert, C.F. 1980. *How to handle 'less-than' data when forming summaries*. Water Research Centre Enquiry Report ER 764. Water Research Centre, Medmenham, England.
- ¹⁹⁴ Loftis, J.C.; Taylor, C.H.; Chapman, P.L. 1991. Multivariate tests for trend in water quality. *Water Resources Research*, 27 (7), 1419-1429.

-
- ¹⁹⁵ Farrell, R., 1980. *Methods for classifying changes in environmental conditions*. Technical Report VRF-WP A7.4-FR80-1, Vector Research Inc., Ann Arbor, Michigan.
- ¹⁹⁶ Spearman, C. 1904. The proof and measurement of association between two things. *American Journal of Psychology*, 15, 88-97.
- ¹⁹⁷ Hirsch, R.M.; Gilroy, E.J., 1985. Detectability of step trends in the rate of atmospheric deposition of sulphate. *Water Resources Bulletin*, 21(5), 773-784.
- ¹⁹⁸ Hirsch, R.M., 1988. Statistical methods and sampling design for estimating step trends in surface-water quality. *Water Resources Bulletin*, 24(3), 493-503.
- ¹⁹⁹ Wilcoxon, F., 1945. Individual comparisons by ranking methods. *Biometrics*, 1, 80-83.
- ²⁰⁰ Kruskal, W.H.; Wallis, W.A., 1952. Use of ranks on one-criterion variance analysis. *Journal of the American Statistical Association*, 47, 583-621.
- ²⁰¹ Theil, H. 1950. A rank-invariant method of linear and polynomial regression analysis, 1, 2 and 3. *Ned. Akad. Wetensch Proc.*, 53, 386-392, 521-525, 1397-1412.
- ²⁰² Sen, P.K. 1968. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *J. Am. Stat. Assoc.*, 63, 1379-1389.
- ²⁰³ Hirsch, R.M.; Slack, J.R. 1984. A nonparametric trend test for seasonal data with serial dependence. *Water Resources Research*, 20 (6), 727-732.
- ²⁰⁴ Dietz, E.J.; Killeen, T.J. 1981. A nonparametric multivariate test for monotone trend with pharmaceutical applications. *Journal of the American Statistical Association*, 76, 169-174.
- ²⁰⁵ Lettenmaier, D.P. 1988. Multivariate nonparametric tests for trend in water quality. *Water Resources Bulletin*, 24 (3), 505-512.
- ²⁰⁶ Zetterqvist, L. 1988. Asymptotic distribution on Mann's test for trend for m -dependent observations. *Scandinavian Journal of Statistics*, 15, 81-95.
- ²⁰⁷ Esterby, S.R.; El-Shaarawi, A.H.; Block, H.O., 1992. Detection of water quality changes along a river system. *Environmental Monitoring and Assessment*, 23, 219-242.

-
- ²⁰⁸ Steele, T.D.; Gilroy, E.J.; Hawkinson, R.O., 1974. *Techniques for the assessment of areal and temporal variations in streamflow quality*. Open File Report, US Geological Survey, Washington, DC.
- ²⁰⁹ Crawford, C.G.; Slack, J.R.; Hirsch, R.M., 1983. *Nonparametric tests for trend in water quality data using the statistical analysis system*. Open Report no. 83-550, US Geological Survey, USA.
- ²¹⁰ Cailas, M.D.; Cavadias, G.; Gehr, R., 1986. Application of a nonparametric approach for monitoring and detecting trends in water quality data of the St. Lawrence River. *Can. Water Poll. Res. J.*, 21 (2), 153-167.
- ²¹¹ Hipel, K.W.; McLeod, A.I.; Weiler, R.R., 1988. Data analysis of water quality time series in Lake Eric. *Water Resources Research*, 20 (6), 727-732.
- ²¹² Taylor, C.H.; Loftis, J.C., 1989. Testing for trend in lake and groundwater quality time series. *Water Resources Bulletin*, 25 (4), 715-726.
- ²¹³ Demaree, G.R.; Nicolás, C., 1990. Onset of Sahelian drought viewed as a fluctuation-induced transition. *Q.J.R. Meteorol. Soc.* 116, 221-238.
- ²¹⁴ Gan, T.Y., 1998. Hydroclimatic trends and possible climatic warming in the Canadian Prairies. *Water Resources Research*, 34 (11), 3009-3015.
- ²¹⁵ McLeod, A.I.; Hipel, K.W.; Bodo, B.A., 1991. Trend assessment of water quality time series. *Water Resources Bulletin*, 19, 537-547.
- ²¹⁶ Chiew, F.H.S.; McHahon, T.A., 1993. Detection of trend or change in annual flow of Australian rivers. *Int. J. Clim.*, 13, 643-653.
- ²¹⁷ Yu, Y.S.; Zou, S.; Whittemore, D., 1993. Non-parametric trend analysis of water quality data of river in Kansas. *J. Hydrol.*, 150, 61-80.
- ²¹⁸ Lettenmaier, D.P.; Wood, E.F.; Wallis, J.R., 1994. Hydro-climatological trends in the continental United States, 1948-88. *J. Clim.*, 7, 586-607.
- ²¹⁹ Burn, D.H.; 1994. Hydrologic effects of climatic change in West Central Canada. *J. Hydrol.*, 160, 53-70.
- ²²⁰ Yulianti, J.S., Burn, D.H., 1998. Investigating links between climatic warming and low streamflow in the Prairies Region of Canada. *Can. Water Resour. J.*, 23 (1), 45-60.

-
- ²²¹ Lins, H.F.; Snack, J.R., 1999. Streamflow trends in the United States. *Geophys. Res. Lett.*, 26 (2), 227-230.
- ²²² Douglas, E.M.; Vogel, R.M.; Knoll, C.N., 2000. Trends in flood and low flows in the United State: impact of spatial correlation. *J. Hydrol.*, 240, 90-105.
- ²²³ Zhang, X.; Vicent, L.A.; Hogg, W.D.; Niitsoo, A., 2000. Temperature and precipitation trends in Canada during the 20th century. *Atmos. Ocean* 38 (3), 395-429.
- ²²⁴ Zhang, X.; Harvey, K.D.; Hogg, W.D.; Yuzyk, T.R., 2001. Trends in Canadian streamflow. *Water Resources Research*, 37 (4), 987-998.
- ²²⁵ Yue, S.; Pilon, P.J.; Phinney, B.; Cavadias, G., 2002. *Patterns of trend in Canadian streamflow*. Proceedings of the 58th Annual Eastern Snow Conference, CGU, May 14-17, Ottawa, Ontario, Canada (in press).
- ²²⁶ Sopauskiene, Dalia; Jasineviciene, Dalia, 2006. Changes in precipitation chemistry in Lithuania for 1981-2004. *Journal of Environmental Monitoring*, 8(3), 347-352.
- ²²⁷ Gadgil, Alaka; Dhorde, Amit, 2005. Temperature trends in twentieth century at Pune, India. *Atmospheric Environment*, 39(35), 6550-6556.
- ²²⁸ Chrysoulakis, N.; Proedrou, M.; Cartalis, C., 2001. Variations and trends in annual and seasonal means of precipitable water in Greece as deduced from radiosonde measurements. *Toxicological and Environmental Chemistry*, 84 (1-4), 1-6.
- ²²⁹ Karin; Svensson, Annika; Sjoeborg, Karin; Karlsson, Gunilla Pihl., 2001. *Trends in air concentration and deposition at background monitoring sites in Sweden - major inorganic compounds, heavy metals and ozone*. IVL Report (2001), (B 1429), i-iii, 1-51. CODEN: IVLBDQ ISSN: 0347-8696
- ²³⁰ Kadioglu, Mikdat; Saylan, Levent, 2001. Trends of growing degree days in Turkey. *Water, Air, and Soil Pollution*, 126(1-2), 83-96.
- ²³¹ Sopauskiene, Dalia; Jasineviciene, Dalia, 2006. Changes in precipitation chemistry in Lithuania for 1981-2004. *Journal of Environmental Monitoring*, 8(3), 347-352.
- ²³² Gadgil, Alaka; Dhorde, Amit, 2005. Temperature trends in twentieth century at Pune, India. *Atmospheric Environment*, 39(35), 6550-6556.

-
- ²³³ Berryman, D. B. Bobee, D. Cluis, and J. Kaemmer. 1988. Nonparametric tests for trend detection in water quality time series. *Water Resources Bulletin* 24(3): 545-556
- ²³⁴ Conover, W.J., 1971. *Practical non-parametric statistics*. John-Willey Pub., New York, New York.
- ²³⁵ García Pedraza, L. (1985). *La predicción del tiempo en el Valle del Ebro*. Publicación A-38. Instituto Nacional de Meteorología.
- ²³⁶ García Ver, M.A.; Abaurrea, J.; Asín Lafuente, J.; Centelles Nogués, A. (2002). *Evolución de las precipitaciones en la cuenca del Ebro: caracterización espacial y análisis de tendencias*. VII Reunión Nacional de Climatología. Grupo de Clima de la Asociación de Geógrafos Españoles. Albarracín (Granada).
- ²³⁷ Confederación Hidrográfica del Ebro. <http://www.chebro.es>.
- ²³⁸ Entidad Nacional de Acreditación (ENAC). <http://www.enac.es>.
- ²³⁹ StatSoft, Inc. 2300 East 14th Street. Tulsa, OK 74104, USA. <http://www.statsoft.com>
- ²⁴⁰ Pearson, K. (1894). *Contributions to the mathematical theory of evolution*. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Ser. A, 185, 71-110.
- ²⁴¹ Galton, F. (1882). *Report of the anthropometric committee*. In Report of the 51st Meeting of the British Association for the Advancement of Science, 1881, 245-260.
- ²⁴² Tukey, J. W. (1972). *Some graphic and semigraphic displays*. In Statistical Papers in Honor of George W. Snedecor; ed. T. A. Bancroft, Arnes, IA: Iowa State University Press, 293-316.
- ²⁴³ Meloun, M., Militky, J., Forina, M. 1995. *Chemometrics for analytical chemistry*. Vol. I: PC-aided statistical data analysis. Ellis Horwood Ltd. Chichester.
- ²⁴⁴ Chatfield, C. Collins, A.J. 1980. *Introduction to multivariate analysis*. Chapman and Hall. Londres
- ²⁴⁵ P.E.T. Auf der heyde. 1990. *J. Chem. Educ.*, 67, 461.
- ²⁴⁶ *Estadística y quimiometría para química analítica*. 2002. Miller, J.D., Miller J.C. Pearson Publications, Madrid. ISBN 84-205-3514-1.
- ²⁴⁷ Kaiser, H.F. Educ. 1996. *Psych. Means*, 20, 141.

-
- ²⁴⁸. Piggott, J.R. 1986. *Statistical procedures in food research*. Elsevier Applied Science. Londres.
- ²⁴⁹. STATISTICA for Windows v. 4.5. Programme. Statsoft. 1993.
- ²⁵⁰. Romesburg, H.C. 1984. *Cluster analysis for researchers*. Lifetime Learning Publications. Belmont, California.
- ²⁵¹. Massart, D.L., Kaufmann, L. 1983. *The interpretation of analytical chemical data by the use of cluster analysis*. J. Wiley. Londres.
- ²⁵² Mann H.B. (1945), Nonparametric Tests against Trend, *Econometrica* 13, 245-259
- ²⁵³ Kendall M.G. (1975), *Rank Correlation Methods*, Charles Griffin, London.
- ²⁵⁴ Dietz E.J. and Kileen A. (1981), A Nonparametric Multivariate Test for Monotone Trend with Pharmaceutical Applications, *Journal of the American Statistical Association* 76, 169-174
- ²⁵⁵ Hirsch R.M., Slack J.R. and Smith R.A. (1982), Techniques of Trend Analysis for Monthly Water Quality Data, *Water Resources Research* 18(1), 107-121
- ²⁵⁶ Lettenmaier D.P. (1988), Multivariate Nonparametric Tests for Trend in Water Quality, *Water Resources Bulletin* 24(3), 505-512
- ²⁵⁷ Libiseller C. and Grimvall A. (2002), Performance of Partial Mann-Kendall Test for Trend Detection in the Presence of Covariates, *Environmetrics* 13, 71-84
- ²⁵⁸ Theil, H. 1950. A rank-invariant method of linear and polynomial regression analysis, 1, 2 and 3. *Ned. Akad. Wetensch Proc.*, 53, 386-392, 521-525, 1397-1412.

RESUMEN Y CONCLUSIONES FINALES

RESUMEN Y CONCLUSIONES FINALES

En la presente memoria se presentan los resultados obtenidos en el estudio espacial y temporal de tendencias en datos históricos de calidad de las aguas y su aplicación a la cuenca hidrográfica del Río Ebro durante el periodo 1981-2005.

El trabajo de investigación, desarrollado en el Departamento de Química Analítica “Profesor F. Pino Pérez” de la Universidad de Sevilla, dentro de un proyecto de investigación más amplio, que se centra en el desarrollo y validación de metodologías para el control analítico de la contaminación ambiental (agua, aire y sedimentos) y en su aplicación al estudio de sistemas naturales de interés, centrándose en dos aspectos fundamentales:

El primero se refiere al hidrogeoquímico y caracterización espacial de la cuenca hidrográfica del Río Ebro, con objeto de obtener un conocimiento avanzado de la situación de la cuenca en lo referente a la calidad de sus aguas en los últimos 25 años, y su variabilidad espacial.

El segundo aspecto se refiere a la aplicación de las técnicas matemáticas de estudio de tendencias en datos históricos de calidad de aguas en 34 parámetros de 36 estaciones durante un periodo continuado de 25 años, permitiendo así extraer datos sobre la evolución en el tiempo de la calidad de las aguas de esta cuenca, con objeto de comprender su evolución temporal, detectar posibles deterioros antes de que sean irreversibles, y servir como herramientas a los gestores para la toma de decisiones. El estudio de estas tendencias se ha realizado mediante un triple enfoque. El primero consiste en detectar tendencias en las distintas estaciones de muestreo o zonas, estudiando así la posible distribución espacial de las mismas. En segundo lugar se pretende detectar las tendencias de las distintas variables analíticas utilizadas en cada una de las estaciones. Finalmente, y utilizando sólo las técnicas no-paramétricas acumulativa, estudiar la evolución en el tiempo de estas tendencias.

Soporte importante de este trabajo de investigación ha sido el estudio bibliográfico realizado y la utilización de una base de datos histórica, realizada por un Organismo Oficial, de calidad de las aguas de una gran cuenca hidrográfica española, como es la del Río Ebro.

A continuación se destacan las conclusiones más importantes obtenidas en la presente memoria:

PRIMERA. Los métodos no-paramétricos requieren un conjunto de datos más numeroso y homogéneo para la realización de un estudio de tendencias que los métodos paramétricos. Así, de las 1260 tendencias estudiadas (35 variables incluyendo el Índice de Calidad General, en 36 estaciones durante 25 años) tan sólo un 0,48% de los casos no fueron considerados correctos para la utilización del método paramétrico, frente al 27% en el caso del método no-paramétrico. El porcentaje de tendencias detectadas es del 41,0% para el método paramétrico, frente al 39,1% de los datos válidos, lo que conduce a resultados similares por ambos métodos, con un conjunto de datos menor en el caso del método no-paramétrico, de lo que se deduce una mayor eficacia del procedimiento de cálculo.

SEGUNDA. Se han identificado y cuantificado las tendencias para los distintos parámetros analíticos, identificándose por ambos métodos. Así, según el método no-paramétrico, los fosfatos son el parámetro con una mayor variación anual generalizada en toda la cuenca, con un valor medio del -5,1% para el 89% de las estaciones, lo que conlleva una disminución de su concentración en la práctica totalidad de la cuenca, durante el periodo estudiado. El pH es otro parámetro que presenta una tendencia generalizada al alza, con un 0,2% para el 94% de las estaciones, lo que implica una ligera basificación de la cuenca. E02 es la estación con mayor número de tendencias (68% de los parámetros analizados), y C03 la de menor número (6,9%).

TERCERA. Se ha estudiado la distribución espacial de las tendencias detectadas y cuantificadas, siendo la subcuenca del Ebro-tronco la que mayor número de tendencias presenta (40% de las estaciones), frente a la del Río Gallego que con un 22,1% es la que menor número presenta, según el método no-paramétrico.

CUARTA. Si bien ambos métodos estudiados para el análisis de tendencias ofrecen resultados asimilables en una parte importante de los casos (el 75% de las tendencias se detectan en el mismo sentido mediante la aplicación de ambos métodos), el método no-paramétrico es mucho más robusto frente a la existencia de valores extremos, evitando especialmente la aparición de falsos positivos, como es el caso del anión cianuro en la estación A01.

QUINTA. Se ha utilizado la relación entre las pendientes obtenidas por ambos métodos para realizar una comparación cuantitativa de las tendencias. El 65% de las tendencias detectadas presentan una diferencia menor del 25%, siendo el método paramétrico el que presenta las tendencias más pronunciadas de forma general. El caso de los metales es el que presenta las mayores diferencias, salvo para hierro y manganeso, debido principalmente a la presencia de datos extremos, los cuales afectan el cálculo de tendencias mediante el método paramétrico.

SEXTA. El estudio de correlaciones estacionales permite conocer las variaciones que se producen en los distintos parámetros analizados a lo largo de los distintos meses del año. La mayoría de los parámetros presentan alguna correlación con el mes del año en que se toma la muestra, muy posiblemente influenciados por el caudal circulante o por las condiciones climatológicas existentes, por lo que un estudio de tendencias que no tenga presentes estos factores colaterales, como es el caso del método paramétrico, podría inducir a la obtención de resultados erróneos.

SÉPTIMA. Con objeto de estudiar no sólo las tendencias, sino también su evolución en el tiempo, han sido evaluadas distintas estrategias de cálculo en este sentido. Se ha demostrado que la aplicación en periodos acumulativos de cinco años a partir de un periodo inicial de diez años permite obtener una visión clara de la evolución de las tendencias de los distintos parámetros a lo largo del tiempo. Esto facilita la evaluación de las medidas correctoras tomadas sobre las masas de agua como consecuencia de la aplicación de nuevas legislaciones (Directiva de Aguas Residuales 91/271/CEE y Directiva Marco de Aguas 200/60/CEE).

OCTAVA. La combinación del Índice de Calidad General con un estudio de tendencias por métodos no-paramétricos, se desvela como una gran herramienta para conocer de manera rápida, no sólo el estado general de una cuenca hidrográfica, sino también su evolución temporal. Su uso conjunto con un Sistema de Información Geográfica permitirá la visualización muy rápida y didáctica de los datos obtenidos, tanto desde el punto de vista de la gestión como el de la divulgación.

NOVENA. Se ha realizado un estudio hidrogeoquímico espacial completo de la cuenca hidrográfica del Río Ebro durante el periodo 1981-2005, comprobándose como la variabilidad espacial de sus aguas es debida principalmente a causas naturales, si bien se detectan también contribuciones antropogénicas. Estos resultados se confirman con el Análisis de Componentes Principales realizado, donde el 34,5% de la

variabilidad del sistema se explica en base a cuatro factores, definidos el primero la variabilidad natural, el segundo por los factores climatológicos, el tercero por una componente antropogénica y el cuarto por la concentración de elementos metálicos en disolución.

DÉCIMA. El Análisis Cluster ha permitido clasificar las estaciones en 3 grandes grupos. El primero lo componen las estaciones situadas en la zona pirenaica o prepirenaica (curso medio y alto de los Ríos Segre, Gallego y Aragón), junto con la estación de cabecera del Río Ebro. Un segundo grupo estaría formado por las estaciones situadas en la zona central de la cuenca (E07-E09, Río Jalón y G03), que junto con G04 y S07, no incluidas en ningún cluster, son las que presentan una peor calidad. Las estaciones con una calidad intermedia forman el tercer grupo, que presenta dos localizaciones geográficas: una primera localizada en la zona alta del Río Ebro (E02-E06 y A04), y una segunda en la zona más cercana al mar (E10-E13, S04-S06 y S08).

ANEXO I

DATOS ANALÍTICOS UTILIZADOS PARA LA REALIZACIÓN DEL PRESENTE ESTUDIO

ANEXO I: DATOS ANALÍTICOS UTILIZADOS PARA LA REALIZACIÓN DEL PRESENTE ESTUDIO.

Para la elaboración del presente estudio se han utilizado datos pertenecientes a la Confederación Hidrográfica del Ebro (Ministerio de Medio Ambiente) sobre el control de la calidad de las aguas de la cuenca hidrográfica del Río Ebro, y en concreto de determinadas estaciones de su red ICA (Red Integral de Calidad de Aguas), con análisis mensuales durante el periodo 1981-2005.

Debido a la gran cantidad de información alfanumérica que compone esta base de datos, no es posible su inclusión en la presente memoria, por lo que se facilita anexa a la misma en un CD, en formato digital *pdf*.

En este CD se incluye, al margen del visor de documentos necesario, un archivo por cada una de las 36 estaciones estudiadas en el presente estudio, con los datos analíticos de cada una de las muestras mensuales analizadas ordenadas cronológicamente.

ANEXO II

DESCRIPTIVA Y RESULTADOS PARAMÉTRICOS

ANEXO II: DESCRIPTIVA Y RESULTADOS PARAMÉTRICOS

En el presente Anexo se muestra una descriptiva de cada uno de los parámetros y estaciones utilizados en la presente Memoria, que incluye el número de datos, media, mediana, desviación estándar y desviación estándar relativa.

Se incluyen también los resultados del estudio de tendencias paramétricos, mediante la pendiente de regresión lineal, su valor-p y el porcentaje de variación anual detectado.

Cada tabla corresponde con los datos de una estación, cuyo código se sitúa en la esquina superior izquierda de las mismas.

Los valores inferiores al límite de detección se expresan como *ND* (No Detectado).

A01	n	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD	Pendiente anual paramétrica	Valor-p	Variación anual
		Und.	Und.	Und.	Und.	Und.	%	Und./año	-	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS										
Q	264	6,4	2,8	0,1	165,0	14,8	229,5	-0,147	0,23	-2,3
TAI	279	15,0	15,0	-0,9	36,5	7,8	52,0	-0,015	0,82	-0,1
TAG	279	9,6	8,4	ND	24,1	4,8	50,6	-0,029	0,47	-0,3
pH	279	8,11	8,20	7,20	8,60	0,28	3,4	0,0128	<0,01	0,2
CE	279	221	214	100	450	56	25,2	2,48	<0,01	1,1
SS	119	18	2	ND	923	96	541,8	-1,49	0,31	-8,4
Col	47	4669	2100	ND	40000	6881	147,4	-429,61	<0,01	-9,2
COMPONENTES MAYORITARIOS										
Ca	47	45,6	46,3	26,1	72,1	10,3	22,6	0,490	0,02	1,1
Mg	47	6,7	7,0	2,4	13,4	2,2	32,1	0,055	0,21	0,8
Na	47	3,3	3,2	ND	9,1	1,8	55,8	0,091	0,01	2,8
K	36	0,62	0,50	ND	1,30	0,30	49,0	-0,0147	0,01	-2,4
Cl	48	5,6	5,5	ND	15,3	2,8	50,1	-0,006	0,92	-0,1
SO4	48	12,6	12,8	1,0	28,4	5,6	44,0	0,110	0,33	0,9
Alc	53	123,5	124,0	72,5	185,0	28,8	23,3	1,878	<0,01	1,5
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES										
Fe	25	0,03	0,02	ND	0,13	0,03	127,3	0,0027	<0,01	10,2
Mn	22	0,0042	ND	ND	0,0200	0,0055	131,4	0,000314	0,07	7,5
As	25	0,00050	ND	ND	0,01000	0,00199	401,0	-0,0000602	0,26	-12,1
Hg	23	0,000015	ND	ND	0,000170	0,000038	255,3	0,0000024	0,01	16,2
Cd	25	0,000070	ND	ND	0,000500	0,000132	188,1	0,0000101	<0,01	14,3
Cu	25	0,0007	ND	ND	0,0100	0,0020	306,7	0,000060	0,27	9,1
Cr	27	0,0005	ND	ND	0,0041	0,0010	210,5	0,000077	<0,01	17,0
Pb	25	0,00092	ND	ND	0,01000	0,00223	241,0	0,0001063	0,07	11,5
Zn	25	0,019	0,010	ND	0,093	0,025	128,9	0,00241	<0,01	12,6
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES										
F	25	0,04	0,04	0,01	0,12	0,02	59,5	0,0009	0,18	2,2
CN	96	0,0048	0,0035	ND	0,1600	0,0162	338,4	-0,000593	0,04	-12,4
NO3	48	1,8	1,5	ND	6,2	1,4	75,2	0,036	0,19	2,0
PO4	47	0,089	0,050	ND	0,350	0,078	87,2	-0,002206	0,16	-2,5
NH4	47	0,071	0,065	ND	0,360	0,074	103,7	0,000470	0,76	0,7
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES										
DBO5	276	3,1	2,8	0,2	14,6	1,9	60,2	0,025	0,11	0,8
O2	277	10,9	10,9	6,2	15,9	1,5	13,5	0,046	<0,01	0,4
MO	95	3,5	2,8	1,0	14,6	2,4	69,2	-0,039	0,67	-1,1
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS										
Det	46	0,038	ND	ND	0,610	0,094	246,2	-0,00365	0,06	-9,5
Fen	20	0,0008	ND	ND	0,0050	0,0017	209,3	0,000137	0,02	16,6
Hid	8	0,014	ND	ND	0,090	0,031	218,0	-0,00162	0,61	-11,3
I.C.G.	279	84	85	63	96	7	8,3	-0,30	<0,01	-0,4

ANEXO II
DESCRIPTIVA Y RESULTADOS PARAMÉTRICOS

A02	n	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD	Pendiente anual paramétrica	Valor-p	Variación anual
		Und.	Und.	Und.	Und.	Und.	%	Und./año	-	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS										
Q	277	17,5	8,0	0,8	341,4	31,8	182,3	0,077	0,77	0,4
TAI	284	17,1	17,0	1,0	35,5	8,1	47,7	0,000	1,00	0,0
TAG	284	12,2	11,5	3,5	23,0	5,2	42,1	0,043	0,31	0,4
pH	284	8,11	8,20	7,30	8,60	0,25	3,1	0,0186	<0,01	0,2
CE	284	297	294	190	543	45	15,0	2,48	<0,01	0,8
SS	120	7	5	ND	62	8	118,5	-0,09	0,44	-1,4
Col	52	867	56	ND	14000	2646	305,1	-147,15	<0,01	-17,0
COMPONENTES MAYORITARIOS										
Ca	50	51,8	52,1	30,5	68,1	6,9	13,3	0,013	0,93	0,0
Mg	50	7,2	6,7	2,4	19,2	2,9	39,4	0,001	0,99	0,0
Na	50	8,5	7,9	2,7	21,3	3,5	41,7	0,157	0,02	1,9
K	40	0,86	1,00	0,50	1,30	0,27	32,0	-0,0230	<0,01	-2,7
Cl	70	12,8	11,4	2,6	30,3	5,4	42,0	-0,048	0,64	-0,4
SO4	62	17,7	17,7	7,0	34,2	4,3	24,2	0,175	0,03	1,0
Alc	56	139,5	140,0	105,0	166,0	14,1	10,1	0,682	<0,01	0,5
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES										
Fe	29	0,04	0,04	ND	0,10	0,03	87,3	0,0022	<0,01	5,8
Mn	26	0,0109	0,0100	ND	0,0300	0,0094	86,0	0,000837	<0,01	7,7
As	28	0,00008	ND	ND	0,00100	0,00022	274,3	0,0000169	<0,01	21,3
Hg	28	0,000010	ND	ND	0,000050	0,000018	185,0	0,0000012	<0,01	12,4
Cd	28	0,000061	ND	ND	0,000500	0,000127	209,9	0,0000107	<0,01	17,7
Cu	29	0,0006	ND	ND	0,0100	0,0019	323,3	0,000038	0,45	6,6
Cr	30	0,0007	ND	ND	0,0126	0,0023	335,1	0,000115	0,06	16,5
Pb	28	0,00047	ND	ND	0,00500	0,00113	240,6	0,0000871	<0,01	18,6
Zn	29	0,019	0,020	ND	0,073	0,022	117,3	0,00219	<0,01	11,4
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES										
F	28	0,05	0,05	0,01	0,19	0,03	61,3	0,0001	0,87	0,3
CN	28	0,0009	ND	ND	0,0050	0,0018	202,0	0,000164	<0,01	18,8
NO3	70	2,1	2,1	0,2	5,0	0,8	37,4	0,032	0,03	1,5
PO4	67	0,066	0,050	ND	0,400	0,068	103,4	-0,005338	<0,01	-8,1
NH4	67	0,092	0,050	ND	0,700	0,141	153,1	-0,000282	0,92	-0,3
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES										
DBO5	282	3,0	2,8	0,2	8,4	1,6	54,3	0,017	0,20	0,6
O2	282	10,9	11,1	6,5	14,8	1,4	13,0	0,041	<0,01	0,4
MO	102	7,2	6,5	2,2	18,2	2,6	36,5	-0,160	0,10	-2,2
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS										
Det	51	0,035	0,010	ND	0,250	0,057	161,9	-0,00253	0,03	-7,3
Fen	24	0,0012	ND	ND	0,0180	0,0038	316,3	0,000095	0,45	8,0
Hid	10	0,015	0,003	ND	0,060	0,021	147,6	-0,00012	0,96	-0,8
I.C.G.	284	84	85	67	96	6	6,6	-0,40	<0,01	-0,5

A03	n	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD	Pendiente anual paramétrica	Valor-p	Variación anual
		Und.	Und.	Und.	Und.	Und.	%	Und./año	-	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS										
Q	196	49,4	23,0	6,0	560,0	74,2	150,4	-0,878	0,41	-1,8
TAI	281	17,5	17,2	1,6	34,7	8,1	46,1	0,017	0,80	0,1
TAG	281	13,6	12,5	2,2	26,5	6,2	45,6	0,031	0,54	0,2
pH	281	8,03	8,10	7,30	8,50	0,24	2,9	0,0105	<0,01	0,1
CE	281	349	329	188	710	83	23,8	4,48	<0,01	1,3
SS	122	14	6	1	155	24	173,5	-0,28	0,42	-2,0
Col	50	5374	1200	ND	90000	14498	269,8	-560,32	0,04	-10,4
COMPONENTES MAYORITARIOS										
Ca	47	56,4	57,1	32,1	72,1	8,1	14,3	0,270	0,10	0,5
Mg	47	8,8	7,6	3,5	21,9	4,7	52,9	-0,097	0,31	-1,1
Na	47	19,3	15,4	2,7	85,3	15,1	78,1	0,577	0,06	3,0
K	37	1,25	1,20	0,50	3,40	0,57	45,1	-0,0278	0,01	-2,2
Cl	55	13,6	13,5	3,5	24,9	5,4	39,5	-0,067	0,53	-0,5
SO4	50	44,4	33,3	8,7	183,0	31,9	71,8	1,370	0,03	3,1
Alc	53	145,8	145,0	95,0	177,5	16,0	11,0	0,811	<0,01	0,6
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES										
Fe	33	0,08	0,06	ND	0,64	0,11	147,4	0,0060	0,03	7,9
Mn	29	0,0198	0,0100	ND	0,1570	0,0307	154,8	0,001279	0,14	6,5
As	33	0,00011	ND	ND	0,00100	0,00023	221,6	0,0000201	<0,01	19,0
Hg	32	0,000025	ND	ND	0,000340	0,000071	280,5	0,0000036	0,03	14,3
Cd	33	0,000093	ND	ND	0,001500	0,000275	294,6	0,0000158	0,02	16,9
Cu	33	0,0023	ND	ND	0,0102	0,0038	162,9	0,000119	0,21	5,1
Cr	35	0,0024	ND	ND	0,0245	0,0058	239,1	0,000377	<0,01	15,5
Pb	32	0,00052	ND	ND	0,00500	0,00118	226,5	0,0000924	<0,01	17,7
Zn	33	0,025	0,020	ND	0,104	0,029	115,7	0,00162	0,02	6,5
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES										
F	33	0,06	0,05	0,03	0,20	0,03	49,6	<0,0001	0,95	-0,1
CN	101	0,0045	0,0035	ND	0,1300	0,0129	287,2	-0,000398	0,08	-8,8
NO3	55	4,1	3,9	ND	17,1	2,6	63,8	0,085	0,09	2,1
PO4	55	0,108	0,080	ND	0,510	0,112	103,9	-0,007970	<0,01	-7,4
NH4	57	0,231	0,090	ND	1,420	0,317	136,9	0,009345	0,12	4,0
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES										
DBO5	280	4,5	3,8	0,7	76,0	5,0	112,5	-0,086	0,04	-1,9
O2	279	10,1	10,2	5,9	14,8	1,6	16,0	<0,001	0,99	0,0
MO	97	10,0	9,3	3,3	28,5	4,4	43,6	-0,023	0,89	-0,2
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS										
Det	47	0,044	0,025	ND	0,200	0,056	126,3	-0,00337	<0,01	-7,6
Fen	25	0,0080	0,0030	ND	0,0990	0,0197	246,7	-0,000981	0,12	-12,3
Hid	15	0,096	0,005	ND	0,640	0,194	201,6	-0,02295	0,13	-23,8
I.C.G.	281	80	81	59	94	7	8,7	-0,33	<0,01	-0,4

ANEXO II
DESCRIPTIVA Y RESULTADOS PARAMÉTRICOS

A04	n	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD	Pendiente anual paramétrica	Valor-p	Variación anual
		Und.	Und.	Und.	Und.	Und.	%	Und./año	-	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS										
Q	262	48,8	17,9	1,6	1197,2	101,9	209,1	-1,808	0,03	-3,7
TAI	282	15,2	14,0	-2,0	33,3	7,7	50,5	0,011	0,86	0,1
TAG	283	13,7	12,6	0,7	27,2	6,3	46,3	0,045	0,39	0,3
pH	283	8,02	8,10	7,30	8,50	0,25	3,1	0,0162	<0,01	0,2
CE	283	415	408	226	1132	100	24,1	4,35	<0,01	1,0
SS	123	52	9	1	3680	332	637,5	-3,96	0,42	-7,6
Col	52	207395	1900	ND	10000000	1385569	668,1	20940,90	0,43	10,1
COMPONENTES MAYORITARIOS										
Ca	48	62,0	62,2	32,1	100,2	9,5	15,4	0,167	0,38	0,3
Mg	48	11,4	10,9	1,2	35,3	5,0	43,3	-0,077	0,44	-0,7
Na	48	27,9	27,4	7,3	136,3	18,7	66,9	0,167	0,66	0,6
K	39	1,49	1,40	0,50	2,80	0,52	34,6	-0,0119	0,25	-0,8
Cl	60	27,9	25,6	7,0	145,0	18,8	67,3	-0,255	0,47	-0,9
SO4	52	51,0	43,7	9,9	252,0	34,2	67,1	0,580	0,39	1,1
Alc	54	159,4	159,0	105,0	197,5	16,3	10,2	0,804	<0,01	0,5
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES										
Fe	37	0,08	0,07	ND	0,28	0,07	88,3	0,0019	0,23	2,4
Mn	31	0,0175	0,0100	ND	0,0900	0,0199	113,7	0,000162	0,76	0,9
As	37	0,00015	ND	ND	0,00100	0,00026	173,2	0,0000232	<0,01	15,6
Hg	38	0,000021	ND	ND	0,000310	0,000054	257,2	0,0000024	0,03	11,4
Cd	37	0,000106	ND	ND	0,001500	0,000272	255,4	0,0000165	<0,01	15,5
Cu	37	0,0024	0,0006	ND	0,0100	0,0036	148,5	0,000040	0,63	1,7
Cr	39	0,0012	ND	ND	0,0134	0,0029	236,7	0,000141	0,03	11,4
Pb	36	0,00119	ND	ND	0,01000	0,00254	213,7	0,0000804	0,17	6,8
Zn	37	0,034	0,022	ND	0,122	0,036	105,0	0,00078	0,34	2,3
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES										
F	37	0,09	0,09	0,01	0,30	0,05	51,1	-0,0007	0,51	-0,8
CN	102	0,0035	0,0035	ND	0,0400	0,0046	132,5	0,000080	0,32	2,3
NO3	60	8,1	6,8	1,8	18,2	4,2	52,3	0,030	0,70	0,4
PO4	59	0,213	0,100	ND	2,380	0,369	173,4	-0,019292	<0,01	-9,1
NH4	64	0,127	0,065	ND	1,280	0,183	143,9	-0,001770	0,61	-1,4
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES										
DBO5	280	4,0	3,3	0,8	29,0	2,9	73,0	-0,010	0,67	-0,3
O2	281	10,2	10,2	5,8	16,0	1,7	16,8	0,004	0,77	0,0
MO	97	10,6	9,9	4,5	29,2	3,8	35,8	-0,113	0,43	-1,1
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS										
Det	48	0,039	0,020	ND	0,270	0,063	159,8	-0,00267	0,04	-6,8
Fen	26	0,0016	ND	ND	0,0110	0,0029	179,4	0,000048	0,60	3,0
Hid	15	0,056	ND	ND	0,390	0,122	217,0	-0,00838	0,39	-15,0
I.C.G.	283	80	80	57	93	8	9,8	-0,48	<0,01	-0,6

E01	n	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD	Pendiente anual paramétrica	Valor-p	Variación anual
		Und.	Und.	Und.	Und.	Und.	%	Und./año	-	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS										
Q	263	45,1	28,6	0,2	695,1	64,8	143,7	0,016	0,98	0,0
TAI	278	14,2	13,5	-1,4	33,2	7,7	54,5	0,011	0,86	0,1
TAG	278	12,7	12,0	2,0	26,5	5,2	41,1	0,035	0,42	0,3
pH	278	7,98	8,00	7,00	8,80	0,26	3,2	0,0145	<0,01	0,2
CE	278	320	327	110	547	65	20,3	2,07	<0,01	0,6
SS	120	8	4	ND	164	16	208,7	0,12	0,63	1,5
Col	48	2759	1000	20	27000	5682	205,9	-150,92	0,18	-5,5
COMPONENTES MAYORITARIOS										
Ca	48	56,3	57,1	32,1	80,2	15,3	27,1	0,295	0,34	0,5
Mg	48	8,3	7,3	2,4	20,8	4,1	49,0	-0,208	<0,01	-2,5
Na	48	6,0	6,1	1,5	10,9	1,9	31,9	-0,072	0,06	-1,2
K	38	1,47	1,45	0,50	3,30	0,49	33,0	-0,0108	0,27	-0,7
Cl	48	12,0	11,8	3,5	21,0	4,1	34,2	-0,332	<0,01	-2,8
SO4	48	25,1	26,4	8,2	39,4	8,1	32,4	0,046	0,78	0,2
Alc	54	139,9	156,3	80,0	217,0	44,1	31,5	-0,322	0,68	-0,2
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES										
Fe	25	0,08	0,10	ND	0,19	0,07	83,6	0,0064	<0,01	8,2
Mn	22	0,0238	0,0200	ND	0,0500	0,0195	82,1	0,002236	<0,01	9,4
As	25	0,00058	ND	ND	0,01000	0,00199	341,8	-0,0000489	0,36	-8,4
Hg	23	0,000059	ND	ND	0,001000	0,000208	350,5	0,0000012	0,85	2,0
Cd	25	0,000052	ND	ND	0,000500	0,000124	238,2	0,0000105	<0,01	20,1
Cu	25	0,0020	ND	ND	0,0100	0,0036	183,5	0,000077	0,44	3,9
Cr	27	0,0003	ND	ND	0,0027	0,0006	196,2	0,000058	<0,01	17,9
Pb	25	0,00128	ND	ND	0,01000	0,00287	225,2	-0,0000024	0,98	-0,2
Zn	25	0,019	0,010	ND	0,115	0,029	154,5	0,00232	<0,01	12,2
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES										
F	25	0,07	0,06	ND	0,28	0,05	70,0	-0,0004	0,76	-0,6
CN	24	0,0010	ND	ND	0,0050	0,0019	183,5	0,000182	<0,01	17,8
NO3	52	4,3	3,0	1,0	16,0	3,2	74,6	-0,062	0,29	-1,5
PO4	52	0,137	0,060	ND	1,320	0,247	180,8	-0,013658	<0,01	-10,0
NH4	53	0,105	0,065	ND	0,700	0,141	134,4	-0,002413	0,34	-2,3
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES										
DBO5	277	3,7	3,0	0,9	22,4	2,8	74,9	0,041	0,07	1,1
O2	278	10,0	9,9	5,3	14,2	1,4	14,1	0,023	0,05	0,2
MO	94	11,4	10,3	4,1	30,0	4,6	40,3	0,211	0,23	1,9
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS										
Det	46	0,056	0,030	ND	0,770	0,121	215,6	-0,00493	0,05	-8,8
Fen	20	0,0010	ND	ND	0,0120	0,0028	298,7	0,000116	0,25	12,2
Hid	9	0,046	0,005	ND	0,190	0,073	160,3	-0,00854	0,20	-18,7
I.C.G.	279	82	83	ND	96	8	10,1	-0,46	<0,01	-0,6

ANEXO II
DESCRIPTIVA Y RESULTADOS PARAMÉTRICOS

E02	n	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD	Pendiente anual paramétrica	Valor-p	Variación anual
		Und.	Und.	Und.	Und.	Und.	%	Und./año	-	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS										
Q	225	50,4	30,5	4,3	865,0	83,5	165,7	0,686	0,48	1,4
TAI	296	14,7	14,0	-1,1	35,5	7,1	48,2	-0,151	<0,01	-1,0
TAG	297	15,6	14,7	5,4	28,3	5,6	35,7	0,051	0,26	0,3
pH	297	7,94	8,00	7,10	8,60	0,26	3,3	0,0177	<0,01	0,2
CE	297	469	460	233	909	119	25,4	3,73	<0,01	0,8
SS	123	9	6	1	239	22	245,0	0,02	0,96	0,2
Col	289	7654	1740	ND	220000	20544	268,4	-175,33	0,31	-2,3
COMPONENTES MAYORITARIOS										
Ca	289	67,1	66,2	27,3	114,2	17,0	25,4	0,175	0,22	0,3
Mg	288	9,2	8,5	1,2	32,6	3,8	41,3	-0,021	0,51	-0,2
Na	289	29,6	25,5	4,2	83,7	15,5	52,4	0,324	0,01	1,1
K	223	1,81	1,80	ND	4,10	0,63	34,6	-0,0219	<0,01	-1,2
Cl	288	38,9	34,0	6,8	137,0	18,9	48,6	-0,178	0,26	-0,5
SO4	289	57,6	54,8	11,9	130,0	23,4	40,6	0,840	<0,01	1,5
Alc	289	149,4	153,0	83,0	210,5	31,6	21,1	0,686	<0,01	0,5
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES										
Fe	287	0,06	0,06	ND	0,42	0,06	97,2	0,0038	<0,01	6,1
Mn	252	0,0109	0,0100	ND	0,0700	0,0101	92,2	0,000638	<0,01	5,8
As	289	0,00043	ND	ND	0,02000	0,00202	468,0	-0,0000157	0,35	-3,6
Hg	285	0,000224	ND	ND	0,055000	0,003260	1455,1	<0,0000001	0,86	0,0
Cd	288	0,000125	ND	ND	0,001800	0,000261	208,7	0,0000149	<0,01	11,9
Cu	288	0,0027	ND	ND	0,0300	0,0044	163,5	0,000099	<0,01	3,6
Cr	289	0,0013	ND	ND	0,0516	0,0049	362,0	0,000182	<0,01	13,6
Pb	287	0,00121	ND	ND	0,08000	0,00515	426,6	0,0000421	0,33	3,5
Zn	289	0,035	0,020	ND	0,300	0,046	132,8	-0,00007	0,85	-0,2
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES										
F	287	0,08	0,08	ND	0,55	0,05	56,7	0,0019	<0,01	2,3
CN	284	0,0056	ND	ND	0,2100	0,0201	362,1	0,000274	0,10	4,9
NO3	288	7,5	6,7	ND	43,1	5,2	69,8	0,090	0,04	1,2
PO4	288	0,176	0,110	ND	1,990	0,243	137,6	-0,011542	<0,01	-6,5
NH4	286	0,213	0,100	ND	3,530	0,303	142,3	-0,005610	0,03	-2,6
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES										
DBO5	294	5,1	4,1	0,8	51,0	4,6	90,2	0,112	<0,01	2,2
O2	296	9,0	9,2	4,9	14,6	1,8	19,6	-0,038	<0,01	-0,4
MO	107	16,7	15,9	2,9	30,0	4,8	28,5	0,105	0,54	0,6
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS										
Det	285	0,052	0,040	ND	1,040	0,094	180,7	-0,00351	<0,01	-6,7
Fen	223	0,0019	ND	ND	0,0470	0,0050	261,2	0,000180	<0,01	9,4
Hid	109	0,075	0,020	ND	0,740	0,128	169,9	-0,01169	<0,01	-15,5
I.C.G.	297	68	69	43	92	9	12,6	-0,58	<0,01	-0,8

E03	n	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD	Pendiente anual paramétrica	Valor-p	Variación anual
		Und.	Und.	Und.	Und.	Und.	%	Und./año	-	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS										
Q	203	73,6	40,0	5,1	1089,0	124,3	168,9	1,956	0,24	2,7
TAI	291	14,3	13,4	1,0	32,3	6,7	46,8	-0,049	0,37	-0,3
TAG	293	14,9	13,8	4,3	26,5	5,6	37,1	0,044	0,33	0,3
pH	293	7,78	7,80	6,90	9,90	0,31	4,0	0,0224	<0,01	0,3
CE	293	498	490	276	888	116	23,3	2,16	0,02	0,4
SS	122	13	6	1	627	56	451,5	0,40	0,64	3,2
Col	98	14852	8650	ND	110000	18957	127,6	-576,61	0,03	-3,9
COMPONENTES MAYORITARIOS										
Ca	97	71,2	72,1	42,6	107,0	13,9	19,5	0,191	0,34	0,3
Mg	97	9,5	9,1	2,4	20,7	3,7	38,6	-0,071	0,18	-0,7
Na	97	33,3	29,2	6,6	84,3	17,4	52,4	0,020	0,94	0,1
K	76	2,36	2,20	0,50	4,40	0,82	34,7	-0,0158	0,18	-0,7
Cl	97	42,6	37,0	13,1	105,6	20,1	47,3	-0,416	0,15	-1,0
SO4	97	62,6	61,0	19,8	151,9	23,6	37,7	0,640	0,06	1,0
Alc	101	158,7	160,0	99,0	218,5	27,8	17,5	0,478	0,21	0,3
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES										
Fe	49	0,07	0,08	ND	0,33	0,06	83,7	0,0041	<0,01	5,4
Mn	43	0,0136	0,0100	ND	0,0400	0,0109	80,1	0,000697	<0,01	5,1
As	89	0,00049	0,00038	ND	0,01000	0,00109	221,6	0,0000050	0,75	1,0
Hg	94	0,000034	ND	ND	0,001000	0,000127	375,1	0,0000024	0,15	7,1
Cd	97	0,000130	ND	ND	0,001500	0,000266	203,9	0,0000143	<0,01	11,0
Cu	91	0,0027	0,0025	ND	0,0229	0,0034	127,9	0,000101	0,04	3,8
Cr	131	0,0014	ND	ND	0,0296	0,0035	245,4	0,000110	<0,01	7,7
Pb	88	0,00217	0,00150	ND	0,01000	0,00250	115,2	0,0001560	<0,01	7,2
Zn	90	0,032	0,024	ND	0,170	0,031	97,4	-0,00026	0,56	-0,8
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES										
F	131	0,11	0,11	0,01	0,28	0,04	34,7	0,0009	0,05	0,8
CN	156	0,0060	0,0035	ND	0,0800	0,0118	196,9	-0,000157	0,24	-2,6
NO3	98	9,2	9,1	0,7	25,7	4,9	53,1	0,091	0,19	1,0
PO4	98	0,538	0,260	ND	10,900	1,140	211,7	-0,043312	<0,01	-8,0
NH4	100	0,554	0,260	ND	6,890	0,843	152,4	-0,028798	0,01	-5,2
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES										
DBO5	290	9,2	7,2	1,0	48,0	6,9	75,4	-0,153	<0,01	-1,7
O2	291	7,8	7,6	1,7	13,3	2,2	28,1	0,067	<0,01	0,9
MO	100	18,9	18,7	12,1	30,0	4,1	21,8	0,266	0,08	1,4
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS										
Det	96	0,057	0,040	ND	0,320	0,061	106,4	-0,00313	<0,01	-5,5
Fen	76	0,0053	0,0040	ND	0,0340	0,0066	123,2	-0,000251	0,04	-4,7
Hid	38	0,048	ND	ND	0,400	0,092	190,6	-0,00484	0,21	-10,0
I.C.G.	293	70	70	40	90	10	13,8	-0,29	<0,01	-0,4

ANEXO II
DESCRIPTIVA Y RESULTADOS PARAMÉTRICOS

E04	n	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD	Pendiente anual paramétrica	Valor-p	Variación anual
		Und.	Und.	Und.	Und.	Und.	%	Und./año	-	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS										
Q	281	95,8	60,5	10,5	715,8	97,8	102,1	-0,987	0,23	-1,0
TAI	291	14,6	14,2	-1,3	29,2	6,5	44,5	-0,050	0,34	-0,3
TAG	291	14,3	13,3	3,2	26,8	5,7	40,1	0,024	0,60	0,2
pH	291	7,91	7,90	7,00	8,60	0,26	3,3	0,0180	<0,01	0,2
CE	291	648	650	285	1110	154	23,7	2,66	0,03	0,4
SS	123	26	13	1	329	43	164,1	1,79	<0,01	6,8
Col	172	25762	9550	6	600000	55518	215,5	130,47	0,83	0,5
COMPONENTES MAYORITARIOS										
Ca	172	79,0	79,0	50,1	114,2	12,7	16,0	0,059	0,67	0,1
Mg	172	11,2	10,6	2,4	20,7	4,0	35,4	0,083	0,06	0,7
Na	172	58,1	57,3	12,5	132,0	25,4	43,7	0,067	0,81	0,1
K	151	2,93	2,80	0,50	5,60	1,01	34,4	-0,0021	0,85	-0,1
Cl	179	77,7	77,0	19,2	175,0	32,3	41,5	-0,237	0,48	-0,3
SO4	173	95,1	94,8	27,6	187,1	32,1	33,7	0,649	0,06	0,7
Alc	169	153,3	155,0	100,0	197,5	17,9	11,7	0,241	0,24	0,2
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES										
Fe	62	0,10	0,10	ND	0,60	0,10	92,4	0,0010	0,57	1,0
Mn	53	0,0222	0,0200	ND	0,0600	0,0155	70,1	0,000781	0,02	3,5
As	61	0,00087	ND	ND	0,02000	0,00307	352,5	-0,0001129	0,05	-13,0
Hg	94	0,000071	ND	ND	0,002000	0,000269	381,4	<0,0000001	1,00	0,0
Cd	94	0,000234	ND	ND	0,010000	0,001061	453,8	0,0000016	0,92	0,7
Cu	63	0,0030	0,0010	ND	0,0100	0,0039	131,6	0,000066	0,35	2,2
Cr	95	0,0014	ND	ND	0,0300	0,0039	278,9	0,000142	0,01	10,1
Pb	61	0,00179	ND	ND	0,02000	0,00415	231,1	0,0000696	0,37	3,9
Zn	63	0,035	0,030	ND	0,130	0,033	92,3	0,00064	0,29	1,8
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES										
F	97	0,11	0,11	ND	0,29	0,04	37,0	0,0012	0,04	1,1
CN	152	0,0032	0,0025	ND	0,0400	0,0059	185,4	0,000248	<0,01	7,9
NO3	182	10,4	10,3	0,9	26,2	4,4	42,1	0,080	0,07	0,8
PO4	179	0,648	0,520	ND	4,120	0,538	83,0	-0,028988	<0,01	-4,5
NH4	183	0,219	0,130	ND	3,700	0,383	174,9	-0,004870	0,21	-2,2
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES										
DBO5	291	6,8	5,4	1,0	116,0	7,8	114,3	-0,086	0,18	-1,3
O2	291	9,1	9,2	4,9	14,3	1,6	17,3	0,011	0,41	0,1
MO	103	15,7	15,4	3,3	28,2	3,9	25,0	0,308	0,03	2,0
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS										
Det	171	0,065	0,040	ND	0,500	0,073	112,3	-0,00348	<0,01	-5,3
Fen	147	0,0021	0,0010	ND	0,0160	0,0024	115,3	-0,000020	0,57	-1,0
Hid	39	0,071	0,020	ND	0,820	0,158	221,6	-0,01152	0,06	-16,1
I.C.G.	291	67	68	45	84	7	10,5	-0,07	0,21350	-0,1

E05	n	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD	Pendiente anual paramétrica	Valor-p	Variación anual
		Und.	Und.	Und.	Und.	Und.	%	Und./año	-	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS										
Q	288	176,7	91,0	13,5	1915,0	212,1	120,0	-0,675	0,70	-0,4
TAI	291	15,5	16,0	0,2	36,0	7,4	47,5	0,131	0,03	0,8
TAG	290	14,0	13,3	2,5	25,8	5,8	41,0	0,049	0,30	0,3
pH	291	7,86	7,90	6,20	8,50	0,26	3,3	0,0178	<0,01	0,2
CE	291	765	765	319	1632	225	29,4	7,72	<0,01	1,0
SS	123	31	15	1	515	58	190,3	0,74	0,39	2,4
Col	98	342252	12000	ND	28000000	2828012	826,3	68334,80	0,08	20,0
COMPONENTES MAYORITARIOS										
Ca	97	87,5	89,9	61,7	114,0	12,9	14,8	<0,001	1,00	0,0
Mg	96	14,4	13,8	2,4	58,4	7,3	51,0	0,097	0,35	0,7
Na	97	68,5	68,0	17,3	162,0	34,0	49,6	0,607	0,21	0,9
K	76	3,51	3,20	0,50	11,30	1,73	49,4	-0,0357	0,15	-1,0
Cl	97	97,5	97,5	25,0	216,0	47,9	49,1	0,540	0,43	0,6
SO4	97	105,8	104,0	37,1	218,0	43,7	41,3	0,536	0,39	0,5
Alc	102	172,0	170,0	125,0	235,0	18,6	10,8	0,213	0,39	0,1
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES										
Fe	51	0,10	0,08	ND	0,90	0,14	133,3	0,0030	0,26	2,9
Mn	45	0,0223	0,0100	ND	0,1500	0,0300	134,6	0,000941	0,16	4,2
As	52	0,00060	ND	ND	0,01000	0,00193	320,9	-0,0000523	0,16	-8,7
Hg	94	0,000019	ND	ND	0,000300	0,000052	269,7	0,0000024	<0,01	12,4
Cd	95	0,000245	ND	ND	0,010000	0,001070	437,0	0,0000030	0,85	1,2
Cu	53	0,0024	ND	ND	0,0200	0,0041	173,1	0,000135	0,08	5,7
Cr	94	0,0019	ND	ND	0,0393	0,0053	277,9	0,000223	<0,01	11,7
Pb	50	0,00150	ND	ND	0,03000	0,00453	301,5	0,0000941	0,29	6,3
Zn	52	0,035	0,024	ND	0,200	0,042	120,4	0,00107	0,19	3,1
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES										
F	96	0,11	0,11	ND	0,30	0,04	38,6	0,0015	0,01	1,4
CN	153	0,0035	ND	ND	0,1600	0,0133	375,7	0,000242	0,12	6,8
NO3	97	11,5	11,5	0,5	21,3	3,9	33,8	0,095	0,08	0,8
PO4	96	0,475	0,375	ND	2,760	0,454	95,6	-0,038022	<0,01	-8,0
NH4	96	0,166	0,090	ND	0,880	0,187	112,2	-0,002796	0,30	-1,7
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES										
DBO5	289	5,3	4,4	0,6	30,0	3,6	68,7	0,033	0,26	0,6
O2	290	9,1	9,4	4,8	13,8	1,7	18,4	0,023	0,09	0,3
MO	104	13,9	13,2	8,0	30,0	4,2	30,5	0,224	0,14	1,6
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS										
Det	93	0,049	0,040	ND	0,300	0,055	112,3	-0,00262	<0,01	-5,3
Fen	75	0,0017	0,0010	ND	0,0150	0,0025	147,5	0,000041	0,40	2,4
Hid	38	0,061	0,005	ND	0,370	0,103	168,4	-0,00583	0,18	-9,5
I.C.G.	291	70	70	42	90	10	13,6	-0,61	<0,01	-0,9

ANEXO II
DESCRIPTIVA Y RESULTADOS PARAMÉTRICOS

E06	n	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD	Pendiente anual paramétrica	Valor-p	Variación anual
		Und.	Und.	Und.	Und.	Und.	%	Und./año	-	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS										
Q	97	157,3	54,5	9,7	851,0	178,3	113,4	-9,530	0,06	-6,1
TAI	292	15,7	15,5	-4,2	35,5	7,4	47,4	0,064	0,29	0,4
TAG	293	14,6	13,9	1,3	27,1	6,1	42,2	0,075	0,13	0,5
pH	293	7,94	7,90	7,20	8,50	0,25	3,2	0,0138	<0,01	0,2
CE	293	833	834	97	1568	262	31,4	7,98	<0,01	1,0
SS	122	48	24	1	1102	120	249,8	0,36	0,85	0,7
Col	286	26218	8215	ND	900000	73736	281,2	316,31	0,61	1,2
COMPONENTES MAYORITARIOS										
Ca	285	93,0	92,2	52,1	184,4	15,4	16,6	0,193	0,14	0,2
Mg	285	16,7	17,0	3,6	48,6	6,5	38,6	0,117	0,03	0,7
Na	285	82,2	80,8	11,3	174,0	39,5	48,1	0,966	<0,01	1,2
K	221	3,55	3,50	0,08	10,40	1,40	39,3	-0,0265	0,03	-0,7
Cl	282	116,8	116,0	13,5	259,0	56,4	48,3	1,003	0,04	0,9
SO4	285	120,7	124,6	25,9	319,3	47,7	39,5	1,242	<0,01	1,0
Alc	286	177,4	175,0	100,0	340,0	20,0	11,3	0,129	0,44	0,1
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES										
Fe	286	0,11	0,10	ND	1,40	0,12	115,3	0,0033	<0,01	3,1
Mn	251	0,0216	0,0200	ND	0,3100	0,0262	121,7	0,001295	<0,01	6,0
As	285	0,00038	ND	ND	0,02000	0,00180	473,2	0,0000029	0,85	0,8
Hg	278	0,000044	ND	ND	0,006000	0,000371	846,0	0,0000008	0,79	1,9
Cd	284	0,000101	ND	ND	0,003000	0,000252	249,3	0,0000126	<0,01	12,5
Cu	285	0,0040	ND	ND	0,2100	0,0137	337,7	0,000080	0,49	2,0
Cr	284	0,0013	ND	ND	0,0360	0,0042	311,9	0,000181	<0,01	13,5
Pb	283	0,00188	ND	ND	0,05000	0,00497	264,6	0,0000887	0,03	4,7
Zn	286	0,037	0,029	ND	0,427	0,044	117,7	0,00079	0,03	2,1
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES										
F	283	0,12	0,12	ND	0,33	0,05	40,4	0,0022	<0,01	1,8
CN	281	0,0017	ND	ND	0,0500	0,0048	282,2	0,000220	<0,01	13,1
NO3	285	12,5	12,3	0,5	28,5	3,9	30,8	0,040	0,21	0,3
PO4	284	0,485	0,360	ND	6,280	0,608	125,3	-0,037079	<0,01	-7,6
NH4	282	0,171	0,090	ND	1,250	0,197	115,4	-0,005760	<0,01	-3,4
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES										
DBO5	291	6,1	5,3	0,6	86,0	5,8	95,8	-0,005	0,91	-0,1
O2	293	9,8	9,9	5,1	16,8	1,7	17,0	0,023	0,08	0,2
MO	104	14,2	14,2	6,2	23,4	3,2	22,8	-0,054	0,65	-0,4
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS										
Det	282	0,039	0,040	ND	0,310	0,045	115,5	-0,00123	<0,01	-3,2
Fen	223	0,0016	0,0010	ND	0,0190	0,0028	169,7	-0,000011	0,74	-0,6
Hid	106	0,074	0,010	ND	0,800	0,132	178,6	-0,00936	<0,01	-12,6
I.C.G.	293	61	61	41	88	7	12,1	-0,53	<0,01	-0,9

E07	n	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD	Pendiente anual paramétrica	Valor-p	Variación anual
		Und.	Und.	Und.	Und.	Und.	%	Und./año	-	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS										
Q	250	173,5	97,0	24,0	1025,0	179,5	103,5	-1,097	0,56	-0,6
TAI	250	16,3	16,0	-0,3	37,3	7,8	47,5	0,116	0,15	0,7
TAG	250	14,7	14,1	2,2	31,3	6,1	41,5	0,070	0,27	0,5
pH	251	7,92	7,90	7,30	8,70	0,23	2,9	0,0161	<0,01	0,2
CE	251	1132	1051	338	2399	477	42,1	7,33	0,14	0,6
SS	111	63	39	2	845	96	152,4	2,34	0,49	3,7
Col	244	34249	13500	ND	830000	82730	241,5	1039,23	0,24	3,0
COMPONENTES MAYORITARIOS										
Ca	244	117,6	116,2	46,1	185,0	30,2	25,7	0,125	0,70	0,1
Mg	244	25,8	24,3	3,6	60,8	12,2	47,4	-0,008	0,95	0,0
Na	243	120,0	111,0	10,4	316,8	70,3	58,6	0,625	0,41	0,5
K	180	3,88	3,80	0,46	14,40	1,65	42,5	-0,0382	0,04	-1,0
Cl	244	167,5	155,7	13,9	450,0	94,7	56,5	0,666	0,51	0,4
SO4	244	207,9	199,3	26,3	504,3	110,0	52,9	0,977	0,41	0,5
Alc	251	199,1	198,0	142,5	280,0	28,2	14,2	0,446	0,13	0,2
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES										
Fe	243	0,14	0,10	ND	1,30	0,20	143,9	0,0056	<0,01	4,1
Mn	241	0,0243	0,0200	ND	0,2500	0,0296	121,6	0,001795	<0,01	7,4
As	243	0,00054	ND	ND	0,06000	0,00405	756,5	-0,0000435	0,32	-8,1
Hg	240	0,000012	ND	ND	0,000600	0,000057	490,0	0,0000024	<0,01	20,6
Cd	240	0,000048	ND	ND	0,001500	0,000119	250,0	0,0000037	<0,01	7,8
Cu	243	0,0039	ND	ND	0,0400	0,0066	169,0	0,000185	<0,01	4,8
Cr	242	0,0013	ND	ND	0,0265	0,0042	321,0	0,000289	<0,01	22,2
Pb	241	0,00293	ND	ND	0,09000	0,00903	307,8	0,0000125	0,90	0,4
Zn	243	0,043	0,029	ND	0,300	0,051	117,8	0,00244	<0,01	5,7
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES										
F	241	0,17	0,14	ND	1,17	0,11	62,0	0,0051	<0,01	3,0
CN	240	0,0010	ND	ND	0,0300	0,0034	343,6	0,000163	<0,01	16,6
NO3	244	19,1	18,4	0,4	44,4	7,9	41,3	-0,080	0,35	-0,4
PO4	242	0,491	0,410	ND	3,100	0,438	89,2	-0,037629	<0,01	-7,7
NH4	240	0,175	0,105	ND	2,450	0,239	137,0	-0,002555	0,33	-1,5
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES										
DBO5	250	7,7	6,3	0,3	32,0	5,2	67,7	0,144	<0,01	1,9
O2	242	10,0	10,0	3,4	20,1	1,9	18,9	0,067	<0,01	0,7
MO	70	14,5	14,3	8,5	28,9	3,8	26,4	0,186	0,46	1,3
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS										
Det	240	0,036	0,020	ND	0,350	0,046	127,7	-0,00279	<0,01	-7,7
Fen	216	0,0015	0,0010	ND	0,0190	0,0024	160,3	-0,000090	<0,01	-6,1
Hid	96	0,059	ND	ND	0,340	0,088	149,1	-0,00761	0,01	-12,9
I.C.G.	251	57	57	25	86	10	17,3	-1,01	<0,01	-1,8

ANEXO II
DESCRIPTIVA Y RESULTADOS PARAMÉTRICOS

E08	n	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD	Pendiente anual paramétrica	Valor-p	Variación anual
		Und.	Und.	Und.	Und.	Und.	%	Und./año	-	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS										
Q	5	72,8	80,0	48,0	91,0	20,1	27,6	0,031	0,99	0,0
TAI	293	17,9	17,5	0,2	40,5	8,7	48,8	0,101	0,15	0,6
TAG	292	15,3	14,6	3,8	29,2	6,3	41,1	0,066	0,20	0,4
pH	294	7,82	7,80	7,00	8,80	0,28	3,6	0,0208	<0,01	0,3
CE	293	1266	1195	368	2580	516	40,8	9,61	0,02	0,8
SS	123	64	22	5	1850	178	277,5	8,12	<0,01	12,7
Col	170	60784	40000	300	999999	89904	147,9	-426,12	0,68	-0,7
COMPONENTES MAYORITARIOS										
Ca	170	134,3	131,5	60,1	242,0	41,0	30,5	0,073	0,88	0,1
Mg	170	26,0	24,7	3,4	77,8	11,9	45,9	0,117	0,39	0,4
Na	170	132,2	123,3	20,5	322,0	74,0	56,0	0,618	0,47	0,5
K	147	4,73	4,70	0,50	26,30	2,49	52,7	-0,0393	0,18	-0,8
Cl	171	186,0	182,0	27,0	423,0	100,4	54,0	0,933	0,42	0,5
SO4	171	247,9	241,0	36,3	547,0	129,2	52,1	1,075	0,47	0,4
Alc	176	201,2	200,0	120,0	270,0	28,5	14,1	0,467	0,14	0,2
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES										
Fe	147	0,12	0,10	ND	0,90	0,13	109,3	0,0059	<0,01	4,9
Mn	139	0,0216	0,0200	ND	0,1200	0,0208	96,5	0,001362	<0,01	6,3
As	183	0,00329	ND	ND	0,50000	0,03705	1126,8	0,0002004	0,55	6,1
Hg	200	0,000076	ND	ND	0,010000	0,000715	941,8	0,0000012	0,82	1,6
Cd	202	0,000193	ND	ND	0,004000	0,000407	211,1	0,0000243	<0,01	12,6
Cu	183	0,0027	ND	ND	0,0300	0,0048	176,5	0,000032	0,47	1,2
Cr	200	0,0021	ND	ND	0,0725	0,0083	397,2	0,000221	<0,01	10,6
Pb	184	0,00314	ND	ND	0,06000	0,00700	222,8	0,0000959	0,14	3,1
Zn	183	0,046	0,030	ND	0,300	0,052	111,7	-0,00067	0,15	-1,5
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES										
F	197	0,17	0,17	ND	0,38	0,07	39,4	0,0009	0,16	0,5
CN	231	0,0034	ND	ND	0,0900	0,0084	247,6	0,000090	0,21	2,6
NO3	175	17,5	16,9	0,5	37,8	6,8	38,7	-0,056	0,44	-0,3
PO4	175	0,907	0,800	ND	6,740	0,799	88,1	-0,054299	<0,01	-6,0
NH4	174	0,603	0,400	ND	4,430	0,664	110,1	0,005720	0,43	0,9
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES										
DBO5	293	12,0	9,3	1,0	60,0	9,2	76,7	-0,294	<0,01	-2,5
O2	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MO	104	16,3	15,6	6,1	51,2	5,8	35,3	-0,334	0,10	-2,0
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS										
Det	169	0,081	0,040	ND	0,480	0,091	112,3	-0,00470	<0,01	-5,8
Fen	149	0,0054	0,0040	ND	0,0400	0,0066	123,7	-0,000211	0,04	-3,9
Hid	38	0,086	0,008	ND	0,630	0,150	173,1	-0,01738	<0,01	-20,1
I.C.G.	295	40	41	ND	61	9	21,1	-0,45	<0,01	-1,1

E09	n	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD	Pendiente anual paramétrica	Valor-p	Variación anual
		Und.	Und.	Und.	Und.	Und.	%	Und./año	-	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS										
Q	253	191,1	117,0	8,0	2052,0	225,4	117,9	0,159	0,94	0,1
TAI	283	17,9	18,0	-2,5	38,0	8,6	48,3	0,223	<0,01	1,2
TAG	283	16,1	15,4	3,8	30,5	7,0	43,5	0,116	0,04	0,7
pH	283	7,98	8,00	7,10	8,70	0,30	3,8	0,0198	<0,01	0,2
CE	283	1344	1333	396	2738	555	41,3	10,09	0,03	0,8
SS	123	94	31	2	5200	470	497,6	20,16	<0,01	21,4
Col	51	14807	4000	50	99999	25669	173,4	-1353,55	<0,01	-9,1
COMPONENTES MAYORITARIOS										
Ca	48	139,2	140,3	64,1	220,0	41,1	29,5	0,026	0,98	0,0
Mg	48	33,0	33,6	8,5	73,0	15,7	47,6	0,152	0,63	0,5
Na	48	154,6	151,1	37,8	335,0	88,1	57,0	1,413	0,43	0,9
K	38	4,68	4,70	1,90	8,90	1,69	36,2	-0,0301	0,38	-0,6
Cl	58	223,3	224,5	55,5	446,0	114,5	51,3	2,448	0,26	1,1
SO4	52	321,2	312,0	84,5	660,0	171,8	53,5	1,311	0,70	0,4
Alc	55	188,1	184,0	8,5	582,0	64,0	34,0	-0,703	0,54	-0,4
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES										
Fe	35	0,10	0,09	ND	0,30	0,08	78,3	0,0035	0,05	3,6
Mn	30	0,0239	0,0223	ND	0,0600	0,0154	64,4	0,000727	0,08	3,0
As	35	0,00093	ND	ND	0,02000	0,00339	365,4	-0,0000875	0,27	-9,4
Hg	33	0,000017	ND	ND	0,000250	0,000045	270,6	0,0000024	0,02	14,4
Cd	35	0,000133	0,000015	ND	0,001500	0,000281	211,3	0,0000151	0,02	11,4
Cu	35	0,0046	0,0011	ND	0,0400	0,0078	169,4	-0,000037	0,84	-0,8
Cr	37	0,0011	ND	ND	0,0100	0,0024	224,1	0,000095	0,08	9,0
Pb	34	0,00502	0,00023	ND	0,05000	0,01147	228,3	-0,0000959	0,73	-1,9
Zn	35	0,034	0,020	ND	0,171	0,041	118,3	0,00296	<0,01	8,6
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES										
F	35	0,19	0,19	0,06	0,31	0,07	35,4	0,0009	0,58	0,5
CN	34	0,0023	ND	ND	0,0200	0,0049	209,9	0,000231	0,04	9,9
NO3	63	15,3	15,2	0,5	26,9	5,0	32,5	0,058	0,49	0,4
PO4	63	0,399	0,240	ND	1,350	0,403	101,0	-0,041839	<0,01	-10,5
NH4	64	0,218	0,165	ND	1,010	0,206	94,6	-0,008290	0,01	-3,8
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES										
DBO5	282	9,5	8,0	1,0	55,0	7,5	78,5	-0,208	<0,01	-2,2
O2	38	10,3	10,5	6,4	15,4	2,0	19,1	-0,082	0,81	-0,8
MO	95	15,1	14,7	7,6	30,0	3,7	24,5	0,166	0,24	1,1
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS										
Det	49	0,048	0,040	ND	0,230	0,051	106,8	-0,00197	0,05	-4,1
Fen	25	0,0041	0,0020	ND	0,0230	0,0059	144,6	-0,000149	0,44	-3,7
Hid	15	0,092	0,015	ND	0,590	0,155	168,6	-0,01195	0,34	-13,0
I.C.G.	283	45	43	20	77	12	27,6	<0,01	0,96090	0,0

ANEXO II
DESCRIPTIVA Y RESULTADOS PARAMÉTRICOS

E10	n	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD	Pendiente anual paramétrica	Valor-p	Variación anual
		Und.	Und.	Und.	Und.	Und.	%	Und./año	-	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS										
Q	250	203,2	145,7	ND	740,0	170,2	83,7	-1,538	0,31	-0,8
TAI	280	17,8	18,0	-3,3	39,5	8,7	49,1	0,251	<0,01	1,4
TAG	280	15,7	15,5	2,3	29,1	5,8	37,1	0,058	0,23	0,4
pH	279	7,84	7,80	6,80	8,80	0,32	4,0	0,0198	<0,01	0,3
CE	280	967	895	434	1863	337	34,8	8,77	<0,01	0,9
SS	122	4	3	ND	19	3	79,9	0,15	<0,01	4,0
Col	57	1269	70	ND	31000	4556	358,9	-18,99	0,82	-1,5
COMPONENTES MAYORITARIOS										
Ca	47	106,6	100,0	70,1	156,3	25,1	23,5	0,120	0,82	0,1
Mg	47	22,8	19,9	9,7	48,6	9,6	42,2	0,261	0,18	1,1
Na	47	89,5	74,3	29,4	174,7	43,7	48,8	0,838	0,35	0,9
K	37	3,75	3,60	2,00	7,00	1,15	30,7	-0,0098	0,68	-0,3
Cl	65	117,8	90,1	2,2	241,0	62,9	53,4	0,096	0,93	0,1
SO4	57	196,7	180,0	69,2	379,0	92,6	47,1	0,551	0,75	0,3
Alc	54	160,8	160,0	120,0	206,0	21,4	13,3	0,959	<0,01	0,6
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES										
Fe	36	0,03	0,03	ND	0,15	0,03	104,0	0,0026	<0,01	7,9
Mn	30	0,0226	0,0100	ND	0,1500	0,0347	153,8	0,000841	0,37	3,7
As	36	0,00176	ND	ND	0,05000	0,00829	470,1	-0,0003024	0,11	-17,2
Hg	36	0,000020	ND	ND	0,000330	0,000056	280,9	<0,0000001	0,04	0,0
Cd	35	0,000115	ND	ND	0,001200	0,000235	205,5	0,0000074	0,18	6,4
Cu	36	0,0021	0,0010	ND	0,0100	0,0034	161,9	0,000061	0,43	3,0
Cr	38	0,0010	ND	ND	0,0160	0,0028	274,6	0,000143	0,02	14,2
Pb	35	0,00351	ND	ND	0,04000	0,00947	269,8	-0,0000010	1,00	0,0
Zn	36	0,028	0,020	ND	0,100	0,028	100,8	0,00123	0,05	4,4
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES										
F	36	0,16	0,15	0,02	0,31	0,07	44,4	0,0043	<0,01	2,7
CN	100	0,0040	0,0035	ND	0,1000	0,0101	253,0	-0,000250	0,16	-6,2
NO3	65	10,6	10,5	2,3	19,9	3,9	37,3	0,059	0,39	0,6
PO4	64	0,230	0,170	ND	0,980	0,210	91,2	-0,009799	<0,01	-4,3
NH4	66	0,297	0,170	0,020	1,810	0,393	132,0	-0,010457	0,13	-3,5
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES										
DBO5	278	4,5	3,5	0,7	23,6	3,1	69,6	0,025	0,34	0,5
O2	280	8,0	8,5	1,2	15,3	2,9	36,0	0,022	0,34	0,3
MO	96	10,6	10,2	5,8	20,3	2,0	18,6	-0,068	0,36	-0,6
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS										
Det	55	0,044	0,040	ND	0,400	0,067	151,2	-0,00396	<0,01	-8,9
Fen	25	0,0013	ND	ND	0,0140	0,0030	230,1	0,000081	0,42	6,1
Hid	15	0,138	0,005	ND	0,920	0,281	203,2	-0,03482	0,11	-25,2
I.C.G.	280	70	72	35	90	10	14,3	-0,55	<0,01	-0,8

E11	n	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD	Pendiente anual paramétrica	Valor-p	Variación anual
		Und.	Und.	Und.	Und.	Und.	%	Und./año	-	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS										
Q	252	294,9	234,1	32,2	1105,0	195,2	66,2	-0,357	0,84	-0,1
TAI	282	19,0	19,7	0,3	40,0	8,2	43,2	0,133	0,05	0,7
TAG	282	15,3	15,1	4,4	26,8	5,5	35,9	0,067	0,14	0,4
pH	282	7,80	7,80	7,00	8,40	0,27	3,5	0,0198	<0,01	0,3
CE	282	878	840	94	2170	249	28,4	7,48	<0,01	0,9
SS	121	6	5	1	38	5	76,8	-0,15	0,03	-2,4
Col	57	3719	400	2	99999	13838	372,0	-292,79	0,23	-7,9
COMPONENTES MAYORITARIOS										
Ca	49	97,7	94,6	69,7	130,3	16,1	16,4	0,083	0,80	0,1
Mg	49	22,1	20,7	10,9	48,1	7,5	34,0	0,149	0,32	0,7
Na	49	75,7	70,8	29,4	133,0	28,1	37,1	0,579	0,30	0,8
K	39	3,25	3,10	1,90	5,00	0,83	25,4	-0,0105	0,53	-0,3
Cl	65	98,2	87,5	27,9	183,0	42,0	42,8	0,104	0,89	0,1
SO4	56	175,7	168,0	66,5	295,0	65,5	37,3	0,602	0,63	0,3
Alc	55	160,6	156,0	130,0	195,0	14,6	9,1	0,543	0,03	0,3
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES										
Fe	37	0,05	0,04	ND	0,12	0,03	75,8	0,0008	0,29	1,8
Mn	31	0,0153	0,0100	ND	0,0500	0,0158	103,0	0,000532	0,20	3,5
As	37	0,00395	ND	ND	0,08000	0,01522	385,5	-0,0008455	0,01	-21,4
Hg	38	0,000039	ND	ND	0,000740	0,000125	315,7	0,0000048	0,11	12,2
Cd	37	0,000120	ND	ND	0,001500	0,000269	223,6	0,0000157	<0,01	13,1
Cu	37	0,0023	0,0010	ND	0,0100	0,0036	157,2	0,000013	0,87	0,6
Cr	39	0,0026	ND	ND	0,0330	0,0064	242,5	0,000210	0,14	8,0
Pb	36	0,00234	ND	ND	0,03000	0,00605	258,2	0,0000455	0,75	1,9
Zn	37	0,040	0,013	ND	0,436	0,086	213,9	0,00325	0,09	8,1
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES										
F	37	0,16	0,15	0,02	0,30	0,06	37,8	0,0029	0,03	1,8
CN	97	0,0046	0,0035	ND	0,1800	0,0182	391,9	-0,000662	0,04	-14,3
NO3	65	9,4	8,8	2,7	16,6	3,0	32,4	0,050	0,36	0,5
PO4	66	0,278	0,210	0,025	1,120	0,221	79,5	-0,018836	<0,01	-6,8
NH4	67	0,224	0,170	0,020	0,970	0,181	80,8	-0,008893	<0,01	-4,0
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES										
DBO5	281	4,0	3,5	0,9	20,0	2,7	67,1	0,020	0,36	0,5
O2	282	7,5	7,7	1,1	13,2	2,8	36,8	0,036	0,11	0,5
MO	98	9,5	9,1	6,7	21,2	2,0	21,1	-0,091	0,22	-1,0
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS										
Det	55	0,041	0,040	ND	0,280	0,056	136,8	-0,00291	<0,01	-7,1
Fen	25	0,0012	ND	ND	0,0150	0,0031	259,1	0,000069	0,50	5,7
Hid	16	0,080	ND	ND	0,670	0,178	221,9	-0,00421	0,76	-5,2
I.C.G.	282	71	71	47	89	9	12,7	-0,49	<0,01	-0,7

ANEXO II
DESCRIPTIVA Y RESULTADOS PARAMÉTRICOS

E12	n	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD	Pendiente anual paramétrica	Valor-p	Variación anual
		Und.	Und.	Und.	Und.	Und.	%	Und./año	-	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS										
Q	255	356,6	261,6	2,8	1443,0	248,8	69,8	-4,760	0,04	-1,3
TAI	294	19,8	19,9	-2,7	39,5	8,1	40,7	0,069	0,29	0,4
TAG	295	16,9	16,8	4,7	29,9	6,2	36,7	0,140	<0,01	0,8
pH	295	7,93	7,90	7,30	8,50	0,26	3,2	0,0212	<0,01	0,3
CE	294	915	892	460	1500	239	26,1	8,31	<0,01	0,9
SS	122	11	9	2	34	7	60,3	-0,34	<0,01	-3,1
Col	285	15796	1800	ND	630000	58427	369,9	-556,67	0,26	-3,5
COMPONENTES MAYORITARIOS										
Ca	286	104,8	102,0	61,3	164,3	17,5	16,7	0,248	0,09	0,2
Mg	285	22,1	21,9	2,4	56,1	7,0	31,9	0,165	<0,01	0,7
Na	286	81,6	78,3	27,4	171,0	29,9	36,6	0,701	<0,01	0,9
K	223	3,44	3,40	0,50	5,40	0,90	26,3	-0,0145	0,06	-0,4
Cl	286	118,2	112,5	41,8	241,0	44,2	37,4	0,993	<0,01	0,8
SO4	286	190,5	180,0	70,3	383,0	67,0	35,2	1,739	<0,01	0,9
Alc	287	161,0	160,0	119,0	192,0	12,8	8,0	0,508	<0,01	0,3
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES										
Fe	287	0,05	0,04	ND	0,39	0,05	103,6	0,0011	<0,01	2,3
Mn	251	0,0154	0,0100	ND	0,1100	0,0155	100,7	0,000544	<0,01	3,5
As	288	0,00071	ND	ND	0,03000	0,00302	427,4	-0,0000174	0,49	-2,5
Hg	280	0,000034	ND	ND	0,002860	0,000219	645,6	0,0000024	0,07	7,1
Cd	287	0,000198	0,000100	ND	0,001800	0,000344	173,5	0,0000249	<0,01	12,5
Cu	288	0,0028	ND	ND	0,0400	0,0052	187,7	0,000012	0,79	0,4
Cr	288	0,0011	ND	ND	0,0272	0,0030	282,3	0,000139	<0,01	13,1
Pb	285	0,00248	ND	ND	0,07000	0,00713	287,9	0,0000439	0,46	1,8
Zn	288	0,030	0,020	ND	0,184	0,034	113,6	-0,00018	0,53	-0,6
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES										
F	288	0,22	0,21	ND	0,60	0,08	35,0	-0,0011	0,07	-0,5
CN	283	0,0024	ND	ND	0,1800	0,0130	553,1	0,000081	0,46	3,4
NO3	286	9,9	9,7	1,5	20,5	3,1	31,1	0,035	0,18	0,4
PO4	286	0,450	0,380	0,020	2,900	0,362	80,5	-0,027837	<0,01	-6,2
NH4	285	0,207	0,120	ND	2,970	0,273	131,9	-0,010501	<0,01	-5,1
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES										
DBO5	292	4,0	3,6	0,3	14,4	2,3	58,7	-0,006	0,76	-0,1
O2	294	9,4	9,4	3,2	14,3	1,8	18,9	0,048	<0,01	0,5
MO	109	9,7	9,3	6,8	21,6	1,9	19,7	-0,056	0,41	-0,6
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS										
Det	282	0,046	0,030	ND	1,730	0,116	254,4	-0,00244	0,01	-5,4
Fen	223	0,0016	0,0010	ND	0,0150	0,0024	152,0	-0,000001	0,97	-0,1
Hid	108	0,097	0,005	ND	2,600	0,271	280,3	-0,01631	0,02	-16,9
I.C.G.	295	65	65	48	90	7	10,9	-0,31	<0,01	-0,5

E13	n	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD	Pendiente anual paramétrica	Valor-p	Variación anual
		Und.	Und.	Und.	Und.	Und.	%	Und./año	-	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS										
Q	277	266,5	186,0	53,0	1140,0	225,7	84,7	3,615	0,05	1,4
TAI	295	20,6	20,9	2,0	35,0	7,2	35,1	-0,057	0,33	-0,3
TAG	296	17,4	17,1	5,9	30,4	5,9	33,7	0,068	0,15	0,4
pH	296	8,00	8,00	7,30	8,50	0,24	3,0	0,0174	<0,01	0,2
CE	296	923	901	412	1593	237	25,7	6,93	<0,01	0,8
SS	122	9	7	1	46	7	78,0	-0,11	0,28	-1,3
Col	234	93550	8050	3	10000000	664447	710,3	-2898,71	0,69	-3,1
COMPONENTES MAYORITARIOS										
Ca	234	105,5	104,0	72,1	148,3	17,0	16,1	0,010	0,96	0,0
Mg	234	23,3	22,8	9,7	53,5	7,1	30,2	0,092	0,23	0,4
Na	234	83,2	80,6	27,9	175,0	30,0	36,0	0,808	0,01	1,0
K	172	3,49	3,50	0,50	5,90	0,97	27,8	-0,0221	0,04	-0,6
Cl	234	119,1	115,4	16,7	248,0	44,6	37,5	0,903	0,06	0,8
SO4	234	195,1	189,0	71,3	383,0	65,2	33,4	1,275	0,07	0,7
Alc	235	164,9	165,0	125,0	215,0	13,7	8,3	0,240	0,09	0,1
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES										
Fe	230	0,05	0,05	ND	0,36	0,05	91,4	0,0002	0,66	0,4
Mn	194	0,0182	0,0110	ND	0,5500	0,0403	222,0	-0,000032	0,95	-0,2
As	231	0,00069	ND	ND	0,03000	0,00232	334,9	0,0000576	0,03	8,3
Hg	227	0,000057	ND	ND	0,006550	0,000447	783,1	0,0000060	0,18	10,5
Cd	231	0,000268	0,000100	ND	0,002000	0,000414	154,2	0,0000341	<0,01	12,7
Cu	231	0,0034	0,0014	ND	0,0300	0,0052	150,5	-0,000124	0,03	-3,6
Cr	231	0,0021	ND	ND	0,0469	0,0053	256,6	0,000191	<0,01	9,2
Pb	228	0,00256	ND	ND	0,05000	0,00595	232,5	-0,0000479	0,48	-1,9
Zn	231	0,028	0,020	ND	0,230	0,032	113,9	0,00121	<0,01	4,3
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES										
F	231	0,21	0,21	0,09	0,54	0,06	27,3	-0,0019	<0,01	-0,9
CN	227	0,0014	ND	ND	0,0150	0,0024	170,8	0,000279	<0,01	20,0
NO3	234	10,4	10,3	1,5	21,9	3,1	29,8	0,060	0,08	0,6
PO4	234	0,448	0,360	0,025	2,820	0,384	85,7	-0,032344	<0,01	-7,2
NH4	235	0,283	0,100	ND	14,710	1,081	382,7	-0,007696	0,52	-2,7
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES										
DBO5	293	4,6	4,1	1,0	56,0	4,0	87,1	-0,026	0,43	-0,6
O2	295	9,5	9,4	4,4	14,2	1,5	15,6	-0,014	0,26	-0,1
MO	109	9,4	9,1	6,4	15,9	1,7	17,8	-0,043	0,47	-0,5
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS										
Det	230	0,055	0,035	ND	2,120	0,163	295,5	-0,00105	0,56	-1,9
Fen	166	0,0013	ND	ND	0,0190	0,0026	193,6	0,000053	0,20	4,0
Hid	108	0,063	0,005	ND	0,570	0,120	189,1	-0,00981	<0,01	-15,5
I.C.G.	296	65	63	38	85	9	14,2	-0,80	<0,01	-1,2

ANEXO II
DESCRIPTIVA Y RESULTADOS PARAMÉTRICOS

G01	n	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD	Pendiente anual paramétrica	Valor-p	Variación anual
		Und.	Und.	Und.	Und.	Und.	%	Und./año	-	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS										
Q	262	27,1	20,3	0,5	207,0	23,1	85,0	-0,363	0,06	-1,3
TAI	281	15,2	14,5	-1,5	32,4	8,3	54,3	0,169	0,01	1,1
TAG	280	11,3	11,1	1,8	23,1	5,2	46,2	0,040	0,35	0,4
pH	281	8,08	8,10	7,20	8,80	0,27	3,4	0,0215	<0,01	0,3
CE	280	288	280	164	639	64	22,1	3,31	<0,01	1,1
SS	122	39	5	ND	840	133	344,2	-1,96	0,32	-5,1
Col	49	3838	350	ND	64000	10216	266,2	-152,15	0,45	-4,0
COMPONENTES MAYORITARIOS										
Ca	48	45,4	44,1	32,0	67,8	8,6	19,0	0,181	0,30	0,4
Mg	48	8,1	7,6	2,4	14,6	3,3	41,4	-0,102	0,13	-1,3
Na	48	9,4	8,2	3,5	30,0	4,9	52,0	0,185	0,06	2,0
K	38	6,19	4,70	0,50	17,70	4,66	75,3	0,2316	0,01	3,7
Cl	48	14,6	14,0	3,6	31,5	7,2	49,0	0,278	0,05	1,9
SO4	48	28,9	26,4	11,5	66,3	10,7	37,2	0,325	0,13	1,1
Alc	54	118,5	115,0	75,0	190,0	26,4	22,3	0,818	0,08	0,7
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES										
Fe	25	0,12	0,07	ND	0,58	0,16	129,9	0,0071	0,09	5,8
Mn	22	0,0359	0,0200	ND	0,1900	0,0455	126,9	0,001104	0,45	3,1
As	25	0,00022	ND	ND	0,00107	0,00039	176,1	0,0000400	<0,01	18,0
Hg	23	0,000015	ND	ND	0,000130	0,000034	227,7	0,0000024	<0,01	16,2
Cd	25	0,000063	ND	ND	0,000500	0,000124	196,0	0,0000108	<0,01	17,0
Cu	25	0,0017	ND	ND	0,0100	0,0033	191,8	0,000104	0,24	6,1
Cr	27	0,0039	ND	ND	0,0205	0,0057	145,9	0,000414	<0,01	10,7
Pb	25	0,00137	ND	ND	0,02000	0,00407	296,7	0,0000816	0,46	5,9
Zn	25	0,025	0,007	ND	0,120	0,034	140,1	0,00202	0,02	8,2
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES										
F	25	0,07	0,05	ND	0,23	0,05	77,5	-0,0011	0,42	-1,7
CN	95	0,0048	0,0035	ND	0,0800	0,0106	221,9	-0,000359	0,05	-7,5
NO3	48	3,8	2,8	0,3	17,9	3,6	95,7	0,066	0,36	1,8
PO4	47	0,152	0,120	ND	0,690	0,147	96,3	-0,005345	0,07	-3,5
NH4	47	0,112	0,065	ND	0,810	0,139	123,3	-0,001623	0,57	-1,4
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES										
DBO5	277	3,3	2,7	0,3	27,2	2,6	78,3	0,017	0,41	0,5
O2	279	10,5	10,4	6,5	15,3	1,4	13,2	0,049	<0,01	0,5
MO	96	6,2	4,9	1,0	25,1	3,9	63,4	-0,190	0,19	-3,1
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS										
Det	47	0,069	0,030	ND	1,840	0,266	388,3	-0,00940	0,08	-13,7
Fen	20	0,0005	ND	ND	0,0040	0,0011	217,3	0,000020	0,63	3,8
Hid	9	0,068	0,005	ND	0,370	0,124	181,2	-0,01461	0,20	-21,4
I.C.G.	281	83	84	60	96	7	8,4	-0,35	<0,01	-0,4

G02	n	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD	Pendiente anual paramétrica	Valor-p	Variación anual
		Und.	Und.	Und.	Und.	Und.	%	Und./año	-	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS										
Q	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAI	211	14,3	14,6	-1,7	36,5	7,8	54,3	0,030	0,75	0,2
TAG	211	13,0	12,9	1,5	28,7	5,9	45,9	0,072	0,32	0,6
pH	211	7,84	7,80	7,10	8,40	0,25	3,2	0,0166	<0,01	0,2
CE	211	559	540	220	950	130	23,3	4,75	<0,01	0,9
SS	51	24	7	1	430	64	268,6	-0,71	0,60	-3,0
Col	37	7088	1500	ND	69000	16016	226,0	-98,76	0,83	-1,4
COMPONENTES MAYORITARIOS										
Ca	36	84,1	81,2	38,1	124,2	20,9	24,8	0,314	0,62	0,4
Mg	36	16,3	14,6	10,2	31,6	5,3	32,5	-0,050	0,76	-0,3
Na	36	22,2	19,9	6,0	57,0	10,0	45,2	0,469	0,12	2,1
K	26	7,35	7,10	1,90	17,70	3,79	51,6	0,2369	0,05	3,2
Cl	47	33,9	30,4	6,8	75,2	17,1	50,5	1,004	0,02	3,0
SO4	38	133,4	136,7	34,4	230,0	55,2	41,3	1,048	0,51	0,8
Alc	35	143,5	140,0	120,0	184,0	17,8	12,4	0,181	0,75	0,1
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES										
Fe	19	0,13	0,10	ND	0,66	0,14	109,0	0,0001	0,99	0,1
Mn	16	0,0194	0,0127	ND	0,0700	0,0199	102,7	0,000037	0,97	0,2
As	19	0,00034	ND	ND	0,00124	0,00045	132,1	0,0000666	<0,01	19,5
Hg	19	0,000020	ND	ND	0,000170	0,000041	207,4	0,0000024	0,02	12,2
Cd	19	0,000099	ND	ND	0,000500	0,000169	170,4	0,0000216	<0,01	21,8
Cu	19	0,0031	0,0009	ND	0,0200	0,0064	201,8	-0,000231	0,37	-7,3
Cr	21	0,0022	ND	ND	0,0100	0,0033	152,3	0,000134	0,28	6,2
Pb	19	0,00183	0,00045	ND	0,01000	0,00316	172,5	-0,0000093	0,94	-0,5
Zn	19	0,024	0,010	ND	0,130	0,032	129,9	0,00153	0,23	6,3
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES										
F	19	0,10	0,10	0,05	0,15	0,03	32,3	0,0002	0,90	0,2
CN	19	0,0020	ND	ND	0,0150	0,0037	182,7	0,000329	0,02	16,3
NO3	47	6,2	6,3	2,2	10,6	2,2	35,0	0,014	0,81	0,2
PO4	47	0,103	0,080	ND	0,430	0,097	94,4	-0,008795	<0,01	-8,5
NH4	46	0,149	0,065	ND	0,980	0,201	134,6	-0,012659	0,01	-8,5
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES										
DBO5	210	3,8	3,4	1,0	16,8	2,4	62,8	-0,144	<0,01	-3,7
O2	211	9,6	9,4	5,6	14,0	1,7	17,2	0,012	0,56	0,1
MO	96	8,7	8,3	2,7	29,0	3,6	41,9	-0,176	0,19	-2,0
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS										
Det	37	0,025	0,020	ND	0,120	0,029	114,9	0,00044	0,60	1,8
Fen	14	0,0007	ND	ND	0,0030	0,0011	157,0	0,000103	0,05	14,4
Hid	10	0,046	0,005	ND	0,250	0,084	181,9	-0,00807	0,20	-17,5
I.C.G.	211	78	79	52	90	7	8,3	-0,16	0,04740	-0,2

ANEXO II
DESCRIPTIVA Y RESULTADOS PARAMÉTRICOS

G03	n	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD	Pendiente anual paramétrica	Valor-p	Variación anual
		Und.	Und.	Und.	Und.	Und.	%	Und./año	-	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS										
Q	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAI	212	13,5	13,6	-6,0	34,5	7,8	57,6	0,039	0,68	0,3
TAG	213	13,4	13,6	2,0	27,2	5,8	43,5	0,079	0,27	0,6
pH	213	7,81	7,80	7,10	8,60	0,24	3,0	0,0166	<0,01	0,2
CE	213	1580	1550	500	3839	618	39,1	4,02	0,59	0,3
SS	51	15	10	1	99	18	123,9	-0,14	0,71	-1,0
Col	37	16987	7000	ND	86000	22180	130,6	-61,07	0,93	-0,4
COMPONENTES MAYORITARIOS										
Ca	38	148,0	148,5	62,5	238,5	48,8	33,0	0,764	0,60	0,5
Mg	38	27,3	26,8	10,8	46,2	9,4	34,2	-0,399	0,15	-1,5
Na	38	185,2	189,4	17,1	534,6	107,2	57,9	-2,783	0,38	-1,5
K	28	7,04	6,85	1,90	14,80	3,24	46,1	0,1106	0,28	1,6
Cl	43	264,7	262,0	17,3	804,0	160,9	60,8	-3,924	0,40	-1,5
SO4	39	328,2	348,0	65,6	598,0	153,3	46,7	-2,956	0,52	-0,9
Alc	37	164,1	161,0	130,0	191,0	15,3	9,4	0,273	0,56	0,2
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES										
Fe	19	0,11	0,08	ND	0,60	0,13	113,8	0,0005	0,93	0,4
Mn	16	0,0236	0,0175	ND	0,0719	0,0237	100,5	0,001326	0,28	5,6
As	62	0,00064	0,00063	ND	0,00160	0,00041	63,5	0,0000681	<0,01	10,6
Hg	19	0,000021	ND	ND	0,000240	0,000056	267,2	0,0000036	0,08	17,3
Cd	19	0,000139	0,000015	ND	0,000800	0,000214	154,6	0,0000103	0,26	7,4
Cu	64	0,0028	0,0025	ND	0,0200	0,0042	146,9	-0,000214	0,06	-7,6
Cr	66	0,0044	0,0010	ND	0,0910	0,0118	269,9	0,000260	0,38	6,0
Pb	62	0,00551	0,00250	ND	0,07000	0,01200	217,9	-0,0009456	<0,01	-17,2
Zn	64	0,030	0,023	ND	0,122	0,027	91,1	-0,00060	0,42	-2,0
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES										
F	63	0,16	0,16	0,05	0,44	0,05	35,2	-0,0007	0,63	-0,5
CN	64	0,0040	0,0050	ND	0,0150	0,0026	63,8	0,000356	<0,01	8,9
NO3	46	12,0	11,3	1,0	23,3	6,2	51,5	-0,148	0,38	-1,2
PO4	44	0,163	0,125	0,020	0,580	0,128	78,6	-0,008328	0,01	-5,1
NH4	45	0,200	0,070	ND	2,450	0,378	189,6	-0,015337	0,13	-7,7
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES										
DBO5	210	4,0	3,5	0,8	26,0	3,1	79,4	-0,088	0,02	-2,2
O2	212	9,1	8,8	4,1	15,0	1,9	20,9	-0,004	0,86	0,0
MO	97	8,5	7,5	2,4	29,2	4,1	48,4	-0,117	0,45	-1,4
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS										
Det	36	0,030	0,030	ND	0,110	0,029	97,2	-0,00049	0,59	-1,6
Fen	14	0,0007	ND	ND	0,0030	0,0011	157,3	0,000040	0,53	5,8
Hid	9	0,046	ND	ND	0,240	0,083	180,5	-0,00823	0,29	-17,9
I.C.G.	213	66	66	42	88	8	12,1	-0,28	<0,01	-0,4

G04	n	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD	Pendiente anual paramétrica	Valor-p	Variación anual
		Und.	Und.	Und.	Und.	Und.	%	Und./año	-	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS										
Q	80	15,9	5,4	1,9	204,2	29,9	187,6	0,522	0,76	3,3
TAI	281	17,3	16,6	ND	40,2	8,5	49,0	0,134	0,05	0,8
TAG	281	16,1	16,9	1,5	33,5	6,4	39,7	0,099	0,06	0,6
pH	281	7,70	7,70	6,60	9,40	0,33	4,3	0,0080	<0,01	0,1
CE	281	1775	1930	362	3262	610	34,4	-2,22	0,66	-0,1
SS	121	75	41	3	2150	199	265,0	-4,37	0,16	-5,8
Col	49	84478	25000	100	999999	207395	245,5	1054,92	0,80	1,2
COMPONENTES MAYORITARIOS										
Ca	47	164,0	176,4	64,1	248,0	52,1	31,8	0,477	0,66	0,3
Mg	47	33,5	33,1	12,2	99,7	14,4	42,9	-0,503	0,08	-1,5
Na	47	219,4	242,0	36,7	459,4	98,3	44,8	-3,119	0,12	-1,4
K	37	7,18	6,40	2,50	18,30	3,33	46,4	0,0920	0,18	1,3
Cl	47	316,8	336,0	48,8	537,0	138,1	43,6	-4,312	0,12	-1,4
SO4	47	351,4	398,0	99,7	531,0	131,2	37,3	-0,740	0,78	-0,2
Alc	53	212,2	203,0	150,0	350,0	46,5	21,9	-2,602	<0,01	-1,2
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES										
Fe	25	0,15	0,10	ND	0,44	0,11	75,6	-0,0039	0,21	-2,6
Mn	22	0,1085	0,0900	ND	0,3800	0,0937	86,4	0,003302	0,27	3,0
As	25	0,00100	ND	ND	0,01000	0,00273	273,8	0,0000260	0,73	2,6
Hg	23	0,000020	ND	ND	0,000250	0,000054	274,0	0,0000024	0,03	12,1
Cd	25	0,000102	0,000015	ND	0,000500	0,000153	149,6	0,0000094	0,02	9,2
Cu	25	0,0056	0,0030	ND	0,0200	0,0067	120,4	-0,000135	0,46	-2,4
Cr	27	0,0010	ND	ND	0,0100	0,0026	271,7	0,000072	0,31	7,4
Pb	25	0,00504	ND	ND	0,05000	0,01245	247,2	0,0001052	0,76	2,1
Zn	25	0,049	0,022	ND	0,400	0,084	173,1	-0,00080	0,73	-1,6
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES										
F	25	0,13	0,11	0,05	0,37	0,07	57,8	-0,0030	0,13	-2,4
CN	94	0,0098	0,0050	ND	0,2500	0,0320	325,3	-0,001891	<0,01	-19,2
NO3	53	13,1	12,8	1,3	33,2	7,6	57,8	-0,068	0,62	-0,5
PO4	54	0,504	0,210	ND	3,290	0,669	132,8	-0,038836	<0,01	-7,7
NH4	56	0,652	0,290	0,010	4,400	0,961	147,3	0,021563	0,19	3,3
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES										
DBO5	280	32,8	25,5	0,0	285,0	34,3	104,7	-1,205	<0,01	-3,7
O2	281	6,6	6,5	0,0	15,7	3,3	50,2	0,041	0,13	0,6
MO	53	21,6	21,8	8,4	30,0	7,4	34,4	0,106	0,81	0,5
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS										
Det	49	0,136	0,040	ND	1,760	0,277	203,5	-0,01689	<0,01	-12,4
Fen	20	0,0359	0,0085	ND	0,3300	0,0751	209,1	-0,005054	0,05	-14,1
Hid	9	0,071	0,005	ND	0,420	0,136	192,2	-0,01484	0,24	-21,0
I.C.G.	282	50	49	ND	82	14	27,0	-0,24	0,02940	-0,5

ANEXO II
DESCRIPTIVA Y RESULTADOS PARAMÉTRICOS

J01	n	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD	Pendiente anual paramétrica	Valor-p	Variación anual
		Und.	Und.	Und.	Und.	Und.	%	Und./año	-	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS										
Q	215	4,3	2,4	0,2	18,9	3,8	88,2	-0,077	0,10	-1,8
TAI	220	17,1	17,7	-0,6	34,1	8,1	47,5	0,014	0,89	0,1
TAG	220	14,4	14,0	5,1	26,4	4,1	28,6	-0,002	0,96	0,0
pH	220	8,22	8,30	7,00	8,80	0,25	3,0	0,0197	<0,01	0,2
CE	220	1119	1161	327	2170	301	26,9	4,09	0,27	0,4
SS	51	187	37	4	4840	688	368,6	-11,96	0,40	-6,4
Col	39	14417	6500	200	220000	35368	245,3	-1208,90	0,24	-8,4
COMPONENTES MAYORITARIOS										
Ca	39	118,6	120,2	48,1	176,0	30,2	25,5	0,345	0,70	0,3
Mg	39	46,1	48,6	26,8	66,1	10,2	22,0	0,028	0,93	0,1
Na	39	72,8	68,6	9,7	120,6	32,3	44,4	-0,332	0,73	-0,5
K	29	4,77	3,30	2,40	43,00	7,38	154,9	-0,0542	0,82	-1,1
Cl	43	125,9	138,0	54,4	227,0	50,4	40,1	-1,340	0,37	-1,1
SO4	43	237,7	270,7	92,7	440,0	87,7	36,9	1,340	0,60	0,6
Alc	38	234,7	239,5	182,0	275,0	27,9	11,9	-0,529	0,54	-0,2
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES										
Fe	21	0,13	0,12	ND	0,83	0,18	134,1	0,0086	0,23	6,6
Mn	17	0,0437	0,0300	ND	0,1630	0,0418	95,7	0,003635	0,07	8,3
As	20	0,00034	ND	ND	0,00150	0,00047	138,9	0,0000641	<0,01	18,8
Hg	20	0,000013	ND	ND	0,000050	0,000020	160,2	0,0000024	<0,01	18,8
Cd	20	0,000096	0,000008	ND	0,000500	0,000137	143,1	0,0000178	<0,01	18,6
Cu	156	0,0029	0,0010	ND	0,0400	0,0047	165,6	-0,000340	<0,01	-11,9
Cr	22	0,0007	ND	ND	0,0040	0,0011	151,1	0,000118	<0,01	16,8
Pb	20	0,00446	0,00105	ND	0,03000	0,00906	203,4	-0,0002748	0,47	-6,2
Zn	156	0,036	0,030	ND	0,250	0,029	79,9	0,00041	0,45	1,1
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES										
F	20	0,23	0,21	0,08	0,39	0,08	35,6	0,0047	0,16	2,0
CN	20	0,0019	ND	ND	0,0085	0,0026	138,1	0,000306	<0,01	16,1
NO3	43	10,6	10,3	2,5	22,3	3,4	32,0	0,020	0,84	0,2
PO4	44	0,195	0,140	0,020	0,830	0,166	85,0	-0,014055	<0,01	-7,2
NH4	162	0,162	0,065	ND	1,650	0,259	160,4	-0,023972	<0,01	-14,8
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES										
DBO5	220	6,2	4,1	1,0	268,0	18,8	303,4	-0,558	0,01	-9,0
O2	220	10,1	10,0	7,2	16,6	1,4	13,6	0,039	0,02	0,4
MO	105	9,6	9,1	3,7	30,0	3,7	38,7	-0,230	0,09	-2,4
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS										
Det	38	0,023	0,015	ND	0,130	0,028	121,9	0,00046	0,58	2,0
Fen	25	0,0011	ND	ND	0,0060	0,0022	199,4	-0,000144	0,22	-13,3
Hid	9	0,064	ND	ND	0,370	0,130	202,2	-0,01232	0,31	-19,1
I.C.G.	220	64	64	41	86	8	13,2	-0,13	0,21720	-0,2

J02	n	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD	Pendiente anual paramétrica	Valor-p	Variación anual
		Und.	Und.	Und.	Und.	Und.	%	Und./año	-	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS										
Q	276	6,1	5,2	ND	40,0	4,9	79,8	-0,062	0,13	-1,0
TAI	281	16,2	16,0	0,1	34,2	8,0	49,5	0,165	0,01	1,0
TAG	281	13,1	13,2	3,4	24,2	4,6	35,0	0,066	0,08	0,5
pH	281	7,99	8,00	6,80	8,50	0,24	3,0	0,0116	<0,01	0,1
CE	281	1203	1170	474	2220	314	26,1	5,74	0,03	0,5
SS	120	83	32	2	1824	196	236,1	3,53	0,23	4,2
Col	50	338856	70000	400	3200000	664709	196,2	20838,82	0,12	6,1
COMPONENTES MAYORITARIOS										
Ca	48	150,7	165,5	64,1	228,5	42,8	28,4	0,182	0,83	0,1
Mg	48	51,0	48,6	17,0	99,7	17,1	33,6	0,240	0,49	0,5
Na	48	72,6	68,1	34,4	178,6	30,0	41,3	0,804	0,18	1,1
K	38	4,06	3,80	2,90	6,30	0,85	21,0	0,0151	0,39	0,4
Cl	56	114,5	104,5	61,0	220,0	38,7	33,8	1,184	0,11	1,0
SO4	52	329,4	329,1	35,0	699,8	143,3	43,5	3,936	0,16	1,2
Alc	54	242,6	247,5	153,5	329,0	33,3	13,7	0,796	0,17	0,3
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES										
Fe	29	0,13	0,10	ND	0,52	0,12	90,1	0,0052	0,08	4,0
Mn	26	0,0392	0,0358	ND	0,1200	0,0317	80,7	0,002663	<0,01	6,8
As	29	0,00126	ND	ND	0,03000	0,00554	440,2	-0,0001861	0,18	-14,8
Hg	27	0,000010	ND	ND	0,000050	0,000019	193,6	0,0000012	<0,01	12,0
Cd	29	0,000080	ND	ND	0,000500	0,000148	184,3	0,0000125	<0,01	15,5
Cu	29	0,0028	ND	ND	0,0200	0,0048	167,4	0,000135	0,26	4,7
Cr	31	0,0016	ND	ND	0,0200	0,0044	274,4	0,000114	0,30	7,1
Pb	32	0,00618	ND	ND	0,06000	0,01590	257,2	-0,0002520	0,53	-4,1
Zn	29	0,025	0,020	ND	0,093	0,029	116,5	0,00245	<0,01	9,8
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES										
F	29	0,28	0,22	0,01	1,41	0,25	88,7	-0,0006	0,92	-0,2
CN	28	0,0014	0,0000	ND	0,0100	0,0025	171,3	0,000094	0,14	6,5
NO3	56	14,4	13,9	1,4	34,9	6,1	42,6	-0,029	0,80	-0,2
PO4	54	0,786	0,320	0,025	19,000	2,603	331,2	-0,057303	0,26	-7,3
NH4	56	0,422	0,185	ND	5,370	0,807	191,5	-0,001046	0,95	-0,2
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES										
DBO5	280	5,8	4,4	0,7	44,0	5,1	87,7	0,025	0,56	0,4
O2	280	9,2	9,4	1,2	17,2	2,0	21,8	-0,005	0,77	-0,1
MO	97	11,4	10,5	4,9	30,0	4,4	38,9	-0,317	0,06	-2,8
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS										
Det	50	0,054	0,040	ND	0,420	0,074	136,5	-0,00040	0,79	-0,7
Fen	24	0,0021	ND	ND	0,0160	0,0038	184,9	0,000046	0,69	2,2
Hid	13	0,029	0,005	ND	0,110	0,040	135,6	-0,00248	0,39	-8,5
I.C.G.	282	64	65	ND	89	10	16,1	-0,46	<0,01	-0,7

ANEXO II
DESCRIPTIVA Y RESULTADOS PARAMÉTRICOS

J03	n	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD	Pendiente anual paramétrica	Valor-p	Variación anual
		Und.	Und.	Und.	Und.	Und.	%	Und./año	-	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS										
Q	255	3,3	1,1	0,0	69,0	5,9	179,2	-0,021	0,69	-0,6
TAI	279	15,0	14,6	-0,1	38,0	8,0	53,2	0,057	0,39	0,4
TAG	280	14,4	13,7	3,0	28,2	5,6	38,8	0,025	0,59	0,2
pH	280	7,88	7,90	7,20	8,70	0,28	3,5	0,0092	<0,01	0,1
CE	280	1131	1098	164	2220	331	29,3	20,22	<0,01	1,8
SS	119	108	42	1	5218	480	446,4	20,59	<0,01	19,1
Col	47	19328	3400	ND	390000	58923	304,8	-1,06	1,00	0,0
COMPONENTES MAYORITARIOS										
Ca	50	142,9	132,7	80,2	232,0	41,0	28,6	2,422	<0,01	1,7
Mg	50	40,1	37,7	10,9	86,8	17,5	43,7	1,105	<0,01	2,8
Na	50	96,6	93,2	29,9	237,6	41,1	42,5	0,432	0,60	0,4
K	40	4,52	4,35	3,00	7,40	0,98	21,7	0,0382	0,05	0,8
Cl	55	143,7	141,6	52,5	302,5	56,5	39,3	0,686	0,52	0,5
SO4	53	286,2	276,0	78,7	555,0	115,1	40,2	7,684	<0,01	2,7
Alc	56	220,1	210,0	163,0	305,0	42,3	19,2	2,725	<0,01	1,2
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES										
Fe	29	0,15	0,10	ND	0,50	0,15	97,3	-0,0007	0,84	-0,5
Mn	25	0,0276	0,0220	ND	0,1000	0,0236	85,5	0,001166	0,07	4,2
As	69	0,00057	0,00052	ND	0,00198	0,00045	78,8	0,0000476	<0,01	8,4
Hg	26	0,000050	ND	ND	0,001000	0,000195	388,5	0,0000024	0,61	4,8
Cd	28	0,000081	ND	ND	0,000500	0,000150	184,8	0,0000119	<0,01	14,6
Cu	71	0,0030	0,0025	ND	0,0200	0,0033	112,6	0,000078	0,18	2,6
Cr	71	0,0016	0,0010	ND	0,0220	0,0032	200,2	0,000065	0,22	4,1
Pb	69	0,00453	0,00250	ND	0,10000	0,01233	272,5	-0,0000852	0,69	-1,9
Zn	71	0,042	0,025	ND	0,256	0,052	123,4	0,00147	0,10	3,5
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES										
F	71	0,28	0,29	0,01	0,62	0,13	46,5	0,0090	<0,01	3,2
CN	102	0,0046	0,0043	ND	0,0700	0,0090	194,9	-0,000412	<0,01	-8,9
NO3	60	19,2	16,8	8,1	64,6	9,0	46,8	0,027	0,86	0,1
PO4	58	0,416	0,310	ND	2,990	0,448	107,9	-0,016180	0,04	-3,9
NH4	60	0,154	0,080	ND	0,670	0,161	104,6	-0,006779	0,01	-4,4
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES										
DBO5	276	5,3	4,6	0,6	21,6	3,5	66,7	-0,008	0,78	-0,2
O2	278	9,8	9,7	5,4	14,9	1,6	16,6	0,028	0,04	0,3
MO	96	12,2	11,6	3,7	30,0	4,6	37,5	-0,250	0,15	-2,0
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS										
Det	48	0,038	0,025	ND	0,200	0,045	119,1	-0,00155	0,09	-4,1
Fen	22	0,0025	ND	ND	0,0190	0,0043	172,4	0,000105	0,44	4,2
Hid	11	0,018	ND	ND	0,120	0,037	210,1	-0,00282	0,31	-15,9
I.C.G.	280	67	67	43	88	9	13,4	-0,57	<0,01	-0,8

C01	n	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD	Pendiente anual paramétrica	Valor-p	Variación anual
		Und.	Und.	Und.	Und.	Und.	%	Und./año	-	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS										
Q	37	31,9	33,0	ND	60,6	15,2	47,5	0,876	0,48	2,7
TAI	283	18,2	18,0	0,3	38,9	8,8	48,7	-0,023	0,75	-0,1
TAG	283	12,6	12,0	5,4	26,5	4,4	34,9	0,038	0,29	0,3
pH	282	8,01	8,10	7,10	8,50	0,28	3,5	0,0206	<0,01	0,3
CE	283	258	250	142	534	45	17,2	1,83	<0,01	0,7
SS	120	3	2	ND	61	6	205,0	-0,07	0,40	-2,5
Col	49	10243	26	ND	99999	27807	271,5	-1779,92	<0,01	-17,4
COMPONENTES MAYORITARIOS										
Ca	47	44,5	45,2	24,0	56,9	5,4	12,1	0,016	0,89	0,0
Mg	47	7,3	6,9	3,5	14,6	2,4	33,4	0,033	0,51	0,5
Na	47	4,5	4,4	1,5	9,6	1,7	38,0	-0,089	<0,01	-2,0
K	37	0,69	0,70	ND	1,60	0,31	44,7	-0,0146	0,02	-2,1
Cl	59	6,6	5,9	2,7	14,5	3,2	47,9	-0,270	<0,01	-4,1
SO4	49	27,2	27,6	11,5	42,0	6,4	23,6	0,129	0,32	0,5
Alc	53	111,2	111,0	61,0	151,0	12,4	11,2	0,545	0,01	0,5
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES										
Fe	27	0,01	0,01	ND	0,04	0,01	100,4	0,0011	<0,01	8,8
Mn	24	0,0062	0,0012	ND	0,0600	0,0123	199,3	-0,000391	0,27	-6,3
As	27	0,00088	ND	ND	0,02000	0,00383	436,9	-0,0001256	0,19	-14,3
Hg	25	0,000020	ND	ND	0,000310	0,000063	309,8	0,0000024	0,07	11,9
Cd	27	0,000073	ND	ND	0,000500	0,000147	200,6	0,0000122	<0,01	16,6
Cu	27	0,0026	ND	ND	0,0300	0,0063	245,9	-0,000008	0,96	-0,3
Cr	29	0,0007	ND	ND	0,0053	0,0014	194,5	0,000108	<0,01	15,4
Pb	27	0,00049	ND	ND	0,00500	0,00114	231,0	0,0000811	<0,01	16,4
Zn	27	0,025	0,020	ND	0,100	0,029	116,2	0,00102	0,17	4,0
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES										
F	27	0,07	0,06	0,01	0,28	0,05	67,2	-0,0010	0,43	-1,4
CN	26	0,0012	ND	ND	0,0085	0,0023	187,1	0,000180	<0,01	14,7
NO3	59	1,3	1,3	0,1	3,5	0,7	49,8	0,010	0,39	0,8
PO4	59	0,063	0,025	ND	0,390	0,079	125,6	-0,002883	0,04	-4,6
NH4	59	0,106	0,065	ND	1,220	0,186	174,6	-0,004897	0,14	-4,6
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES										
DBO5	281	2,5	2,3	0,0	9,0	1,6	63,4	0,035	<0,01	1,4
O2	283	9,8	9,8	0,0	13,9	1,4	14,2	0,030	<0,01	0,3
MO	99	3,2	3,0	1,0	10,7	1,5	44,9	-0,071	0,19	-2,2
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS										
Det	47	0,028	0,010	ND	0,310	0,049	175,4	-0,00074	0,46	-2,6
Fen	24	0,0019	ND	ND	0,0150	0,0039	206,1	0,000158	0,18	8,3
Hid	10	0,034	0,003	ND	0,170	0,063	183,9	-0,00573	0,22	-16,9
I.C.G.	284	86	87	ND	98	8	8,8	-0,21	<0,01	-0,2

ANEXO II
DESCRIPTIVA Y RESULTADOS PARAMÉTRICOS

C02	n	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD	Pendiente anual paramétrica	Valor-p	Variación anual
		Und.	Und.	Und.	Und.	Und.	%	Und./año	-	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS										
Q	1	47,6	47,6	47,6	47,6	ND	0,0	<0,001	<0,01	0,0
TAI	280	17,6	17,5	-3,5	38,9	8,3	46,9	-0,213	<0,01	-1,2
TAG	282	13,9	13,6	4,8	26,3	5,1	36,9	-0,021	0,62	-0,2
pH	282	8,01	8,00	7,20	8,60	0,27	3,4	0,0015	0,50	0,0
CE	282	684	654	221	1578	253	36,9	10,71	<0,01	1,6
SS	121	17	8	1	290	37	215,4	0,62	0,26	3,6
Col	48	4523	615	ND	60000	9761	215,8	-361,90	0,06	-8,0
COMPONENTES MAYORITARIOS										
Ca	48	62,5	60,1	36,8	104,2	12,6	20,1	0,214	0,40	0,3
Mg	48	13,5	11,9	4,9	46,2	6,9	50,8	0,158	0,25	1,2
Na	48	84,0	84,4	14,6	167,0	42,5	50,5	2,088	0,01	2,5
K	38	1,27	1,20	0,50	2,40	0,45	35,3	-0,0196	0,03	-1,5
Cl	48	122,5	123,4	21,5	260,0	64,1	52,3	2,848	0,02	2,3
SO4	48	86,2	78,9	37,1	236,7	38,5	44,7	0,793	0,31	0,9
Alc	54	127,7	125,0	100,0	160,0	12,9	10,1	1,051	<0,01	0,8
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES										
Fe	25	0,07	0,07	ND	0,41	0,09	127,5	0,0062	<0,01	8,5
Mn	22	0,3246	0,0100	ND	6,8000	1,4466	445,7	-0,050898	0,27	-15,7
As	25	0,00016	ND	ND	0,00100	0,00028	175,7	0,0000286	<0,01	17,9
Hg	23	0,000021	ND	ND	0,000330	0,000069	334,0	0,0000024	0,08	11,6
Cd	25	0,000060	ND	ND	0,000500	0,000124	204,9	0,0000104	<0,01	17,2
Cu	25	0,0021	ND	ND	0,0200	0,0047	220,6	0,000065	0,61	3,1
Cr	27	0,0014	ND	ND	0,0100	0,0029	212,4	0,000078	0,31	5,8
Pb	25	0,00132	ND	ND	0,01000	0,00286	216,8	0,0000830	0,28	6,3
Zn	25	0,016	0,008	ND	0,068	0,019	123,2	0,00155	<0,01	9,9
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES										
F	25	0,11	0,10	0,01	0,28	0,06	53,7	0,0005	0,75	0,5
CN	24	0,0010	ND	ND	0,0050	0,0019	183,5	0,000181	<0,01	17,8
NO3	48	2,7	2,5	0,4	7,4	1,5	55,0	0,082	<0,01	3,1
PO4	46	0,103	0,080	0,020	0,470	0,091	88,2	-0,004728	<0,01	-4,6
NH4	46	0,205	0,065	ND	2,480	0,423	206,2	-0,007338	0,41	-3,6
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES										
DBO5	279	3,7	3,3	0,5	17,6	2,3	60,8	0,018	0,33	0,5
O2	281	10,3	10,4	5,0	15,9	1,7	16,3	-0,041	<0,01	-0,4
MO	97	6,5	6,1	2,3	16,1	2,6	39,8	-0,292	<0,01	-4,5
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS										
Det	46	0,050	0,030	ND	0,790	0,121	243,7	-0,00316	0,21	-6,4
Fen	20	0,0013	ND	ND	0,0140	0,0032	259,4	0,000136	0,24	10,9
Hid	9	0,085	0,010	ND	0,630	0,206	241,9	-0,01341	0,50	-15,8
I.C.G.	282	76	77	54	95	8	10,7	-0,47	<0,01	-0,6

C03	n	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD	Pendiente anual paramétrica	Valor-p	Variación anual
		Und.	Und.	Und.	Und.	Und.	%	Und./año	-	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS										
Q	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAI	82	15,9	16,5	-4,5	31,6	8,3	51,9	-0,554	0,18	-3,5
TAG	87	14,0	13,0	4,5	24,3	5,4	38,8	-0,137	0,53	-1,0
pH	89	8,15	8,20	7,40	8,50	0,19	2,4	0,0098	0,19	0,1
CE	89	800	840	340	1744	272	34,0	2,75	0,80	0,3
SS	12	23	13	7	104	27	120,3	30,80	0,28	136,9
Col	13	9790	3784	180	36000	12567	128,4	-2188,42	0,26	-22,4
COMPONENTES MAYORITARIOS										
Ca	13	64,4	63,1	52,1	74,9	7,0	10,9	1,203	0,27	1,9
Mg	13	12,4	11,6	8,8	26,8	4,7	38,3	0,755	0,30	6,1
Na	13	113,1	125,0	30,8	177,0	45,7	40,4	4,541	0,53	4,0
K	13	1,32	1,30	0,50	2,20	0,51	38,9	-0,0265	0,74	-2,0
Cl	13	160,9	178,0	49,4	250,0	61,3	38,1	6,781	0,48	4,2
SO4	13	85,2	84,1	45,3	116,0	22,7	26,7	2,425	0,50	2,8
Alc	12	137,1	134,0	120,0	163,0	13,4	9,8	4,000	0,07	2,9
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES										
Fe	7	0,13	0,08	0,07	0,28	0,08	62,3	0,0154	0,37	11,6
Mn	4	0,0201	0,0188	0,0119	0,0310	0,0092	45,6	0,002170	0,38	10,8
As	55	0,00997	0,00059	ND	0,50000	0,06731	674,8	-0,0074808	0,02	-75,0
Hg	59	0,000037	0,000025	ND	0,000170	0,000033	89,0	0,0000012	0,18	3,3
Cd	55	0,002313	0,000500	ND	0,100000	0,013421	580,2	-0,0012108	0,04	-52,3
Cu	54	0,0023	0,0025	ND	0,0077	0,0015	64,2	0,000026	0,75	1,1
Cr	54	0,0044	0,0010	0,0005	0,0950	0,0142	322,2	-0,002793	<0,01	-63,5
Pb	51	0,00304	0,00250	ND	0,00500	0,00179	58,8	0,0002388	0,01	7,9
Zn	54	0,025	0,019	0,005	0,092	0,020	80,3	-0,00203	0,06	-8,2
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES										
F	51	0,10	0,11	0,05	0,18	0,03	27,8	-0,0030	0,21	-2,9
CN	51	0,0046	0,0050	ND	0,0050	0,0013	27,4	0,000465	<0,01	10,2
NO3	14	3,4	3,5	1,0	7,0	1,4	40,5	0,093	0,64	2,7
PO4	14	0,089	0,080	0,025	0,240	0,065	72,4	0,007034	0,44	7,9
NH4	19	0,099	0,065	ND	0,330	0,081	81,9	-0,002220	0,67	-2,2
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES										
DBO5	80	3,1	2,5	1,0	22,8	2,8	92,9	-0,629	<0,01	-20,6
O2	86	9,9	9,8	6,1	13,8	1,5	15,0	-0,006	0,92	-0,1
MO	77	6,5	5,9	3,0	24,8	2,8	44,1	-0,515	<0,01	-8,0
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS										
Det	13	0,048	0,040	ND	0,180	0,045	93,0	0,01171	0,08	24,2
Fen	2	0,0025	0,0025	ND	0,0050	0,0035	141,4	0,000845	1,00	33,8
Hid	3	0,025	0,005	ND	0,070	0,039	156,2	-0,00394	0,79	-15,8
I.C.G.	89	72	73	30	89	9	12,5	0,54	0,11970	0,8

ANEXO II
DESCRIPTIVA Y RESULTADOS PARAMÉTRICOS

C04	n	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD	Pendiente anual paramétrica	Valor-p	Variación anual
		Und.	Und.	Und.	Und.	Und.	%	Und./año	-	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS										
Q	145	56,6	39,5	2,0	267,6	48,8	86,1	-1,346	<0,01	-2,4
TAI	290	17,0	17,0	-3,7	37,3	8,2	48,6	0,266	<0,01	1,6
TAG	289	14,7	14,8	2,0	27,8	6,1	41,7	0,086	0,09	0,6
pH	290	7,99	8,00	6,90	8,70	0,34	4,2	0,0326	<0,01	0,4
CE	290	919	941	245	1861	262	28,5	9,81	<0,01	1,1
SS	121	68	30	1	1060	142	206,7	-0,97	0,64	-1,4
Col	52	30508	7000	ND	500000	72564	237,9	11,89	0,99	0,0
COMPONENTES MAYORITARIOS										
Ca	49	90,3	94,2	56,1	129,7	16,7	18,5	0,461	0,17	0,5
Mg	49	26,3	26,8	7,3	46,2	7,6	28,7	0,239	0,12	0,9
Na	49	106,0	114,8	34,2	178,2	37,4	35,3	1,105	0,14	1,0
K	39	2,71	2,70	0,50	5,10	0,92	34,1	-0,0227	0,23	-0,8
Cl	59	130,4	139,0	40,6	234,0	46,4	35,6	1,524	0,09	1,2
SO4	53	197,4	210,1	84,3	310,0	56,1	28,4	1,912	0,09	1,0
Alc	55	169,0	165,0	127,0	216,0	20,8	12,3	1,433	<0,01	0,8
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES										
Fe	28	0,15	0,10	ND	0,60	0,15	100,3	0,0052	0,19	3,4
Mn	25	0,0457	0,0200	ND	0,2900	0,0684	149,7	0,002736	0,19	6,0
As	28	0,00115	ND	ND	0,01000	0,00271	234,9	0,0000204	0,78	1,8
Hg	26	0,000018	ND	ND	0,000320	0,000063	346,0	0,0000024	0,07	13,1
Cd	28	0,000088	ND	ND	0,000700	0,000174	198,3	0,0000101	0,02	11,6
Cu	162	0,0049	0,0023	ND	0,1300	0,0115	234,2	-0,000237	0,17	-4,8
Cr	30	0,0008	ND	ND	0,0100	0,0021	259,9	0,000078	0,15	9,8
Pb	28	0,00351	ND	ND	0,04000	0,00886	252,5	0,0000977	0,68	2,8
Zn	163	0,051	0,040	ND	0,355	0,048	93,6	0,00100	0,17	2,0
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES										
F	28	0,24	0,23	0,01	0,49	0,10	42,0	0,0045	0,08	1,9
CN	109	0,0042	0,0035	ND	0,1000	0,0103	246,3	0,000162	0,37	3,9
NO3	65	9,5	9,2	1,5	21,3	4,1	43,1	0,253	<0,01	2,7
PO4	63	0,434	0,350	0,050	1,490	0,309	71,3	-0,019952	<0,01	-4,6
NH4	171	0,342	0,150	ND	5,660	0,571	167,1	-0,029092	<0,01	-8,5
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES										
DBO5	289	6,4	5,1	1,0	40,0	5,3	83,2	-0,101	0,02	-1,6
O2	290	9,7	9,5	4,6	15,3	1,9	19,7	0,082	<0,01	0,8
MO	104	11,1	10,1	4,4	26,6	4,6	41,1	-0,164	0,33	-1,5
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS										
Det	49	0,046	0,040	ND	0,410	0,071	155,2	-0,00372	<0,01	-8,1
Fen	34	0,0014	ND	ND	0,0140	0,0028	207,1	-0,000056	0,51	-4,1
Hid	11	0,051	ND	ND	0,260	0,085	165,7	-0,00796	0,29	-15,5
I.C.G.	290	68	69	45	89	9	13,5	-0,50	<0,01	-0,7

S01	n	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD	Pendiente anual paramétrica	Valor-p	Variación anual
		Und.	Und.	Und.	Und.	Und.	%	Und./año	-	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS										
Q	253	14,7	9,1	0,2	154,7	16,1	109,5	-0,074	0,61	-0,5
TAI	281	17,1	17,0	-2,0	37,0	8,8	51,2	-0,075	0,29	-0,4
TAG	281	11,3	10,7	0,5	24,3	5,9	52,6	-0,042	0,39	-0,4
pH	281	8,17	8,20	7,10	9,50	0,41	5,0	0,0138	<0,01	0,2
CE	281	188	176	90	438	58	30,8	1,01	0,03	0,5
SS	120	15	6	1	120	23	148,5	-0,15	0,66	-1,0
Col	48	7492	1440	ND	95000	18423	245,9	-375,78	0,30	-5,0
COMPONENTES MAYORITARIOS										
Ca	48	36,0	35,2	22,0	60,1	8,0	22,3	0,053	0,75	0,1
Mg	48	4,1	3,6	1,2	14,6	2,1	50,6	0,028	0,51	0,7
Na	48	5,6	5,6	3,5	8,1	1,1	20,2	0,014	0,55	0,2
K	38	1,38	1,40	0,50	2,40	0,47	33,7	-0,0247	<0,01	-1,8
Cl	48	6,8	7,0	2,8	11,9	2,5	36,7	-0,160	<0,01	-2,4
SO4	48	14,5	14,1	2,1	27,3	4,7	32,2	0,207	0,03	1,4
Alc	54	88,6	86,0	45,0	158,0	23,2	26,2	0,658	0,10	0,7
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES										
Fe	25	0,05	0,04	ND	0,20	0,05	103,3	0,0037	<0,01	7,7
Mn	22	0,0082	0,0100	ND	0,0300	0,0089	108,1	0,000818	<0,01	10,0
As	25	0,00134	ND	ND	0,01000	0,00277	205,7	0,0000304	0,69	2,3
Hg	23	0,000023	ND	ND	0,000370	0,000077	329,5	0,0000036	0,08	15,3
Cd	25	0,000052	ND	ND	0,000500	0,000124	237,0	0,0000104	<0,01	19,9
Cu	25	0,0025	ND	ND	0,0100	0,0039	159,1	0,000066	0,54	2,7
Cr	27	0,0005	ND	ND	0,0070	0,0014	274,0	0,000084	0,02	16,7
Pb	25	0,00053	ND	ND	0,00500	0,00118	220,9	0,0000947	<0,01	17,7
Zn	25	0,019	0,005	ND	0,100	0,028	145,9	0,00107	0,15	5,6
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES										
F	25	0,10	0,11	ND	0,25	0,05	46,4	0,0014	0,25	1,4
CN	97	0,0046	0,0035	ND	0,1600	0,0161	353,3	-0,000613	0,03	-13,4
NO3	48	2,4	2,3	ND	5,6	1,3	52,1	0,043	0,08	1,8
PO4	46	0,242	0,195	ND	0,760	0,192	79,1	-0,012912	<0,01	-5,3
NH4	47	0,118	0,060	ND	1,590	0,243	205,9	-0,001653	0,74	-1,4
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES										
DBO5	281	4,3	3,2	0,5	35,0	3,9	90,1	0,014	0,66	0,3
O2	281	10,7	10,7	5,6	15,9	1,8	16,6	0,069	<0,01	0,6
MO	97	10,2	8,9	4,2	31,4	4,7	46,3	-0,381	0,03	-3,7
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS										
Det	46	0,036	0,023	ND	0,190	0,046	129,3	-0,00194	0,04	-5,4
Fen	20	0,0007	ND	ND	0,0040	0,0012	180,3	0,000066	0,12	9,8
Hid	9	0,531	0,060	ND	3,220	1,085	204,5	-0,15740	0,10	-29,7
I.C.G.	281	81	82	59	95	7	9,2	-0,40	<0,01	-0,5

ANEXO II
DESCRIPTIVA Y RESULTADOS PARAMÉTRICOS

S02	n	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD	Pendiente anual paramétrica	Valor-p	Variación anual
		Und.	Und.	Und.	Und.	Und.	%	Und./año	-	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS										
Q	166	25,7	16,5	1,5	204,0	26,6	103,5	0,366	0,39	1,4
TAI	281	17,9	18,0	-2,5	37,1	8,5	47,7	-0,001	0,99	0,0
TAG	281	11,5	11,1	1,3	22,8	5,4	46,5	-0,021	0,63	-0,2
pH	281	8,02	8,10	6,60	9,10	0,40	5,0	0,0253	<0,01	0,3
CE	281	204	193	90	603	67	33,1	0,25	0,66	0,1
SS	120	42	13	1	335	68	163,2	-1,51	0,13	-3,6
Col	48	36691	27500	1000	100000	34069	92,9	-794,57	0,24	-2,2
COMPONENTES MAYORITARIOS										
Ca	46	39,5	39,9	23,1	72,1	9,0	22,8	0,054	0,77	0,1
Mg	46	3,7	3,6	1,0	9,7	1,5	40,8	0,035	0,26	0,9
Na	46	7,2	7,3	3,5	10,9	1,8	25,2	0,009	0,81	0,1
K	36	1,89	1,70	0,50	3,70	0,71	37,4	-0,0432	<0,01	-2,3
Cl	46	9,2	9,2	3,5	17,5	3,3	35,5	-0,093	0,17	-1,0
SO4	46	17,3	17,9	3,3	32,6	5,3	30,8	0,235	0,03	1,4
Alc	53	93,0	95,0	42,5	182,0	26,4	28,4	0,692	0,14	0,7
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES										
Fe	25	0,08	0,06	ND	0,74	0,15	185,8	0,0089	0,02	11,4
Mn	22	0,0114	0,0100	ND	0,0300	0,0106	93,5	0,000645	0,05	5,7
As	25	0,00165	ND	ND	0,01000	0,00292	177,4	0,0001562	0,04	9,5
Hg	23	0,000024	ND	ND	0,000380	0,000079	332,0	0,0000036	0,08	15,1
Cd	25	0,000062	ND	ND	0,000500	0,000123	199,7	0,0000110	<0,01	17,8
Cu	25	0,0020	ND	ND	0,0100	0,0034	166,8	0,000144	0,12	7,0
Cr	27	0,0006	ND	ND	0,0096	0,0019	295,6	0,000103	0,03	16,2
Pb	25	0,00053	ND	ND	0,00500	0,00118	224,2	0,0000937	<0,01	17,8
Zn	25	0,020	0,014	ND	0,100	0,026	126,6	0,00132	0,05	6,4
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES										
F	25	0,09	0,09	0,03	0,23	0,04	43,4	0,0001	0,92	0,1
CN	98	0,0070	0,0035	ND	0,3600	0,0361	517,5	-0,001723	<0,01	-24,7
NO3	52	3,3	3,3	ND	5,6	1,2	36,6	0,098	<0,01	3,0
PO4	52	0,650	0,480	0,025	2,070	0,492	75,8	-0,036689	<0,01	-5,6
NH4	53	0,258	0,170	ND	1,190	0,270	104,5	0,007915	0,10	3,1
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES										
DBO5	281	8,3	6,9	ND	44,5	6,5	78,2	-0,286	<0,01	-3,4
O2	281	10,6	10,5	6,6	16,0	1,6	14,9	0,061	<0,01	0,6
MO	97	10,3	8,9	5,1	32,8	4,5	44,0	-0,131	0,44	-1,3
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS										
Det	46	0,060	0,040	ND	0,350	0,066	110,2	-0,00326	0,02	-5,4
Fen	20	0,0011	ND	ND	0,0050	0,0017	151,1	0,000038	0,53	3,4
Hid	9	0,138	0,040	ND	0,800	0,255	184,1	-0,02287	0,34	-16,5
I.C.G.	281	77	78	56	94	7	9,3	-0,13	0,02120	-0,2

S03	n	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD	Pendiente anual paramétrica	Valor-p	Variación anual
		Und.	Und.	Und.	Und.	Und.	%	Und./año	-	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS										
Q	128	25,7	20,0	3,0	150,0	22,9	89,1	-0,441	0,46	-1,7
TAI	290	18,1	18,6	-3,3	38,0	8,5	47,0	-0,026	0,70	-0,1
TAG	290	12,5	12,2	1,9	26,2	5,4	43,6	0,066	0,14	0,5
pH	290	8,01	8,00	7,10	8,60	0,26	3,3	0,0179	<0,01	0,2
CE	290	285	280	146	926	70	24,7	0,04	0,94	0,0
SS	120	18	5	ND	688	69	392,8	-1,08	0,29	-6,1
Col	107	6410	400	ND	200000	23312	363,7	-154,21	0,63	-2,4
COMPONENTES MAYORITARIOS										
Ca	97	49,8	51,5	29,8	74,1	9,9	19,8	0,286	0,04	0,6
Mg	97	6,6	6,1	1,2	17,0	2,8	42,6	-0,103	<0,01	-1,6
Na	97	7,2	7,0	2,5	16,0	2,2	31,1	-0,110	<0,01	-1,5
K	76	1,46	1,45	0,50	3,30	0,54	36,8	-0,0284	<0,01	-1,9
Cl	127	10,3	9,3	3,5	79,1	7,4	72,4	-0,318	<0,01	-3,1
SO4	109	35,3	34,3	15,7	77,1	11,4	32,3	-0,221	0,17	-0,6
Alc	100	113,1	115,0	65,0	161,0	19,7	17,5	-0,029	0,91	0,0
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES										
Fe	66	0,05	0,04	ND	0,24	0,05	103,8	0,0031	<0,01	5,9
Mn	59	0,0172	0,0100	ND	0,1500	0,0230	133,5	0,000973	0,04	5,7
As	59	0,00098	ND	ND	0,01000	0,00210	213,9	0,0001071	<0,01	10,9
Hg	94	0,000019	ND	ND	0,000350	0,000056	303,4	0,0000024	<0,01	13,0
Cd	94	0,000189	ND	ND	0,010000	0,001040	550,2	0,0000004	0,98	0,2
Cu	64	0,0019	ND	ND	0,0200	0,0044	226,0	0,000071	0,39	3,7
Cr	95	0,0019	ND	ND	0,0500	0,0062	325,5	0,000171	0,05	9,1
Pb	58	0,00043	ND	ND	0,00500	0,00110	254,2	0,0000857	<0,01	19,8
Zn	67	0,025	0,020	ND	0,130	0,027	108,8	0,00085	0,09	3,4
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES										
F	96	0,09	0,10	0,03	0,28	0,04	37,7	0,0010	0,05	1,0
CN	151	0,0026	ND	ND	0,0650	0,0061	234,2	0,000255	<0,01	9,8
NO3	127	3,9	3,7	ND	9,2	1,4	36,3	0,006	0,73	0,2
PO4	129	0,222	0,180	ND	1,280	0,195	87,8	-0,011817	<0,01	-5,3
NH4	130	0,121	0,065	ND	1,080	0,168	138,6	-0,003131	0,16	-2,6
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES										
DBO5	289	4,0	3,4	0,8	20,4	2,5	61,9	-0,008	0,68	-0,2
O2	290	10,7	10,6	6,7	16,5	1,7	16,3	0,028	0,05	0,3
MO	105	7,8	6,9	1,0	24,1	3,4	43,6	-0,200	0,10	-2,6
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS										
Det	104	0,042	0,030	ND	0,620	0,073	173,2	-0,00300	<0,01	-7,1
Fen	82	0,0012	ND	ND	0,0250	0,0032	271,6	0,000106	0,07	8,9
Hid	38	0,068	0,008	ND	0,480	0,111	164,3	-0,00915	0,04	-13,5
I.C.G.	290	81	82	61	94	7	9,1	-0,24	<0,01	-0,3

ANEXO II
DESCRIPTIVA Y RESULTADOS PARAMÉTRICOS

S04	n	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD	Pendiente anual paramétrica	Valor-p	Variación anual
		Und.	Und.	Und.	Und.	Und.	%	Und./año	-	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS										
Q	249	20,3	5,6	0,4	322,4	36,0	177,8	-0,004	0,99	0,0
TAI	290	17,2	17,4	-4,7	35,0	8,1	47,3	0,194	<0,01	1,1
TAG	290	14,1	13,8	3,5	25,3	5,3	37,5	0,072	0,09	0,5
pH	290	7,96	8,00	7,10	8,60	0,27	3,4	0,0210	<0,01	0,3
CE	290	618	597	207	1516	224	36,3	7,87	<0,01	1,3
SS	120	14	10	1	222	21	155,6	0,07	0,83	0,5
Col	100	11251	4000	ND	99999	20763	184,6	-642,07	0,02	-5,7
COMPONENTES MAYORITARIOS										
Ca	96	88,3	81,0	39,7	163,0	31,6	35,8	0,840	0,06	1,0
Mg	96	18,0	17,4	2,4	63,2	9,6	53,2	-0,043	0,76	-0,2
Na	96	29,1	28,2	6,1	87,0	16,6	57,1	0,109	0,65	0,4
K	75	2,15	2,10	0,50	4,30	0,92	42,8	-0,0348	<0,01	-1,6
Cl	121	40,0	40,7	7,7	107,4	21,0	52,7	-0,069	0,80	-0,2
SO4	103	154,3	126,1	32,0	603,0	96,6	62,6	3,147	0,02	2,0
Alc	100	136,8	137,3	84,0	265,0	28,8	21,0	0,343	0,38	0,3
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES										
Fe	63	0,06	0,06	ND	0,16	0,04	79,2	0,0030	<0,01	5,5
Mn	55	0,0158	0,0100	ND	0,0500	0,0135	85,8	0,000823	<0,01	5,2
As	62	0,00097	ND	ND	0,02000	0,00284	293,3	-0,0000097	0,85	-1,0
Hg	93	0,000040	ND	ND	0,002000	0,000213	534,3	<0,0000001	0,50	0,0
Cd	94	0,000081	ND	ND	0,001000	0,000188	230,8	0,0000143	<0,01	17,5
Cu	63	0,0022	ND	ND	0,0200	0,0042	189,6	0,000071	0,34	3,3
Cr	94	0,0020	ND	ND	0,0400	0,0053	262,2	0,000254	<0,01	12,5
Pb	61	0,00143	ND	ND	0,01000	0,00286	199,6	0,0000592	0,27	4,1
Zn	63	0,028	0,020	ND	0,206	0,035	123,5	0,00090	0,15	3,2
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES										
F	97	0,16	0,14	0,04	0,50	0,08	52,3	0,0025	0,03	1,6
CN	95	0,0011	ND	ND	0,0085	0,0020	183,3	0,000189	<0,01	17,4
NO3	122	9,9	8,2	ND	46,5	7,0	70,4	0,142	0,11	1,4
PO4	122	0,466	0,285	ND	2,400	0,491	105,4	-0,038960	<0,01	-8,4
NH4	122	0,229	0,090	ND	1,790	0,298	129,9	-0,008023	0,03	-3,5
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES										
DBO5	288	4,1	3,8	0,9	12,1	2,2	53,8	0,006	0,75	0,1
O2	290	10,4	10,2	6,5	15,0	1,5	14,7	0,043	<0,01	0,4
MO	106	7,2	6,7	1,0	16,0	2,6	35,7	-0,230	0,01	-3,2
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS										
Det	96	0,045	0,023	ND	0,480	0,081	178,7	-0,00232	0,04	-5,1
Fen	77	0,0014	ND	ND	0,0125	0,0026	185,8	0,000037	0,43	2,6
Hid	37	0,087	0,005	ND	0,610	0,164	188,0	-0,01204	0,07	-13,8
I.C.G.	290	75	73	52	95	9	12,1	-0,56	<0,01	-0,8

S05	n	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD	Pendiente anual paramétrica	Valor-p	Variación anual
		Und.	Und.	Und.	Und.	Und.	%	Und./año	-	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS										
Q	168	21,7	6,4	1,0	322,4	37,9	174,8	0,694	0,19	3,2
TAI	289	17,6	17,5	-5,0	36,5	8,2	46,3	-0,002	0,98	0,0
TAG	289	14,8	14,5	2,0	28,1	5,8	39,2	0,001	0,98	0,0
pH	288	7,98	8,00	7,20	8,90	0,32	4,0	0,0246	<0,01	0,3
CE	289	554	585	234	1008	167	30,1	2,74	0,04	0,5
SS	120	11	7	1	187	19	177,4	-0,33	0,23	-3,1
Col	101	19685	6000	100	360000	44242	224,7	977,66	0,10	5,0
COMPONENTES MAYORITARIOS										
Ca	95	84,8	90,2	40,2	122,7	23,6	27,8	0,143	0,68	0,2
Mg	94	13,1	13,4	4,4	24,0	5,0	38,1	0,059	0,41	0,5
Na	95	26,9	29,7	7,2	47,2	11,8	44,0	-0,252	0,14	-0,9
K	73	2,18	2,20	0,50	7,80	0,99	45,2	-0,0405	<0,01	-1,9
Cl	100	34,5	36,4	8,5	56,2	14,5	42,0	-0,308	0,12	-0,9
SO4	98	127,0	138,4	34,9	234,0	55,7	43,9	0,182	0,82	0,1
Alc	100	135,9	137,8	82,0	190,0	23,0	17,0	0,497	0,11	0,4
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES										
Fe	51	0,05	0,05	ND	0,23	0,05	90,7	0,0020	0,02	3,8
Mn	43	0,0126	0,0100	ND	0,0700	0,0133	105,7	0,000535	0,07	4,3
As	51	0,00062	ND	ND	0,01000	0,00148	238,1	0,0000552	0,05	8,9
Hg	95	0,000030	ND	ND	0,001000	0,000122	408,2	0,0000024	0,14	8,0
Cd	96	0,000207	ND	ND	0,010000	0,001038	501,4	0,0000028	0,85	1,3
Cu	51	0,0028	ND	ND	0,0511	0,0076	271,0	0,000128	0,38	4,5
Cr	96	0,0017	ND	ND	0,0300	0,0051	295,9	0,000187	<0,01	10,9
Pb	50	0,00166	ND	ND	0,01000	0,00307	184,6	0,0000919	0,12	5,5
Zn	51	0,029	0,020	ND	0,153	0,035	118,8	0,00131	0,04	4,5
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES										
F	97	0,14	0,14	0,05	0,42	0,06	39,1	0,0013	0,10	0,9
CN	98	0,0015	ND	ND	0,0100	0,0025	165,5	0,000190	<0,01	12,8
NO3	100	7,2	5,7	0,3	22,0	4,5	62,3	0,317	<0,01	4,4
PO4	99	0,337	0,260	0,020	1,110	0,247	73,4	-0,021306	<0,01	-6,3
NH4	100	0,146	0,080	ND	0,860	0,164	112,4	-0,002547	0,26	-1,7
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES										
DBO5	287	5,2	4,6	ND	56,0	4,6	88,0	-0,106	<0,01	-2,0
O2	289	10,2	10,2	3,5	16,5	2,0	19,6	0,059	<0,01	0,6
MO	105	7,0	6,5	2,1	16,2	2,3	32,5	-0,214	<0,01	-3,1
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS										
Det	97	0,046	0,040	ND	0,480	0,068	148,1	-0,00314	<0,01	-6,9
Fen	75	0,0021	0,0010	ND	0,0130	0,0029	141,3	-0,000048	0,39	-2,4
Hid	37	0,148	0,010	ND	2,350	0,397	268,5	-0,02097	0,22	-14,2
I.C.G.	289	74	75	53	94	9	12,0	-0,42	<0,01	-0,6

ANEXO II
DESCRIPTIVA Y RESULTADOS PARAMÉTRICOS

S06	n	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD	Pendiente anual paramétrica	Valor-p	Variación anual
		Und.	Und.	Und.	Und.	Und.	%	Und./año	-	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS										
Q	160	54,9	43,5	6,0	198,0	39,1	71,3	-1,865	0,01	-3,4
TAI	281	17,3	17,5	-3,5	36,1	8,3	47,9	0,047	0,49	0,3
TAG	282	14,2	13,9	3,5	25,8	5,5	39,0	0,042	0,35	0,3
pH	282	7,88	7,90	7,10	8,60	0,29	3,7	0,0236	<0,01	0,3
CE	282	520	510	270	996	138	26,5	2,38	0,03	0,5
SS	120	51	16	2	3500	318	624,7	0,83	0,86	1,6
Col	57	30324	16000	200	250000	42094	138,8	527,06	0,51	1,7
COMPONENTES MAYORITARIOS										
Ca	47	75,1	72,1	49,4	104,2	12,8	17,1	0,331	0,21	0,4
Mg	47	14,3	13,7	6,1	24,3	4,0	28,1	0,077	0,36	0,5
Na	47	24,5	23,6	11,6	46,5	7,3	29,6	-0,118	0,43	-0,5
K	37	2,12	2,00	1,00	3,90	0,66	31,2	-0,0214	0,12	-1,0
Cl	56	28,3	27,8	12,2	50,0	8,5	29,9	-0,208	0,21	-0,7
SO4	56	117,7	113,5	55,2	195,0	36,8	31,3	1,186	0,10	1,0
Alc	54	130,7	131,0	90,0	191,0	21,3	16,3	1,014	<0,01	0,8
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES										
Fe	34	0,07	0,06	ND	0,38	0,09	119,4	0,0061	<0,01	8,5
Mn	30	0,0156	0,0150	ND	0,0500	0,0142	91,5	0,001312	<0,01	8,4
As	34	0,00041	ND	ND	0,00244	0,00067	163,9	0,0000666	<0,01	16,2
Hg	32	0,000030	ND	ND	0,000700	0,000123	418,1	0,0000036	0,16	12,2
Cd	34	0,000091	ND	ND	0,001000	0,000199	217,8	0,0000140	<0,01	15,3
Cu	34	0,0050	0,0020	ND	0,0400	0,0082	165,6	0,000105	0,61	2,1
Cr	35	0,0017	ND	ND	0,0282	0,0050	294,8	0,000171	0,17	10,0
Pb	34	0,00284	ND	ND	0,03000	0,00582	204,8	-0,0001188	0,41	-4,2
Zn	34	0,037	0,030	ND	0,170	0,040	108,1	0,00272	<0,01	7,4
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES										
F	34	0,20	0,17	0,08	0,83	0,14	67,3	0,0001	0,97	0,1
CN	33	0,0014	ND	ND	0,0100	0,0024	172,8	0,000183	<0,01	13,0
NO3	56	8,7	8,0	0,9	41,1	5,8	66,4	0,223	0,05	2,6
PO4	56	0,596	0,385	0,110	3,800	0,633	106,2	-0,045728	<0,01	-7,7
NH4	56	0,622	0,265	ND	4,900	0,938	150,7	-0,023974	0,20	-3,9
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES										
DBO5	279	6,9	5,4	0,6	115,0	8,8	127,3	-0,165	0,02	-2,4
O2	282	9,4	9,4	3,8	13,7	1,6	16,7	0,049	<0,01	0,5
MO	97	8,3	7,5	2,5	17,2	2,9	34,8	-0,305	<0,01	-3,7
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS										
Det	54	0,043	0,030	ND	0,860	0,117	271,2	-0,00499	0,03	-11,6
Fen	26	0,0016	ND	ND	0,0120	0,0031	191,4	<0,000001	1,00	0,0
Hid	17	0,254	0,020	ND	3,000	0,716	281,7	-0,05707	0,31	-22,5
I.C.G.	282	76	77	52	93	9	11,5	-0,35	<0,01	-0,5

S07	n	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD	Pendiente anual paramétrica	Valor-p	Variación anual
		Und.	Und.	Und.	Und.	Und.	%	Und./año	-	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS										
Q	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAI	280	16,7	17,0	-3,5	36,1	8,0	48,0	0,081	0,22	0,5
TAG	281	14,8	14,5	2,5	27,8	5,9	40,0	0,042	0,39	0,3
pH	283	7,76	7,80	7,00	8,40	0,27	3,5	0,0246	<0,01	0,3
CE	283	749	725	325	1754	224	29,9	-1,84	0,31	-0,2
SS	119	26	13	1	592	60	225,9	-1,37	0,12	-5,2
Col	46	20872	10500	600	130000	28036	134,3	328,89	0,57	1,6
COMPONENTES MAYORITARIOS										
Ca	46	105,4	103,6	66,1	162,3	21,8	20,7	0,952	0,03	0,9
Mg	46	25,1	24,3	10,2	47,4	8,7	34,6	-0,320	0,07	-1,3
Na	46	54,4	48,8	14,7	168,0	29,8	54,8	-1,081	0,08	-2,0
K	36	3,94	3,75	1,70	7,80	1,48	37,6	-0,0690	0,02	-1,8
Cl	46	55,9	50,3	22,6	132,0	25,0	44,7	-1,406	<0,01	-2,5
SO4	46	222,1	208,1	82,0	467,0	83,5	37,6	-2,378	0,17	-1,1
Alc	52	170,0	170,5	61,0	235,0	33,3	19,6	-0,043	0,94	0,0
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES										
Fe	25	0,08	0,08	ND	0,36	0,08	95,7	0,0037	0,08	4,4
Mn	23	0,0227	0,0210	ND	0,1000	0,0248	109,6	0,001415	0,06	6,2
As	71	0,00821	0,00114	ND	0,50000	0,05921	721,5	-0,0003824	0,71	-4,7
Hg	71	0,000023	0,000025	ND	0,000130	0,000023	101,7	0,0000012	<0,01	5,2
Cd	72	0,000405	0,000250	ND	0,001500	0,000422	104,1	0,0000359	<0,01	8,8
Cu	71	0,0031	0,0025	ND	0,0200	0,0038	121,9	0,000045	0,49	1,4
Cr	74	0,0017	0,0010	ND	0,0303	0,0042	240,5	0,000090	0,19	5,2
Pb	69	0,00305	0,00250	ND	0,01000	0,00266	87,1	0,0001320	<0,01	4,3
Zn	71	0,031	0,023	ND	0,151	0,028	91,7	0,00025	0,62	0,8
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES										
F	69	0,22	0,21	0,10	0,53	0,08	37,1	-0,0005	0,71	-0,2
CN	70	0,0040	0,0050	ND	0,0150	0,0029	72,0	0,000239	<0,01	5,9
NO3	47	9,0	8,9	0,6	17,1	3,9	43,0	0,284	<0,01	3,2
PO4	47	1,498	1,190	0,220	10,590	1,607	107,3	-0,080276	0,01	-5,4
NH4	53	1,404	0,490	ND	9,800	1,990	141,7	-0,049692	0,18	-3,5
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES										
DBO5	278	9,8	7,4	ND	110,0	9,4	95,8	-0,371	<0,01	-3,8
O2	280	8,7	8,7	3,1	15,0	1,7	20,0	0,075	<0,01	0,9
MO	100	11,4	10,6	4,3	39,0	4,4	38,7	-0,551	<0,01	-4,8
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS										
Det	46	0,080	0,040	ND	0,870	0,159	198,3	-0,00748	0,02	-9,3
Fen	20	0,0022	0,0020	ND	0,0080	0,0024	108,7	-0,000005	0,96	-0,2
Hid	9	0,114	0,050	ND	0,400	0,150	131,7	-0,01615	0,24	-14,2
I.C.G.	283	70	69	40	90	9	12,5	-0,18	0,01270	-0,3

ANEXO II
DESCRIPTIVA Y RESULTADOS PARAMÉTRICOS

S08	n	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	SD	RSD	Pendiente anual paramétrica	Valor-p	Variación anual
		Und.	Und.	Und.	Und.	Und.	%	Und./año	-	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS										
Q	273	70,7	62,0	3,0	420,4	53,9	76,3	-0,271	0,54	-0,4
TAI	281	16,3	16,3	-4,3	37,6	8,1	49,5	0,103	0,12	0,6
TAG	281	14,9	14,6	3,0	28,1	6,0	40,3	0,046	0,35	0,3
pH	281	7,86	7,80	6,70	8,70	0,30	3,8	0,0252	<0,01	0,3
CE	281	590	579	256	1240	169	28,6	3,81	<0,01	0,6
SS	120	29	20	3	213	31	108,0	-0,51	0,27	-1,8
Col	57	15398	7000	100	90000	18896	122,7	171,77	0,61	1,1
COMPONENTES MAYORITARIOS										
Ca	49	82,9	80,4	58,6	132,3	15,6	18,8	0,097	0,75	0,1
Mg	49	17,2	16,9	9,7	37,7	5,3	31,0	0,012	0,91	0,1
Na	49	31,8	30,3	14,1	82,0	11,6	36,5	-0,146	0,52	-0,5
K	39	2,67	2,70	1,40	4,20	0,67	25,3	-0,0239	0,07	-0,9
Cl	58	35,9	32,0	19,0	93,9	12,8	35,7	-0,304	0,21	-0,8
SO4	58	145,8	139,0	74,6	306,0	45,5	31,2	0,835	0,33	0,6
Alc	55	139,0	137,5	90,0	229,5	23,2	16,7	0,956	0,01	0,7
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES										
Fe	33	0,07	0,08	ND	0,24	0,06	84,1	0,0044	<0,01	5,9
Mn	29	0,0203	0,0200	ND	0,0500	0,0159	78,4	0,001362	<0,01	6,7
As	33	0,00188	ND	ND	0,03000	0,00551	293,1	-0,0001418	0,30	-7,6
Hg	31	0,000040	ND	ND	0,001000	0,000179	445,6	0,0000060	0,21	14,9
Cd	33	0,000103	ND	ND	0,001000	0,000213	207,9	0,0000134	<0,01	13,0
Cu	33	0,0022	ND	ND	0,0100	0,0033	151,5	0,000121	0,14	5,5
Cr	35	0,0008	ND	ND	0,0081	0,0018	230,8	0,000110	<0,01	14,4
Pb	33	0,00137	ND	ND	0,01000	0,00269	196,7	0,0001019	0,13	7,4
Zn	33	0,030	0,020	ND	0,143	0,035	114,5	0,00309	<0,01	10,2
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES										
F	33	0,20	0,18	0,10	0,51	0,08	41,7	0,0030	0,15	1,5
CN	32	0,0019	ND	ND	0,0150	0,0033	176,6	0,000264	<0,01	14,1
NO3	63	9,4	8,1	ND	44,9	7,0	74,4	0,041	0,73	0,4
PO4	61	0,789	0,520	0,100	5,630	0,861	109,1	-0,045633	<0,01	-5,8
NH4	61	0,589	0,310	ND	7,610	1,095	186,1	-0,025044	0,19	-4,3
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES										
DBO5	280	7,0	5,9	1,0	34,0	5,4	76,9	-0,135	<0,01	-1,9
O2	281	9,3	9,2	4,8	14,1	1,5	15,7	0,054	<0,01	0,6
MO	97	9,3	8,6	5,6	18,4	2,5	27,0	-0,297	<0,01	-3,2
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS										
Det	55	0,047	0,040	ND	0,560	0,089	191,3	-0,00382	0,02	-8,2
Fen	25	0,0025	0,0010	ND	0,0230	0,0048	190,0	0,000114	0,47	4,5
Hid	15	0,054	ND	ND	0,430	0,127	234,6	-0,01744	0,08	-32,3
I.C.G.	282	74	75	ND	95	10	13,3	-0,44	<0,01	-0,6

ANEXO III

RESULTADOS NO-PARAMÉTRICOS

ANEXO III: RESULTADOS NO-PARAMÉTRICOS

En el presente Anexo se incluyen los resultados no-paramétricos de los test estacional de Mann-Kendall y pendiente de Sen, así como el porcentaje de variación anual para cada parámetro y estación estudiados.

Los resultados cualitativos del Test de Mann-Kendall se expresan mediante símbolos, cuya leyenda se corresponde con:

Símbolo	Leyenda
■	Sin tendencia
▲	Tendencia ascendente
▼	Tendencia descendente

En aquellos casos en los que no ha sido posible realizar el estudio de tendencias no-paramétricas mediante el Test de Mann-Kendall, o la cuantificación de las mismas mediante la Pendiente de Sen se muestran los resultados en blanco. Igualmente para aquellos parámetros en los que no ha sido detectada tendencia, se muestran los datos en blanco para la Pendiente de Sen.

A01	n	S	SD	τ de Kendall	Valor-p	Tendencia	Pendiente Sen	Variación anual
							Und./año	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS								
Q	264	-64	212	-0,302	0,76	■		
TAI	279	-63	160	-0,393	0,69	■		
TAG	279	-313	143	-2,189	0,03	▼	-0,035	-0,4
pH	279	764	250	3,055	<0,01	▲	0,0124	0,2
CE	279	902	229	3,944	<0,01	▲	2,95	1,3
SS	119	-13	34	-0,379	0,70	■		
Col								
COMPONENTES MAYORITARIOS								
Ca	47	44	28	1,579	0,11	■		
Mg	47	5	31	0,162	0,87	■		
Na	47	42	17	2,507	0,01	▲	0,087	2,6
K	36	-3	23	-0,131	0,90	■		
Cl	48	-15	29	-0,519	0,60	■		
SO4	48	28	30	0,924	0,36	■		
Alc	53	92	37	2,456	0,01	▲	1,950	1,6
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES								
Fe								
Mn								
As								
Hg								
Cd								
Cu								
Cr								
Pb								
Zn								
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES								
F	25	76	22	3,439	<0,01	▲	0,0014	3,6
CN	96	187	43	4,381	<0,01	▲	<0,000001	<0,1
NO3	48	6	33	0,183	0,85	■		
PO4	47	-30	25	-1,223	0,22	■		
NH4								
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES								
DBO5	276	278	319	0,871	0,38	■		
O2	277	787	264	2,981	<0,01	▲	0,053	0,5
MO	95	-21	36	-0,587	0,56	■		
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS								
Det								
Fen								
Hid								
ICG	279	-805	279	-2,889	<0,01	▼	-0,40	-0,5

ANEXO III
RESULTADOS NO-PARAMÉTRICOS

A02	n	S	SD	τ de Kendall	Valor-p	Tendencia	Pendiente Sen	Variación anual
						-	Und./año	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS								
Q	277	-110	228	-0,483	0,63	■		
TAI	284	30	169	0,177	0,86	■		
TAG	284	392	197	1,986	0,05	▼	0,008	0,1
pH	284	1333	325	4,098	<0,01	▲	0,0157	0,2
CE	284	1352	335	4,035	<0,01	▲	2,61	0,9
SS	120	-67	45	-1,503	0,13	■		
Col								
COMPONENTES MAYORITARIOS								
Ca	50	-3	31	-0,097	0,92	■		
Mg	50	8	30	0,269	0,79	■		
Na	50	61	32	1,913	0,06	■		
K	40	-69	26	-2,617	0,01	▼	-0,0250	-2,9
Cl	70	-89	51	-1,753	0,08	■		
SO4	62	46	32	1,453	0,15	■		
Alc	56	61	39	1,567	0,12	■		
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES								
Fe								
Mn								
As								
Hg								
Cd								
Cu								
Cr								
Pb								
Zn								
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES								
F	28	58	24	2,413	0,02	▲	0,0006	1,2
CN								
NO3	70	21	40	0,521	0,60	■		
PO4	67	-86	27	-3,200	<0,01	▼	-0,003909	-5,9
NH4	67	-7	13	-0,559	0,58	■		
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES								
DBO5	282	211	335	0,630	0,53	■		
O2	282	761	257	2,964	<0,01	▲	0,066	0,6
MO	102	-105	43	-2,418	0,02	▼	-0,275	-3,8
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS								
Det								
Fen								
Hid								
ICG	284	-1295	361	-3,592	<0,01	▼	-0,50	-0,6

A03	n	S	SD	τ de Kendall	Valor-p	Tendencia	Pendiente Sen	Variación anual
						-	Und./año	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS								
Q	196	-115	114	-1,008	0,31	■		
TAI	281	-48	185	-0,259	0,80	■		
TAG	281	150	190	0,792	0,43	■		
pH	281	761	227	3,354	<0,01	▲	0,0100	0,1
CE	281	1149	289	3,973	<0,01	▲	4,20	1,2
SS	122	-103	54	-1,919	0,05	■		
Col								
COMPONENTES MAYORITARIOS								
Ca	47	73	33	2,191	0,03	▲	0,276	0,5
Mg	47	13	30	0,430	0,67	■		
Na	47	74	28	2,672	0,01	▲	0,472	2,4
K	37	-50	26	-1,909	0,06	■		
Cl	55	0	34	0,000	1,00	■		
SO4	50	110	31	3,552	<0,01	▲	0,971	2,2
Alc	53	72	39	1,823	0,07	■		
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES								
Fe								
Mn								
As								
Hg								
Cd								
Cu								
Cr								
Pb								
Zn								
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES								
F	33	77	25	3,058	<0,01	▲	0,0010	1,5
CN	101	205	52	3,970	<0,01	▲	<0,000001	<0,1
NO3	55	62	33	1,890	0,06	■		
PO4	55	-84	26	-3,249	<0,01	▼	-0,006812	-6,3
NH4								
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES								
DBO5	280	-384	297	-1,293	0,20	■		
O2	279	160	190	0,843	0,40	■		
MO	97	-25	37	-0,672	0,50	■		
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS								
Det								
Fen								
Hid								
ICG	281	-894	302	-2,964	<0,01	▼	-0,49	-0,6

ANEXO III
RESULTADOS NO-PARAMÉTRICOS

A04	n	S	SD	τ de Kendall	Valor-p	Tendencia	Pendiente Sen	Variación anual
						-	Und./año	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS								
Q	262	-841	233	-3,606	<0,01	▼	-1,200	-2,5
TAI	282	-42	199	-0,211	0,83	■		
TAG	283	142	193	0,735	0,46	■		
pH	283	1090	302	3,604	<0,01	▲	0,0167	0,2
CE	283	1129	262	4,308	<0,01	▲	5,28	1,3
SS	123	-63	63	-1,004	0,32	■		
Col	52	22	31	1	0,48	■		
COMPONENTES MAYORITARIOS								
Ca	48	78	33	2,360	0,02	▲	0,345	0,6
Mg	48	-43	28	-1,526	0,13	■		
Na	48	64	28	2,252	0,02	▲	0,424	1,5
K	39	-32	26	-1,240	0,21	■		
Cl	60	-2	40	-0,049	0,96	■		
SO4	52	71	33	2,174	0,03	▲	1,026	2,0
Alc	54	48	41	1,176	0,24	■		
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES								
Fe								
Mn								
As								
Hg								
Cd								
Cu								
Cr								
Pb								
Zn								
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES								
F	37	43	24	1,787	0,07	■		
CN	102	230	52	4,448	<0,01	▲	<0,000001	<0,1
NO3	60	24	37	0,641	0,52	■		
PO4	59	-147	41	-3,608	<0,01	▼	-0,010303	-4,8
NH4	64	-46	17	-2,744	0,01	▼	<0,000001	<0,1
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES								
DBO5	280	-86	264	-0,325	0,75	■		
O2	281	12	188	0,064	0,95	■		
MO	97	-47	38	-1,241	0,21	■		
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS								
Det	48	21	12	1,711	0,09	■		
Fen								
Hid								
ICG	283	-1203	309	-3,898	<0,01	▼	-0,63	-0,8

E01	n	S	SD	τ de Kendall	Valor-p	Tendencia	Pendiente Sen	Variación anual
						-	Und./año	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS								
Q	263	-224	156	-1,437	0,15	■		
TAI	278	66	153	0,430	0,67	■		
TAG	278	293	184	1,595	0,11	■		
pH	278	976	271	3,603	<0,01	▲	0,0140	0,2
CE	278	798	246	3,250	<0,01	▲	2,80	0,9
SS	120	68	52	1,314	0,19	■		
Col	48	-50	26	-2	0,06	■		
COMPONENTES MAYORITARIOS								
Ca	48	-42	28	-1,520	0,13	■		
Mg	48	-90	30	-2,992	<0,01	▼	-0,222	-2,7
Na	48	-46	30	-1,520	0,13	■		
K	38	-24	24	-1,018	0,31	■		
Cl	48	-95	34	-2,809	<0,01	▼	-0,339	-2,8
SO4	48	9	34	0,262	0,79	■		
Alc	54	-21	32	-0,651	0,51	■		
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES								
Fe								
Mn	22	70	14	4,869	<0,01	▲	0,002334	9,8
As								
Hg								
Cd								
Cu								
Cr								
Pb								
Zn								
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES								
F	25	59	20	2,911	<0,01	▲	0,0014	2,0
CN								
NO3	52	1	32	0,032	0,97	■		
PO4	52	-96	37	-2,573	0,01	▼	-0,004542	-3,3
NH4								
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES								
DBO5	277	278	321	0,865	0,39	■		
O2	278	366	212	1,730	0,08	■		
MO	94	37	41	0,913	0,36	■		
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS								
Det	46	4	15	0,275	0,78	■		
Fen								
Hid								
ICG	279	-1135	326	-3,484	<0,01	▼	-0,63	-0,8

ANEXO III
RESULTADOS NO-PARAMÉTRICOS

E02	n	S	SD	τ de Kendall	Valor-p	Tendencia	Pendiente	Variación
							Sen	anual
							- Und./año	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS								
Q	225	66	133	0,495	0,62	■		
TAI	296	-628	189	-3,332	<0,01	▼	-0,111	-0,8
TAG	297	452	200	2,260	0,02	▼	0,070	0,4
pH	297	1386	321	4,313	<0,01	▲	0,0167	0,2
CE	297	768	249	3,086	<0,01	▲	3,45	0,7
SS	123	43	44	0,976	0,33	■		
Col	289	-647	233	-3	0,01	▼	-136,75	-1,8
COMPONENTES MAYORITARIOS								
Ca	289	286	253	1,132	0,26	■		
Mg	288	-148	213	-0,695	0,49	■		
Na	289	585	200	2,929	<0,01	▲	0,180	0,6
K	223	-464	182	-2,556	0,01	▼	-0,0317	-1,8
Cl	288	-74	188	-0,393	0,69	■		
SO4	289	766	222	3,449	<0,01	▲	0,650	1,1
Alc	289	625	259	2,410	0,02	▲	1,186	0,8
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES								
Fe	287	1371	297	4,624	<0,01	▲	0,0048	7,6
Mn	252	931	267	3,493	<0,01	▲	0,000600	5,5
As	289	1276	338	3,775	<0,01	▲	<0,0000001	<0,1
Hg	285	1096	321	3,415	<0,01	▲	<0,0000001	<0,1
Cd	288	1154	353	3,271	<0,01	▲	0,0000008	0,7
Cu	288	1005	350	2,873	<0,01	▲	<0,000001	<0,1
Cr	289	1302	354	3,675	<0,01	▲	<0,000001	<0,1
Pb	287	1249	329	3,800	<0,01	▲	<0,0000001	<0,1
Zn	289	747	325	2,300	0,02	▲	0,00146	4,2
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES								
F	287	1018	281	3,620	<0,01	▲	0,0022	2,7
CN	284	1153	318	3,625	<0,01	▲	<0,000001	<0,1
NO3	288	464	307	1,511	0,13	■		
PO4	288	-1101	310	-3,551	<0,01	▼	-0,007925	-4,5
NH4	286	-179	303	-0,591	0,55	■		
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES								
DBO5	294	602	351	1,713	0,09	■		
O2	296	-422	204	-2,072	0,04	▼	-0,041	-0,5
MO	107	46	48	0,951	0,34	■		
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS								
Det	285	-403	301	-1,340	0,18	■		
Fen	223	283	150	1,884	0,06	■		
Hid	109	-118	52	-2,270	0,02	▼	-0,00500	-6,6
ICG	297	-1310	418	-3,137	<0,01	▼	-0,73	-1,1

E03	n	S	SD	τ de Kendall	Valor-p	Tendencia	Pendiente Sen	Variación anual
							-	Und./año
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS								
Q	203	55	108	0,508	0,61	■		
TAI	291	-335	138	-2,435	0,01	▼	-0,088	-0,6
TAG	293	338	205	1,649	0,10	■		
pH	293	1494	324	4,617	<0,01	▲	0,0211	0,3
CE	293	417	205	2,037	0,04	▲	1,50	0,3
SS	122	120	61	1,962	0,05	▲	0,21	1,7
Col	98	-111	41	-3	0,01	▼	-475,00	-3,2
COMPONENTES MAYORITARIOS								
Ca	97	-50	46	-1,076	0,28	■		
Mg	97	-117	47	-2,515	0,01	▼	-0,110	-1,2
Na	97	6	48	0,126	0,90	■		
K	76	4	38	0,105	0,92	■		
Cl	97	-53	50	-1,064	0,29	■		
SO4	97	-41	47	-0,872	0,38	■		
Alc	101	-22	52	-0,424	0,67	■		
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES								
Fe								
Mn								
As	89	215	37	5,762	<0,01	▲	<0,0000001	<0,1
Hg								
Cd								
Cu	91	128	10	12,551	<0,01	▲	0,000083	3,1
Cr	131	284	66	4,272	<0,01	▲	<0,000001	<0,1
Pb								
Zn	90	-1	11	-0,089	0,93	■		
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES								
F	131	105	69	1,518	0,13	■		
CN	156	325	94	3,452	<0,01	▲	0,000206	3,4
NO3	98	-49	55	-0,888	0,37	■		
PO4	98	-98	49	-2,013	0,04	▼	-0,026714	-5,0
NH4	100	-103	41	-2,483	0,01	▼	-0,011972	-2,2
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES								
DBO5	290	-344	302	-1,138	0,26	■		
O2	291	725	245	2,953	<0,01	▲	0,076	1,0
MO	100	9	29	0,315	0,75	■		
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS								
Det	96	-106	39	-2,750	0,01	▼	-0,00300	-5,3
Fen	76	-98	29	-3,417	<0,01	▼	-0,000292	-5,5
Hid								
ICG	293	-534	252	-2,115	0,03	▼	-0,30	-0,4

ANEXO III
RESULTADOS NO-PARAMÉTRICOS

E04	n	S	SD	τ de Kendall	Valor-p	Tendencia	Pendiente Sen	Variación anual
						-	Und./año	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS								
Q	281	-577	219	-2,640	0,01	▼	-0,773	-0,8
TAI	291	-313	169	-1,847	0,06	■		
TAG	291	104	183	0,569	0,57	■		
pH	291	1359	315	4,310	<0,01	▲	0,0189	0,2
CE	291	397	224	1,771	0,08	■		
SS	123	159	69	2,308	0,02	▲	2,13	8,1
Col	172	-70	91	-1	0,44	■		
COMPONENTES MAYORITARIOS								
Ca	172	2	105	0,019	0,98	■		
Mg	172	110	109	1,008	0,31	■		
Na	172	37	85	0,437	0,66	■		
K	151	44	74	0,596	0,55	■		
Cl	179	-85	103	-0,828	0,41	■		
SO4	173	71	85	0,833	0,40	■		
Alc	169	61	100	0,613	0,54	■		
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES								
Fe								
Mn								
As								
Hg								
Cd								
Cu								
Cr								
Pb								
Zn								
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES								
F	97	87	52	1,679	0,09	■		
CN	152	433	103	4,220	<0,01	▲	<0,000001	<0,1
NO3	182	82	134	0,613	0,54	■		
PO4	179	-384	136	-2,818	<0,01	▼	-0,021716	-3,4
NH4	183	19	102	0,187	0,85	■		
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES								
DBO5	291	10	339	0,029	0,98	■		
O2	291	251	228	1,099	0,27	■		
MO	103	74	42	1,749	0,08	■		
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS								
Det	171	-328	108	-3,035	<0,01	▼	-0,00129	-2,0
Fen	147	-88	53	-1,672	0,09	■		
Hid								
ICG	291	-125	237	-0,527	0,60	■		

E05	n	S	SD	τ de Kendall	Valor-p	Tendencia	Pendiente Sen	Variación anual
						-	Und./año	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS								
Q	288	-224	226	-0,990	0,32	■		
TAI	291	467	249	1,879	0,06	■		
TAG	290	385	196	1,963	0,05	▼	0,023	0,2
pH	291	1372	315	4,360	<0,01	▲	0,0149	0,2
CE	291	850	242	3,514	<0,01	▲	6,50	0,8
SS	123	76	56	1,353	0,18	■		
Col	98	36	34	1	0,29	■		
COMPONENTES MAYORITARIOS								
Ca	97	-45	41	-1,091	0,28	■		
Mg	96	27	45	0,600	0,55	■		
Na	97	11	40	0,275	0,78	■		
K	76	-3	29	-0,103	0,92	■		
Cl	97	2	38	0,053	0,96	■		
SO4	97	17	38	0,442	0,66	■		
Alc	102	28	50	0,565	0,57	■		
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES								
Fe								
Mn								
As								
Hg								
Cd								
Cu								
Cr								
Pb								
Zn								
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES								
F	96	128	48	2,686	0,01	▲	0,0017	1,6
CN	153	466	105	4,428	<0,01	▲	<0,000001	<0,1
NO3	97	-68	48	-1,418	0,16	■		
PO4	96	-168	53	-3,200	<0,01	▼	-0,027752	-5,8
NH4	96	-92	50	-1,855	0,06	■		
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES								
DBO5	289	229	339	0,675	0,50	■		
O2	290	523	194	2,696	0,01	▲	0,051	0,6
MO	104	33	42	0,784	0,43	■		
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS								
Det	93	-57	34	-1,686	0,09	■		
Fen								
Hid								
ICG	291	-1119	303	-3,696	<0,01	▼	-0,71	-1,0

ANEXO III
RESULTADOS NO-PARAMÉTRICOS

E06	n	S	SD	τ de Kendall	Valor-p	Tendencia	Pendiente	Variación
							Sen	anual
							Und./año	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS								
Q	97	-59	51	-1,162	0,25	■		
TAI	292	133	172	0,771	0,44	■		
TAG	293	532	213	2,499	0,01	▼	0,113	0,8
pH	293	1082	272	3,971	<0,01	▲	0,0154	0,2
CE	293	805	255	3,153	<0,01	▲	5,11	0,6
SS	122	87	49	1,767	0,08	■		
Col	286	-445	204	-2	0,03	▼	-320,83	-1,2
COMPONENTES MAYORITARIOS								
Ca	285	248	192	1,289	0,20	■		
Mg	285	357	229	1,557	0,12	■		
Na	285	636	215	2,960	<0,01	▲	0,514	0,6
K	221	-235	132	-1,775	0,08	■		
Cl	282	453	211	2,149	0,03	▲	0,133	0,1
SO4	285	513	219	2,340	0,02	▲	0,916	0,8
Alc	286	265	193	1,376	0,17	■		
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES								
Fe	286	1044	265	3,939	<0,01	▲	0,0041	3,8
Mn	251	1102	282	3,902	<0,01	▲	0,001450	6,7
As	285	1305	335	3,900	<0,01	▲	<0,0000001	<0,1
Hg	278	1032	300	3,439	<0,01	▲	<0,0000001	<0,1
Cd	284	1299	346	3,754	<0,01	▲	0,0000015	1,5
Cu	285	851	333	2,557	0,01	▲	0,000013	0,3
Cr	284	1259	346	3,638	<0,01	▲	<0,0000001	<0,1
Pb	283	1133	328	3,454	<0,01	▲	<0,0000001	<0,1
Zn	286	739	323	2,291	0,02	▲	0,00076	2,0
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES								
F	283	952	274	3,477	<0,01	▲	0,0023	1,9
CN	281	1173	303	3,876	<0,01	▲	<0,0000001	<0,1
NO3	285	132	223	0,591	0,55	■		
PO4	284	-1650	387	-4,259	<0,01	▼	-0,025969	-5,4
NH4	282	-401	269	-1,490	0,14	■		
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES								
DBO5	291	106	308	0,344	0,73	■		
O2	293	529	211	2,507	0,01	▲	0,018	0,2
MO	104	-18	37	-0,480	0,63	■		
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS								
Det	282	-121	264	-0,458	0,65	■		
Fen	223	-267	160	-1,671	0,09	■		
Hid	106	-78	43	-1,811	0,07	■		
ICG	293	-1472	394	-3,737	<0,01	▼	-0,50	-0,8

E07	n	S	SD	τ de Kendall	Valor-p	Tendencia	Pendiente Sen	Variación anual
						-	Und./año	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS								
Q	250	-202	174	-1,160	0,25	■		
TAI	250	323	172	1,876	0,06	■		
TAG	250	497	171	2,899	<0,01	▼	0,107	0,7
pH	251	778	225	3,455	<0,01	▲	0,0167	0,2
CE	251	282	153	1,840	0,07	■		
SS	111	67	51	1,320	0,19	■		
Col	244	-105	146	-1	0,47	■		
COMPONENTES MAYORITARIOS								
Ca	244	114	133	0,860	0,39	■		
Mg	244	60	145	0,414	0,68	■		
Na	243	215	112	1,920	0,05	■		
K	180	-135	117	-1,157	0,25	■		
Cl	244	157	144	1,091	0,28	■		
SO4	244	167	137	1,215	0,22	■		
Alc	251	294	144	2,036	0,04	▲	0,333	0,2
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES								
Fe	243	780	220	3,545	<0,01	▲	0,0050	3,7
Mn	241	1013	255	3,974	<0,01	▲	0,001461	6,0
As	243	560	179	3,127	<0,01	▲	<0,0000001	<0,1
Hg	240	327	117	2,795	0,01	▲	<0,0000001	<0,1
Cd	240	425	208	2,043	0,04	▲	<0,0000001	<0,1
Cu	243	553	239	2,312	0,02	▲	<0,0000001	<0,1
Cr	242	690	202	3,410	<0,01	▲	<0,0000001	<0,1
Pb	241	474	184	2,575	0,01	▲	<0,0000001	<0,1
Zn	243	752	235	3,201	<0,01	▲	0,00208	4,8
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES								
F	241	694	209	3,313	<0,01	▲	0,0031	1,8
CN	240	444	120	3,688	<0,01	▲	<0,0000001	<0,1
NO3	244	-120	132	-0,906	0,37	■		
PO4	242	-1090	309	-3,533	<0,01	▼	-0,030000	-6,1
NH4	240	-96	243	-0,395	0,69	■		
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES								
DBO5	250	618	229	2,694	0,01	▲	0,150	2,0
O2	242	456	156	2,929	<0,01	▲	0,064	0,6
MO	70	14	19	0,740	0,46	■		
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS								
Det	240	-447	176	-2,536	0,01	▼	-0,00182	-5,0
Fen	216	-469	151	-3,098	<0,01	▼	-0,000100	-6,8
Hid	96	-70	21	-3,288	<0,01	▼	-0,00423	-7,2
ICG	251	-1451	303	-4,787	<0,01	▼	-1,00	-1,7

ANEXO III
RESULTADOS NO-PARAMÉTRICOS

E08	n	S	SD	τ de Kendall	Valor-p	Tendencia	Pendiente	Variación
							Sen	anual
							Und./año	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS								
Q								
TAI	293	316	204	1,548	0,12	■		
TAG	292	429	187	2,298	0,02	▼	0,049	0,3
pH	294	1440	361	3,990	<0,01	▲	0,0217	0,3
CE	293	412	225	1,828	0,07	■		
SS	123	145	66	2,199	0,03	▲	1,58	2,5
Col	170	-115	101	-1	0,25	■		
COMPONENTES MAYORITARIOS								
Ca	170	-5	101	-0,049	0,96	■		
Mg	170	114	106	1,078	0,28	■		
Na	170	37	92	0,403	0,69	■		
K	147	-44	87	-0,505	0,61	■		
Cl	171	60	108	0,554	0,58	■		
SO4	171	82	104	0,788	0,43	■		
Alc	176	104	96	1,078	0,28	■		
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES								
Fe	147	292	25	11,705	<0,01	▲	0,0078	6,4
Mn	139	267	66	4,066	<0,01	▲	0,001894	8,8
As	183	562	149	3,774	<0,01	▲	<0,0000001	<0,1
Hg	200	615	165	3,726	<0,01	▲	<0,0000001	<0,1
Cd	202	795	209	3,813	<0,01	▲	0,0000050	2,6
Cu	183	419	124	3,389	<0,01	▲	<0,000001	<0,1
Cr	200	664	164	4,053	<0,01	▲	<0,000001	<0,1
Pb	184	470	146	3,227	<0,01	▲	0,0000214	0,7
Zn	183	46	145	0,317	0,75	■		
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES								
F	197	145	115	1,260	0,21	■		
CN	231	764	214	3,569	<0,01	▲	0,000167	4,9
NO3	175	-162	85	-1,913	0,06	■		
PO4	175	-498	152	-3,284	<0,01	▼	-0,044931	-5,0
NH4	174	187	122	1,527	0,13	■		
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES								
DBO5	293	-683	324	-2,108	0,04	▼	-0,200	-1,7
O2								
MO	104	-46	42	-1,095	0,27	■		
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS								
Det	169	-289	102	-2,827	<0,01	▼	-0,00271	-3,3
Fen	149	-257	92	-2,780	0,01	▼	-0,000200	-3,7
Hid								
ICG	295	-1071	361	-2,970	<0,01	▼	-0,50	-1,2

E09	n	S	SD	τ de Kendall	Valor-p	Tendencia	Pendiente Sen	Variación anual
							-	Und./año
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS								
Q	253	-225	180	-1,249	0,21	■		
TAI	283	599	283	2,119	0,03	▲	0,142	0,8
TAG	283	635	214	2,965	<0,01	▼	0,127	0,8
pH	283	1176	299	3,928	<0,01	▲	0,0218	0,3
CE	283	374	205	1,826	0,07	■		
SS	123	106	77	1,381	0,17	■		
Col	51	-97	35	-3	0,01	▼	-447,81	-3,0
COMPONENTES MAYORITARIOS								
Ca	48	12	32	0,373	0,71	■		
Mg	48	64	30	2,104	0,04	▲	0,089	0,3
Na	48	43	31	1,375	0,17	■		
K	38	-19	28	-0,683	0,49	■		
Cl	58	71	41	1,726	0,08	■		
SO4	52	53	36	1,464	0,14	■		
Alc	55	-38	32	-1,180	0,24	■		
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES								
Fe								
Mn								
As								
Hg								
Cd								
Cu								
Cr								
Pb								
Zn								
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES								
F	35	47	22	2,167	0,03	▲	0,0000	0,0
CN								
NO3	63	-19	28	-0,688	0,49	■		
PO4	63	-175	42	-4,208	<0,01	▼	-0,047500	-11,9
NH4	64	-61	38	-1,607	0,11	■		
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES								
DBO5	282	-479	311	-1,541	0,12	■		
O2	38	1	6	0,162	0,87	■		
MO	95	-6	26	-0,231	0,82	■		
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS								
Det	49	-57	29	-1,955	0,05	■		
Fen								
Hid								
ICG	283	-358	378	-0,946	0,34	■		

ANEXO III
RESULTADOS NO-PARAMÉTRICOS

E10	n	S	SD	τ de Kendall	Valor-p	Tendencia	Pendiente	Variación
							Sen	anual
							Und./año	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS								
Q	250	-223	157	-1,421	0,16	■		
TAI	280	829	261	3,181	<0,01	▲	0,172	1,0
TAG	280	323	220	1,467	0,14	■		
pH	279	1072	307	3,495	<0,01	▲	0,0222	0,3
CE	280	753	286	2,631	0,01	▲	10,47	1,1
SS	122	92	60	1,540	0,12	■		
Col	57	-33	28	-1	0,24	■		
COMPONENTES MAYORITARIOS								
Ca	47	-5	32	-0,158	0,87	■		
Mg	47	20	31	0,648	0,52	■		
Na	47	20	31	0,640	0,52	■		
K	37	-24	30	-0,808	0,42	■		
Cl	65	-23	47	-0,493	0,62	■		
SO4	57	8	38	0,212	0,83	■		
Alc	54	66	36	1,855	0,06	■		
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES								
Fe								
Mn								
As								
Hg								
Cd								
Cu								
Cr								
Pb								
Zn								
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES								
F	36	82	23	3,612	<0,01	▲	0,0050	3,1
CN	100	217	50	4,340	<0,01	▲	<0,000001	<0,1
NO3	65	-10	42	-0,239	0,81	■		
PO4	64	-119	38	-3,164	<0,01	▼	-0,011406	-5,0
NH4	66	-114	46	-2,469	0,01	▼	-0,005563	-1,9
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES								
DBO5	278	112	307	0,364	0,72	■		
O2	280	178	218	0,818	0,41	■		
MO	96	-6	50	-0,119	0,91	■		
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS								
Det	55	-39	32	-1,220	0,22	■		
Fen								
Hid								
ICG	280	-938	352	-2,664	0,01	▼	-0,71	-1,0

E11	n	S	SD	τ de Kendall	Valor-p	Tendencia	Pendiente Sen	Variación anual
						-	Und./año	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS								
Q	252	-26	197	-0,132	0,89	■		
TAI	282	426	205	2,077	0,04	▲	0,160	0,8
TAG	282	634	214	2,959	<0,01	▼	0,018	0,1
pH	282	1450	343	4,222	<0,01	▲	0,0194	0,2
CE	282	735	270	2,721	0,01	▲	6,83	0,8
SS	121	-58	56	-1,042	0,30	■		
Col	57	-63	37	-2	0,09	■		
COMPONENTES MAYORITARIOS								
Ca	49	36	35	1,041	0,30	■		
Mg	49	45	32	1,409	0,16	■		
Na	49	47	35	1,333	0,18	■		
K	39	2	35	0,057	0,95	■		
Cl	65	50	47	1,063	0,29	■		
SO4	56	47	39	1,198	0,23	■		
Alc	55	75	44	1,694	0,09	■		
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES								
Fe								
Mn								
As								
Hg								
Cd								
Cu								
Cr								
Pb								
Zn								
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES								
F	37	100	23	4,369	<0,01	▲	0,0039	2,5
CN	97	199	52	3,853	<0,01	▲	<0,000001	<0,1
NO3	65	53	43	1,228	0,22	■		
PO4	66	-158	47	-3,391	<0,01	▼	-0,016587	-6,0
NH4	67	-122	50	-2,441	0,01	▼	-0,006899	-3,1
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES								
DBO5	281	115	345	0,333	0,74	■		
O2	282	487	248	1,961	0,05	▲	0,059	0,8
MO	98	-39	34	-1,139	0,25	■		
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS								
Det	55	-22	36	-0,618	0,54	■		
Fen								
Hid								
ICG	282	-1080	332	-3,258	<0,01	▼	-0,50	-0,7

ANEXO III
RESULTADOS NO-PARAMÉTRICOS

E12	n	S	SD	τ de Kendall	Valor-p	Tendencia	Pendiente Sen	Variación anual
						-	Und./año	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS								
Q	255	-146	143	-1,020	0,31	■		
TAI	294	289	170	1,701	0,09	■		
TAG	295	1024	297	3,445	<0,01	▼	0,075	0,4
pH	295	1534	360	4,265	<0,01	▲	0,0205	0,3
CE	294	865	303	2,855	<0,01	▲	10,32	1,1
SS	122	-121	61	-1,983	0,05	▼	<0,01	<0,1
Col	285	-1206	279	-4	<0,01	▼	-221,25	-1,4
COMPONENTES MAYORITARIOS								
Ca	286	341	282	1,211	0,23	■		
Mg	285	609	280	2,178	0,03	▲	0,140	0,6
Na	286	441	262	1,681	0,09	■		
K	223	-114	204	-0,558	0,58	■		
Cl	286	532	275	1,934	0,05	■		
SO4	286	703	290	2,421	0,02	▲	1,966	1,0
Alc	287	713	300	2,379	0,02	▲	0,572	0,4
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES								
Fe	287	571	272	2,097	0,04	▲	0,0012	2,4
Mn	251	521	251	2,072	0,04	▲	0,000455	3,0
As	288	1392	365	3,817	<0,01	▲	<0,0000001	<0,1
Hg	280	1025	293	3,499	<0,01	▲	<0,0000001	<0,1
Cd	287	1439	381	3,776	<0,01	▲	0,0000136	6,9
Cu	288	860	332	2,588	0,01	▲	<0,000001	<0,1
Cr	288	1312	347	3,781	<0,01	▲	<0,000001	<0,1
Pb	285	1096	321	3,418	<0,01	▲	0,0000063	0,3
Zn	288	495	329	1,503	0,13	■		
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES								
F	288	-262	270	-0,971	0,33	■		
CN	283	1313	330	3,975	<0,01	▲	<0,000001	<0,1
NO3	286	299	240	1,246	0,21	■		
PO4	286	-1589	388	-4,098	<0,01	▼	-0,023088	-5,1
NH4	285	-856	330	-2,593	0,01	▼	-0,004428	-2,1
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES								
DBO5	292	50	354	0,141	0,89	■		
O2	294	723	230	3,149	<0,01	▲	0,030	0,3
MO	109	-15	33	-0,448	0,65	■		
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS								
Det	282	-124	302	-0,411	0,68	■		
Fen	223	-301	192	-1,565	0,12	■		
Hid	108	-110	53	-2,057	0,04	▼	-0,00556	-5,7
ICG	295	-772	338	-2,285	0,02	▼	-0,30	-0,5

E13	n	S	SD	τ de Kendall	Valor-p	Tendencia	Pendiente Sen	Variación anual
						-	Und./año	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS								
Q	277	338	224	1,507	0,13	■		
TAI	295	-214	174	-1,231	0,22	■		
TAG	296	519	266	1,952	0,05	■		
pH	296	1390	332	4,185	<0,01	▲	0,0182	0,2
CE	296	725	283	2,566	0,01	▲	7,56	0,8
SS	122	29	74	0,391	0,70	■		
Col	234	-495	190	-3	0,01	▼	-1043,75	-1,1
COMPONENTES MAYORITARIOS								
Ca	234	8	212	0,038	0,97	■		
Mg	234	80	199	0,402	0,69	■		
Na	234	178	191	0,930	0,35	■		
K	172	-87	155	-0,562	0,57	■		
Cl	234	189	203	0,933	0,35	■		
SO4	234	206	205	1,006	0,31	■		
Alc	235	243	195	1,243	0,21	■		
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES								
Fe	230	25	219	0,114	0,91	■		
Mn	194	-83	164	-0,506	0,61	■		
As	231	1080	276	3,912	<0,01	▲	<0,0000001	<0,1
Hg	227	742	232	3,204	<0,01	▲	<0,0000001	<0,1
Cd	231	684	282	2,429	0,02	▲	0,0000095	3,6
Cu	231	308	218	1,413	0,16	■		
Cr	231	812	249	3,259	<0,01	▲	<0,0000001	<0,1
Pb	228	663	230	2,885	<0,01	▲	<0,0000001	<0,1
Zn	231	524	255	2,053	0,04	▲	0,00109	3,8
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES								
F	231	-368	177	-2,074	0,04	▼	-0,0004	-0,2
CN	227	958	250	3,832	<0,01	▲	<0,0000001	<0,1
NO3	234	111	177	0,627	0,53	■		
PO4	234	-1121	285	-3,929	<0,01	▼	-0,023875	-5,3
NH4	235	-349	261	-1,336	0,18	■		
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES								
DBO5	293	-340	368	-0,923	0,36	■		
O2	295	-156	158	-0,986	0,32	■		
MO	109	-7	36	-0,193	0,85	■		
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS								
Det	230	139	220	0,631	0,53	■		
Fen	166	-12	114	-0,105	0,92	■		
Hid	108	-87	44	-1,994	0,05	▼	-0,00250	-3,9
ICG	296	-1446	432	-3,344	<0,01	▼	-0,90	-1,4

ANEXO III
RESULTADOS NO-PARAMÉTRICOS

G01	n	S	SD	τ de Kendall	Valor-p	Tendencia	Pendiente Sen	Variación anual
						-	Und./año	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS								
Q	262	-424	211	-2,006	0,04	▼	-0,365	-1,3
TAI	281	516	216	2,391	0,02	▲	0,165	1,1
TAG	280	212	199	1,066	0,29	■		
pH	281	1339	315	4,254	<0,01	▲	0,0192	0,2
CE	280	1089	278	3,923	<0,01	▲	3,29	1,1
SS	122	-31	38	-0,825	0,41	■		
Col								
COMPONENTES MAYORITARIOS								
Ca	48	-1	25	-0,040	0,97	■		
Mg	48	-72	31	-2,289	0,02	▼	-0,090	-1,1
Na	48	82	34	2,386	0,02	▲	0,191	2,0
K	38	51	32	1,603	0,11	■		
Cl	48	76	35	2,183	0,03	▲	0,307	2,1
SO4	48	20	34	0,585	0,56	■		
Alc	54	12	35	0,347	0,73	■		
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES								
Fe								
Mn								
As								
Hg								
Cd								
Cu								
Cr								
Pb								
Zn								
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES								
F								
CN	95	215	58	3,722	<0,01	▲	<0,0000001	<0,1
NO3	48	39	29	1,359	0,17	■		
PO4	47	-81	26	-3,094	<0,01	▼	-0,003798	-2,5
NH4								
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES								
DBO5	277	116	329	0,353	0,72	■		
O2	279	938	258	3,630	<0,01	▲	0,050	0,5
MO	96	-60	37	-1,641	0,10	■		
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS								
Det								
Fen								
Hid	9	-12	0	-7524,832	<0,01	▼	-0,00906	-13,3
ICG	281	-981	293	-3,343	<0,01	▼	-0,40	-0,5

G02	n	S	SD	τ de Kendall	Valor-p	Tendencia	Pendiente Sen	Variación anual
						-	Und./año	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS								
Q								
TAI	211	52	102	0,509	0,61	■		
TAG	211	197	101	1,956	0,05	■		
pH	211	532	168	3,171	<0,01	▲	0,0182	0,2
CE	211	269	139	1,942	0,05	■		
SS	51	6	14	0,430	0,67	■		
Col	37	-31	18	-2	0,08	■		
COMPONENTES MAYORITARIOS								
Ca	36	-4	24	-0,168	0,87	■		
Mg	36	-34	24	-1,437	0,15	■		
Na	36	41	24	1,685	0,09	■		
K	26	32	20	1,569	0,12	■		
Cl	47	55	37	1,473	0,14	■		
SO4	38	13	24	0,538	0,59	■		
Alc	35	3	14	0,211	0,83	■		
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES								
Fe								
Mn								
As								
Hg								
Cd								
Cu								
Cr								
Pb								
Zn								
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES								
F	19	22	14	1,610	0,11	■		
CN								
NO3	47	55	32	1,705	0,09	■		
PO4	47	-87	37	-2,365	0,02	▼	-0,010417	-10,1
NH4	46	-74	26	-2,848	<0,01	▼	-0,006563	-4,4
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES								
DBO5	210	-468	203	-2,308	0,02	▼	-0,100	-2,6
O2	211	115	104	1,111	0,27	■		
MO	96	-72	27	-2,687	0,01	▼	-0,388	-4,5
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS								
Det								
Fen								
Hid	10	-8	0	-5016,555	<0,01	▼	-0,00294	-6,4
ICG	211	-177	170	-1,040	0,30	■		

ANEXO III
RESULTADOS NO-PARAMÉTRICOS

G03	n	S	SD	τ de Kendall	Valor-p	Tendencia	Pendiente Sen	Variación anual
						-	Und./año	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS								
Q								
TAI	212	116	93	1,243	0,21	■		
TAG	213	245	120	2,041	0,04	▼	0,097	0,7
pH	213	523	186	2,811	<0,01	▲	0,0143	0,2
CE	213	2	160	0,013	0,99	■		
SS	51	-4	8	-0,508	0,61	■		
Col	37	37	24	2	0,13	■		
COMPONENTES MAYORITARIOS								
Ca	38	-9	23	-0,385	0,70	■		
Mg	38	-32	26	-1,228	0,22	■		
Na	38	-2	25	-0,079	0,94	■		
K	28	14	20	0,694	0,49	■		
Cl	43	-2	30	-0,066	0,95	■		
SO4	39	-12	26	-0,457	0,65	■		
Alc	37	-1	18	-0,054	0,96	■		
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES								
Fe								
Mn								
As	62	111	21	5,233	<0,01	▲	0,0000477	7,4
Hg								
Cd								
Cu	64	14	20	0,691	0,49	■		
Cr	66	54	13	4,204	<0,01	▲	0,000071	1,6
Pb	62	3	26	0,117	0,91	■		
Zn	64	-12	20	-0,600	0,55	■		
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES								
F	63	16	25	0,630	0,53	■		
CN	64	81	17	4,896	<0,01	▲	0,000313	7,8
NO3	46	11	26	0,420	0,67	■		
PO4	44	-50	30	-1,661	0,10	■		
NH4	45	-50	30	-1,647	0,10	■		
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES								
DBO5	210	-258	200	-1,292	0,20	■		
O2	212	-7	142	-0,049	0,96	■		
MO	97	-34	23	-1,463	0,14	■		
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS								
Det	36	-3	17	-0,180	0,86	■		
Fen								
Hid								
ICG	213	-220	171	-1,285	0,20	■		

G04	n	S	SD	τ de Kendall	Valor-p	Tendencia	Pendiente Sen	Variación anual
						-	Und./año	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS								
Q	80	28	47	0,594	0,55	■		
TAI	281	404	265	1,525	0,13	■		
TAG	281	489	237	2,066	0,04	▼	0,070	0,4
pH	281	574	250	2,296	0,02	▲	0,0042	0,1
CE	281	-108	261	-0,413	0,68	■		
SS	121	-74	73	-1,016	0,31	■		
Col	49	-48	34	-1	0,15	■		
COMPONENTES MAYORITARIOS								
Ca	47	28	35	0,802	0,42	■		
Mg	47	-15	34	-0,447	0,65	■		
Na	47	-2	34	-0,060	0,95	■		
K	37	87	27	3,214	<0,01	▲	0,1600	2,2
Cl	47	-1	35	-0,029	0,98	■		
SO4	47	60	33	1,819	0,07	■		
Alc	53	-34	37	-0,915	0,36	■		
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES								
Fe	25	-39	23	-1,698	0,09	■		
Mn	22	14	18	0,783	0,43	■		
As								
Hg								
Cd								
Cu	25	17	10	1,631	0,10	■		
Cr								
Pb								
Zn								
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES								
F	25	1	24	0,041	0,97	■		
CN	94	74	35	2,096	0,04	▲	<0,0000001	<0,1
NO3	53	32	32	1,003	0,32	■		
PO4	54	-86	34	-2,563	0,01	▼	-0,023107	-4,6
NH4	56	-21	35	-0,596	0,55	■		
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES								
DBO5	280	-672	292	-2,301	0,02	▼	-0,811	-2,5
O2	281	441	255	1,732	0,08	■		
MO	53	-25	27	-0,919	0,36	■		
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS								
Det	49	-36	16	-2,217	0,03	▼	-0,00580	-4,3
Fen	20	-24	8	-3,008	<0,01	▼	-0,000571	-1,6
Hid								
ICG	282	-244	310	-0,788	0,43	■		

ANEXO III
RESULTADOS NO-PARAMÉTRICOS

J01	n	S	SD	τ de Kendall	Valor-p	Tendencia	Pendiente Sen	Variación anual
						-	Und./año	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS								
Q	215	-216	187	-1,156	0,25	■		
TAI	220	33	100	0,329	0,74	■		
TAG	220	-66	107	-0,620	0,54	■		
pH	220	713	232	3,073	<0,01	▲	0,0167	0,2
CE	220	156	173	0,900	0,37	■		
SS	51	-15	20	-0,767	0,44	■		
Col	39	5	18	0	0,78	■		
COMPONENTES MAYORITARIOS								
Ca	39	-9	20	-0,441	0,66	■		
Mg	39	-1	16	-0,062	0,95	■		
Na	39	-21	22	-0,954	0,34	■		
K	29	-6	10	-0,586	0,56	■		
Cl	43	-34	19	-1,769	0,08	■		
SO4	43	18	22	0,814	0,42	■		
Alc	38	-18	16	-1,118	0,26	■		
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES								
Fe								
Mn								
As								
Hg								
Cd								
Cu	156	39	118	0,329	0,74	■		
Cr								
Pb								
Zn	156	65	92	0,707	0,48	■		
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES								
F	20	21	11	1,920	0,05	■		
CN								
NO3	43	14	21	0,661	0,51	■		
PO4	44	-69	21	-3,330	<0,01	▼	-0,012000	-6,2
NH4	162	-290	113	-2,574	0,01	▼	-0,011000	-6,8
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES								
DBO5	220	-350	194	-1,806	0,07	■		
O2	220	300	160	1,876	0,06	■		
MO	105	-85	55	-1,537	0,12	■		
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS								
Det								
Fen								
Hid								
ICG	220	-121	177	-0,684	0,49	■		

J02	n	S	SD	τ de Kendall	Valor-p	Tendencia	Pendiente Sen	Variación anual
						-	Und./año	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS								
Q	276	-96	287	-0,335	0,74	■		
TAI	281	533	176	3,023	<0,01	▲	0,150	0,9
TAG	281	555	186	2,978	<0,01	▼	0,079	0,6
pH	281	903	280	3,225	<0,01	▲	0,0111	0,1
CE	281	523	258	2,025	0,04	▲	4,86	0,4
SS	120	98	48	2,063	0,04	▲	2,88	3,5
Col	50	39	37	1	0,29	■		
COMPONENTES MAYORITARIOS								
Ca	48	-14	28	-0,492	0,62	■		
Mg	48	43	24	1,783	0,07	■		
Na	48	49	30	1,656	0,10	■		
K	38	3	21	0,140	0,89	■		
Cl	56	56	32	1,725	0,08	■		
SO4	52	55	26	2,119	0,03	▲	4,714	1,4
Alc	54	69	32	2,135	0,03	▲	1,330	0,5
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES								
Fe	29	33	11	3,012	<0,01	▲	0,0050	3,8
Mn	26	41	11	3,707	<0,01	▲	0,002883	7,3
As								
Hg								
Cd								
Cu								
Cr								
Pb								
Zn								
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES								
F	29	57	22	2,590	0,01	▲	0,0074	2,6
CN								
NO3	56	-15	35	-0,428	0,67	■		
PO4	54	-67	32	-2,067	0,04	▼	-0,013185	-1,7
NH4								
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES								
DBO5	280	253	318	0,796	0,43	■		
O2	280	84	185	0,453	0,65	■		
MO	97	-119	48	-2,503	0,01	▼	-0,517	-4,5
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS								
Det	50	-6	16	-0,369	0,71	■		
Fen								
Hid								
ICG	282	-947	306	-3,093	<0,01	▼	-0,58	-0,9

ANEXO III
RESULTADOS NO-PARAMÉTRICOS

J03	n	S	SD	τ de Kendall	Valor-p	Tendencia	Pendiente Sen	Variación anual
						-	Und./año	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS								
Q	255	-320	250	-1,279	0,20	■		
TAI	279	177	214	0,827	0,41	■		
TAG	280	166	213	0,781	0,44	■		
pH	280	667	220	3,036	<0,01	▲	0,0149	0,2
CE	280	1201	278	4,326	<0,01	▲	15,96	1,4
SS	119	28	46	0,608	0,54	■		
Col	47	28	20	1	0,17	■		
COMPONENTES MAYORITARIOS								
Ca	50	53	30	1,761	0,08	■		
Mg	50	47	28	1,687	0,09	■		
Na	50	-7	28	-0,251	0,80	■		
K	40	18	20	0,894	0,37	■		
Cl	55	8	34	0,237	0,81	■		
SO4	53	70	31	2,281	0,02	▲	6,069	2,1
Alc	56	69	36	1,936	0,05	■		
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES								
Fe								
Mn								
As								
Hg								
Cd								
Cu								
Cr								
Pb								
Zn								
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES								
F	71	135	36	3,773	<0,01	▲	0,0075	2,7
CN	102	191	53	3,609	<0,01	▲	<0,000001	<0,1
NO3	60	-40	36	-1,125	0,26	■		
PO4	58	-72	33	-2,166	0,03	▼	-0,025530	-6,1
NH4								
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES								
DBO5	276	157	303	0,518	0,60	■		
O2	278	467	225	2,079	0,04	▲	0,054	0,6
MO	96	-47	25	-1,852	0,06	■		
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS								
Det								
Fen								
Hid								
ICG	280	-1153	301	-3,833	<0,01	▼	-0,85	-1,3

C01	n	S	SD	τ de Kendall	Valor-p	Tendencia	Pendiente Sen	Variación anual
						-	Und./año	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS								
Q								
TAI	283	-160	144	-1,108	0,27	■		
TAG	283	382	189	2,022	0,04	▼	-0,021	-0,2
pH	282	1302	300	4,347	<0,01	▲	0,0220	0,3
CE	283	1080	279	3,866	<0,01	▲	2,11	0,8
SS	120	-45	53	-0,853	0,39	■		
Col	49	-106	26	-4	<0,01	▼	-124,27	-1,2
COMPONENTES MAYORITARIOS								
Ca	47	29	27	1,064	0,29	■		
Mg	47	35	25	1,423	0,15	■		
Na	47	-66	24	-2,710	0,01	▼	-0,081	-1,8
K	37	-27	25	-1,085	0,28	■		
Cl	59	-133	39	-3,417	<0,01	▼	-0,274	-4,1
SO4	49	21	31	0,688	0,49	■		
Alc	53	80	31	2,618	0,01	▲	0,500	0,4
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES								
Fe								
Mn								
As								
Hg								
Cd								
Cu								
Cr								
Pb								
Zn								
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES								
F	27	23	17	1,389	0,16	■		
CN								
NO3	59	-24	36	-0,658	0,51	■		
PO4								
NH4								
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES								
DBO5	281	353	314	1,123	0,26	■		
O2	283	560	225	2,483	0,01	▲	0,034	0,3
MO	99	-25	40	-0,619	0,54	■		
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS								
Det								
Fen								
Hid								
ICG	284	-860	289	-2,976	<0,01	▼	-0,36	-0,4

ANEXO III
RESULTADOS NO-PARAMÉTRICOS

C02	n	S	SD	τ de Kendall	Valor-p	Tendencia	Pendiente Sen	Variación anual
						-	Und./año	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS								
Q								
TAI	280	-769	218	-3,520	<0,01	▼	-0,206	-1,2
TAG	282	-219	185	-1,186	0,24	■		
pH	282	68	216	0,315	0,75	■		
CE	282	745	289	2,578	0,01	▲	12,32	1,8
SS	121	70	59	1,191	0,23	■		
Col								
COMPONENTES MAYORITARIOS								
Ca	48	87	31	2,800	0,01	▲	0,334	0,5
Mg	48	40	26	1,512	0,13	■		
Na	48	78	30	2,575	0,01	▲	2,123	2,5
K	38	-44	30	-1,455	0,15	■		
Cl	48	72	31	2,356	0,02	▲	3,040	2,5
SO4	48	41	32	1,295	0,20	■		
Alc	54	136	35	3,874	<0,01	▲	1,197	0,9
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES								
Fe								
Mn								
As								
Hg								
Cd								
Cu								
Cr								
Pb								
Zn								
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES								
F	25	30	17	1,717	0,09	■		
CN								
NO3	48	59	29	2,031	0,04	▲	0,091	3,4
PO4	46	-64	29	-2,234	0,03	▼	-0,003787	-3,7
NH4								
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES								
DBO5	279	233	322	0,724	0,47	■		
O2	281	-532	173	-3,080	<0,01	▼	-0,022	-0,2
MO	97	-60	38	-1,587	0,11	■		
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS								
Det								
Fen								
Hid								
ICG	282	-1054	325	-3,244	<0,01	▼	-0,62	-0,8

C03	n	S	SD	τ de Kendall	Valor-p	Tendencia	Pendiente Sen	Variación anual
						-	Und./año	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS								
Q								
TAI	82	-41	24	-1,743	0,08	■		
TAG	87	-2	16	-0,128	0,90	■		
pH	89	9	29	0,315	0,75	■		
CE	89	20	47	0,422	0,67	■		
SS								
Col	13	-2	5	0	0,70	■		
COMPONENTES MAYORITARIOS								
Ca	13	10	7	1,357	0,17	■		
Mg	13	-2	4	-0,485	0,63	■		
Na	13	6	5	1,141	0,25	■		
K	13	2	6	0,326	0,74	■		
Cl	13	4	6	0,683	0,49	■		
SO4	13	2	6	0,363	0,72	■		
Alc	12	10	7	1,513	0,13	■		
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES								
Fe	7	1	3	0,340	0,73	■		
Mn								
As	55	16	19	0,837	0,40	■		
Hg	59	17	19	0,899	0,37	■		
Cd	55	38	25	1,545	0,12	■		
Cu	54	-1	20	-0,049	0,96	■		
Cr	54	-5	24	-0,205	0,84	■		
Pb	51	8	25	0,326	0,74	■		
Zn	54	-44	31	-1,406	0,16	■		
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES								
F	51	-18	20	-0,923	0,36	■		
CN	51	20	11	1,794	0,07	■		
NO3	14	-3	7	-0,429	0,67	■		
PO4	14	8	7	1,131	0,26	■		
NH4	19	5	3	1,555	0,12	■		
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES								
DBO5	80	-104	52	-2,002	0,05	▼	-0,600	-19,6
O2	86	-39	33	-1,184	0,24	■		
MO	77	-47	21	-2,285	0,02	▼	-0,450	-7,0
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS								
Det								
Fen								
Hid								
ICG	89	82	52	1,585	0,11	■		

ANEXO III
RESULTADOS NO-PARAMÉTRICOS

C04	n	S	SD	τ de Kendall	Valor-p	Tendencia	Pendiente Sen	Variación anual
						-	Und./año	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS								
Q	145	-246	109	-2,251	0,02	▼	-2,292	-4,0
TAI	290	1041	272	3,824	<0,01	▲	0,258	1,5
TAG	289	713	204	3,494	<0,01	▼	0,051	0,3
pH	290	1761	406	4,340	<0,01	▲	0,0321	0,4
CE	290	755	278	2,714	0,01	▲	12,28	1,3
SS	121	-12	59	-0,203	0,84	■		
Col								
COMPONENTES MAYORITARIOS								
Ca	49	48	32	1,516	0,13	■		
Mg	49	42	33	1,280	0,20	■		
Na	49	35	34	1,015	0,31	■		
K	39	-2	29	-0,069	0,94	■		
Cl	59	44	40	1,097	0,27	■		
SO4	53	34	35	0,980	0,33	■		
Alc	55	119	40	2,965	<0,01	▲	1,380	0,8
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES								
Fe								
Mn								
As								
Hg								
Cd								
Cu	162	32	97	0,329	0,74	■		
Cr								
Pb								
Zn	163	71	95	0,744	0,46	■		
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES								
F	28	47	18	2,619	0,01	▲	0,0075	3,2
CN	109	266	57	4,667	<0,01	▲	<0,000001	<0,1
NO3	65	98	37	2,614	0,01	▲	0,240	2,5
PO4	63	-114	39	-2,945	<0,01	▼	-0,020504	-4,7
NH4	171	-452	119	-3,792	<0,01	▼	-0,019280	-5,6
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES								
DBO5	289	-441	370	-1,193	0,23	■		
O2	290	1151	304	3,787	<0,01	▲	0,094	1,0
MO	104	-54	46	-1,162	0,25	■		
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS								
Det	49	-23	16	-1,476	0,14	■		
Fen								
Hid								
ICG	290	-900	333	-2,703	0,01	▼	-0,50	-0,7

S01	n	S	SD	τ de Kendall	Valor-p	Tendencia	Pendiente Sen	Variación anual
						-	Und./año	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS								
Q	253	-83	210	-0,395	0,69	■		
TAI	281	-312	241	-1,295	0,20	■		
TAG	281	-298	162	-1,839	0,07	■		
pH	281	584	236	2,470	0,01	▲	0,0109	0,1
CE	281	438	188	2,331	0,02	▲	1,00	0,5
SS	120	10	49	0,203	0,84	■		
Col								
COMPONENTES MAYORITARIOS								
Ca	48	3	26	0,117	0,91	■		
Mg	48	-4	27	-0,147	0,88	■		
Na	48	36	29	1,241	0,21	■		
K	38	-84	29	-2,867	<0,01	▼	-0,0286	-2,1
Cl	48	-59	33	-1,765	0,08	■		
SO4	48	44	31	1,418	0,16	■		
Alc	54	31	37	0,840	0,40	■		
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES								
Fe								
Mn								
As								
Hg								
Cd								
Cu								
Cr								
Pb								
Zn								
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES								
F	25	81	17	4,690	<0,01	▲	<0,0001	<0,1
CN	97	198	54	3,664	<0,01	▲	<0,0000001	<0,1
NO3	48	24	29	0,832	0,41	■		
PO4	46	-83	27	-3,066	<0,01	▼	-0,013591	-5,6
NH4								
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES								
DBO5	281	241	355	0,680	0,50	■		
O2	281	976	294	3,323	<0,01	▲	0,085	0,8
MO	97	-23	37	-0,621	0,53	■		
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS								
Det								
Fen								
Hid								
ICG	281	-1021	318	-3,207	<0,01	▼	-0,54	-0,7

ANEXO III
RESULTADOS NO-PARAMÉTRICOS

S02	n	S	SD	τ de Kendall	Valor-p	Tendencia	Pendiente Sen	Variación anual
						-	Und./año	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS								
Q	166	99	112	0,885	0,38	■		
TAI	281	-116	196	-0,592	0,55	■		
TAG	281	-207	161	-1,282	0,20	■		
pH	281	1121	275	4,078	<0,01	▲	0,0208	0,3
CE	281	205	167	1,231	0,22	■		
SS	120	-29	61	-0,475	0,63	■		
Col	48	-12	28	0	0,67	■		
COMPONENTES MAYORITARIOS								
Ca	46	-36	24	-1,514	0,13	■		
Mg	46	-4	27	-0,148	0,88	■		
Na	46	6	30	0,203	0,84	■		
K	36	-56	31	-1,822	0,07	■		
Cl	46	-28	31	-0,905	0,37	■		
SO4	46	56	22	2,534	0,01	▲	0,255	1,5
Alc	53	24	37	0,651	0,51	■		
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES								
Fe								
Mn								
As								
Hg								
Cd								
Cu								
Cr								
Pb								
Zn								
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES								
F	25	66	21	3,204	<0,01	▲	<0,0001	<0,1
CN	98	185	45	4,073	<0,01	▲	<0,0000001	<0,1
NO3								
PO4	52	-96	36	-2,703	0,01	▼	-0,037711	-5,8
NH4								
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES								
DBO5	281	-949	315	-3,009	<0,01	▼	0,000	0,0
O2	281	867	312	2,776	0,01	▲	0,071	0,7
MO	97	44	38	1,167	0,24	■		
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS								
Det	46	-17	20	-0,835	0,40	■		
Fen								
Hid								
ICG	281	-335	238	-1,408	0,16	■		

S03	n	S	SD	τ de Kendall	Valor-p	Tendencia	Pendiente Sen	Variación anual
						-	Und./año	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS								
Q	128	39	60	0,650	0,52	■		
TAI	290	-157	159	-0,988	0,32	■		
TAG	290	756	210	3,598	<0,01	▼	0,052	0,4
pH	290	1266	302	4,185	<0,01	▲	0,0192	0,2
CE	290	-18	199	-0,090	0,93	■		
SS	120	-105	44	-2,405	0,02	▼	-0,25	-1,4
Col	107	-198	44	-5	<0,01	▼	-119,24	-1,9
COMPONENTES MAYORITARIOS								
Ca	97	-36	45	-0,797	0,43	■		
Mg	97	-83	49	-1,686	0,09	■		
Na	97	-56	47	-1,187	0,24	■		
K	76	-57	34	-1,693	0,09	■		
Cl	127	-201	72	-2,799	0,01	▼	-0,301	-2,9
SO4	109	12	59	0,202	0,84	■		
Alc	100	25	35	0,713	0,48	■		
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES								
Fe								
Mn								
As								
Hg								
Cd								
Cu								
Cr								
Pb								
Zn								
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES								
F	96	137	48	2,843	<0,01	▲	<0,0001	<0,1
CN	151	477	112	4,262	<0,01	▲	<0,000001	<0,1
NO3	127	-5	55	-0,090	0,93	■		
PO4	129	-233	79	-2,952	<0,01	▼	-0,010286	-4,6
NH4	130	-105	59	-1,773	0,08	■		
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES								
DBO5	289	-12	331	-0,036	0,97	■		
O2	290	422	212	1,987	0,05	▲	0,047	0,4
MO	105	2	37	0,053	0,96	■		
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS								
Det	104	10	24	0,409	0,68	■		
Fen								
Hid								
ICG	290	-517	251	-2,058	0,04	▼	-0,41	-0,5

ANEXO III
RESULTADOS NO-PARAMÉTRICOS

S04	n	S	SD	τ de Kendall	Valor-p	Tendencia	Pendiente Sen	Variación anual
						-	Und./año	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS								
Q	249	-202	204	-0,989	0,32	■		
TAI	290	832	230	3,612	<0,01	▲	0,211	1,2
TAG	290	765	214	3,579	<0,01	▼	0,050	0,4
pH	290	1344	329	4,086	<0,01	▲	0,0212	0,3
CE	290	624	254	2,459	0,01	▲	7,86	1,3
SS	120	109	55	1,965	0,05	▲	0,17	1,2
Col	100	-49	43	-1	0,26	■		
COMPONENTES MAYORITARIOS								
Ca	96	94	46	2,050	0,04	▲	0,485	0,5
Mg	96	62	48	1,305	0,19	■		
Na	96	81	45	1,799	0,07	■		
K	75	-17	39	-0,438	0,66	■		
Cl	121	93	71	1,305	0,19	■		
SO4	103	95	52	1,826	0,07	■		
Alc	100	86	57	1,522	0,13	■		
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES								
Fe								
Mn								
As								
Hg								
Cd								
Cu								
Cr								
Pb								
Zn								
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES								
F	97	188	51	3,687	<0,01	▲	<0,0001	<0,1
CN								
NO3	122	75	69	1,084	0,28	■		
PO4	122	-159	66	-2,418	0,02	▼	-0,031036	-6,7
NH4	122	-171	64	-2,664	0,01	▼	-0,003819	-1,7
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES								
DBO5	288	78	317	0,246	0,81	■		
O2	290	723	261	2,767	0,01	▲	0,051	0,5
MO	106	-63	37	-1,700	0,09	■		
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS								
Det	96	3	24	0,126	0,90	■		
Fen								
Hid								
ICG	290	-1063	299	-3,559	<0,01	▼	-0,74	-1,0

S05	n	S	SD	τ de Kendall	Valor-p	Tendencia	Pendiente Sen	Variación anual
						-	Und./año	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS								
Q	168	49	116	0,423	0,67	■		
TAI	289	8	166	0,048	0,96	■		
TAG	289	109	180	0,607	0,54	■		
pH	288	1287	343	3,753	<0,01	▲	0,0250	0,3
CE	289	342	225	1,520	0,13	■		
SS	120	8	47	0,172	0,86	■		
Col	101	34	50	1	0,50	■		
COMPONENTES MAYORITARIOS								
Ca	95	63	46	1,379	0,17	■		
Mg	94	73	47	1,541	0,12	■		
Na	95	-7	45	-0,155	0,88	■		
K	73	-58	39	-1,480	0,14	■		
Cl	100	-7	53	-0,133	0,89	■		
SO4	98	61	51	1,198	0,23	■		
Alc	100	132	53	2,495	0,01	▲	0,688	0,5
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES								
Fe								
Mn								
As								
Hg								
Cd								
Cu								
Cr								
Pb								
Zn								
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES								
F	97	121	51	2,370	0,02	▲	<0,0001	<0,1
CN								
NO3	100	161	54	2,984	<0,01	▲	0,335	4,7
PO4	99	-179	66	-2,716	0,01	▼	-0,019240	-5,7
NH4	100	-65	13	-5,117	<0,01	▼	-0,000667	-0,5
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES								
DBO5	287	-508	328	-1,548	0,12	■		
O2	289	551	257	2,144	0,03	▲	0,072	0,7
MO	105	-65	31	-2,067	0,04	▼	-0,088	-1,3
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS								
Det	97	-32	39	-0,817	0,41	■		
Fen								
Hid								
ICG	289	-739	274	-2,702	0,01	▼	-0,64	-0,9

ANEXO III
RESULTADOS NO-PARAMÉTRICOS

S06	n	S	SD	τ de Kendall	Valor-p	Tendencia	Pendiente Sen	Variación anual
						-	Und./año	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS								
Q	160	-156	95	-1,648	0,10	■		
TAI	281	107	161	0,665	0,51	■		
TAG	282	340	186	1,827	0,07	■		
pH	282	1405	329	4,272	<0,01	▲	0,0250	0,3
CE	282	241	211	1,143	0,25	■		
SS	120	40	55	0,729	0,47	■		
Col	57	-8	37	0	0,83	■		
COMPONENTES MAYORITARIOS								
Ca	47	6	30	0,201	0,84	■		
Mg	47	6	32	0,190	0,85	■		
Na	47	-31	33	-0,945	0,34	■		
K	37	-59	32	-1,847	0,06	■		
Cl	56	-45	43	-1,055	0,29	■		
SO4	56	43	36	1,193	0,23	■		
Alc	54	45	38	1,175	0,24	■		
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES								
Fe								
Mn								
As								
Hg								
Cd								
Cu								
Cr								
Pb								
Zn								
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES								
F	34	55	24	2,250	0,02	▲	<0,0001	<0,1
CN								
NO3	56	71	35	2,024	0,04	▲	0,245	2,8
PO4	56	-130	41	-3,154	<0,01	▼	-0,034643	-5,8
NH4								
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES								
DBO5	279	-616	323	-1,909	0,06	■		
O2	282	788	266	2,965	<0,01	▲	0,058	0,6
MO	97	-78	49	-1,584	0,11	■		
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS								
Det	54	16	26	0,605	0,55	■		
Fen								
Hid								
ICG	282	-679	294	-2,308	0,02	▼	-0,50	-0,7

S07	n	S	SD	τ de Kendall	Valor-p	Tendencia	Pendiente Sen	Variación anual
						-	Und./año	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS								
Q								
TAI	280	371	182	2,042	0,04	▲	0,119	0,7
TAG	281	276	190	1,449	0,15	■		
pH	283	1647	344	4,792	<0,01	▲	0,0250	0,3
CE	283	-237	261	-0,908	0,36	■		
SS	119	-23	23	-1,007	0,31	■		
Col	46	8	29	0	0,78	■		
COMPONENTES MAYORITARIOS								
Ca	46	-68	33	-2,047	0,04	▼	-1,015	-1,0
Mg	46	-60	32	-1,869	0,06	■		
Na	46	-63	32	-1,988	0,05	▼	-1,137	-2,1
K	36	-48	30	-1,607	0,11	■		
Cl	46	-78	32	-2,463	0,01	▼	-1,295	-2,3
SO4	46	-38	32	-1,197	0,23	■		
Alc	52	12	39	0,308	0,76	■		
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES								
Fe								
Mn								
As								
Hg								
Cd								
Cu								
Cr								
Pb								
Zn								
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES								
F	69	62	25	2,441	0,01	▲	<0,0001	<0,1
CN								
NO3	47	81	29	2,797	0,01	▲	0,298	3,3
PO4	47	-107	35	-3,026	<0,01	▼	-0,062750	-4,2
NH4								
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES								
DBO5	278	-899	311	-2,891	<0,01	▼	<0,001	0,0
O2	280	760	273	2,779	0,01	▲	0,080	0,9
MO	100	-106	53	-1,987	0,05	▼	-0,717	-6,3
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS								
Det	46	-44	22	-1,982	0,05	▼	-0,00083	-1,0
Fen								
Hid								
ICG	283	-351	290	-1,211	0,23	■		

ANEXO III
RESULTADOS NO-PARAMÉTRICOS

S08	n	S	SD	τ de Kendall	Valor-p	Tendencia	Pendiente Sen	Variación anual
						-	Und./año	%
PARÁMETROS NO ESPECÍFICOS								
Q	273	119	264	0,450	0,65	■		
TAI	281	418	197	2,120	0,03	▲	0,085	0,5
TAG	281	322	208	1,548	0,12	■		
pH	281	1476	316	4,674	<0,01	▲	0,0250	0,3
CE	281	400	238	1,682	0,09	■		
SS	120	-10	34	-0,298	0,77	■		
Col	57	12	33	0	0,72	■		
COMPONENTES MAYORITARIOS								
Ca	49	35	29	1,225	0,22	■		
Mg	49	31	31	0,996	0,32	■		
Na	49	1	32	0,031	0,98	■		
K	39	-30	32	-0,934	0,35	■		
Cl	58	-18	34	-0,531	0,60	■		
SO4	58	38	34	1,121	0,26	■		
Alc	55	94	37	2,519	0,01	▲	0,888	0,6
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-METALES								
Fe								
Mn								
As								
Hg								
Cd								
Cu								
Cr								
Pb								
Zn								
C. MINORITARIOS-INORGÁNICOS-ANIONES								
F	33	62	23	2,729	0,01	▲	<0,0001	<0,1
CN								
NO3	63	102	23	4,438	<0,01	▲	0,235	2,5
PO4	61	-129	42	-3,093	<0,01	▼	-0,034143	-4,3
NH4	61	-125	25	-4,903	<0,01	▼	-0,020000	-3,4
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-INDICADORES								
DBO5	280	-507	358	-1,415	0,16	■		
O2	281	884	254	3,480	<0,01	▲	0,059	0,6
MO	97	-91	47	-1,949	0,05	■		
C. MINORITARIOS-ORGÁNICOS-COMPONENTES ESPECÍFICOS								
Det	55	11	15	0,751	0,45	■		
Fen								
Hid								
ICG	282	-835	329	-2,540	0,01	▼	-0,53	-0,7

